



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DEL  
ZOOPLANCTON EN LA ZONA COSTERA DEL  
PACÍFICO CENTRAL MEXICANO (ABRIL 2015)**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA:**

**SUSANA CABRERA NUÑEZ**

**La Paz, B.C.S., Junio de 2018**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 29 del mes de Mayo del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**“ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DEL ZOOPLANCTON  
EN LA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO (ABRIL 2015)”**

Presentada por el alumno:

<b>CABRERA</b> Apellido paterno	<b>NUÑEZ</b> materno	<b>SUSANA</b> nombre(s)							
		Con registro: <table border="1"><tr><td>B</td><td>1</td><td>6</td><td>0</td><td>6</td><td>4</td><td>2</td></tr></table>	B	1	6	0	6	4	2
B	1	6	0	6	4	2			

Aspirante de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Dirigido(a) de Tesis

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

*RENE FUNES*

DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ

*Roxana de Silva Dávila*

DRA. ROXANA DE SILVA DÁVILA

*Rogelio G. A.*

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

*Ismael Gárate Lizárraga*

M en C. ISMAEL GÁRATE LIZÁRRAGA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

*Sergio Hernández Trujillo*

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.  
CICIMAR  
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 04 del mes de Junio del año 2018

El (la) que suscribe BM. SUSANA CABRERA NÚÑEZ Alumno (a) del Programa  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro B160642 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DEL ZOOPLANCTON

EN LA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO (ABRIL 2015)"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: bm.cabrerasusana@gmail.com - strujil@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BM. SUSANA CABRERA NÚÑEZ

*Nombre y firma del alumno*

Dedico estas líneas, este trabajo, estos años a la mujer que me ha enseñado que uno forja su propio camino no importando los altibajos siempre siguiendo a delante, a ti mamá por darme esa fuerza para siempre lograr mis metas.

Todo por ti Yadira Núñez.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por el financiamiento de los proyectos “Indicadores de la calidad ambiental de ecosistemas marinos del Pacífico Mexicano basado en las propiedades de la comunidad planctónica” (SIP-20170586), “La biodiversidad planctónica marina: capital natural y precursor de servicios ecosistémicos ambientales en el Pacífico Mexicano” (SIP-20181119) y “Fitoplancton toxico y nocivo del Pacífico Tropical Mexicano”.

Al IPN y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico a través del programa Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores la beca (BEIFI) y la beca de manutención (CVU: 819483), respectivamente.

A la tripulación del *B/O El Puma* y a todas las personas del crucero “Marea Roja VII” por la obtención de las muestras.

A mis padres (Yadira y Arturo†) y mis hermanas (Nohe y Yadi) porque están conmigo aun en la distancia, por su apoyo, porras y ánimos para que siempre elija el camino que me lleve más lejos. Las amo con todo el corazón.

A director de tesis, el Dr. Sergio Hernández, por todo su apoyo a lo largo de este proyecto, además por ser parte de mi crecimiento profesional y personal. A mi comité revisor: Dra. Roxana De Silva, Dr. René Funes, Dr. Rogelio González, M. en C. Ismael Gárate y al Dr. Gerardo Aceves por cada una de sus observaciones y revisiones a lo largo de estos dos años, por la gran ayuda para el culmino de este trabajo.

Al M. en C. Ramón Beltrán por tener la paciencia de enseñarme en la identificación de copépodos, por las largas platicas en el laboratorio (que diga por las largas jornadas laborales) y siempre darme fruta.

Al M. en C. Rubén Melvin García por su ayuda en el análisis de datos, su paciencia y apoyarme en la realización de esta tesis. Y al Dr. Francisco Varona por proveer las variables ambientales y artículos, así como estar siempre dispuesto ayudarme en la realización de esta tesis.

A mis tíos, Aradit y Fina, a ustedes les agradezco abrirme su hogar y corazón, por proveerme cobijo y consejos, me recordaron que la familia siempre está ahí a pesar de la distancia, de los años, que no hay nada más grande que la familia.

A mis hermanitos académicos (Brenda, Ramón, Yadian, Emilio y Adrián) por las risas, las comidas, cenas y demás, por ser un gran equipo de trabajo. Brenda especialmente a ti por soportar mis largas platicas, mis risas y pesares, ¡gracias por ser mi amiga!

A Renée y Christian, cuando llegue a La Paz nunca imagine que conocería a dos personas como ustedes, gracias dejarme estar en un cachito de su vida, por darme amor y a la huesos, sin ustedes el camino que recorrí no hubiera sido tan divertido ni lleno de brechas, faros, ni ceviches. Los quiero mucho.

A Rubén (otra vez, lo mereces) y Wendy, a ustedes por hacer más ameno estos últimos meses, por llevarme a la playa con bebe Rufino, alimentarme y cuidarme, gracias por ser amigos incondicionales.

A Tonatiuh Chávez, porque te llevo en mi corazón, muchas gracias por todos los momentos a lo largo de este viaje, tú eres parte de este proyecto, gracias por tu amor y amistad, por ser esa simple razón.

A Nadia Valeria, que no me deja de impresionar, su presencia se hizo notar en llamadas y mensajes que nunca faltaron, siempre en el momento adecuado, ¡gracias por ser el amor de mi vida!

A cada una de las personas que hasta en la distancia me brindaban su apoyo y sus buenos ánimos, y a todas aquellas que pude haber olvidado que formaron directa e indirectamente parte de este trabajo, muchas gracias.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
GLOSARIO.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. ANTECEDENTES.....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	18
4. HIPÓTESIS.....	18
5. OBJETIVOS.....	18
5.1 General.....	18
5.2 Específicos.....	18
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	19
6.1 Área de estudio.....	19
6.2 Muestreos biológicos .....	22
6.3 Variables hidrográficas .....	23
6.4 Trabajo de laboratorio.....	24
6.5 Análisis de los atributos de la comunidad (estadísticos).....	25
7. RESULTADOS .....	27
7.1 Caracterización de las condiciones hidrográficas .....	27
7.1.1 Temperatura .....	28
7.1.2 Clorofila-a .....	32
7.1.3 Salinidad .....	32
7.1.4 Oxígeno disuelto.....	33
7.2 Variación del biovolumen a lo largo del área de estudio.....	33
7.3 Distribución y estructura comunitaria del zooplancton .....	34
7.3.1 Distribución de la abundancia del zooplancton .....	34
7.3.2 Grupos taxonómicos identificados .....	35
7.3.3 Atributos de la comunidad del zooplancton .....	37
7.3.4. Abundancia relativa por grupo funcional del zooplancton.....	43
7.4 Distribución y estructura de la comunidad de los copépodos .....	45
7.4.1 Distribución de la abundancia de los copépodos.....	45
7.4.2 Especies de copépodos identificadas.....	46
7.4.3 Estructura de la comunidad de los copépodos .....	48
7.4.4 Abundancia relativa por grupo funcional de los copépodos.....	53

7.5 Relación entre las variables hidrográficas y los atributos de la comunidad del zooplancton .....	55
7.5.1 Relación entre las variables hidrográficas y grupos taxonómicos del zooplancton .....	55
7.5.2 Relación entre las variables hidrográficas y las especies de copépodos	57
8. DISCUSIÓN .....	59
8.1 Condiciones hidrográficas.....	59
8.1.1 Circulación y masas de agua .....	59
8.1.2 Temperatura .....	59
8.1.3 Clorofila-a .....	61
8.1.4 Salinidad y oxígeno disuelto .....	63
8.2 Relación entre las variables bióticas, abióticas y la estructura de la comunidad del zooplancton.....	64
8.2.1 Biovolumen del zooplancton .....	64
8.2.2 Distribución y caracterización de la comunidad zooplanctónica .....	65
8.2.3 Distribución y caracterización de los copépodos .....	69
9. CONCLUSIONES.....	72
10. REFERENCIAS.....	72
Anexo I.....	81
Anexo II.....	82
Anexo III.....	83
Anexo IV.....	84
Anexo V.....	85
Anexo VI.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Corrientes presentes en el Pacífico Central Mexicano, modificado de Kessler (2006). CC: Corriente de California; GC: Golfo de California; CCM: Corriente Costera Mexicana; TT: Tazón de Tehuantepec; CCCR: Corriente Costera de Costa Rica; DCR: Domo de Costarrica. ....	20
Figura 2. Distribución de masas de aguas en el Pacífico Central Mexicano; Modificado de Portela <i>et al.</i> (2016). ATP: Agua Tropical Superficial; ACC=: Agua de la Corriente de California; AGC=: Agua del Golfo de California; AStSs: Agua Subtropical Subsuperficial; AIP: Agua Intermedia del Pacífico. Los colores representan las corrientes. ....	20
Figura 3. Área de estudio y estaciones de muestreo de la campaña Marea Roja-VII (abril 2015). Subzonas: Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. T: transectos.	23
Figura 4. Clasificación de grupos funcionales de acuerdo a los criterios de Longhurst (1985). *Algunos géneros del grupo taxonómico. ....	25
Figura 5. Distribución de las masas de agua en los primeros 200 m de la columna de agua en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). ATS: Agua Tropical Superficial; AT: Agua Transicional; AStSs: Agua Subtropical Subsuperficial; ACC: Agua de la Corriente de California; AGC: Agua del Golfo de California; Z: Profundidad (m). ....	28
Figura 6. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (a-c) y concentración de Clorofila-a (d-f) en el Pacífico Central Mexicano, antes (a y d), durante (b y e) y después (c y f) del muestreo (abril 2015). Imágenes compuestas de 8 días, nivel de procesamiento L3 a 4 km. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Zonas blancas debido a nubosidad. ....	30
Figura 7. Distribución vertical de la temperatura (T), Clorofila-a (Chl-a), salinidad (Sal) y oxígeno disuelto (OD). J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán; G: Guerrero. Línea punteada indica corte para concentraciones menores a $0.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de OD. ....	31
Figura 8. Distribución del biovolumen ( $\text{ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ ) de zooplancton en el Pacífico Central Mexicano para abril de 2015. ....	34
Figura 9. Distribución de la abundancia total ( $\text{ind.} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ ) del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano en abril de 2015. ....	35
Figura 10. Distribución de la abundancia relativa de los grupos taxonómicos más representativos ( $\geq 10\%$ ) por subzona. COP: Copépodos; CLA: Cladóceros; CNI: Cnidarios; QUE: Quetognatos; RES: grupos taxonómicos restantes. ....	37
Figura 11. Atributos de la comunidad del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). a) Riqueza taxonómica; b) Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ); c) Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ). ....	39
Figura 12. Análisis de agrupamiento de dos vías de los grupos taxonómicos del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Grupo de estaciones a lo largo del área estudio (rojo), al norte (verde) y sur (amarillo). ....	41
Figura 13. Abundancia relativa de los grupos funcionales identificados de acuerdo al tipo de alimentación, a partir de los grupos taxonómicos del zooplancton. ....	44

Figura 14. Distribución de la abundancia relativa de los grupos funcionales por subzona. H: Herbívoros; C: Carnívoros; O: Omnívoros D: Detritívoros. ....	44
Figura 15. Distribución de la abundancia de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015).....	45
Figura 16. Abundancia relativa de las especies de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). ....	46
Figura 17. Variación de las especies más abundantes de copépodos respecto a las especies restantes a lo largo del área de estudio. ■ <i>C. furcatus</i> ; ■ <i>S. subcrassus</i> ; ■ <i>S. mucronatus</i> ; ■ Especies restantes. ....	47
Figura 18. Atributos de la comunidad de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). a) Riqueza específica, b) Diversidad de Shannon- Wiener (H') y c) Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ).....	49
Figura 19. Análisis de agrupamiento de dos vías de los copépodos en el Pacífico Central Mexicano. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Grupos de especies-estaciones a lo largo del área estudio (rojo), al norte (verde) y sur (amarillo). Ver Anexo VI para clave de las especies de copépodos. ....	51
Figura 20. Grupos funcionales de los copépodos del Pacífico Central Mexicano para abril 2015. ....	54
Figura 21. Distribución de los grupos funcionales a lo largo del Pacífico Central Mexicano (abril 2015). H: Herbívoros; C: Carnívoros; O: Omnívoros; P: Parásitos. ....	54
Figura 22. Triplots obtenidos del ACC para los grupos taxonómicos. ....	56
Figura 23. . Triplots obtenidos del ACC para las especies de copépodos. ....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

## Página

Tabla I. Valores generales de la comunidad de zooplancton. Mín.: Mínimos; Máx.: Máximos; X: Promedio; Stx: Riqueza taxonómica; H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener; $\lambda$ : Índice de dominancia de Simpson.....	33
Tabla II. Información general de los grupos taxonómico identificados en abril del 2015 en el Pacífico Central Mexicano. COD: código del grupo identificado; Total: Abundancia total (ind. $\cdot$ 1000 m <sup>-3</sup> ); X: Abundancia promedio; %: Abundancia relativa; GF: Grupo funcional donde C: Carnívoros, H: Herbívoros, O: Omnívoros, D: detritívoros; Subzonas J: Jalisco, C: Colima, M: Michoacán, G: Guerrero. Color rojo indica los grupos más abundantes. Color gris indica la presencia en la subzona y el color blanco la ausencia. ....	36
Tabla III. Resumen del análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) aplicado a los grupos de estaciones a lo largo del área de estudio, norte y sur resultantes del análisis de agrupamientos de dos vías de los componentes del zooplancton. El sombreado indica grupos taxonómicos que contribuyen con 80% a la disimilitud entre los grupos. %S: Porcentaje de similitud; %C: Porcentaje de contribución; %A: Porcentaje acumulado; GT: Grupo taxonómico; Stx: Riqueza taxonómica. Vease Tabla II para nombre completo del grupo taxonómico. ....	43
Tabla IV. Valores generales de la comunidad de copépodos en el Pacífico Central Mexicano. Mín.: Mínimos; Máx.: Máximos; X: Promedio; S: Riqueza específica; H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener; $\lambda$ : Índice de dominancia de Simpson.....	45
Tabla V. Resumen del análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) aplicado a los grupos de estaciones a lo largo del área de estudio, norte y sur resultantes del análisis de agrupamientos de dos vías de las especies de copépodos. El sombreado indica grupos taxonómicos que contribuyen con 80% a la disimilitud entre los grupos. %S: Porcentaje de similitud; %C: Porcentaje de contribución; %A: Porcentaje acumulado; Spp: Especies; S: riqueza específica. Nombre completo de las especies se encuentra en Anexo VI.....	53
Tabla VI. Resumen del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) aplicado a los datos hidrográficos y la abundancia por grupos taxonómicos, junto con los valores de correlación de las variables ambientales. T: Temperatura °C; Sal: Salinidad; OD: Oxígeno disuelto (mg $\cdot$ L <sup>-1</sup> ); Chl-a: Concentración de Clorofila-a (mg $\cdot$ m <sup>-3</sup> ); Bv: Biovolumen (ml $\cdot$ 1000m <sup>-3</sup> ).....	55
Tabla VII. Resumen del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) aplicado a los datos hidrográficos y abundancia de las especies de copépodos, junto con los valores de correlación de las variables ambientales. T: Temperatura (°C); Sal: Salinidad; OD: Oxígeno disuelto (mg $\cdot$ L <sup>-1</sup> ); Chl-a: Clorofila-a (mg $\cdot$ m <sup>-3</sup> ); Bv: Biovolumen (ml $\cdot$ 1000m <sup>-3</sup> ).....	57
Tabla VIII. Biovolumen del zooplancton reportado en el Pacífico Central Mexicano (PCM). TA: Tipo de arrastre; O: oblicuo; V: vertical; POT: Pacífico Oriental Tropical. ....	64

## Resumen

El Pacífico Central Mexicano (PCM) se considera una zona de convergencia, que otorgan una complejidad a las interacciones intra e interespecíficas y de diversidad zooplanctónica. Se analizó la estructura de la comunidad del zooplancton, su distribución latitudinal y su relación con variables ambientales, mediante muestras de arrastres verticales (100 – 0 m de profundidad) con una red cónica (333  $\mu\text{m}$ ) y datos obtenidos con un CTD Sea Bird 19 plus; los muestreos se realizaron desde Cabo Corrientes hasta la Bahía de Acapulco en abril de 2015. Se identificó y cuantificó el zooplancton a nivel de grupo taxonómico, caracterizando y estimando los atributos de la comunidad. La temperatura de la columna de agua en los primeros 20 m fue  $26 \pm 1$  °C y el máximo subsuperficial de clorofila-a se registró entre los 20-60 m. Se identificaron 27 grupos taxonómicos, de los cuales los copépodos y cladóceros representaron el 78 % y el resto de los grupos el 22 % del total del zooplancton. La estructura trófica de la comunidad se caracterizó principalmente por los herbívoros y omnívoros (83%). Se identificaron 60 especies de copépodos, 89% más de las reportadas anteriormente en la zona de estudio. A pesar de la homogeneidad de la abundancia del grupo, la comunidad se encontró fraccionada en una porción norteña con alto biovolumen de zooplancton y alta dominancia ( $\lambda$ ), y en una sureña con alta concentración de clorofila y gran diversidad ( $H'$ ). Los copépodos más abundantes en la comunidad fueron *Subeucalanus subcrassus* y *Centropages furcatus*, quienes por su prevalencia en este y trabajos previos, se perfilan como especies clave en la zona estudiada.

**Palabras clave:** Abundancia, distribución, grupos zooplanctónicos, copépodos, Pacífico Central Mexicano.

## **Abstract**

The Mexican Central Pacific is considered a convergence zone highly complex in terms of intra and interspecific interactions and its high zooplankton diversity. In this research, the structure of the zooplankton community, their latitudinal distribution in relation with the environment were analyzed through vertical tows samples (100-0 m of deep) with a conical net (333  $\mu\text{m}$ ) and data obtained with a CTD Sea Bird 19 plus, this were obtained from Cabo Corrientes to the Bay of Acapulco in April 2015. The zooplankton was quantified, identified and the attributes of the community were assessed. The temperature of the water column was  $26 \pm 1$  °C in the first 20 m and the chlorophyll-*a* maximum subsurface concentrations was between 20-40 m. 27 taxa were identified of which the copepods with cladocerans constitute 78% and remaining groups 22% of total zooplankton. The trophic structure of the community was mainly characterized by herbivores along with omnivores (81%). 60 species of copepods were identified, 89% more than those previously reported in the study area. Although the homogeneity of the abundance of the group, the community was fractionated into a northern portion with high zooplankton biovolume and higher dominance ( $\lambda$ ), and in a southern portion were both high chlorophyll-*a* concentrations and diversity ( $H'$ ) were recorded. *Subeucalanus subcrassus* and *Centropages furcatus* were the most abundant copepods in the community, and become into key species in the study area due their prevalence in this and previous work.

**Key words:** Abundance, distribution, zooplanktonic groups, copepods, transitional Pacific of Mexico.

## **GLOSARIO**

**Abundancia:** Número de organismos por unidad de área o volumen.

**Abundancia relativa:** Proporción de organismos de un grupo taxonómico o especie en relación con el número total de individuos de todos los grupos taxonómicos o especies contadas en una muestra.

**Biovolumen:** abundancia de zooplancton expresada en unidad de volumen.

**Clorofila-a:** pigmento fotorreceptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química. Se encuentra en los cloroplastos, asociada a lípidos y lipoproteínas.

**Diversidad:** Medida del número de grupos taxonómicos o de especies y su abundancia relativa en una comunidad.

**Dominancia:** Condición en una comunidad en la que una o varias especies en virtud de su número, ejercen influencia considerable sobre las demás especies y representan la mayor parte de la producción biológica de los ecosistemas en términos de abundancia o biomasa.

**Estratificación:** Condición que implica la existencia de dos o más capas horizontales según su densidad, de tal manera que las capas menos densas están sobre las más densas.

**Grupo funcional:** Se refiere al conjunto de grupos taxonómicos y/o especies que poseen atributos (morfológicos, fisiológicos, conductuales o de ciclo de vida) que son semejantes y que desempeñan papeles ecológicos equivalentes. En este caso, se consideró a cada grupo funcional por el tipo de alimentación: herbívoros, carnívoros, omnívoros, parásitos y detritívoros.

**Masa de agua:** Volumen de agua marina que tiene un origen común y una combinación distintiva de temperatura, salinidad y densidad.

**Riqueza específica:** Número de especies presentes en una muestra o región establecida.

**Riqueza taxonómica:** Número de grupos taxonómicos presentes en una muestra o región establecida.

**Zooplancton:** Componente heterótrofo del plancton de ambientes marinos y dulceacuícolas que presentan un movimiento pasivo en la columna de agua.

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio del zooplancton radica, entre otras razones, en que es un conjunto de organismos con una alta heterogeneidad taxonómica, la cual le confiere una importancia ecológica de primer orden (Mann & Lazier, 1996; Escribano & Castro, 2004). Es el consumidor principal del fitoplancton, que forman un componente esencial en el funcionamiento de los ecosistemas marinos y establece una conexión vital entre productores primarios y los consumidores terciarios (peces, moluscos, aves y mamíferos), además de aportar Carbono en el flujo vertical de la columna de agua (bomba biológica de carbono) (Mann & Lazier, 1996; Escribano & Castro, 2004; Hernández-Trujillo & Esqueda-Escárcega, 2006; Lavaniegos, 2007).

El estudio de la composición de los grupos del zooplancton permite obtener una caracterización de las condiciones hidrográficas y biológicas de la columna de agua, ya que la composición taxonómica y la distribución espacial de estos organismos, están moduladas principalmente por los patrones de circulación y por procesos oceanográficos a diferentes escalas de espacio y tiempo (ej.: presencia de masas de agua, giros ciclónicos o anticiclónicos, etc.) (Omori e Ikeda, 1992; Giraldo & Gutiérrez, 2007; Tommasi *et al.* 2013).

Asimismo, se puede llegar a reconocer que componentes del zooplancton presentan preferencia o tolerancia a las condiciones ambientales, generando como respuesta una sucesión de especies y/o sincronización con los estadios de los ciclos de vida (Omori e Ikeda, 1992). También, se pueden identificar grupos indicadores que son usualmente usados para definir el estado del medio ambiente, como señales de alerta temprana y tendencias a largo plazo (Racault *et al.* 2014).

En el Pacífico mexicano, los trabajos sobre el zooplancton se han realizado principalmente en la zona noroeste, en áreas influenciadas por la Corriente de California, así como en el Golfo de California (Palomares-García *et al.* 2013; Lavaniegos *et al.* 2015; Ambriz-Arreola *et al.* 2017; Lavaniegos, 2017; Aceves-Medina *et al.* 2018; Bautista-Romero *et al.* 2018); esta situación es diferente para la zona del PCM, donde son escasos, debido a que el esfuerzo aplicado en términos de cobertura espacial y temporal ha sido restringido.

En general, el estudio de la estructura de las comunidades del zooplancton permite describir patrones de variación en su abundancia, de dispersión espacial de las especies, así como de las relaciones interespecíficas entre las comunidades (Ludwing & Reynolds, 1988; Tomassi *et al.* 2013). Es por ello, que los grupos taxonómicos se toman como unidad primaria, para así determinar los patrones de abundancia, de distribución, diversidad y otros atributos comunitarios relacionados con regímenes hidrográficos o masas de agua característicos (Longhurst, 1985; Giraldo & Gutiérrez, 2007).

## 2. ANTECEDENTES

En cuanto a los estudios de biovolumen para la costa de los estados de Jalisco y Colima, Navarro-Rodríguez *et al.* (2002), registraron un patrón estacional definido con valores máximos en invierno y primavera ( $>4,500 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ ). Estos autores encontraron una temperatura promedio mínima para la primavera (febrero-abril) de  $22.4 \text{ }^\circ\text{C}$ , así como un ascenso de la termoclina ( $\sim 35 \text{ m}$ ), identificando que la concentración del biovolumen es inversamente proporcional a la temperatura superficial ( $r^2 = -0.54$ ).

Fernández-Álamo & Färber-Lorda (2006) registraron una distribución del biovolumen promedio en los primeros 200 m para el área de interés, entre los  $50$  y  $200 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$  en el periodo de abril-junio, con un aumento latitudinal de norte a sur.

Para estudios sobre estructura zooplanctónica se tienen el de Siordia-Cermeño *et al.* (2003) en la costa de Jalisco y Colima, donde identificaron 17 grupos taxonómicos, donde los ostrácodos representaban el 45% de la abundancia, seguido de los copépodos (33 %) y cladóceros (22 %). En ese trabajo también se identificaron los copépodos a nivel especie encontrando a *Pseudoeucalanus elongatus* y *Centropages furcatus* como las especies más abundantes.

Pelayo-Martínez *et al.* (2017) encontraron 29 grupos taxonómicos entre los estados de Jalisco y Michoacán, de los cuales los copépodos, anfípodos, quetognatos, eufáusidos, larvas de decápodos, pterópodos, larvas de peces y gasterópodos representaron el 95% de la abundancia; esta composición de grupos fue la misma para invierno (enero) y verano (julio) del 2006, con valores máximos de abundancia para verano y de biovolumen en invierno.

De los antecedentes sobre grupos específicos del zooplancton, se cuenta con el de López-Ibarra *et al.* (2014) en el Océano Pacífico Oriental Tropical, el cual es un trabajo de cobertura espacial mucho más amplia, en este se registró el 75.7% de especies de copépodos de afinidad tropical y la presencia de un gradiente latitudinal norte-sur de incremento de especies de la costa occidental de B.C.S hacia la región costera de México y longitudinal (costa-océano).

Kozak *et al.* (2013), por su parte, realizaron un listado taxonómico de los órdenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida en la costa sur de Jalisco y Colima. Las 82 especies que registraron en este listado son el 17% de las especies de copépodos pelágicos en el Pacífico Tropical Oriental. Los autores mencionan que estas especies están asociadas principalmente a zonas de plataforma continental y costeras, con escaso alcance de zonas oceánicas.

Kozak *et al.* (2014) identificaron un total de 60 especies de copépodos calanoides pertenecientes a 14 familias y 31 géneros. Las especies neríticas *Subeucalanus subcrassus* y *Centropages furcatus* contribuyeron con el 48% a la abundancia y 16 especies representaron el 95% de la abundancia total de copépodos.

Rojas-Herrera *et al.* (2016), identificaron 29 especies en la Bahía de Acapulco durante septiembre del 2009 y abril del 2010. Las especies fueron pertenecientes a 4 ordenes, de los cuales el orden Calanoida fue el más representado; la comunidad de copépodos fue dominada por cuatro especies, *Acrocalanus gracilis*, *Acartia clausi*, *Oithona plumífera* y *Corycaeus ovalis*, atribuyendo a los cambios de temperatura la variación de estos organismos.

Por su parte, De Silva-Dávila *et al.* (2013) encontraron 14 familias de moluscos cefalópodos en las costas de Jalisco y Colima; Franco-Gordo & Plascencia-Palomera (2013) encontraron 16 especies de quetognatos; Gómez-Gutiérrez *et al.* (2013) identificaron 13 especies de eufáusidos. Y Jáquez-Bermúdez *et al.* (2013) 31 especies de medusas.

Gamero-Mora *et al.* (2015) en la misma zona (Campaña Marea R-III) encontraron 25 especies de cnidarios (14 medusas, 11 sifonóforos), 2 ctenóforos y 5 taliáceos.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Tomando en cuenta que la disponibilidad de información y el conocimiento del zooplancton en esta región del Pacífico Central Mexicano es incipiente, que la relevancia de generar conocimiento en ese ecosistema pelágico, así como identificar y caracterizar los mecanismos de respuesta de la comunidad a través de los cambios de abundancia, distribución y composición taxonómica es una tarea que apenas comienza, el presente estudio plantea generar conocimiento sobre la estructura de la comunidad del zooplancton y sus propiedades (distribución, abundancia, diversidad, etc.), así como identificar aquellos factores ambientales que puedan influir en su variabilidad, en esta zona que se considera de convergencia oceanográfica.

### **4. HIPÓTESIS**

Se espera encontrar un patrón de variación latitudinal de la estructura de la comunidad del zooplancton colectado en abril de 2015, en el Pacífico Central Mexicano.

### **5. OBJETIVOS**

#### **5.1 General**

Caracterizar la estructura de la comunidad del zooplancton, su distribución espacial latitudinal y su relación con las variables ambientales en el Pacífico Central Mexicano para abril 2015.

#### **5.2 Específicos**

- Determinar el biovolumen del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano.
- Establecer la distribución espacial de los grupos taxonómicos y copépodos identificados.
- Determinar grupos funcionales a partir de los grupos taxonómicos del zooplancton y especies de copépodos.
- Establecer los atributos (abundancia, diversidad, riqueza y dominancia) de la comunidad de copépodos.
- Describir las condiciones hidrográficas en la zona de estudio empleando datos *in situ* (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila *a*) e imágenes de satélite (clorofila *a* y temperatura).

- Analizar la relación de la abundancia y distribución de los grupos taxonómicos con las variables hidrográficas.

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1 Área de estudio**

El Pacífico Central Mexicano (PCM), incluye las costas de los estados de Jalisco y de Oaxaca; presenta una plataforma estrecha que generalmente tiene de 10 a 15 km de ancho desde la costa y que cae abruptamente a profundidades de hasta 2,500 o 3,000 m. En esta región, registran una temperatura superficial del mar entre 26° y 28 °C, y una termoclina entre los 40 m y 20 m de profundidad que se vuelve somera de norte a sur, respectivamente (Wilkinson *et al.* 2009; CONANP, 2012).

Las masas de aguas que predominan en esta región son: Agua de la Corriente de California (ACC;  $10^{\circ}\text{C} < T < 21^{\circ}\text{C}$ ,  $S < 34.6$ ), Agua Tropical Superficial (ATS;  $T > 25.1^{\circ}\text{C}$ ,  $S < 34.6$ ) que es transportada por la Corriente Costera Mexicana (CCM) originada por la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Lavín *et al.* 2006; Zamudio *et al.* 2007; Pantoja *et al.* 2012; Portela *et al.* 2016) y Agua del Golfo de California (AGC;  $T > 12^{\circ}\text{C}$ ,  $S > 35.1$ ) caracterizada por sus concentraciones de salinidad altos (Pantoja *et al.* 2012; Portela *et al.* 2016) (Fig. 1 y 2).

Por debajo de las anteriores masas se encuentran el Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs;  $9^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$ ,  $34.5 < S < 34.9$ ), el Agua Intermedia del Pacífico (AIP;  $4^{\circ}\text{C} < T < 9^{\circ}\text{C}$ ,  $34.5 < S < 34.8$ ) y el Agua Profunda del Pacífico (APP;  $T < 4^{\circ}\text{C}$ ,  $S > 34.5$ ) (Pantoja *et al.* 2012; Portela *et al.* 2016).

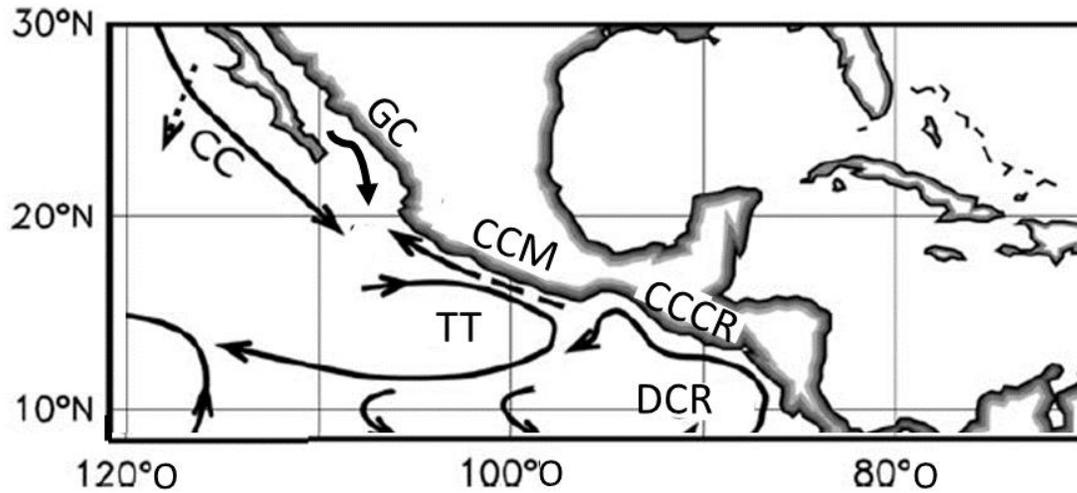


Figura 1. Corrientes presentes en el Pacífico Central Mexicano, modificado de Kessler (2006). CC: Corriente de California; GC: Golfo de California; CCM: Corriente Costera Mexicana; TT: Tazón de Tehuantepec; CCCR: Corriente Costera de Costa Rica; DCR: Domo de Costarrica.

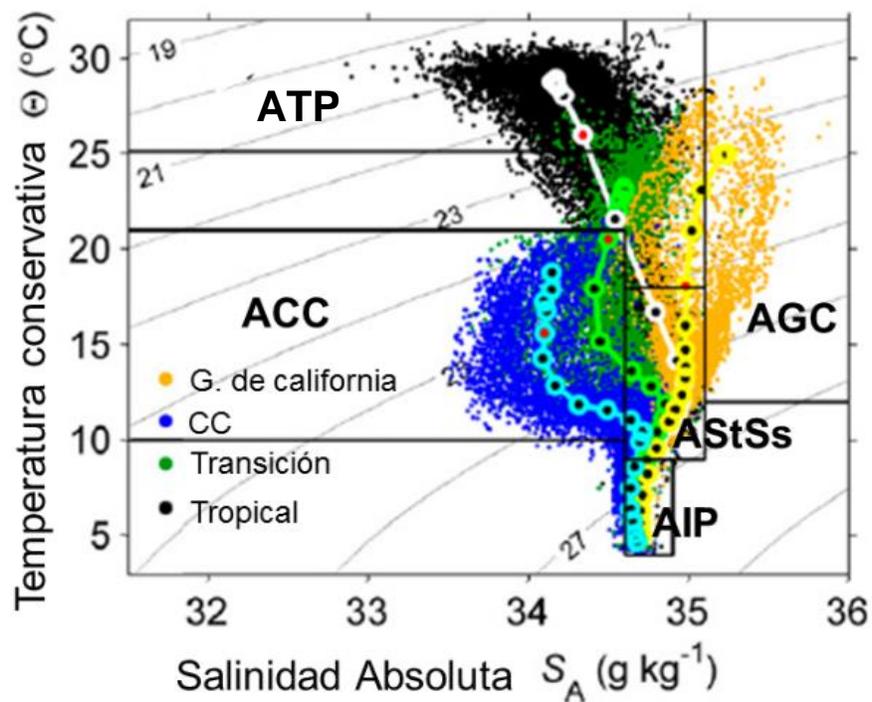


Figura 2. Distribución de masas de aguas en el Pacífico Central Mexicano; Modificado de Portela *et al.* (2016). ATP: Agua Tropical Superficial; ACC=: Agua de la Corriente de California; AGC=: Agua del Golfo de California; AStSs: Agua Subtropical Subsuperficial; AIP: Agua Intermedia del Pacífico. Los colores representan las corrientes.

El patrón de circulación en el PCM presenta cambios estacionales, debido a la advección del ATS y el agua de transición entre ACC y AGC además de la variación en la intensidad de la CCM y la rama de la Corriente de California (Wilkinson *et al.* 2009; Portela *et al.* 2016). En esta zona, los vientos son principalmente del noroeste durante gran parte del año, produciendo un transporte de Ekman que mantiene una termoclina somera sobre las costas de México (Pantoja *et al.* 2012).

En invierno y primavera, la evaporación neta hace que la concentración de la salinidad sea más alta y la presencia de aguas de transición se concentre a lo largo de la costa, lo que sugiere un flujo de agua salada hacia el ecuador. Por otro lado, en verano y otoño, cuando la precipitación supera la evaporación, la salinidad disminuye y la capa isotérmica (~29 °C;) es más evidente en los primeros 30 m de profundidad; mientras debajo de la capa mezcla, entre los 30 a 50 m de profundidad, la salinidad aumenta y la temperatura disminuye drásticamente (Portela *et al.* 2016).

La variabilidad en la circulación de esta zona, está dominada por la escala interanual y de mesoescala, de enero a febrero la CC llega hasta las costas de Guerrero (18° N) pero durante marzo–junio su influencia se percibe en la región chiapaneca alrededor de los 15° N. Por su parte, la CCM se intensifica en junio a diciembre llegando al extremo sur de la Península de Baja California, pudiendo o no entrar al Golfo de California o extenderse hacia Cabo San Lucas (Aguirre-Gómez & Salmerón-García, 2007; Pantoja *et al.* 2012; Cepeda-Morales *et al.* 2013).

La CCM se intensifica por las ondas ecuatoriales y costeras de Kelvin, además de la tensión del viento debido al desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y es más fuerte en años El Niño (Pantoja *et al.* 2012; Reyes *et al.* 2015; Portela *et al.* 2016). Del mismo modo, se presentan eventos de mesoescala como la formación de remolinos, debido a la intensificación de la CCM y su separación de la costa en Cabo Corrientes, así como la mezcla entre la CCM y la corriente del Golfo de California que fluye hacia el sur, esto está presente todo el año y la intensidad regula el tamaño del remolino (Zamudio *et al.* 2007; Pantoja *et al.* 2012; Portela *et al.* 2016).

El PCM, también presenta una Zona Mínima de Oxígeno (ZMO), la cual se puede detectar desde los 50 m de profundidad, mediante la observación del

decaimiento del oxígeno disuelto indicados por valores sucesivos de 0.5 y de 0.2 ml/L en los perfiles de distribución vertical (CONANP, 2012).

La zona del PCM, forma parte del Pacífico Oriental Tropical (POT), el cual se ha descrito como una zona que presenta características físicas propias, con variaciones en la distribución de aguas frías en sentido oeste-este en el Pacífico central por la acción del viento, determinando la variación de la profundidad de la termoclina en el POT (Kessler, 2006).

## **6.2 Muestreos biológicos**

El muestreo de zooplancton se llevó a cabo en una red de 42 estaciones oceanográficas distribuidas entre Cabo Corrientes y la Bahía de Acapulco, Guerrero (Fig. 3), a bordo del B/O El Puma de la UNAM del 13 al 25 de abril del 2015. El área se dividió en cuatro subzonas (Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero) cada una con transectos perpendiculares a la costa.

Para la obtención de las muestras, se realizaron arrastres verticales (100 – 0 m de profundidad) con una red cilindro-cónica de 1.5 m longitud y una boca con diámetro de 0.60 m que se equipó con un flujómetro General Oceanics®. La luz de malla de la red y del copo flexible adosado al final de la red fue de 333 µm.

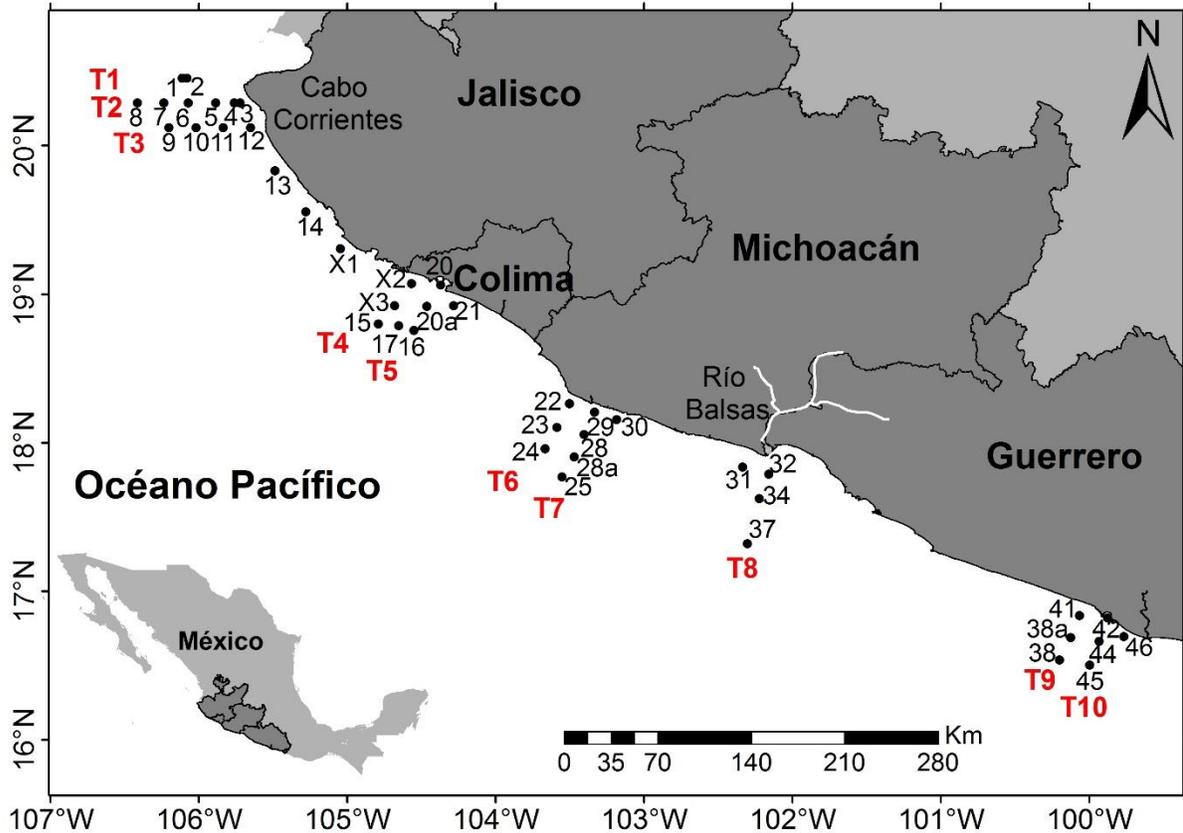


Figura 3. Área de estudio y estaciones de muestreo de la campaña Marea Roja-VII (abril 2015). Subzonas: Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. T: transectos.

### 6.3 Variables hidrográficas

Los registros de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad, oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) y fluorescencia se obtuvieron con un CTD Sea Bird 19 plus en las estaciones de muestreo. Se procesó la información y se procedió a la elaboración de mapas de distribución vertical para los primeros 120 m de la columna de agua y particularmente para el oxígeno disuelto hasta los 60 m debido a problemas con el sensor del CTD. En el caso de los perfiles verticales del oxígeno disuelto (OD), se identificó la isolínea a  $0.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (equivalente a  $0.5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ ) para identificar el límite superior de la zona mínima de oxígeno (Hendrickx & Serrano, 2010; Maske-Rubach *et al.* 2017).

Se realizó un diagrama T-S, considerando los límites de masas de agua TEOS-10 de Portela *et al.* 2016, cabe resaltar que la ecuación fue propuesta por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO para calcular la salinidad absoluta y la temperatura conservativa, esto se realizó con el programa Ocean Data View 4 (ODV) (IOC & IAPSO, 2010; Portela *et al.* 2016). TEOS-10 (<http://www.teos-10.org/>)

utiliza la salinidad absoluta SA (fracción de masa de la sal en el agua de mar) en oposición a la salinidad práctica (que es esencialmente una medida de la conductividad del agua de mar) para describir el contenido de sal del agua de mar, por lo que la SA tienen unidades de  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (IOC & IAPSO, 2010).

La salinidad absoluta es una unidad de concentración del Sistema Internacional (SI). Las propiedades termodinámicas del agua de mar, como la densidad y la entalpía, ahora se expresan correctamente como funciones en estas unidades, en lugar de ser funciones de la conductividad del agua de mar (IOC & IAPSO, 2010).

Para tener un panorama general de las condiciones hidrógrafas en la zona de este estudio, se obtuvieron imágenes de satélite de la temperatura y concentración de Clorofila-a compuestas de 8 días, con nivel de procesamiento L3 a 4 km de resolución a partir del sensor Aqua Modis. Estas fueron seleccionadas de los días antes (07 al 14 de abril 2015), durante (15 al 22 de abril 2015) y después del crucero (23 al 30 de abril 2015), se procesaron en el programa ESRI ArcMap® versión 10.2.

#### **6.4 Trabajo de laboratorio**

El volumen de zooplancton de cada muestra se determinó mediante el método volumétrico y la estandarización de los datos se efectuó de acuerdo a Beers (1976). El análisis de las muestras se realizó identificando y cuantificando el zooplancton a nivel de grupos taxonómicos y los copépodos a nivel de especies. Para ello, se tomó en cuenta la revisión total de la muestra cuando el valor del biovolumen fue menor a 20 ml y cuando fue mayor se obtuvieron alícuotas con una pipeta Stempel de 12.5 c.c.

El análisis de las muestras se hizo mediante un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi DV4; para la identificación taxonómica al mínimo nivel posible se tomó en cuenta la bibliografía de Todd *et al.* (1991), Gasca & Suarez (1996), Smith & Johnson (1996), Palomares-García *et al.* (1998), Trégouboff & Rose (1957), y Perry (2003), entre otros.

La agrupación de los grupos taxonómicos y de las especies de copépodos en grupos funcionales se llevó a cabo de acuerdo a los criterios de Longhurst (1985), basado en estrategias similares de alimentación (Fig. 4).

Longhurst (1985) además de tomar en cuenta el tipo de alimentación utilizado por cada grupo, también consideró la clasificación taxonómica de los organismos que

lo componen y así no solo la agrupación sería sensible a los hábitos de alimentación, sino también a sus orígenes evolutivos. La clasificación se basó en datos bibliográficos específicos para cada grupo taxonómicos, también consideró información de géneros de cada grupo taxonómico, la temporalidad y la región en que fueron descritos.

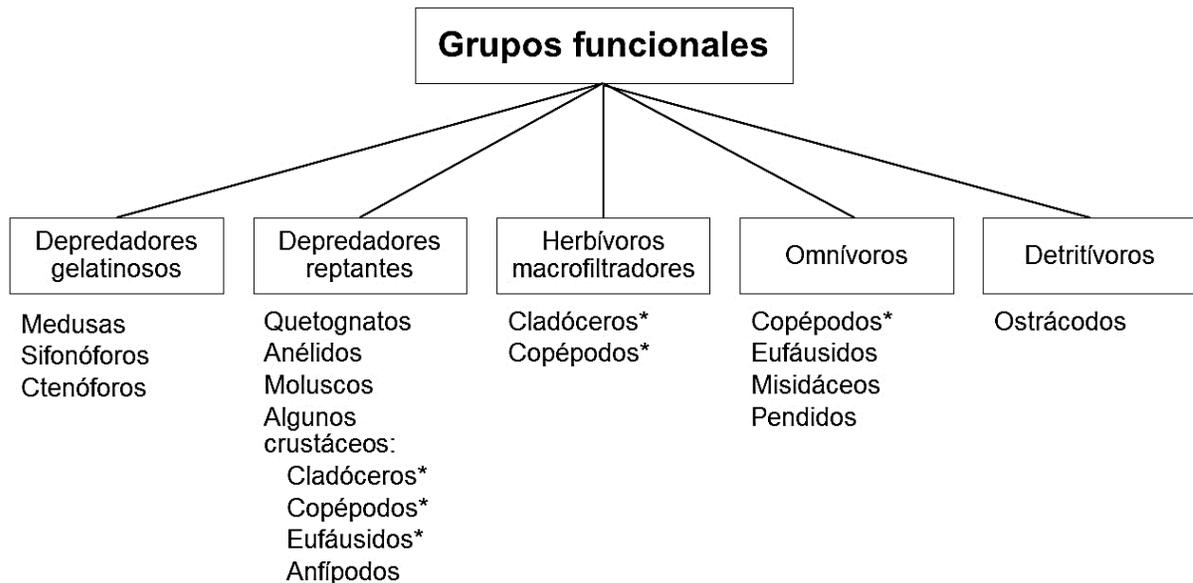


Figura 4. Clasificación de grupos funcionales de acuerdo a los criterios de Longhurst (1985). \*Algunos géneros del grupo taxonómico.

### 6.5 Análisis de los atributos de la comunidad (estadísticos)

La abundancia de los grupos del zooplancton y de las especies identificadas se extrapoló al volumen total de la muestra (en el caso de las alícuotas tomadas) y todos los datos se estandarizaron a 1000 m<sup>3</sup> de agua filtrada (Hernández-Trujillo *et al.* 2010); los valores obtenidos fueron la base de los análisis estadísticos posteriores. Con los datos de biovolumen, abundancia de los grupos taxonómicos del zooplancton y especies de copépodos, además de la información ambiental por estación, se construyó una base de datos en el programa Excel® versión 2013.

Para la creación de los mapas de distribución del zooplancton se utilizó el programa ESRI ArcMap® versión 10.2. A partir de la base de datos que se creó, se generó un archivo .csv, anexando las coordenadas geográficas. Para las escalas del biovolumen y la abundancia se utilizaron las que maneja CalCOFI para dichas variables (Fleminger, 1964; Isaacs *et al.* 1969).

Se realizaron análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis (programa STATISTICA 7) para detectar diferencias significativas de la abundancia y atributos de la comunidad del zooplancton y las especies de copépodos entre las subzonas de muestreo.

Para el análisis de la estructura de la comunidad a nivel de grupos taxonómicos del zooplancton y de las especies de copépodos, se estimó los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y la dominancia de Simpson ( $\lambda$ ); para el resto de los análisis, la abundancia se transformó a  $\log_{10}(\log(X+1))$  (Omori & Ikeda, 1992; Magurran 2004).

Las estaciones de muestreo de Michoacán y Guerrero, respectivamente, no se consideraron ya que se identificó solo un grupo taxonómico debido al mal estado de la muestra, estos grupos (sipuncúlidos y misidáceos) y 15 especies de copépodos (*A. clausi*, *C. simplex*, *C. elongatus*, *E. californicus*, *E. amoena*, *G. brevispina*, *P. punctatum*, *P. wrighti*, *S. angusta*, *S. darwini*, *S. intestinata*, *S. nigromaculata*, *S. stellata*, *S. bradyi* y *C. scotellata*) se omitieron en los análisis estadísticos.

Se realizaron análisis de agrupamientos de dos vías (estaciones y grupos taxonómicos/especies), para determinar la presencia de una regionalización de comunidades. El análisis se llevó a cabo usando el programa PC-ORD 6.0 de MjM Sotwae Design, utilizando el índice de Bray-Curtis con una beta flexible de 0.25. Se utilizaron dos matrices de datos, una de abundancia de los grupos taxonómicos y otra de especies de copépodos.

Después de realizar un primer análisis de manera exploratoria, se eliminaron 10 grupos (anfípodos, apendicularias, larva de poliquetos, cladóceros, larva de decápodos, pterópodos, quetognatos, larva y huevos de peces, sifonóforos y copépodos) y 13 especies de copépodos (*A. gibber*, *C. pauper*, *C. furcatus*, *C. jobei*, *C. speciosus*, *E. indica*, *O. setigera*, *O. venusta*, *P. gracilis*, *S. danae*, *S. mucronatus*, *S. subcrassus*, *T. discaudata*) para evitar el enmascaramiento de las diferencias en la composición de la comunidad en un ambiente tan homogéneo.

Para apoyar la formación de grupos taxonómicos y de especies de copépodos obtenidos de los análisis de agrupamientos, se realizaron análisis SIMPER con el programa PRIMER-6©, considerando el 90% de la abundancia relativa.

Para determinar la relación de los grupos taxonómicos, así como de las especies de copépodos, se realizaron análisis de correspondencia canónica (ACC) para cada caso. Para esto, se utilizaron las matrices de abundancia de los análisis de agrupamientos de dos vías y una matriz con cinco variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, concentración de clorofila-a y biovolumen), utilizando el programa estadístico CANOCO 4.5, aplicando una prueba de Montecarlo a 999 permutaciones.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Caracterización de las condiciones hidrográficas**

El diagrama T-S mostró un intervalo de temperatura de 12° a 29 °C, y una salinidad absoluta entre 33.6 a 35.1 g • kg<sup>-1</sup>, entre un intervalo de densidad ( $\sigma_0$ ) de 21 a 26.5 g • m<sup>-3</sup>, y la presencia de dos masas de agua de origen tropical distribuidas en los primeros 200 m de la columna de agua (Fig. 5).

El Agua Tropical Superficial (ATS) predominó desde la superficie hasta aproximadamente los 26 m de profundidad, mientras que el Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) se presentó a partir de los 50 m hasta los 200 m de la columna de agua (Fig. 5). El transicional (AT), originada por la mezcla de los dos tipos de masas de agua tropicales mencionadas anteriormente. Se distribuyó entre los 20 y 35 m, aunque se observaron puntos distribuidos profundidades menores a 10 m, así como mayores a 50 m (Fig. 5).

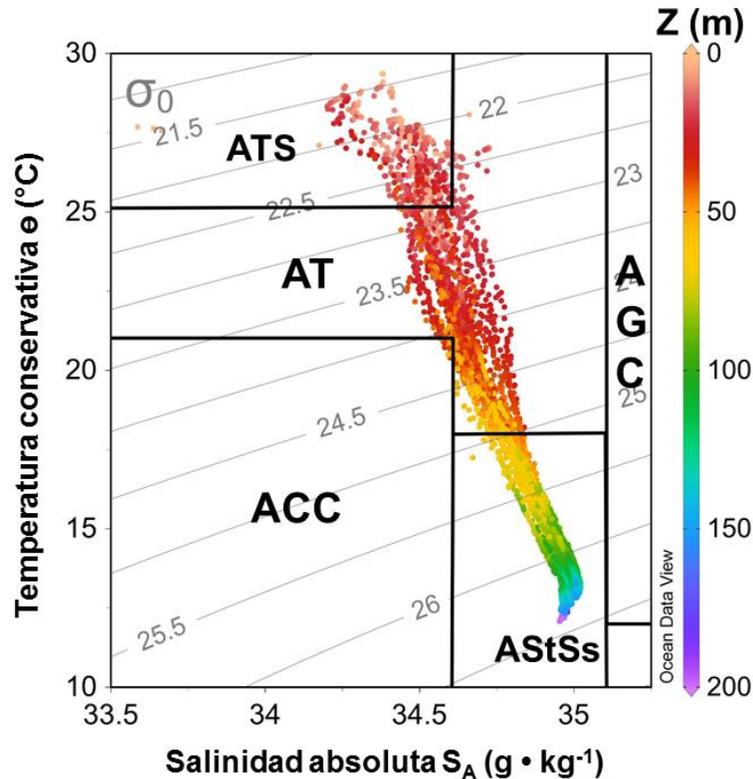


Figura 5. Distribución de las masas de agua en los primeros 200 m de la columna de agua en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). ATS: Agua Tropical Superficial; AT: Agua Transicional; AStSs: Agua Subtropical Subsuperficial; ACC: Agua de la Corriente de California; AGC: Agua del Golfo de California; Z: Profundidad (m).

### 7.1.1 Temperatura

De acuerdo a las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, se observó que antes (27.8-33.1 °C) (Fig. 6a), durante (28.7-31.6 °C) (Fig. 6b) y después (29-32.7 °C) (Fig. 6c) del muestreo, los intervalos de temperatura fueron similares, los valores menores a los 30 °C se observaron en las costas de Jalisco, mientras que los máximos (> 30 °C) se registraron en la porción sur del área de estudio (Michoacán y Guerrero), cabe resaltar que las temperaturas más altas se registraron después del muestreo (Fig. 6).

Se observó que, a lo largo del área de estudio, la columna de agua estuvo estratificada a lo largo de la línea de costa, que la temperatura fue cuasi homogénea en los primeros 20 m de la columna de agua con una temperatura promedio de 26 °C, localizando a la termoclina entre los 20 y 60 m de profundidad, y a partir de los 60 m

la temperatura es similar en todas las estaciones con valores alrededor de los 15 °C (Fig. 7; Anexo I).

Particularmente, se observaron cuatro transectos que no se ajustaron al patrón antes mencionado, uno fue el transecto 2 (T2) en Jalisco, donde se observó agua relativamente fría (alrededor de los 20 °C) muy cerca de la costa (10 km) entre los 10 y 60 m de profundidad, además de observar temperaturas alrededor de 24 °C entre los 30 y 60 km de distancia a la costa (Anexo Ia).

El segundo fue el transecto 5 (T5) en Colima, donde después de los 40 km se observó una disminución de la temperatura en los primeros 30 m de la columna de agua de 27 ° a 25 °C en los primeros 10 m de profundidad (Anexo Ib).

El tercero fue en Michoacán, en este transecto (T6) la temperatura fue de 20° a 24 °C entre los 20 y 40 km hasta los 80 m de profundidad (Anexo Ic).

El último transecto fue en Guerrero (T10), donde se registró la temperatura máxima (29 °C), se observó que después de los 45 km, la temperatura máxima abarcó hasta los primeros 40 m de profundidad, mientras que en la porción de la plataforma continental solo fue en los primeros 20 m (Anexo Id).

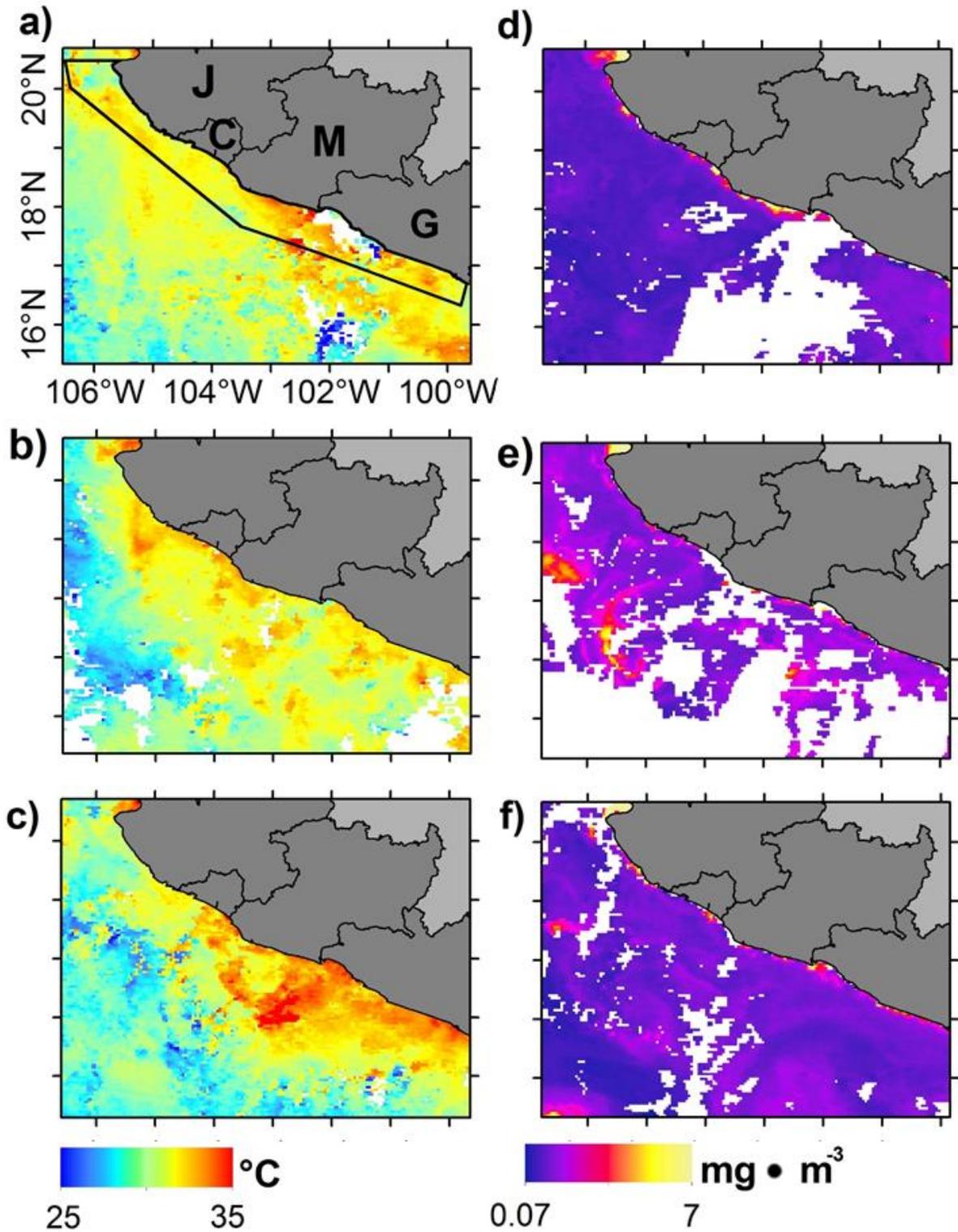


Figura 6. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (a-c) y concentración de Clorofila-a (d-f) en el Pacífico Central Mexicano, antes (a y d), durante (b y e) y después (c y f) del muestreo (abril 2015). Imágenes compuestas de 8 días, nivel de procesamiento L3 a 4 km. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Zonas blancas debido a nubosidad.

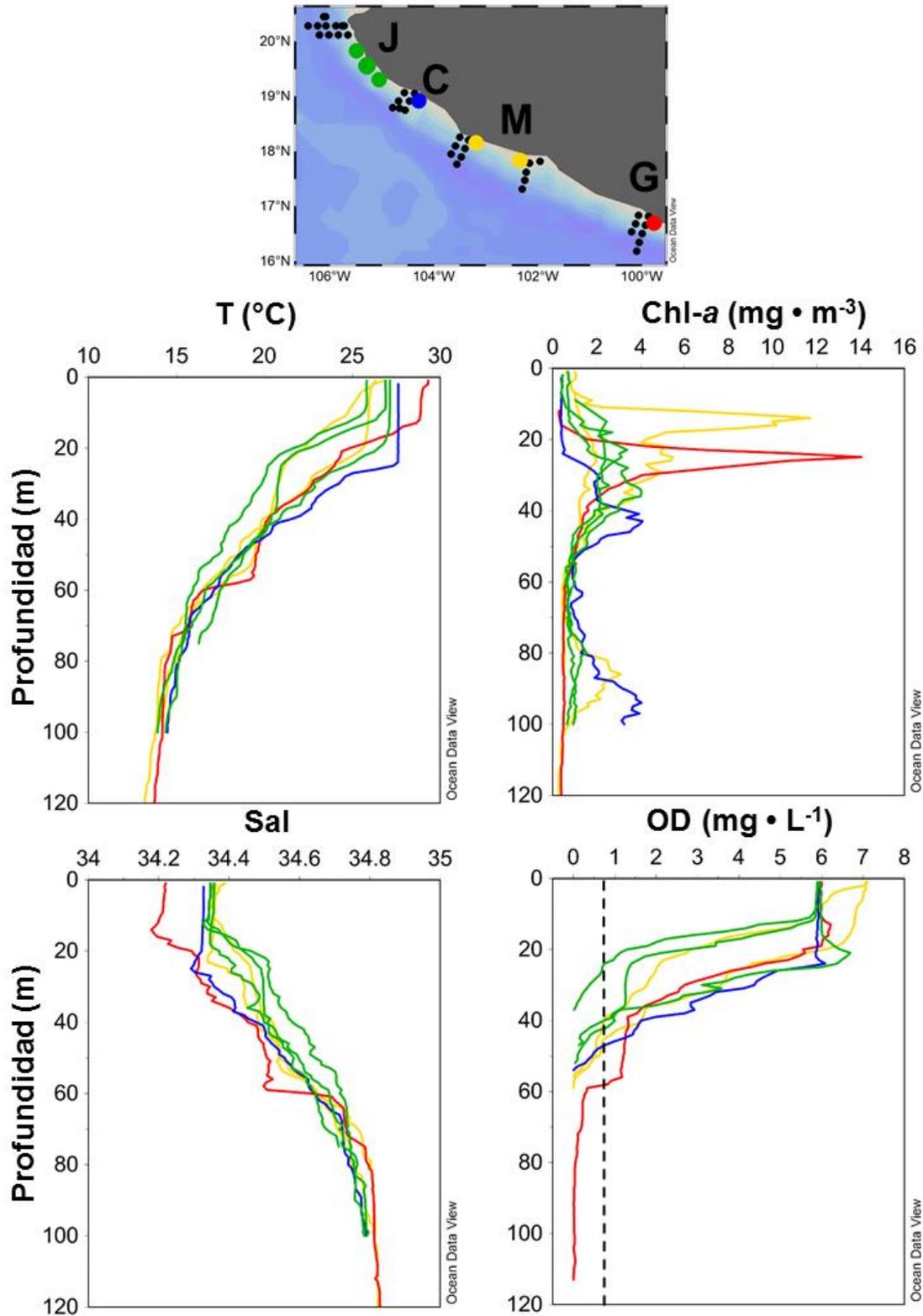


Figura 7. Distribución vertical de la temperatura (T), Clorofila-a (Chl-a), salinidad (Sal) y oxígeno disuelto (OD). J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán; G: Guerrero. Línea punteada indica corte para concentraciones menores a 0.7 mg · L<sup>-1</sup> de OD.

### **7.1.2 Clorofila-a**

De acuerdo a las imágenes satelitales, los valores más altos de clorofila-a (Chl-a) se concentraron en la franja costera a lo largo de la zona de estudio, esta tendencia se mantuvo, antes, durante y después del muestro. El intervalo de valores registrados fue de 0.07 a  $7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , con máximos en Jalisco y Guerrero (Fig. 6). Particularmente, durante el muestreo, los valores altos de Chl-a se distribuyeron más en la porción oceánica que en la costera (Fig. 6e).

De manera general, los máximos de Chl-a subsuperficial estuvieron entre los 20 y 40 m de profundidad de la columna de agua, se registró un intervalo de 0 a  $20 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  y un aumento de norte a sur, con la presencia de un segundo máximo subsuperficial menor al primero a alrededor de los 80 y 100 m de profundidad (Fig. 7).

En Jalisco (T2) y Colima (T5), el máximo subsuperficial de Chl-a se observó a partir de los 40 km de la línea de costa hacia el océano ( $5$  y  $6.89 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , respectivamente), y el segundo máximo subsuperficial con concentraciones entre  $2$  y  $3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  en los primeros 10 km de la línea de costa, para ambos casos (Anexo IIa y b).

En Michoacán (T6) se observó un máximo subsuperficial de Chl-a de  $9.41 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  en los primeros 40 m de la columna de agua (Anexo IIc), mientras en Guerrero (T10) se registró el valor máximo de Chl-a de  $19 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  alrededor de los 40 km de la línea de costa, en ambos transectos no se observó el segundo pulso de Chl-a (Anexo IId).

### **7.1.3 Salinidad**

En las cuatro subzonas el PCM, se obtuvo un intervalo de salinidad entre 34 y 35 de la superficie a los 120 m de profundidad, observándose la variación en el valor del mismo conforme aumentó la profundidad, en el transecto 6 (T6) se observó un ligero aumento conforme a la profundidad y en los primeros 40 m de la columna de agua se registraron valores entre 34.47 y 34.53 (Anexo III).

En el caso de las estaciones costeras, el intervalo en los primeros 20 m de las subzonas de Jalisco, Colima y Michoacán fue de 34.33 a 34.39, aumentando gradualmente hasta los 34.70 a los 60 m de profundidad. Particularmente la estación

localizada en Guerrero, presentó un valor de salinidad menor (34.22) en los 15 m de profundidad (Fig. 7).

#### 7.1.4 Oxígeno disuelto

En los primeros 15 m de la columna de agua en las estaciones costeras de Jalisco, Colima y Guerrero, se registró concentraciones de oxígeno disuelto (OD) alrededor de  $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , mientras que en Michoacán se registraron valores de  $7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  en los primeros 3 metros de la columna de agua, y valores 6.21 y  $7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  en los 5 m de profundidad (Fig. 7).

La ZMO se observó en Jalisco alrededor de los 40 m, en Colima y Michoacán a los 50 m y para Guerrero a los 60 m de profundidad (Fig. 7). De acuerdo a la distribución por transectos, se observó que, en el T5 en Colima, el límite superior de la ZMO se elevó alrededor de los 30 m de profundidad (Anexo IVb). En Michoacán, el límite superior se hizo más profundo ( $> 60 \text{ m}$  de profundidad), en el T6 se observó valores menores a  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  desde los 20 m de profundidad a lo largo de los 50 km de la línea de costa (Anexo IVc), y en el T10 en Guerrero, se presentó una elevación del límite superior alrededor de los 40 m asociado al quiebre del talud continental (Anexo IVd).

#### 7.2 Variación del biovolumen a lo largo del área de estudio

El biovolumen registró valores mínimos de  $6 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$  en la subzona de Colima y máximos de  $223 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$  en Michoacán, con un promedio  $61 \text{ ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$  (Tabla I) (Fig. 8). Estadísticamente no se registraron diferencias significativas latitudinales ( $H(3, N=41) = 1.14; p = 0.77$ ).

Tabla I. Valores generales de la comunidad de zooplancton. Mín.: Mínimos; Máx.: Máximos;  $\bar{X}$ : Promedio; Stx: Riqueza taxonómica;  $H'$ : Índice de diversidad de Shannon-Wiener;  $\lambda$ : Índice de dominancia de Simpson.

	<b>Biovolumen</b> ( $\text{ml} \cdot 1000\text{m}^3$ )	<b>Abundancia total</b> ( $\text{ind.} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ )	<b>Rtx</b>	<b>H'</b> (bits/ind.)	<b><math>\lambda</math></b>
<b>Mín.</b>	6	488	8	0.57	0.27
<b>Máx.</b>	223	178,588	21	2.65	0.86
$\bar{X}$	61	30,882	15	1.88	0.44

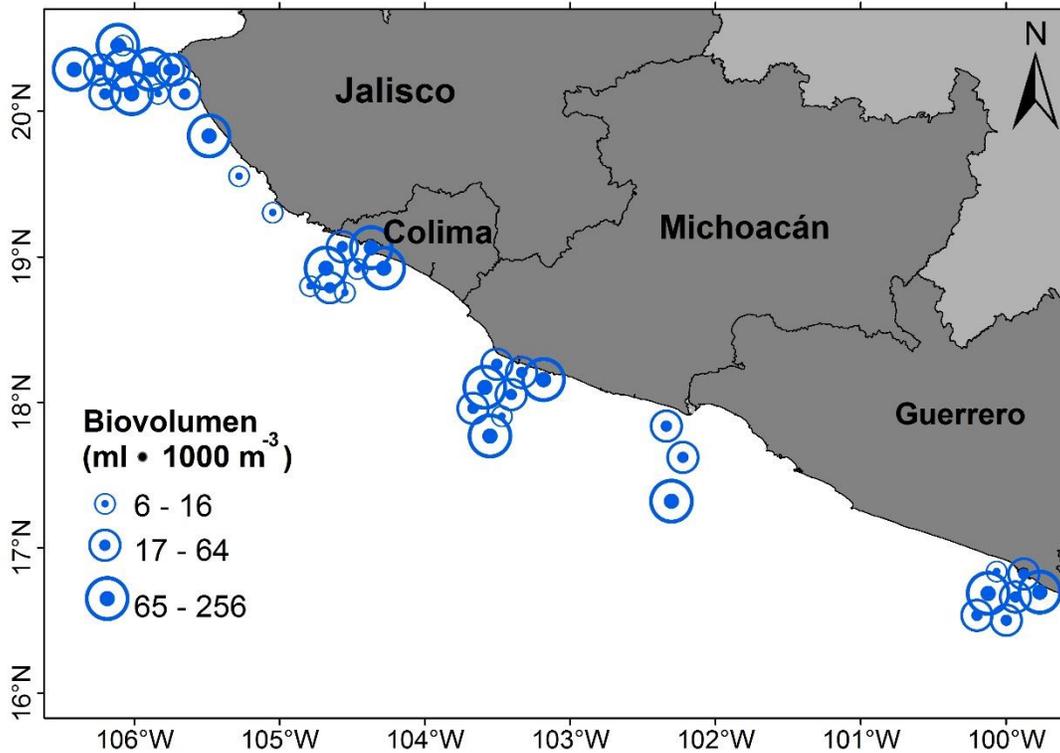


Figura 8. Distribución del biovolumen ( $\text{ml} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ ) de zooplancton en el Pacífico Central Mexicano para abril de 2015.

### 7.3 Distribución y estructura comunitaria del zooplancton

#### 7.3.1 Distribución de la abundancia del zooplancton

En la subzona de Jalisco se registró el mínimo y máximo de la abundancia del zooplancton ( $488$  y  $178,588 \text{ ind.} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ , respectivamente), con un promedio de  $30,882 \text{ ind.} \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$ . La distribución de la abundancia fue homogénea a lo largo del área de estudio ( $H_{(3, N=41)} = 2.78$   $p = .43$ ) (Fig. 9).

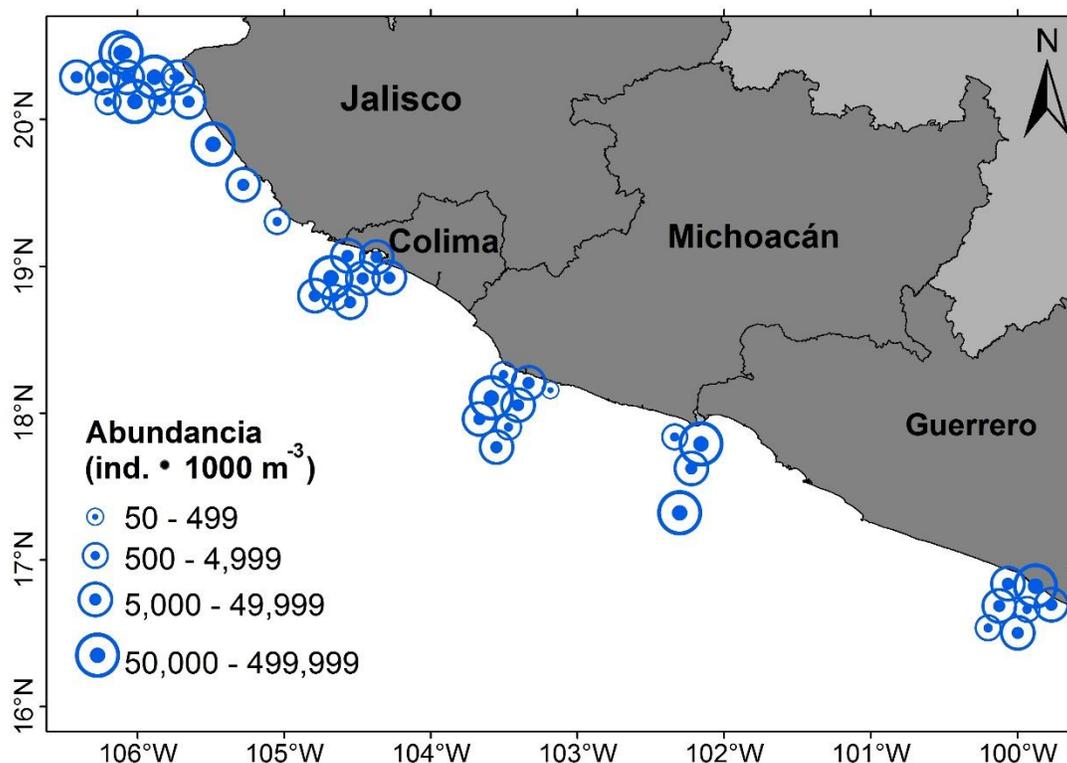


Figura 9. Distribución de la abundancia total (ind. • 1000 m<sup>-3</sup>) del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano en abril de 2015.

### 7.3.2 Grupos taxonómicos identificados

Se identificaron 27 grupos taxonómicos, donde los copépodos representaron el 44.78 %, seguido de los cladóceros con el 32.99 %, y con 22.23 % los 25 grupos taxonómicos restantes (Tabla II).

Para establecer la composición taxonómica del zooplancton por subzona, se tomaron en cuenta a los grupos que aportaron más del 10% de la abundancia en cada una, los cuales fueron: copépodos, cladóceros, cnidarios y quetognatos. En tres de las subzonas (Jalisco, Colima, Michoacán), se registró que los copépodos fueron el grupo más abundante representando más del 44%, mientras que los cladóceros representaron más del 20% en Jalisco, Colima y Guerrero.

Particularmente en Michoacán el grupo de los quetognatos y los cnidarios destacaron en su abundancia respecto a las otra subzonas (Fig. 10). En el caso de los grupos restantes (Jalisco: 22; Colima: 25; Michoacán: 21 y Guerrero: 20), se observó que representaron entre los 15-25% a lo largo del área de estudio (Fig. 10).

Tabla II. Información general de los grupos taxonómico identificados en abril del 2015 en el Pacífico Central Mexicano. COD: código del grupo identificado; Total: Abundancia total (ind. • 1000 m<sup>-3</sup>);  $\bar{X}$ : Abundancia promedio; %: Abundancia relativa; GF: Grupo funcional donde C: Carnívoros, H: Herbívoros, O: Omnívoros, D: detritívoros; Subzonas J: Jalisco, C: Colima, M: Michoacán, G: Guerrero. Color rojo indica los grupos más abundantes. Color gris indica la presencia en la subzona y el color blanco la ausencia.

Grupo taxonómicos	COD	Abundancia				GF	Subzonas			
		T	$\bar{X}$	SD	%		J	C	M	G
<b>Copépodos</b>	COP	<b>553,878</b>	13,188	14,793	44.78	O				
<b>Cladóceros</b>	CLA	<b>408,105</b>	9,717	21,984	32.99	H				
Quetognatos	QUE	74,098	1,764	3,336	5.99	C				
Sifonóforos	SIF	35,946	856	946	2.91	C				
Apendicularias	APN	31,043	739	1,679	2.51	H				
Cnidarios	CNI	22,707	541	2,032	1.84	C				
Decápodos	LDE	21,686	516	1,022	1.75	O				
Pterópodos	PTE	15,185	362	571	1.23	C				
Salpas	SAL	13,308	317	410	1.08	C				
Ostrácodos	OST	12,105	288	969	< 1	D				
Peces*	PEC	10,739	256	325	< 1	C				
Poliquetos	LPO	9,091	216	320	< 1	C				
Eufáusidos	EUF	7,825	186	324	< 1	O				
Anfípodos	ANF	7,603	181	285	< 1	C				
Equinodermos	LEQ	4,839	115	349	< 1	H				
Ctenóforos	CTE	1,975	47	129	< 1	C				
Doliolos	DOL	1,614	38	119	< 1	H				
Cefalópodos	LCE	1,356	32	53	< 1	C				
Cirripedios	LCI	842	20	48	< 1	H				
Estomatópodos	LES	759	18	31	< 1	C				
Nauplios	NA	533	13	32	< 1	H				
Gasterópodos	LGA	382	9	40	< 1	H				
Heterópodos	HET	367	9	26	< 1	C				
Bivalvos	LBI	212	5	15	< 1	H				
Isópodos	ISO	137	3	15	< 1	C				
Misidáceos	MIS	27	1	4	< 1	O				
Sipuncúlidos	SIP	23	1	4	< 1	D				

\*Huevos y larvas de peces.

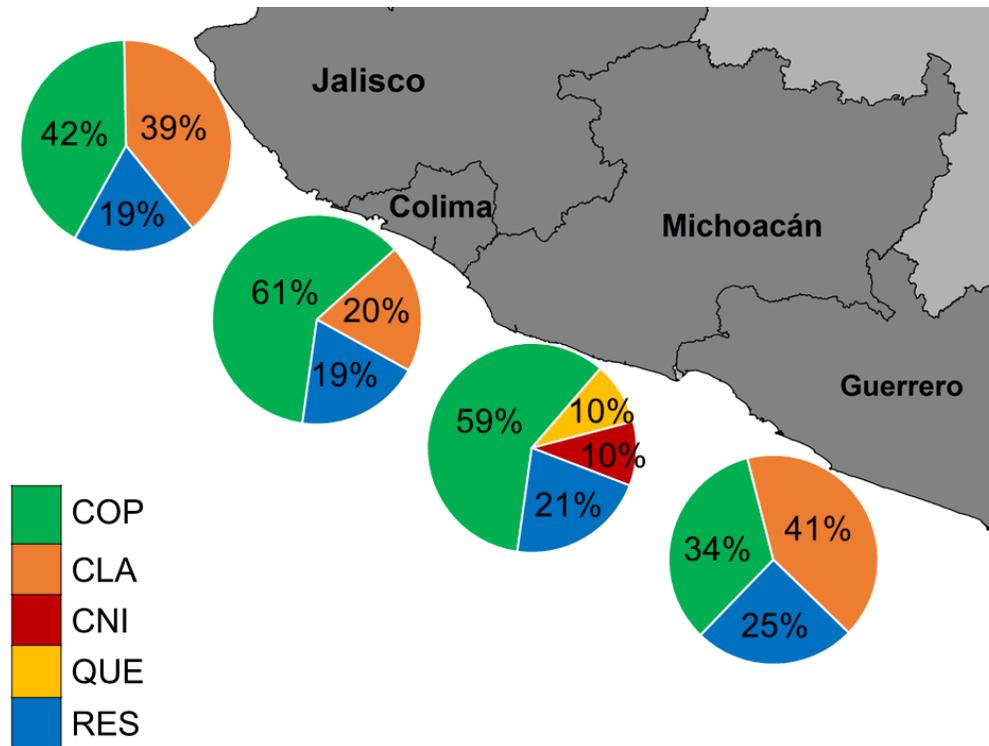


Figura 10. Distribución de la abundancia relativa de los grupos taxonómicos más representativos ( $\geq 10\%$ ) por subzona. COP: Copépodos; CLA: Cladóceros; CNI: Cnidarios; QUE: Quetognatos; RES: grupos taxonómicos restantes.

### 7.3.3 Atributos de la comunidad del zooplancton

La riqueza taxonómica del zooplancton, tuvo un mínimo de 8 grupos taxonómicos en Jalisco y un máximo de 21 taxa en Colima; en promedio se obtuvo que en la mayoría de las estaciones se identificaron alrededor de 15 grupos taxonómicos (Fig. 11a) (Tabla I).

Considerando a los grupos taxonómicos, se obtuvo un intervalo de valores de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de 0.57-2.65 bits/ind., el valor promedio de diversidad fue de 1.88 bits/ ind., se obtuvo el valor mínimo en Colima, mientras que el valor máximo en Guerrero. (Fig. 11b).

La dominancia se registró de manera inversa que la diversidad, se registró el mínimo de 0.27 en Jalisco y el máximo de 0.86 en Colima, el valor promedio fue de 0.44, se observando los valores de 0.61 a 0.80 en la subzonas de Colima, Michoacán y Guerrero y los valores entre 0.40 a 0.60 acotados en su mayoría en la subzona de Jalisco (Fig. 11c).

En el análisis de varianza multifactorial (subzonas y distancia a la costa) para la riqueza taxonómica ( $F_{(3, 34)}=1.85$ ,  $p=0.16$ ), diversidad ( $F_{(3, 34)}=2.16$ ,  $p=0.11$ ) y dominancia ( $F_{(3, 34)}=1.99$ ,  $p=0.13$ ), no se encontraron diferencias significativas a lo largo de la zona de estudio, es decir, estos atributos fueron estadísticamente homogéneos latitudinalmente y de costa a océano

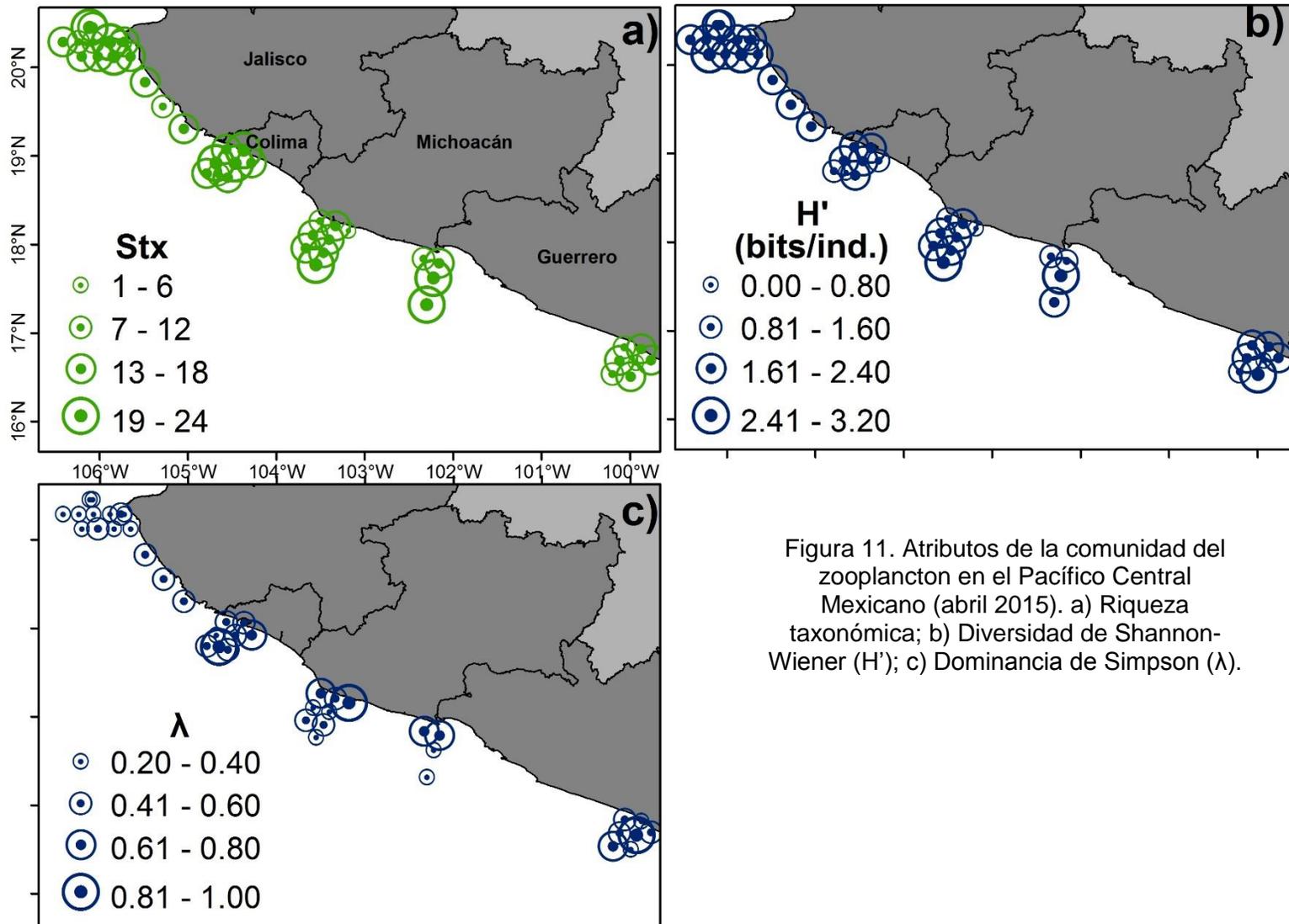


Figura 11. Atributos de la comunidad del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). a) Riqueza taxonómica; b) Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ); c) Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ).

Del análisis de agrupamientos de dos vías, se obtuvieron dos grupos de estaciones (1 y 2) y tres grupos de componentes del zooplancton (A, B y C) (Fig. 12).

En el grupo 1, se integraron las estaciones con las abundancias más altas de los componentes del zooplancton (grupos A, B y C), pero con una diferenciación entre estaciones norteñas (4, 2, 5, 8, 13, 10, 1, X3, 20a, 20 y 21) localizadas en Jalisco y Colima y las sureñas (23, 25, 32, 37, 45, 34, y 42) localizadas en Michoacán y Guerrero. En las estaciones norteñas se registraron ctenóforos, larvas de bivalvos, larvas de gasterópodos y larvas de estomatópodos (grupo B), mientras que las sureñas presentaron mayor abundancia de doliolos, nauplios y heterópodos (grupo C).

El grupo de estaciones 2, se caracterizó por presentar estaciones distribuidas en las cuatro subzonas, con abundancias intermedias del grupo A (cnidarios, ostrácodos, salpas, larvas de cefalópodos, eufáusidos, larvas de equinodermos y cirripedios) y baja frecuencia y abundancia de los grupos B y C.

Algunas estaciones de Guerrero, Jalisco y Michoacán (41, 38a, 43, 9, 7 y 31) no se agruparon debido a que son aquellas donde la abundancia y frecuencia de los componentes del zooplancton fue baja.

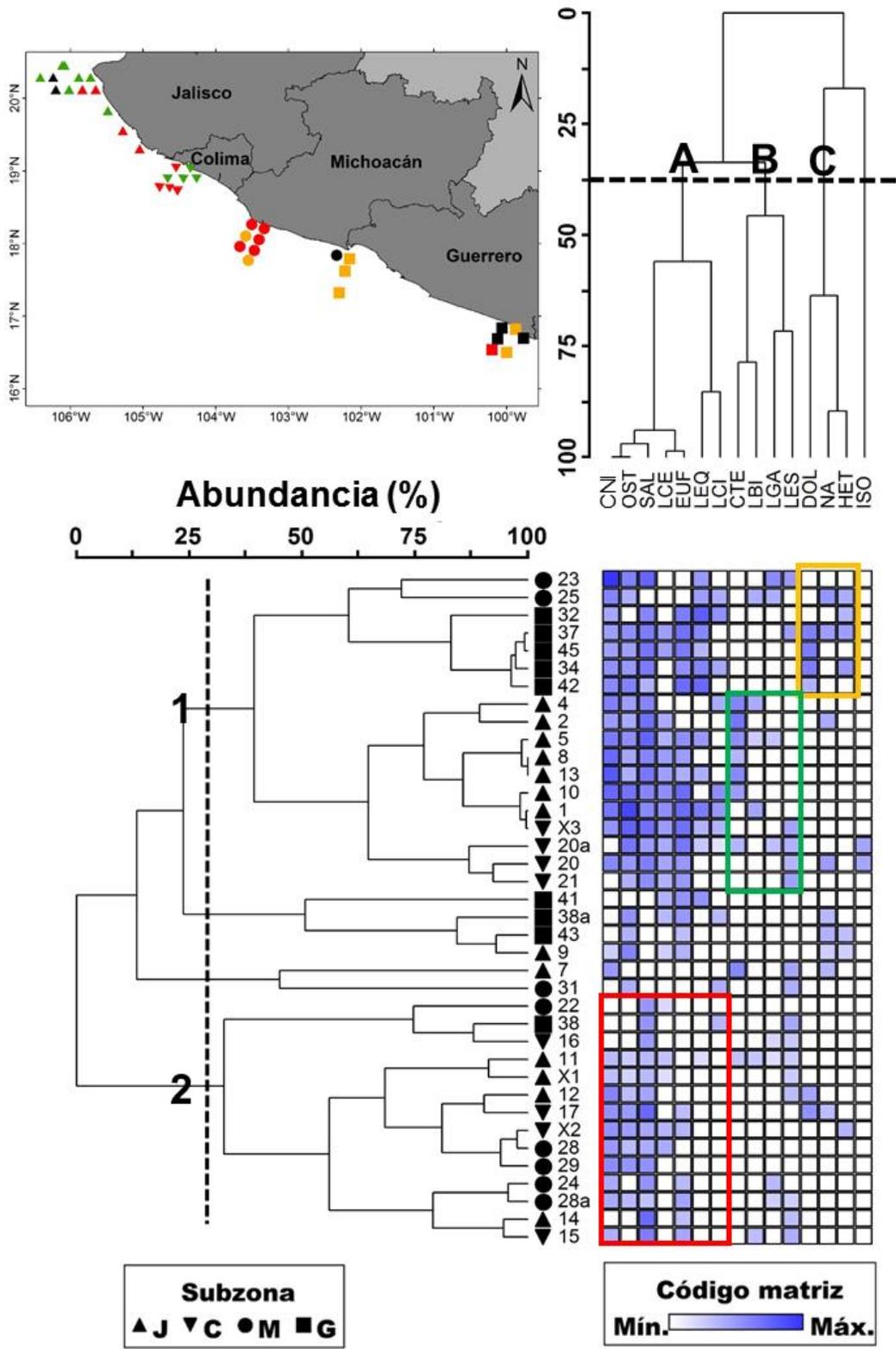


Figura 12. Análisis de agrupamiento de dos vías de los grupos taxonómicos del zooplancton en el Pacífico Central Mexicano. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Grupo de estaciones a lo largo del área estudio (rojo), al norte (verde) y sur (amarillo).

Del análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) aplicado a los grupos de estaciones a lo largo del área de estudio, norteñas y sureñas, resultantes del análisis de agrupamientos de dos vías de los componentes del zooplancton, se obtuvo que entre estos tres grupos no se presentaron porcentajes de disimilitud altos y los valores de estas agrupaciones fueron semejantes (Tabla III).

En las estaciones distribuidas a lo largo del área de estudio, se observó que las salpas, cnidarios y larvas de estomatópodos, fueron las que contribuyeron con un 80 %, particularmente las salpas contribuyeron con un porcentaje mayor (50.64 %) (Tabla III).

En las estaciones norteñas, fueron cinco los grupos taxonómicos que contribuyeron con el 85.34 %, donde las salpas fueron las que de nueva cuenta contribuyeron con el porcentaje más alto; sin embargo, este fue 50 % menor que la contribución a lo largo del área de estudio (Tabla III). Los ostrácodos fueron el segundo grupo que contribuyó con un porcentaje alto, seguido de los cnidarios, larvas de cefalópodos y eufáusidos con porcentajes similares (13.2 – 15.18 %). A su vez, los ctenóforos fueron un grupo con porcentaje de contribución menor, pero este grupo solo se presentó en estas estaciones (Tabla III).

A diferencia de las estaciones a lo largo del área de estudio y norteñas, en las estaciones sureñas, los cnidarios y las larvas de equinodermos fueron los que contribuyeron con un porcentaje mayor, representando en conjunto el 41.51 %. En este caso, el porcentaje de contribución de las salpas disminuyó a una tercera parte de lo reportado en las estaciones a lo largo del área de estudio, seguido de los ostrácodos y eufáusidos con porcentaje de similitud semejantes. Por su parte, los doliolos y los heterópodos presentaron un porcentaje de contribución menor, pero estos grupos zooplanctónicos solo se presentaron en este grupo de estaciones (Tabla III).

Tabla III. Resumen del análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) aplicado a los grupos de estaciones a lo largo del área de estudio, norte y sur resultantes del análisis de agrupamientos de dos vías de los componentes del zooplancton. El sombreado indica grupos taxonómicos que contribuyen con 80% a la disimilitud entre los grupos. %S: Porcentaje de similitud; %C: Porcentaje de contribución; %A: Porcentaje acumulado; GT: Grupo taxonómico; Stx: Riqueza taxonómica. Vease Tabla II para nombre completo del grupo taxonómico.

Disimilitud entre grupos (%)	Norte y Sur	46.37	Norte y A lo largo	53.97	Sur y A lo largo	59.73			
<b>Grupo A lo largo</b>			<b>Grupo Norte</b>			<b>Grupo Sur</b>			
%S	50.21		%S	64.91		%S	59.52		
Stx	14		Stx	13		Stx	13		
<b>GT</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>	<b>GT</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>	<b>GT</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>	
SAL	50.64	50.64	SAL	23.99	23.99	CNI	20.78	20.78	
CNI	19.78	70.43	OST	18.97	42.96	LEQ	20.73	41.51	
LES	10.09	80.52	CNI	15.18	58.14	SAL	16.23	57.74	
OST	9.07	89.59	LCE	14	72.14	OST	14.02	71.76	
EUF	5.44	95.03	EUF	13.2	85.34	EUF	12.13	83.89	
			CTE	7.15	92.49	DOL	5.66	89.55	
						HET	4.5	94.05	

#### 7.3.4. Abundancia relativa por grupo funcional del zooplancton

Los grupos taxonómicos se clasificaron en cuatro grupos funcionales, con base alimentación (Tabla II): omnívoros, que representaron el 47%, herbívoros el 36%, carnívoros el 16% y los detritívoros solo el 1% (Fig. 13).

El análisis de la abundancia relativa de los grupos funcionales a lo largo de la zona de estudio indicó que los omnívoros y herbívoros fueron los más representativos (entre el 83 y 86%) en 3 de las 4 subzonas (Jalisco, Colima, y Guerrero). En Michoacán se observó un aumento de los carnívoros a un 30% y la disminución de los herbívoros a un 9% (Fig. 14).

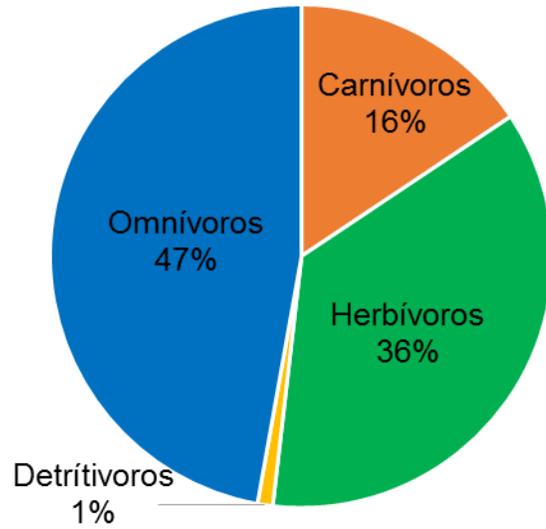


Figura 13. Abundancia relativa de los grupos funcionales identificados de acuerdo al tipo de alimentación, a partir de los grupos taxonómicos del zooplancton.

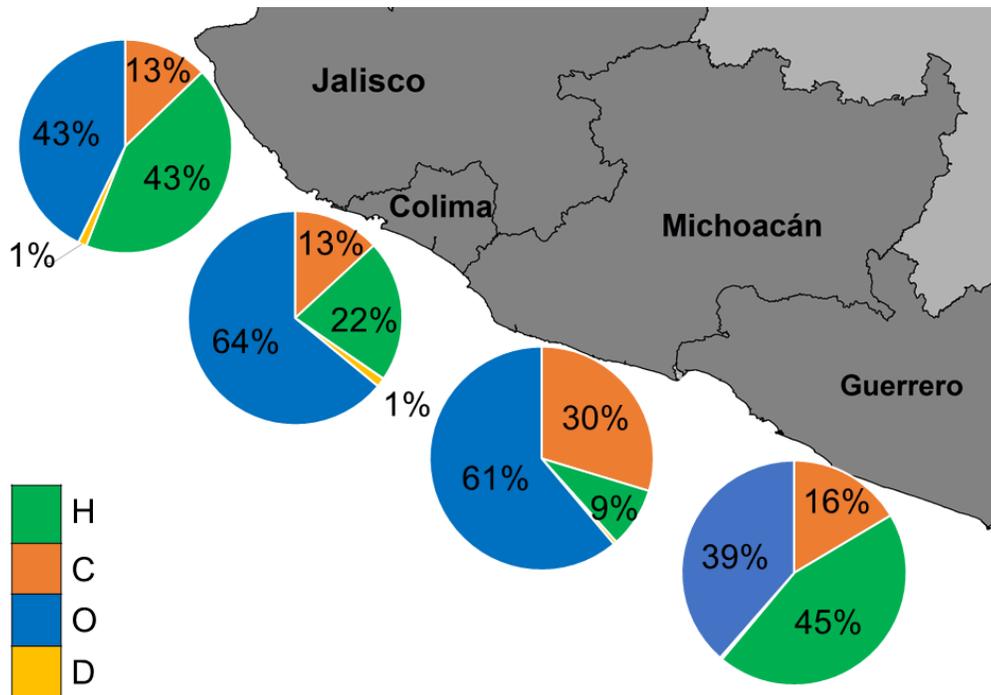


Figura 14. Distribución de la abundancia relativa de los grupos funcionales por subzona. H: Herbívoros; C: Carnívoros; O: Omnívoros D: Detritívoros.

## 7.4 Distribución y estructura de la comunidad de los copépodos

### 7.4.1 Distribución de la abundancia de los copépodos

En la subzona de Jalisco, se registró el mínimo y máximo de abundancia de los copépodos, con 63,084 y 328 ind. • 1000 m<sup>-3</sup>, respectivamente, con una abundancia promedio de 13,411 ind. • 1000 m<sup>-3</sup> (Tabla IV). Se observó una distribución homogénea de la abundancia de los copépodos a lo largo del área de estudio (Fig. 15) y no se encontraron diferencias significativas latitudinales ( $H_{(3, N=42)} = 3.60$  p = 0.31).

Tabla IV. Valores generales de la comunidad de copépodos en el Pacífico Central Mexicano. Mín.: Mínimos; Máx.: Máximos;  $\bar{X}$ : Promedio; S: Riqueza específica; H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener;  $\lambda$ : Índice de dominancia de Simpson.

	Abundancia de copépodos (ind. • 1000 m <sup>-3</sup> )	S	H' (bits/ind.)	$\lambda$
Mín.	328	12	1.59	0.07
Máx.	63,084	41	4.16	0.57
$\bar{X}$	13,411	25	3.35	0.17

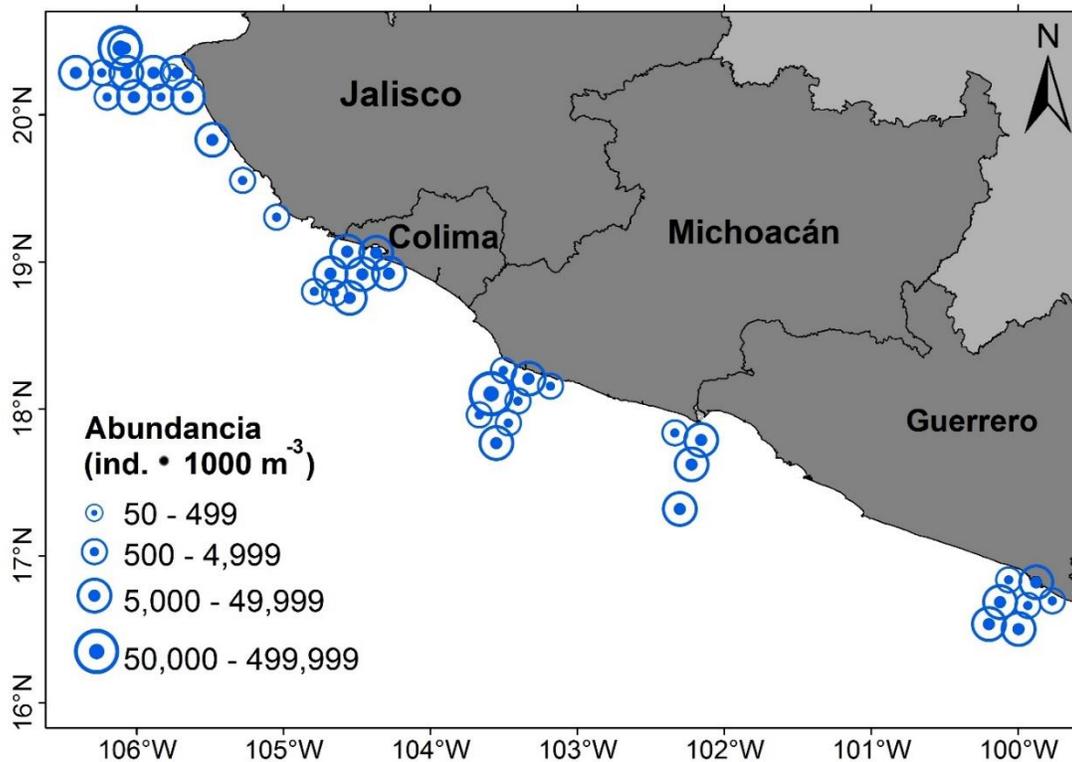


Figura 15. Distribución de la abundancia de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015).

#### 7.4.2 Especies de copépodos identificadas.

Se identificaron 3 órdenes: Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida; 24 familias, 35 géneros y 60 especies (Anexo V).

La especie más abundante fue *Subeucalanus subcrassus*, representando el 28%, seguido de *Centropages furcatus* con 16 %, *Subeucalanus mucronatus* con 7%, *Oithona setigera* y *Acrocalanus gibber* con 6% y 5%, respectivamente. Las 55 especies restantes contribuyeron con el 38% (Fig. 16) (Anexo VI).

Tomando en cuenta la abundancia relativa de las tres especies más abundantes se observó, una tendencia a la disminución latitudinal de norte a sur (Jalisco a Guerrero) y un aumento en el porcentaje de las especies restantes (Fig. 17).

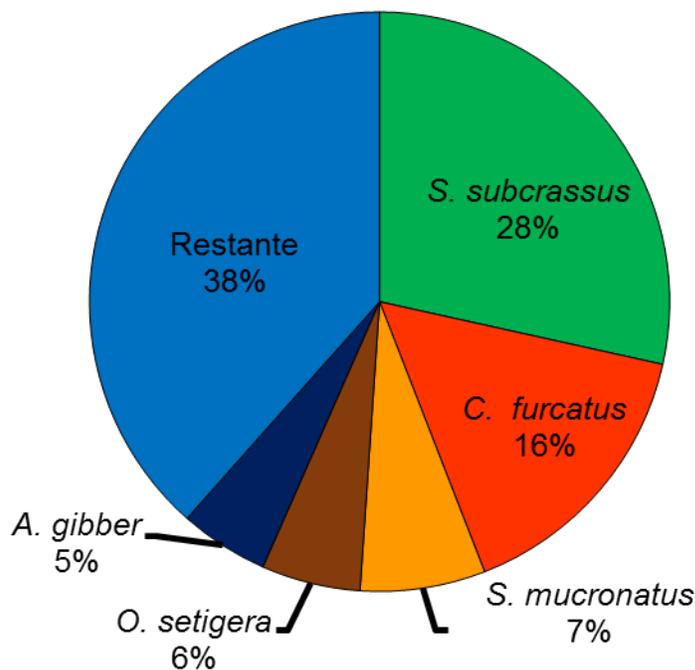


Figura 16. Abundancia relativa de las especies de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015).

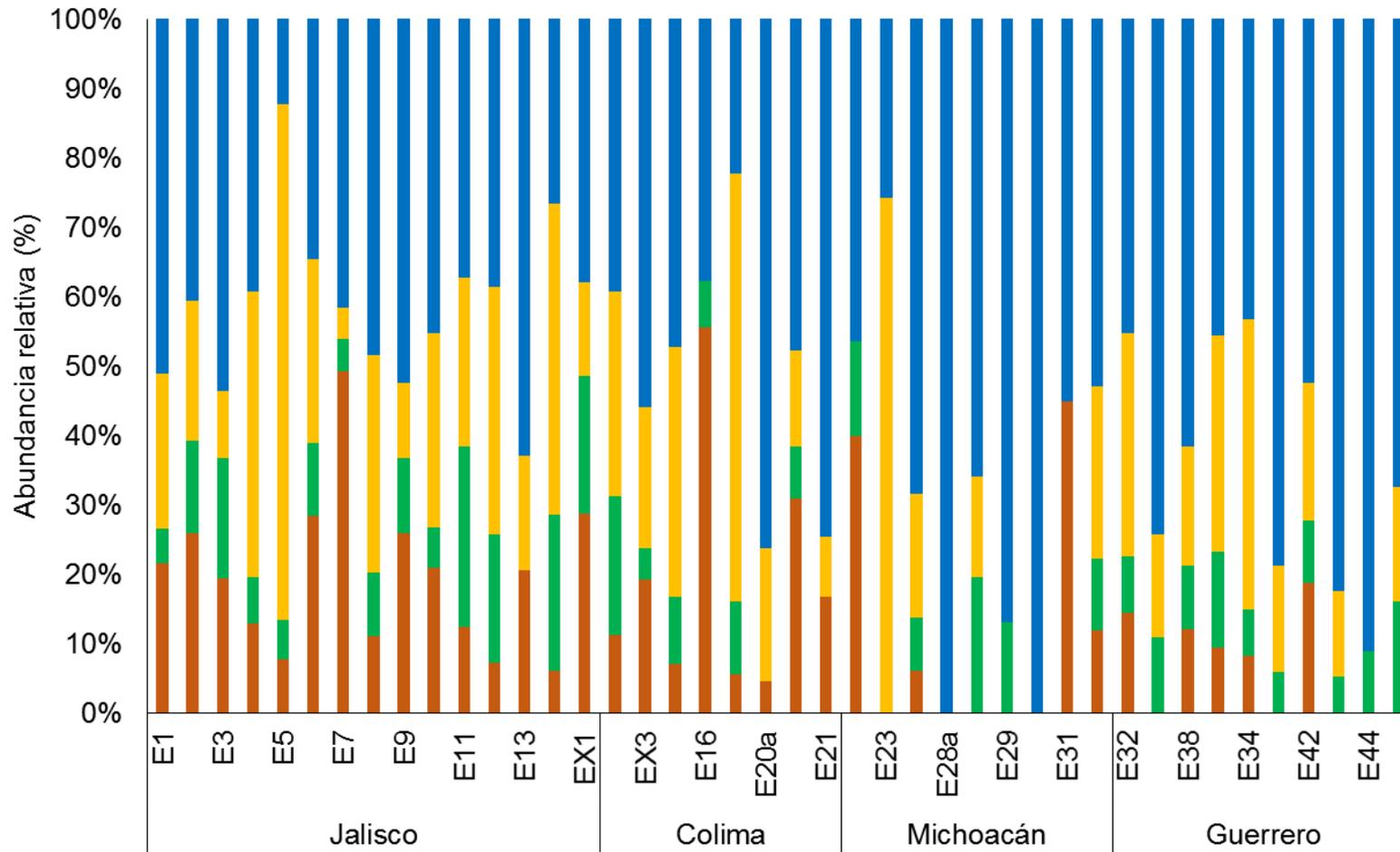


Figura 17. Variación de las especies más abundantes de copépodos respecto a las especies restantes a lo largo del área de estudio. ■ *C. furcatus*; ■ *S. subcrassus*; ■ *S. mucronatus*; ■ Especies restantes.

### 7.4.3 Estructura de la comunidad de los copépodos

Se identificaron entre 13-24 especies a lo largo del área de estudio (Fig. 18a); en la subzona de Michoacán se identificó el mínimo de riqueza con 6 especies, y el máximo en Colima con 41 especies (Tabla IV).

Los valores de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) en la mayoría de las estaciones estuvieron entre 3.01-4 bits/ind. (Fig. 18b). A pesar de que se registró una distribución cuasi homogénea, el mínimo de diversidad se registró en Jalisco con un valor de 1.59 bits/ind., mientras que los máximos se concentraron en la subzona de Guerrero con valores alrededor de 4.16 bits/ind. (Tabla IV).

En el caso de la dominancia de Simpson ( $\lambda$ ), los valores fueron inversos a los de diversidad, registrándose entre 0.16-0.30 en la mayoría de las estaciones (Fig. 18c); los máximos se encontraron en la subzona de Jalisco, Colima y Michoacán, en el caso de los mínimos se registraron Guerrero (Tabla IV).

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas a lo largo de la zona de estudio, tanto para la riqueza específica ( $F_{(3, 34)}=0.89$ ,  $p=0.46$ ), la diversidad ( $F_{(3, 34)}=0.55$ ,  $p=0.65$ ) como para la dominancia ( $F_{(3, 34)}=0.32$ ,  $p=0.81$ ).

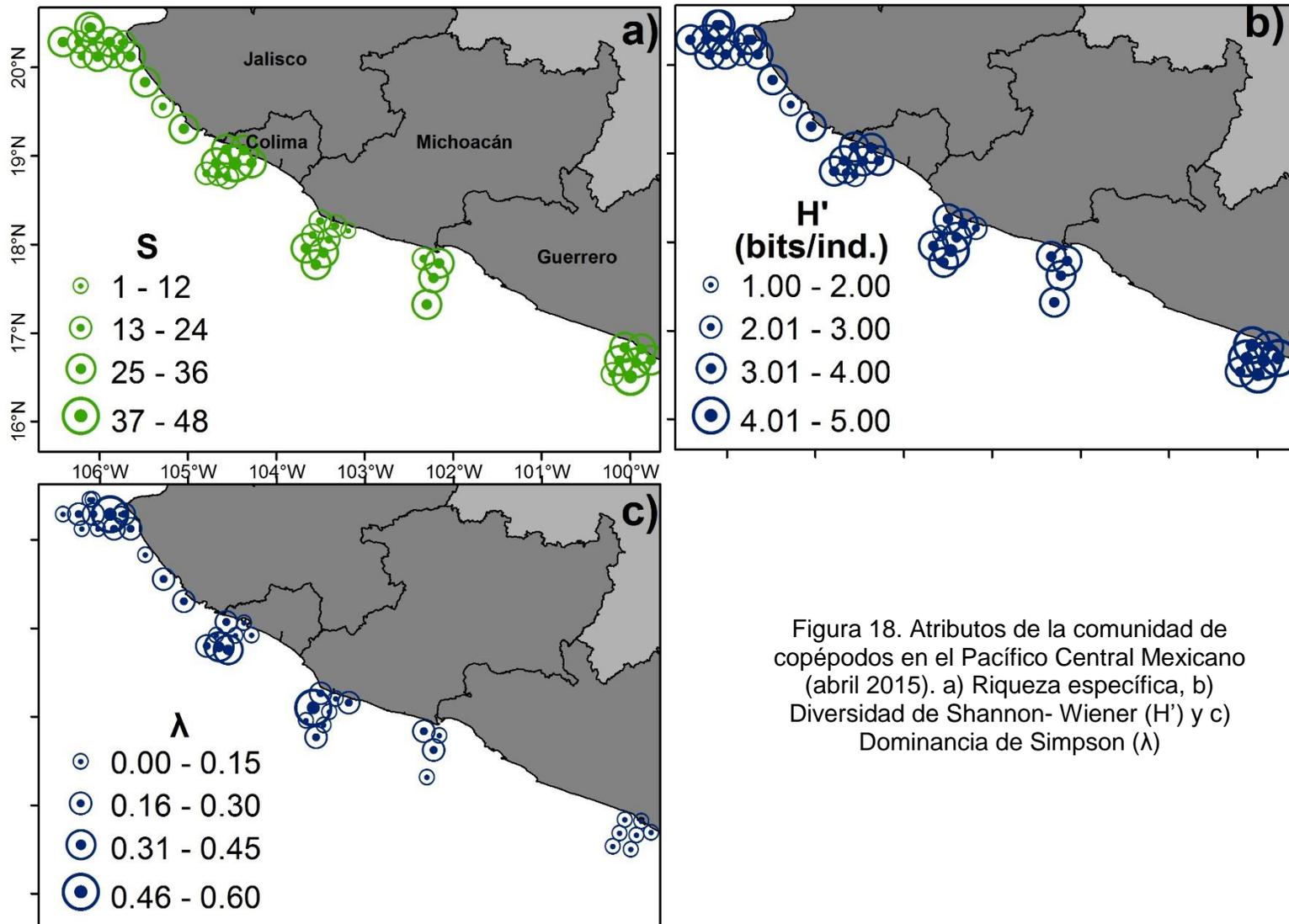


Figura 18. Atributos de la comunidad de copépodos en el Pacífico Central Mexicano (abril 2015). a) Riqueza específica, b) Diversidad de Shannon- Wiener ( $H'$ ) y c) Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )

Del análisis de agrupamientos, se observó la formación de cuatro grupos de estaciones (1, 2, 3 y 4) definidos por la abundancia y frecuencia de tres grupos de especies de copépodos (A, B, y C) (Fig. 19).

El primer grupo (1) se formó por estaciones de muestreo norteñas (Jalisco y Colima), con valores altos de abundancia y frecuencia de las especies que corresponde al grupo A (*A. bradyi*, *S. ctenopus*, *E. longicornis*, *C. catula*, *E. marina*, *C. catus*, *U. vulgaris*, *S. subtenuis*, *P. abdominalis*, *C. mirabilis*, *C. darwinii*, *C. crassiusculus*, *L. acuta* y *S. scarlata*) y B (*M. rosea*, *C. scotellata*, *C. quadrata*, *P. parvus*, *S. opalina*, *R. nasutus*, *O. setigera* y *S. tropica*).

El grupo 2, fue constituido por estaciones que se localizaron a lo largo de las cuatro subzonas, presentó abundancias altas del grupo A, pero bajas de los grupos B y C (*S. gemma*, *N. minor*, *C. pavo*, *S. metallina*, *E. media*, *E. rostrata*, *G. robusto*, y *S. crassus*) de las especies de copépodos.

Mientras que el grupo 3, fueron estaciones donde se registraron los valores más bajos de la abundancia y frecuencia de las especies registradas en el área de estudio. Por su parte el grupo 4, fueron las estaciones sureñas (Michoacán y Guerrero), que presentaron los valores de abundancia y frecuencia mayores del grupo C.

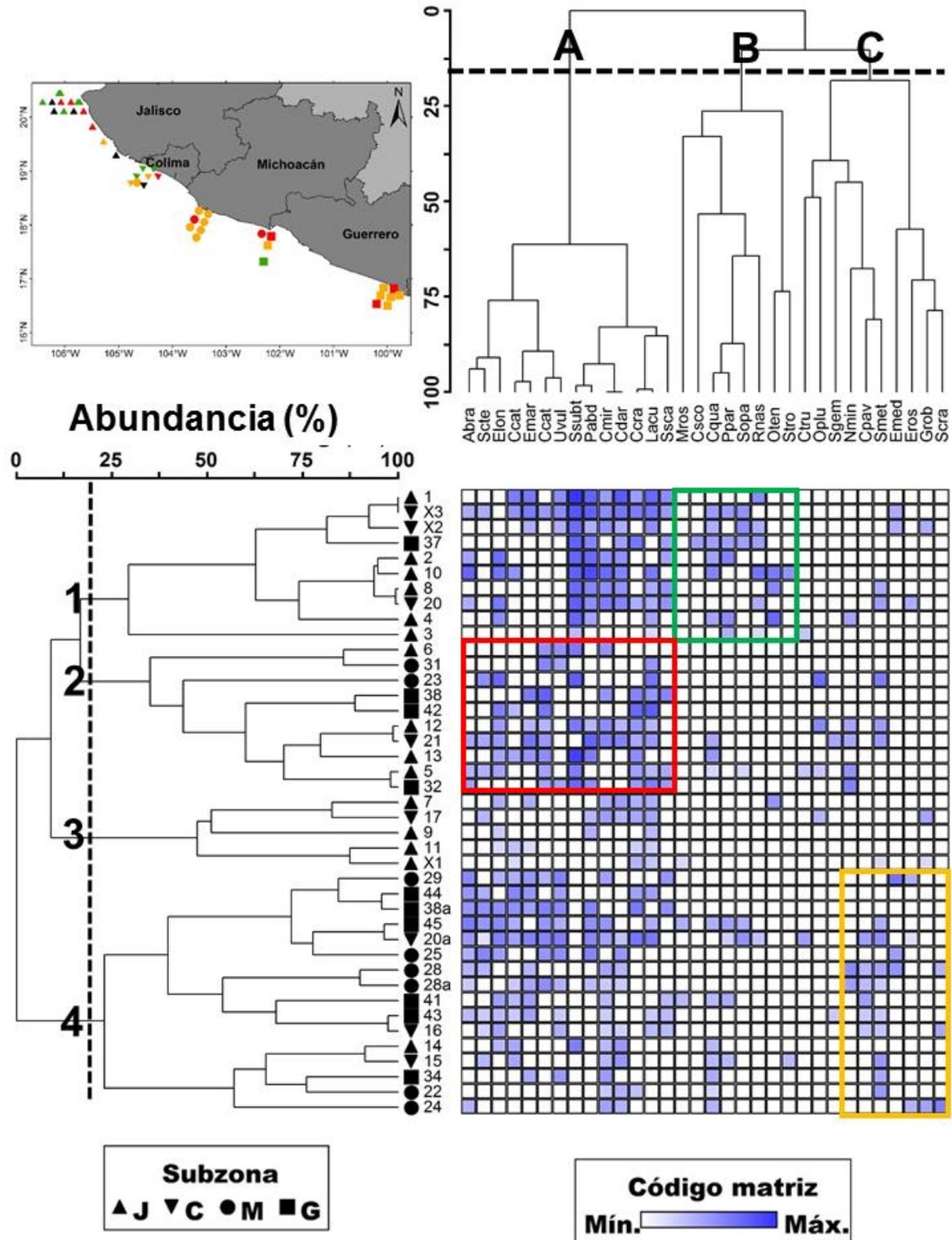


Figura 19. Análisis de agrupamiento de dos vías de los copépodos en el Pacífico Central Mexicano. J: Jalisco; C: Colima; M: Michoacán y G: Guerrero. Grupos de especies-estaciones a lo largo del área estudio (rojo), al norte (verde) y sur (amarillo). Ver Anexo VI para clave de las especies de copépodos.

Del análisis SIMPER aplicado a los grupos de especies-estaciones formados en el análisis de agrupamientos de dos vías de las especies de copépodos, se observó que dichas agrupaciones tienen porcentajes de disimilitud mayores al 67 %, donde las estaciones norteñas y sureñas son las más disimiles (Tabla V).

En el grupo de estaciones a lo largo del área de estudio, siete especies fueron las que contribuyeron con el 80.72 %, de las cuales dos (*C. catus* y *L. acuta*) fueron las que presentaron un porcentaje de contribución alto.

En las estaciones norteñas, se observó que de las especies que representaron el 82.73 %, cuatro especies se distribuyeron a lo largo del área, con diferencias en el porcentaje de contribución, dos también en el sur y tres especies fueron diferentes. *S. subtenuis* y *P. abdominalis* aumentaron más del 50% su porcentaje de contribución; esta última especie pasó a ser una de las de mayor contribución respecto al otro grupo (a lo largo del área de estudio). Por su parte, el porcentaje de contribución de *C. mirabilis* aumentó mientras que el de *E. longicornis* y *C. crassiusculus* fue menor en estas estaciones, *R. nasutus* fue una especie que solo se presentó en este grupo con un porcentaje de contribución bajo.

Para las estaciones sureñas, se observó que 10 especies contribuyeron con el 83.69 %, de las cuales cuatro especies se distribuyeron a lo largo del área de estudio, dos en el norte y cuatro especies solo en estas estaciones. Cabe resaltar que el porcentaje de contribución máximo de estas especies, fue de 15.45 % dado por una sola especie (*C. mirabilis*), este porcentaje fue menor a lo observado en los otros grupos donde los máximos fueron mayores al 24 %.

Especies como *U. vulgaris*, *E. marina* y *E. longicornis* aumentaron su porcentaje de contribución en las estaciones sureñas. Mientras que *A. bradyi*, *S. metallina*, *S. ctenopus*, *C. catula* y *C. pavo* fueron las especies que determinan la diferenciación entre este grupo de estaciones y los otros dos (norte y a lo largo del área de estudio).

Tabla V. Resumen del análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) aplicado a los grupos de estaciones a lo largo del área de estudio, norte y sur resultantes del análisis de agrupamientos de dos vías de las especies de copépodos. El sombreado indica grupos taxonómicos que contribuyen con 80% a la disimilitud entre los grupos. %S: Porcentaje de similitud; %C: Porcentaje de contribución; %A: Porcentaje acumulado; Spp: Especies; S: riqueza específica. Nombre completo de las especies se encuentra en Anexo VI.

Disimilitud entre grupos (%)	Norte y Sur	<b>72.19</b>						
	Norte y A lo largo	<b>67.05</b>						
	Sur y A lo largo	<b>72.02</b>						
<b>Grupo A lo largo</b>			<b>Grupo Norte</b>			<b>Grupo Sur</b>		
%S	39.38		%S	46.27		%S	35.12	
S	23		S	27		S	29	
<b>Spp</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>	<b>Spp</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>	<b>Spp</b>	<b>%C</b>	<b>%A</b>
Cocat	24.09	24.09	Ssubt	25.05	25.05	Cmir	15.45	15.45
Lacu	17.08	41.17	Pabd	15.01	40.05	Uvul	9.67	25.12
Ssubt	12.78	53.95	Codar	10.5	50.56	Abra	8.54	33.66
Ccra	11.64	65.59	Lacu	8.81	59.37	Emar	8.51	42.16
Elon	7.85	73.44	Cmir	8.07	67.43	Cncat	8.28	50.44
Cmir	3.95	77.39	Ssca	5.61	73.04	Codar	7.76	58.2
Pplu	3.33	80.72	Cqua	5.07	78.12	Smet	7.61	65.81
Emar	2.87	83.59	Ppar	4.62	82.73	Elon	7.45	73.27
Uvul	2.8	86.39	Rnas	4.3	87.03	Scte	5.53	78.8
Pabd	2.75	89.14	Elon	2.88	89.92	Cqua	4.89	83.69
Nmin	2.61	91.75	Ccra	1.91	91.83	Cocat	3.09	86.78
						Cpav	2.45	89.23
						Ssca	1.98	91.22

#### 7.4.4 Abundancia relativa por grupo funcional de los copépodos

Los copépodos identificados se clasificaron en cuatro grupos funcionales con base al tipo de alimentación (Anexo VI): omnívoros representando el 49 %, carnívoros con el 40 %, herbívoros el 10 % y parásitos el 1 % (Fig. 20).

Del análisis de la distribución de los grupos funcionales tomando en cuenta su abundancia relativa por subzona, se obtuvo que los omnívoros fueron uno de los grupos más abundantes presentando una disminución en Colima (38 %) y un aumento en Michoacán (64 %), el segundo grupo fue el de los carnívoros, el cual de manera inversa se observó la disminución en Michoacán y un aumento en Colima; En Jalisco y Colima se observó que las especies herbívoras representaron el 12% en cada una, disminuyendo en Michoacán y Guerrero a 5 y 8%; las especies parasitas no representaron más del 1% en las subzonas (Fig. 21).

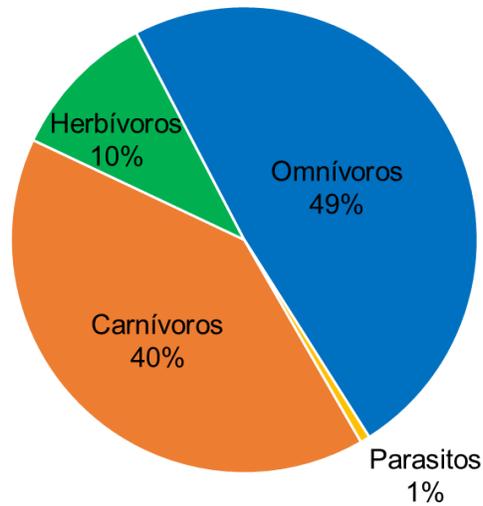


Figura 20. Grupos funcionales de los copépodos del Pacífico Central Mexicano para abril 2015.

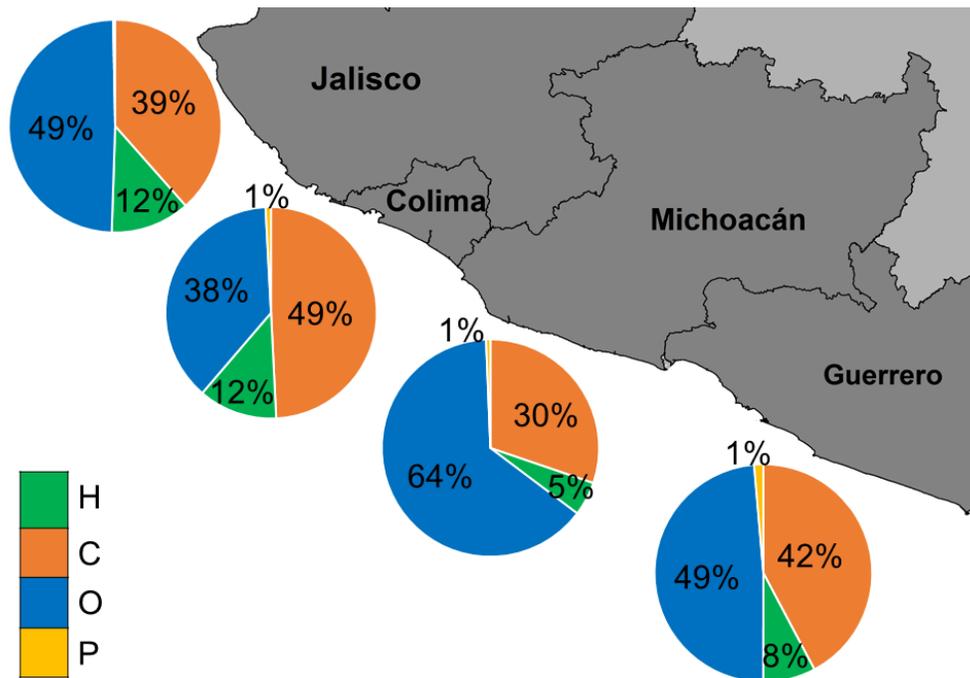


Figura 21. Distribución de los grupos funcionales a lo largo del Pacífico Central Mexicano (abril 2015). H: Herbívoros; C: Carnívoros; O: Omnívoros; P: Parásitos.

## 7.5 Relación entre las variables hidrográficas y los atributos de la estructura de la comunidad del zooplancton

### 7.5.1 Relación entre las variables hidrográficas y grupos taxonómicos del zooplancton

Del ACC se obtuvo un 69 % de varianza acumulada en la relación grupos taxonómicos-ambiente (Tabla VI), con una correlación significativa en el eje 1:  $F= 1.89$ ,  $p= 0.39$  y de  $F= 1.15$ ,  $p=0.20$  en el resto de los ejes.

La concentración de Chl-a fue la variable mejor correlacionada con el eje 1 (0.84), mientras que en el eje 2 lo fue el oxígeno disuelto (0.62), ambas positivamente (Tabla VI).

Se observó que las larvas de gasterópodos (LGA), doliolos (DOL), larvas de equinodermo (LEQ) y los heterópodos (HET) estuvieron asociados con las estaciones de Michoacán y Guerrero, las cuales se relacionaron a concentraciones altas de Chl-a, mientras que isópodos (ISO), larvas de estomatópodos (LES), ctenóforos (CTE), las larvas de cefalópodos (LCE), los ostrácodos (OST) y eufáusidos (EUF) se concentraron en Jalisco y Colima, relacionándose con concentraciones alta de oxígeno disuelto (Fig. 22a).

En el caso de los grupos funcionales, se observó que los herbívoros se asociaron con concentraciones altas de Chl-a; mientras que los carnívoros con concentraciones altas de oxígeno disuelto (Fig. 22b).

Tabla VI. Resumen del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) aplicado a los datos hidrográficos y la abundancia por grupos taxonómicos, junto con los valores de correlación de las variables ambientales. T: Temperatura °C; Sal: Salinidad; OD: Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); Chl-a: Concentración de Clorofila-a ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ); Bv: Biovolumen ( $\text{ml} \cdot 1000\text{m}^{-3}$ ).

ACC por grupos	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<b>Eigenvalores</b>	0.08	0.07	0.04
<b>Correlación</b>	0.69	0.64	0.54
<b>Varianza acumulada (%)</b>			
<b>Abundancia de grupos</b>	5.6	10.5	13.0
<b>Relación grupo -ambiente</b>	36.8	69.0	85.8
<b>T</b>	0.16	0.47	
<b>Sal</b>	-0.27	-0.39	
<b>OD</b>	-0.54	0.62	
<b>Chl-a</b>	0.84	0.27	
<b>Bv</b>	0.20	-0.38	

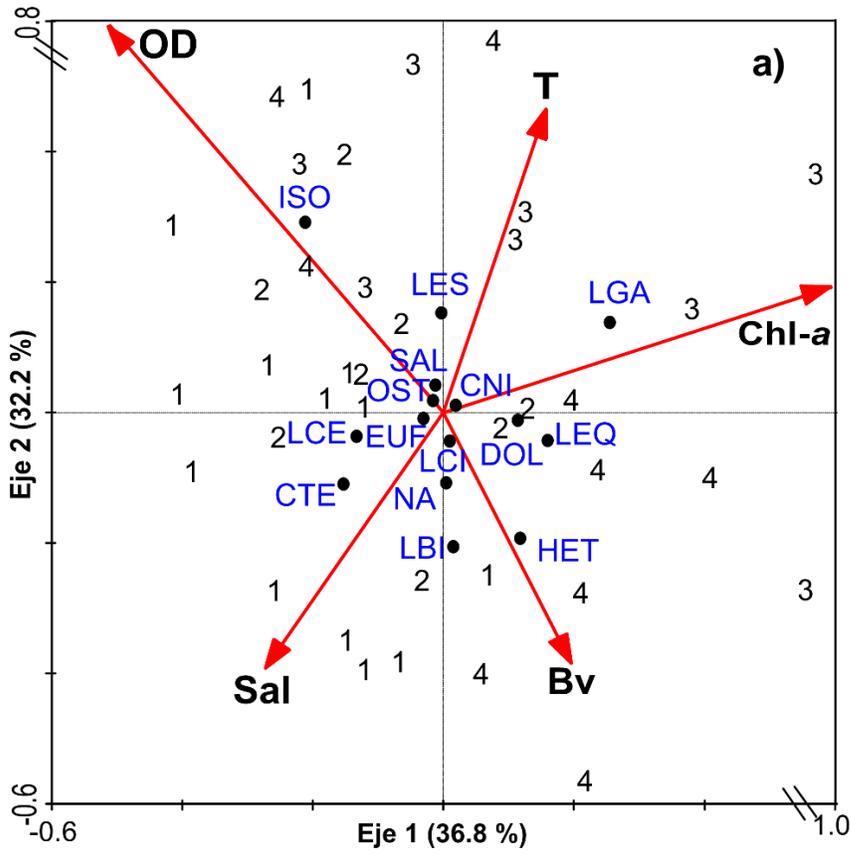
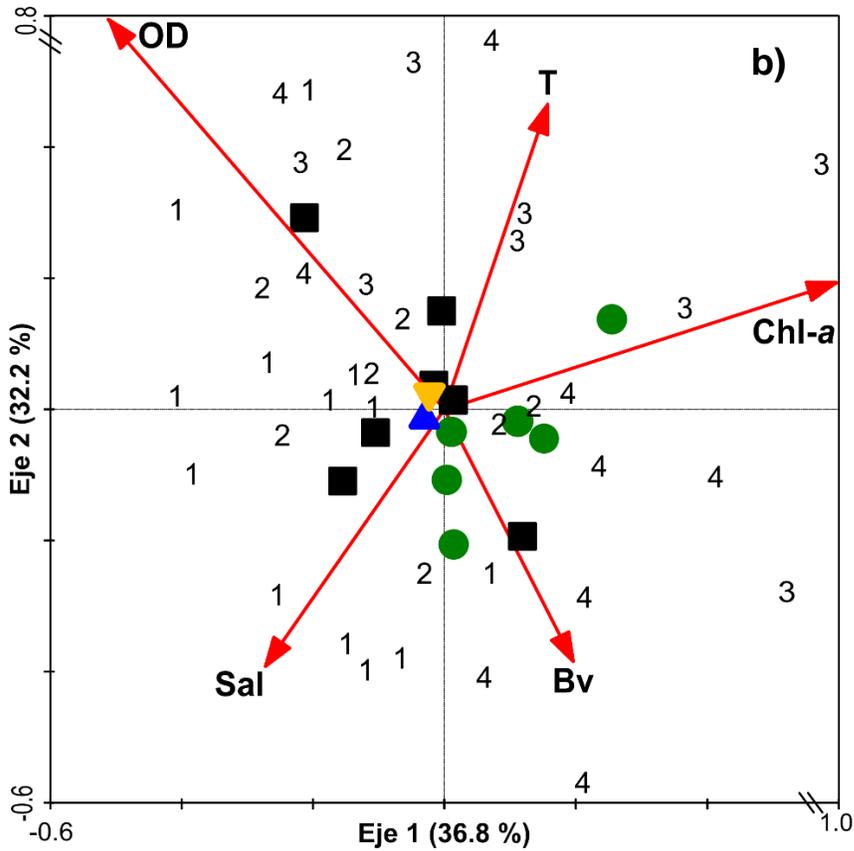


Figura 22. Triplots obtenidos del ACC para los grupos taxonómicos.

- a) 1: Jalisco;  
 2: Colima;  
 3: Michoacán;  
 4: Guerrero;

- b) ■: Carnívoros;  
 ●: Herbívoros;  
 ▲: Omnívoros;  
 ▼: Parásitos



## 7.5.2 Relación entre las variables hidrográficas y las especies de copépodos

En el caso de las especies de copépodos, el ACC mostró que los dos primeros ejes explicaron el 60.5 % de la varianza acumulada en la relación especies-ambiente (Tabla VII), con una correlación significativa en el eje 1:  $F= 1.84$ ,  $p= 0.13$  y de  $F= 1.29$ ,  $p=0.03$  en el resto de los ejes. El biovolumen fue la variable mejor correlacionada con el eje 1 (0.55), y la Chl-a (0.91) con el eje 2, ambas positivamente (Tabla VII).

Se observó que en Jalisco, donde se encontraron a *S. tropica*, *O. tenuis*, *S. gemma*, *S. subtenuis*, *P. abdominalis*, *C. scotellata* y *R. nasutus*, estuvieron correlacionadas con los biovolúmenes más altos, mientras que en Colima, Michoacán y Guerrero, donde se registró a *M. rosea*, *C. catus*, *S. crassus*, *G. robustus* y *S. metalina* se correlacionaron con biovolúmenes bajos. Por otro lado, *O. plumifera*, *E. longicornis*, *L. acuta* y *C. quadrata* fueron especies correlacionadas con valores altos de Chl-a en Michoacán y Jalisco, mientras que, en ciertas estaciones de Michoacán y Guerrero, donde se registró a *P. parvus*, *C. pavo*, *E. rostrata*, *C. truncata*, *E. marina* y *S. scarlata*, se correlacionaron con concentraciones bajas de Chl-a.

En el caso de los grupos funcionales se observó que, en Jalisco principalmente, los omnívoros y parásitos se correlacionaron con biovolumen altos, mientras que, en Michoacán y Jalisco, los carnívoros se correlacionaron con los máximos de Chl-a (Fig. 23b).

Tabla VII. Resumen del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) aplicado a los datos hidrográficos y abundancia de las especies de copépodos, junto con los valores de correlación de las variables ambientales. T: Temperatura (°C); Sal: Salinidad; OD: Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); Chl-a: Clorofila-a ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ); Bv: Biovolumen ( $\text{ml} \cdot 1000\text{m}^{-3}$ ).

ACC por especies		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalores		0.12	0.11	0.06
Correlación		0.75	0.81	0.65
Varianza	Abundancia de spp	5.0	9.4	11.9
acumulada (%)	Relación spp-ambiente	32.1	60.5	76.4
T		-0.08	0.47	
Sal		0.32	-0.39	
OD		0.02	-0.30	
Chl-a		0.03	0.91	
Bv		0.55	-0.09	

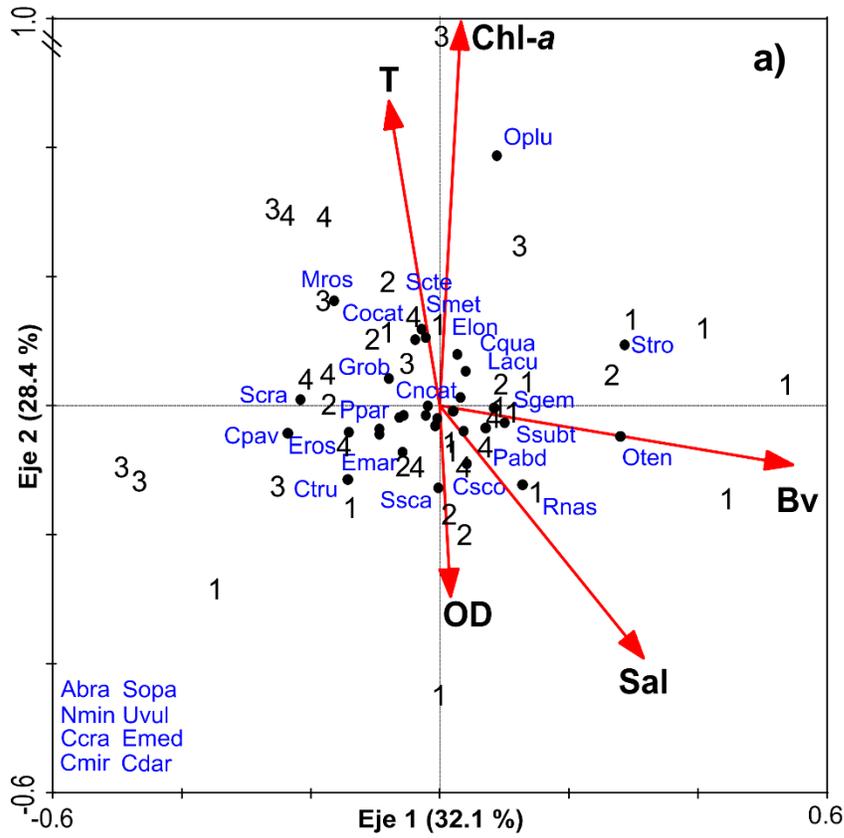
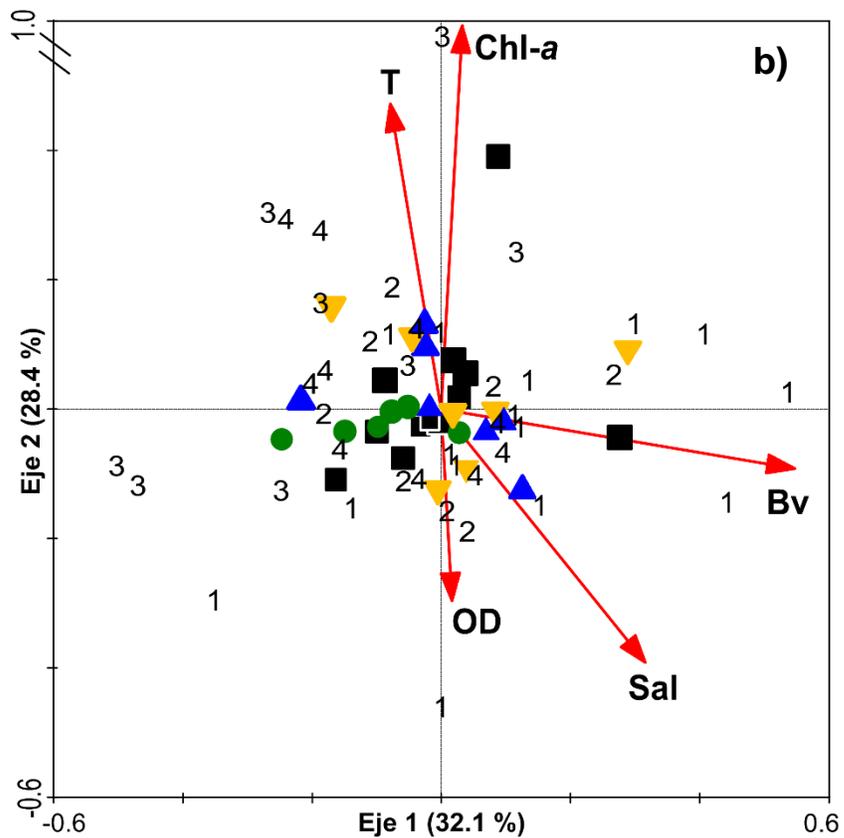


Figura 23. . Triplots obtenidos del ACC para las especies de copépodos.

- a) 1: Jalisco;  
2: Colima;  
3: Michoacán;  
4: Guerrero;

- b) ■: Carnívoros;  
●: Herbívoros;  
▲: Omnívoros;  
▼: Parásitos.



## **8. DISCUSIÓN**

### **8.1 Condiciones hidrográficas**

#### **8.1.1 Circulación y masas de agua**

El escenario hidrográfico para primavera en el Pacífico Central Mexicano (PCM), está determinado por el transporte superficial del AGC y ACC hacia el sur, la presencia de ATS que fluye en dirección norte y la distribución del agua de transición a lo largo de toda, esta última originada por la mezcla del AGC y ATS (Kessler, 2006; Zamudio *et al.* 2007; Pantoja *et al.* 2012). De acuerdo a lo anterior, se esperaba encontrar en los primeros 200 m de la columna de agua la presencia del ACC (de origen subártico), ATS (aguas ecuatoriales transportadas por la CCM), AGC (salinidad alta), AStSs y el agua transicional (Kessler, 2006; Zamudio *et al.*, 2007; Pantoja *et al.*, 2012; Cepeda-Morales *et al.*, 2013; Reyes *et al.*, 2015; Portela *et al.*, 2016). Sin embargo, en el diagrama TS (200 m de profundidad) solo se detectó ATS, AStSs y agua transicional.

Gamero-Mora *et al.* (2015) registraron la posible influencia de la ACC en esta temporada (primavera), sin embargo, al igual que Cepeda-Morales *et al.* (2009) y Pelayo-Martínez *et al.* (2017) establecieron que la presencia de la CCM es la que moduló las características oceanográficas. Cabe destacar que estos últimos trabajos, se efectuaron principalmente en verano y con la presencia de un evento *El Niño* en 2010, respectivamente.

Considerando lo anterior, puede inferirse que el evento *El Niño* 2015, modificó las características hidrográficas de primavera cuando se realizó este estudio sobre el zooplancton, haciendo que las características de las mismas fueran similares a las de verano, cuando la influencia del ACC y del AGC disminuye, intensificándose la influencia del ATS (Kessler, 2006; Zamudio *et al.*, 2007; Pantoja *et al.*, 2012; Portela *et al.*, 2016).

#### **8.1.2 Temperatura**

El aumento de la temperatura, de norte a sur en el PCM, ha sido ampliamente documentado en la literatura (INAPESCA 2015a, Wilkinson *et al.* 2009; CONANP 2012, Pelayo-Martínez *et al.* 2017, Gamero-Mora *et al.* 2015; Santana-Vega *et al.* 2018). El área de estudio, ha sido caracterizada por la isoterma de los 27° por

INAPESCA (2015a) como un ambiente tropical, esto puede explicar los valores altos de temperatura reportados en este trabajo, otro factor importante es la presencia de la Corriente Costera Mexicana, además que el PCM forma parte del Pacífico Oriental Tropical, el cual presenta temperaturas superiores a los 27 °C (Fiedler & Talley 2006, Kessler, 2006; Gamero-Mora *et al.* 2015).

En abril del 2015, el valor del índice multivariante de El Niño/Oscilación del Sur (MEI, por sus siglas en inglés) indicó la presencia de un evento *El Niño* cuya intensidad fue incrementándose a lo largo del año; INAPESCA (2015a) comparó las temperaturas del PCM del 2015 con otros años y encontró que las anomalías de temperatura fueron ligeramente superiores a la unidad, características de un ambiente cálido dentro de lo que pudiera calificarse como *normal*, posiblemente asociadas a las características mencionadas anteriormente.

Kozak *et al.* (2014) compararon el periodo de surgencias (condiciones de mezcla) y estratificación de la columna de agua con y sin la presencia del evento *El Niño* en la zona costera de Jalisco, encontrando un patrón estacional similar entre ambos periodos; aunque el valor de temperatura medida en este trabajo si aumentó significativamente, lo que difiere de lo encontrado por INAPESCA (2015a).

La temperatura del mar relativamente baja es el resultado de las surgencias que ocurren en esta temporada en la región (INAPESCA, 2015a, Pelayo-Martínez *et al.*, 2017). López-Sandoval *et al.* (2009) mencionaron que la porción costera de Cabo Corrientes presenta surgencias, provocando así la elevación de las isotermas (24 y 26 °C) y el adelgazamiento de la capa de mezcla, coincidiendo con los resultados de Santana-Vega *et al.* (2018). En abril de 2015 (este estudio), se reconocieron zonas de núcleos de agua fría, una en Jalisco frente a Cabo Corrientes (T2) derivado de las surgencias reportadas en esta zona (Kozak *et al.* 2014; Pelayo-Martínez *et al.* 2017; Santana-Vega *et al.* 2018); en Michoacán (T6 y T7) donde Santana-Vega *et al.* (2018) atribuyeron la posible formación de remolinos y la isoterma de 25 °C cerca a la costa, al efecto de la desembocadura del Rio Balsas (límite entre Michoacán y Guerrero).

En general la columna de agua en el área de estudio estuvo estratificada, coincidiendo con lo reportado por Pelayo-Martínez *et al.* (2017) y Santana-Vega *et al.* (2018).

Las masas de agua (ATS y AStSs) transportadas por la CCM a la zona de estudio, son las que dan las características de la columna de agua (temperatura alta, termoclina y estratificación), generando la homogenización de la zona en sentido latitudinal con afinidad de un ambiente tropical (INAPESCA 2015a; Kozak *et al.* 2014). A pesar de que estas características son las que prevalecen a lo largo de la zona de estudio, son los procesos de mesoescala (ej. surgencias y remolinos) y locales (desembocaduras de ríos) los que pueden llegar a influenciar en la disminución de la temperatura y la mezcla de la columna de agua (Kozak *et al.* 2014; Pelayo-Martínez *et al.* 2017; Santana-Vega *et al.* 2018).

### **8.1.3 Clorofila-a**

López-Sandoval *et al.* 2009, Gamero-Mora *et al.* 2015, Pelayo-Martínez *et al.* 2017 y Santana-Vega *et al.* (2018) coincidieron en que las concentraciones máximas de Chl-a se localizan en Cabo Corrientes en la porción costera (<60 km de la línea costera) y a una profundidad de 20 m, asociándolo principalmente a la presencia de surgencias costeras debido a la dominancia de vientos del noreste y remolinos. Esto coincide con la distribución (horizontal y vertical) Chl-a a lo largo del PCM.

Pelayo-Martínez *et al.* (2017) concluyeron que la concentración de Chl-a se vio afectada de manera negativa por un evento *El Niño* (2010); mientras que los trabajos de Ambriz-Arreola *et al.* (2012) y Kozak *et al.* (2014), afirmaron que las surgencias prevalecieron en el fenómeno de *El Niño* (1998) y que las condiciones de mezcla de la columna agua se mantenían (Cabo Corrientes), aunque prevalecían zonas de alta estratificación térmica.

Trabajos previos (López-Sandoval *et al.* 2009; Gamero-Mora *et al.* 2015; Pelayo-Martínez *et al.* 2017; Santana-Vega *et al.* 2018) reportan a la subzona de Jalisco como la más productiva, pero las concentraciones máximas encontradas en este estudio se localizaron en Michoacán y Guerrero. En Michoacán está asociado con un núcleo de agua fría (isoterma de los 24 °C) relacionándose con un proceso

de mesoescala (ej. remolinos) (Santana-Vega *et al.* 2018). Mientras en Guerrero se asoció a la lengüeta de valores altos de Chl-*a* originada en el Golfo de Tehuantepec por la influencia de los vientos tehuanos que según lo reportado por Lluch-Cota *et al.* (1997), Aguirre-Gómez & Salmerón-García (2007) y Reyes *et al.* (2015) llega a influenciar las costas de Guerrero.

El patrón de la distribución vertical de Chl-*a* coincide con los resultados de Santana-Vega *et al.* (2018) quienes ubicaron el primer máximo subsuperficial de Chl-*a* por debajo de la termoclina (20 m), y la asociaron con la distribución de la temperatura y el segundo máximo subsuperficial por debajo de ella (entre 80 – 100 m).

El segundo máximo subsuperficial que detectamos en este trabajo, ha sido asociado por otros autores con los límites de la zona mínima de oxígeno, así como con cambios en salinidad (Cepeda-Morales *et al.* 2009; Santana-Vega *et al.* 2018); la profundidad del segundo máximo se presentó por debajo de la pycnoclina, asociado al límite de la ZMO, ya que dicho máximo es más frecuente en zonas costeras. A pesar de que el trabajo de Cepeda-Morales *et al.* (2009) se realizó principalmente en las costas de Jalisco para junio del 2005, coinciden con nuestros resultados en la profundidad donde se ubica ese máximo, así como con la distribución espacial (primeros 10 km de la línea de costa).

Cepeda-Morales *et al.* (2009) asociaron el segundo máximo con la presencia de remolinos en la zona de influencia del AStSs. Por lo tanto, la variabilidad de mesoescala de este máximo pudo estar influenciada por el carácter transicional del área de estudio.

Por otro lado, Santana-Vega *et al.* (2018), mencionan que el segundo máximo resultó menor hasta en 15% respecto del primero, y lo relacionaron con la abundancia del picofitoplancton (menor a 2  $\mu\text{m}$ ), especialmente con *Prochlorococcus*; en este caso los segundos máximos los reportan principalmente en estaciones oceánicas, donde la ZMO es somera en la costa y profunda en la zona oceánica; asimismo, caracterizaron a esta zona con condiciones subóxicas, con una alta concentración de nitratos y una baja intensidad de luz, lo cual fue propicio para la aparición de ese segundo máximo de clorofila.

La estratificación de la columna de agua en el PCM, puede explicar la distribución homogénea de la concentración de la Chl-a, y los máximos son evidencias de eventos de mesoescala (ej. surgencias o remolinos) y locales (desembocadura de ríos) que ayudan a identificar posibles zonas de alta productividad.

#### **8.1.4 Salinidad y oxígeno disuelto**

La salinidad registrada en este estudio, estuvo en los intervalos establecidos previamente por Portela *et al.* (2016) para primavera y otoño asociado a la afluencia de ATS, la intensidad de la CCM y a los periodos cuando la evaporación excede la precipitación.

Mientras el oxígeno disuelto en el PCM tuvo diferencias latitudinales, se asoció al límite superior de ZMO a la presencia del AStSs, y la oxiclina con el agua transicional. Lo anterior concuerda con lo reportado por Cepeda-Morales *et al.* 2009, Cepeda-Morales *et al.* (2013) y Santana-Vega *et al.* (2018) quienes relacionaron la CCM como la responsable de llevar agua de alta salinidad y baja concentración de oxígeno (AStSs) hacia la región, lo que hizo más profundo el límite superior de la ZMO.

Fernández-Álamo & Färber-Lorda (2006), consideraron que la ZMO es somera (límite superior) a una profundidad de 40 m, mientras que para la zona costera del PCM frente a Jalisco y Colima, Cepeda-Morales *et al.* (2013), mencionaron que el límite superior de la ZMO, se encuentra alrededor de los 50 m de profundidad, y que esta profundidad varía con la estacionalidad y por los procesos de mesoescala.

Maske-Rubach *et al.* (2017) señalaron que la baja concentración de oxígeno de las ZMO restringe el hábitat de los organismos con respiración mitocondrial en las aguas por arriba o por debajo de las ZMO. Muchos de los organismos oceánicos exhiben migración vertical diurna, suben en la noche para alimentarse y bajan durante el día para reducir su visibilidad y posibilidad de pastoreo. Durante el día muchos de estos organismos se encuentran justo en la frontera de la oxiclina buscando bajar lo más posible, pero sin entrar a la zona subóxicas.

Cepeda-Morales *et al.* (2009), también mencionaron que el agotamiento del oxígeno tan rápido y la oxiclina somera puede ser resultado de un evento de surgencia o remolinos en esta área de estudio. Considerando lo anterior, en Michoacán (T6) se presenta un remolino con un núcleo de agua fría y altas concentraciones de Chl-a en los primeros 40 m de la columna de agua.

## 8.2 Relación entre las variables bióticas, abióticas y la estructura de la comunidad del zooplancton

### 8.2.1 Biovolumen del zooplancton

Es preciso determinar que los trabajos sobre la distribución del biovolumen son escasos y aún más los de la comunidad del zooplancton, por ello es necesario contextualizarlos y establecer que los datos que se han publicado fueron obtenidos con métodos de muestreo y coberturas espaciales y temporales diferente a los aquí presentados (Tabla VIII).

Tabla VIII. Biovolumen del zooplancton reportado en el Pacífico Central Mexicano (PCM). TA: Tipo de arrastre; O: oblicuo; V: vertical; POT: Pacífico Oriental Tropical.

Referencia	TA	Malla (µm)	Región	Biovolumen (ml • 1000 m <sup>-3</sup> )
Fernández-Álamo & Färber-Lorda (2006)	O	300	POT	50–200
Franco-Gordo <i>et al.</i> (2004)	O	505	Jalisco- Colima	1000–6000
Franco-Gordo <i>et al.</i> (2001)	O	333 y 505	Jalisco- Colima	1000–2500
Navarro-Rodríguez <i>et al.</i> (2002)	O	333 y 505	Jalisco- Colima*	>4,500
Pelayo-Martínez <i>et al.</i> (2017)	O	505	Jalisco- Michoacán	31.1 (inv) 46.3 (ver)
<b>Este estudio</b>	<b>V</b>	<b>333</b>	<b>PCM</b>	<b>6-223</b>

\*Plataforma continental

La principal diferencia entre las referencias previas y este estudio, es el tipo de arrastre (oblicuos con redes tipo bongo) y la red (tamaño de malla) o profundidad de lances, que originan que la cantidad de agua filtrada y el tamaño de los organismos muestreados difieran y compliquen la comparación con otro tipo de métodos. Aun así, el punto comparable parcialmente es la abundancia del zooplancton y del biovolumen dado que están en la misma escala de medición.

En la porción del norte (Jalisco y Colima), se ha registrado un patrón estacional en el biovolumen, teniendo los valores más altos en invierno-primavera,

atribuible principalmente a la influencia de surgencias costeras presentes en esta temporada (Franco-Gordo *et al.* 2001, 2004; Fernández-Álamo & Färber-Lorda 2006; Pelayo-Martínez *et al.* 2017). En este estudio, la distribución del biovolumen del zooplancton fue homogénea, concentrándose los máximos en las subzonas extremas del área de estudio (Jalisco y Guerrero). El intervalo que se ha reportado en este trabajo (6 a 223 ml • 1000 m<sup>-3</sup>) fue similar a lo reportado por Fernández-Álamo & Färber-Lorda (2006) (50-200 ml • 1000 m<sup>-3</sup>).

Se asocia que la temperatura, Chl-a y las descargas fluviales, en las costas de Jalisco y Colima, son las que determinan la variabilidad estacional los valores del biovolumen, debido al incremento de nutrientes y materia orgánica mediante el transporte y descarga de agua (Navarro-Rodríguez *et al.* 2002; Franco-Gordo *et al.* 2001, 2004). Particularmente, se ha reportado que en esta zona la distribución del biovolumen y sus concentraciones en invierno se ven afectadas negativamente por la temperatura, asociada con la presencia del evento *El Niño* (Franco-Gordo *et al.* 2004; Pelayo-Martínez *et al.* 2017).

Las diferencias con estos trabajos pueden radicar también en la cobertura espacial, cerca de la línea a la costa (30 km aprox.) con ambientes costeros y oceánicos de no más de 1000 m de profundidad. Las diferencias antes mencionadas no permiten generar una comparación sobre el efecto del evento *El Niño 2015* en la distribución del biovolumen, pero se puede establecer que el biovolumen no presentó cambios latitudinales en este lapso de estudio.

### **8.2.2 Distribución y caracterización de la comunidad zooplanctónica**

La abundancia del zooplancton presentó una distribución homogénea a lo largo del área de estudio, con máximos frente a Jalisco y Guerrero; Gamero-Mora *et al.* (2015) encontraron concentraciones de abundancia 10 veces mayores a lo reportado en este estudio; pero ambos trabajos coincidieron en registrar a Jalisco y Guerrero como las zonas con los máximos de abundancia y su asociación a las zonas con alta concentración de Chl-a.

La carencia de conocimiento respecto a la variabilidad temporal y distribución espacial de la abundancia del zooplancton en la zona de estudio permite establecer esta investigación como la primera aproximación sobre este tema.

Se ha reconocido que la composición del zooplancton presenta cambios estacionales, afectados por las variables hidrográficas y procesos de mesoescala como surgencias y remolinos entre otros, que se ven reflejadas en la riqueza y el patrón de distribución (Siordia-Cermeño *et al.* 2003 Fernández-Álamo & Färber-Lorda 2006; Pelayo-Martínez *et al.* 2017).

Dentro de los patrones de la composición y distribución se conoce que los grupos dominantes en el PCM son comúnmente los crustáceos herbívoros principalmente los copépodos, cladóceros y ostrácodos llegando a representar hasta el 80% aproximadamente de la abundancia (Siordia-Cermeño *et al.* 2003; Fernández-Álamo & Färber-Lorda 2006; Kosak *et al.* 2013; Pelayo-Martínez *et al.* 2017). Lo anterior se constata en la composición taxonómica que se reportó en este trabajo.

Siordia-Cermeño *et al.* (2003) mencionan que, en las costas de Jalisco y Colima, los cladóceros se asocian al hundimiento de la termoclina y a las temperaturas altas, debido a que la Corriente de California disminuye su influencia en la zona, predominando así la influencia de corrientes con agua más cálida. Cuando este grupo disminuye es remplazado por los copépodos, esto es lo contrario a lo reportado en este trabajo, ya que ambos grupos persistieron a lo largo del área por lo que la alta codominancia de estos grupos puede ser resultado de la intensificación de la CCM y que las condiciones son propicias para la persistencia de ambos.

Las condiciones ambientales homogéneas, explican la distribución con alta abundancia y frecuencia del 40% de los grupos taxonómicos, coincidiendo con Gamero-Mora *et al.* (2015) en su análisis de la comunidad zooplanctónica gelatinosa. Este 40 % en su mayoría son componentes holoplanctónicos, lo cual también puede explicar la homogeneidad en la distribución de la abundancia y del biovolumen, ya que se observó el mismo patrón de distribución.

Pelayo-Martínez *et al.* (2017) también identificaron como grupos más abundantes, a los copépodos, quetognatos, anfípodos, poliquetos, pterópodos y larvas de peces y decápodos, coincidiendo en lo general con nuestros resultados,

ya que en ambos estudios se reportan 25 grupos taxonómicos similares, con variaciones en el porcentaje de abundancia relativa.

En términos de la composición y estructura de la comunidad, las diferencias a lo largo del área de estudio incluyeron cambios en abundancia de los grupos taxonómicos, y a pesar de que las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observó la diferencia entre norte y sur caracterizada por la variación en la abundancia de las salpas, cnidarios, ostrácodos y específicamente por la presencia de larvas de cefalópodos y ctenóforos (carnívoros) en la porción norte (altas concentraciones de OD, baja Chl-a, termoclina entre 20-40 m) y por larvas de equinodermos, doliolos (herbívoros), y heterópodos (carnívoro) en la porción sur (bajas concentraciones de OD, alta Chl-a, termoclina 40-60 m).

En el caso de los grupos gelatinosos como los cnidarios, sifonóforos y salpas, Gamero-Mora *et al.* (2015) mencionaron que estos organismos cosmopolitas con amplia distribución, pero son más frecuentes en zonas costeras, y que su aumento es debido a las surgencias; y asociaron a la alta abundancia de los sifonóforos, con la influencia del ASsSt de manera directa. Lo anterior podría explicar la alta abundancia de los sifonóforos y la amplia distribución de los cnidarios en este trabajo, debido a que la presencia de la ASsSt de agua desde los 50 m hasta los 200 m.

En el caso de los ctenóforos y doliolos, estos autores reportaron que su baja frecuencia y abundancia puede deberse a la baja dispersión y a las necesidades fisiológicas que presentan, limitándolos a distribuirse en un área más reducida, y de esta manera, la presencia, distribución y porcentaje de contribución estaría determinada por una serie de interacciones biológicas y condiciones ambientales (convergencia, divergencia, frentes, remolinos y surgencias).

Pelayo-Martínez *et al.* (2017), mencionaron que los doliolos se correlacionaron con la temperatura, y asociaron a este grupo con la influencia del AST; en este trabajo, esta variable no presentó una correlación significativa, y se explicó que la presencia de este grupo en la zona sur se asoció con las concentraciones altas de Chl-a.

En el caso de las larvas de cefalópodos, García-Guillén (2018 en prensa) mencionó que la abundancia de estos organismos está asociada con regiones con procesos de mesoescala, que proveen de condiciones propicias para la supervivencia, caracterizadas por una alta concentración de Chl-*a* y de biovolúmenes de zooplancton, asociándose a la estacionalidad en el flujo de las masas de agua que acarrearán especies de diferente afinidad biogeográfica. Frente a Cabo Corrientes, Jalisco, De Silva-Dávila (2013) registró un área núcleo de desove del Complejo *Sthenoteuthis oualaniensis-Dosidicus gigas*, asociada a la presencia de ATS en condiciones ambientales óptimas para su desarrollo (biovolúmenes mayores a los de áreas más norteñas).

Para explicar los cambios en la estructura comunitaria en función de las condiciones hidrográficas, es necesario considerar las características fisiológicas de los organismos que representan a cada grupo taxonómico, ya que la tolerancia de cada uno de ellos a los cambios en las condiciones hidrográficas les permiten generar ajustes fisiológicos y en consecuencia determinan sus patrones de distribución, por lo que se podría considerar un acoplamiento entre los procesos ecológicos, variables hidrográficas y procesos oceanográficos (Alongi, 1998).

Irigoien *et al.* (2011) mencionan a una escala regional, sin gradientes fuertes en las variables hidrográficas (temperatura, salinidad y otros), que factores distintos a estas variables son más relevantes en la distribución del zooplancton, como el sitio de muestreo, la influencia costera y la distribución vertical.

Ya que la comunidad del zooplancton presentó una distribución homogénea sin cambios significativos a lo largo del área de estudio, la hipótesis planteada en este trabajo debe ser reformulada, tomando en cuenta que el área de estudio es muy reducida y no existen cambios en las condiciones hidrográficas a lo largo de la misma que permita observar diferencias latitudinales. El hecho de no presentar diferencias significativas puede explicarse por las condiciones hidrográficas que fueron típicamente tropicales, así como por la columna de agua estratificada principalmente por el aporte de la CCM.

La comunidad zooplanctónica se caracterizó por presentar una abundancia homogénea, una diversidad alta asociada a las concentraciones de Chl-a (Guerrero), presentando principalmente fauna omnívora y herbívora.

### **8.2.3 Distribución y caracterización de los copépodos**

La abundancia de estos crustáceos tuvo una distribución espacial homogénea a diferencia de lo reportado por López-Ibarra *et al.* (2014); A su vez, Kozak *et al.* (2014) encontraron valores mayores de abundancia a los de este trabajo, a pesar de tener cobertura espacial menor; sin embargo, las diferencias en el método de muestreo es un factor a considerar en la explicación de esas diferencias.

La riqueza específica en términos porcentuales, varía entre 11 y 60 %, según el autor consultado; la riqueza específica en este estudio fue menor a la reportada por Palomares *et al.* (1998), Hernández-Trujillo & Esqueda-Escárcega (2002), Fernández-Alamo *et al.* (2000), López-Ibarra *et al.* (2014) y Kozak *et al.* (2013, 2014), y mayor a la encontrada por de Siordia-Cermeño *et al.* (2003) y Rojas-Herrera *et al.* (2016). En este caso, aplica la misma consideración que se hizo previamente sobre los métodos de muestreo.

Los valores de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) se registraron entre 1 – 5 bits/ind., la mayoría de las estaciones presentaron valores entre 3.01 – 4 bits/ind.; esto es mayor que los registrado por López-Ibarra *et al.* (2014) ya que reportó un intervalo de 2.9 a 3 bits/ind. Fernández-Álamo *et al.* (2000), López-Ibarra *et al.* (2014) y Kozak *et al.* (2014) sugieren que la presencia y el efecto de las surgencias, influye en el aumento de la diversidad de copépodos por los efectos de enriquecimientos de nutrientes y el desarrollo de las poblaciones de fitoplancton. Esta tendencia es similar a lo encontrado en nuestro trabajo ya que en las zonas donde se registraron los valores más altos de diversidad, se encuentran las concentraciones más altas de Chl-a (Jalisco y Guerrero).

De acuerdo a la afinidad biogeográfica, se encontró que las especies identificadas fueron tropicales y tropical-subtropicales en su mayoría, lo que coincide con los resultados de López-Ibarra *et al.* (2014) ya que la mayoría de las especies representaron un 75.7% de afinidad tropical y Kozak *et al.* (2014) un 88% de especies subtropicales/tropicales.

Kozak *et al.* (2014), López-Ibarra *et al.* (2014) y Siordia-Cermeño *et al.* (2003) también identificaron a *S. subcrassus* y *C. furcatus*, como dos de las especies más abundantes. Mientras que, Rojas-Herrera *et al.* (2016) quienes trabajaron en un ambiente costero (dentro de la Bahía de Acapulco), identificaron a *A. gracilis*, *A. clausi*, *O. plumífera* y *C. ovalis* representando el 61% del total de copépodos identificados.

En términos de la relación con las variables ambientales, 29% de las especies no se correlacionaron con ninguna variable biótica o abiótica, debido a su alta abundancia y frecuencia a lo largo del área de estudio. Particularmente, Kozak *et al.* (2014), mencionaron que bajo condiciones estratificadas y bajo la influencia de aguas tropicales de la CCM, la comunidad de copépodos mostró una mayor riqueza y una menor abundancia.

Los grupos de omnívoros y carnívoros fueron los mejor representados, a lo largo del área de estudio y asociado a la distribución de *S. subcrassus*, *S. mucronatus* (omnívoros) y *C. furcatus* (carnívoros) (Siordia-Cermeño *et al.* 2003; López-Ibarra *et al.* 2014; Kozak *et al.* 2014). Fernández-Álamo & Färber-Lorda (2006) mencionaron que los copépodos herbívoros estuvieron presentes en la capa rica en Chl-*a*, la distribución de los omnívoros era profunda y más amplia, y las especies depredadoras tenían una distribución similar a las especies omnívoras, posiblemente esto explica porque en este trabajo ambos (omnívoros y carnívoros) fueron los más abundantes y distribuidos a lo largo del área de estudio.

López-Ibarra *et al.* (2014) menciona que las especies de los géneros *Subeucalanus* y *Centropages* presentan una plasticidad para ocupar distintos nichos tróficos dependiendo de la disponibilidad de alimento. En este sentido, Benedetti *et al.* (2016) mencionaron que las especies del género *Centropages*, se clasifican como organismos pequeños con estrategias alimenticias mixtas, ya que se han registrado como omnívoros, pero también pueden ser herbívoros. Mientras que a las especies de *Subeucalanus*, Benedetti *et al.* (2016), las clasifican como organismos que se alimentan por filtración; estos dos grupos que reportan estos autores son de gran importancia para la transferencia de energía de fotoautótrofos a niveles tróficos más altos. Lo anterior es una característica notable para las especies

de estos géneros ya que a esto se le puede atribuir la alta abundancia, dominancia y su amplia distribución en este trabajo y los reportados anteriormente en el Pacífico mexicano (Siordia-Cermeño *et al.* 2003; López-Ibarra *et al.* 2014; Kozak *et al.* 2014).

La composición diferencial de especies de copépodos de la parte norte y sur del área de estudio fue el indicador que separó a un nivel más preciso las zonas norte y sur que presentaron el porcentaje de disimilitud más alto (72%) correlacionadas con el biovolumen y la Chl-a.

En la región norte (biovolúmenes altos), la dominancia de especies es alta, principalmente representantes omnívoros; mientras en la porción sur (concentraciones altas de Chl-a), la diversidad es mayor que en el norte, esto se reflejó en el número de especies que contribuyen con el 80% de la abundancia en esta región y su porcentaje de contribución tan homogéneo, con representantes de los cuatro grupos funcionales, principalmente carnívoros.

En el caso de los herbívoros representados por *C. darwinii* y *P. parvus*, fueron más abundantes en la región norte, disminuyendo al sur y a la poca contribución de especies herbívoras (*U. vulgaris*).

En este estudio, el análisis de la comunidad del zooplancton permitió tener una visión macro de la conformación comunitaria en un lapso temporal en el que condiciones ambientales estuvieron de cierto modo perturbadas por el evento de El Niño; ésta caracterización se observó a mayor resolución a través del estudio detallado de uno de los grupos dominantes en la estructura de la comunidad zooplanctónica: los copépodos. Lo anterior, permitió observar cambios entre norte y sur en la composición, su riqueza, la diversidad y dominancia, y aunque estadísticamente no se detectaron diferencias significativas entre la abundancia, estructuralmente si se percibieron cambios a lo largo de la zona de estudio, apoyando la idea de la reformulación de la hipótesis de trabajo en vertientes espaciales y temporales en una región poco estudiada y en la que procesos biológicos quedan aún por ser descritos.

## 9. CONCLUSIONES

El PCM, presentó un ambiente característicamente tropical, con condiciones hidrográficas homogéneas asociado a la presencia de la Corriente Costera Mexicana que lleva consigo agua de origen tropical.

El zooplancton presentó una complejidad estructural relativamente homogénea, inferida de los indicadores ecológicos estimados.

La mayoría de los grupos taxonómicos fueron holoplanctónicos, de los cuales los copépodos y cladóceros fueron los más abundantes a lo largo de la zona de estudio.

La comunidad del zooplancton se caracterizó por tener homogéneamente distribuida la abundancia de un 40% de sus grupos taxonómicos y su biovolumen, prevaleciendo la fauna omnívora y herbívora.

La presencia de taxa meroplanctónicos, su abundancia y frecuencia a lo largo del área de estudio, indican que ésta reúne características propicias para, principalmente, el desove y crianza de moluscos, crustáceos y equinodermos.

La estructura de la comunidad de los copépodos se caracterizó por la alta dominancia en el norte del área de estudio y alta diversidad en el sur, además de estar constituida principalmente por omnívoros y carnívoros, respectivamente.

*Subeucalanus subcrassus* y *Centropages furcatus* son dos especies que se perfilan como claves de la estructura de la comunidad de copépodos en la zona, pues su prevalencia de dominantes y frecuentes en este y otros trabajos indican que el estudio de estas especies aportará información detallada acerca de los niveles de complejidad en este ecosistema pelágico mexicano.

La complejidad de la comunidad de copépodos es alta considerando los indicadores ecológicos, la estructura trófica y su distribución espacial, promovidos por la cuasi homogeneidad de las variables hidrográficas consideradas en este estudio.

## 10. REFERENCIAS

Aceves-Medina, G., J. Gómez-Gutiérrez, H. Urías-Leyva, R. Avendaño-Ibarra, R.J. Saldierna-Martínez & C. J., Robinson. 2018. Regionalization in the distribution of

- larval fish assemblages during winter and autumn in the Gulf of California. *Lat. Am. J. Aqu. Res.*, 46(1): 1-20.
- Aguirre-Gómez, R. & O. Salmerón-García. 2007. Cap. 18. Análisis estacional de la variación en la clorofila en el Pacífico Sur Mexicano mediante imágenes SeaWIFS de 1998 a 2004. Pp: 267-278 En: Hernández B. & C.G. Gaxiola (eds.), *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. INECC, México.
- Alejo-Plata, C., R. García-Guillén & J. Herrera-Galindo. 2013. Paralarvas y juveniles de cefalópodos en el Pacífico sur de México. *Hidrobiológica*, 23(2): 250-264.
- Alongi, D.M. 1998. *Coastal ecosystem processes*. CRC Marine Science Series, New York, 419 pp.
- Ambriz-Arreola, I., J. Gómez-Gutiérrez, M.C. Franco-Gordo, B.E. Lavaniegos & E. Godínez-Domínguez. 2012. Influence of coastal upwelling-downwelling variability on tropical euphausiid abundance and community structure in the inshore Mexican central Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 451:119-136.
- Ambriz-Arreola, I., J. Gómez-Gutiérrez, C. Franco-Gordo, R. Palomares-García, L. Sánchez-Velasco, C. Robinson-Mendoza & B. Seibel. 2017. Vertical pelagic habitat of euphausiid species assemblages in the Gulf of California. *Deep-Sea Res. PT. I*, 123(1): 75-89.
- Bautista-Romero, J., R. Funes Rodríguez, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, D.B. Lluch-Cota. 2018. Preferential distribution of fish larvae in the California Current System: Time, space, and temperature. *Fish. Oceanogr.*, 1-15
- Beers, J.R. 1976. Zooplankton fixation and preservation determination of zooplankton biomass. Steedman, H. F. UNESCO Paris.
- Benedetti, F., S. Gasparini & S.D. Ayata. 2016. Identifying copepod functional groups from species functional traits. *J. Plankton Res.*, 38(1): 159-166.
- Cepeda-Morales, J., E. Beier, G. Gaxiola-Castro, M.F. Lavín & V.M. Godínez. 2009. Effect of the oxygen minimum zone on the second chlorophyll maximum in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. *Cienc. Mar.*, 35(4): 389-403.
- Cepeda-Morales, J., G. Gaxiola-Castro, E. Beier, & V.M. Godínez. 2013. The mechanisms involved in defining the northern boundary of the shallow oxygen

- minimum zone in the eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep-Sea Res. PT. I*, 76:1-12.
- CONABIO. 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. México, 129 pp.
- CONANP. 2012. *Reserva de la Biosfera Zona Marina Profunda Pacífico Central Mexicano y Centroamericano*. CONANP. México, 113 pp.
- De Silva-Dávila R. 2013. Paralarvas de cefalópodos en el Golfo de California, México. Tesis Doctoral. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, México, 370 pp.
- De Silva-Dávila, R., R. Avendaño-Ibarra & M.C. Franco-Gordo. 2013. Calamares y pulpos de la costa sur de Jalisco y Colima. Pp: 43-56 En: Franco-Gordo, M.C. 2013. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima Vol. I*. UDG, México.
- Escribano, R. & L. Castro. 2004. Cap. 14. Plancton y productividad. Pp: 287-302. En: Werlinger, I.C. 2004. *Biología Marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Consejo Nacional del Libro y Lectura-U de C, Chile.
- Fernández-Álamo, M.A. & J. Färber-Lorda. 2006. Zooplankton and the oceanography of the Eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69: 318-359.
- Fernández-Álamo, M.A., L. Sanvicente-Añorve & G. Alameda-de-la-Mora. 2000. Copepod assemblages in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Crustaceana* 73(9): 1139-1153.
- Fiedler, P.C. & L.D. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69:143-180.
- Fleminger, A. 1964. Distributional atlas of calanoid copepods in the California Current región, Part I. CalCOFI Atlas No. 2, *State of California Marine Research Committee*. 332 pp.
- Franco-Gordo, M.C. & V. Plascencia-Palomera. 2013. Quetognatos de la costa sur de Jalisco y Colima. Pp: 92-100 En: Franco-Gordo, M.C. 2013. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima Vol. I*. UDG, México.

- Franco-Gordo, M.C., E. Godínez-Domínguez & E. Suárez-Morales. 2001. Zooplankton biomass variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pac. Sci.*, 55: 191-202.
- Franco-Gordo, M.C., E. Godínez-Domínguez, A.E. Filonov, I.E. Tereshchenko & J. Freire. 2004. Plankton biomass and larval fish abundance prior to and during the El Niño period of 1997–1998 along the central Pacific coast of Mexico. *Prog. Oceanogr.*, 63: 99-123.
- Funes-Rodríguez, R., J. Gómez-Gutiérrez & R. Palomares-García. 2007. *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. IPN. México, 311 pp.
- Gamero-Mora, E., G. Ceballos-Corona, R. Gasca & A. Morales-Blake. 2015. Análisis de la comunidad del zooplancton gelatinoso (Hydrozoa, Ctenophora, Thaliacea) en el Pacífico central mexicano, abril-mayo 2011. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 50(1): 11-124.
- García-Guillén, R., R. De Silva-Dávila & R. Avendaño-Ibarra. 2018 en prensa. Seasonal changes in cephalopod paralarval communities in the southwest coast of Baja California Sur (Spring and Autumn 2003). *Cien. Mar.*
- Gasca, R. & E. Suárez. 1996. *Introducción al estudio del zooplancton marino*. Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, México.
- Giraldo, A. & E. Gutiérrez. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Invest. Mar.*, 35(1): 117-122.
- Gómez-Gutiérrez, J., I. Ambriz-Arreola & M.C. Franco Gordo. 2013. Euphausiacea de la costa sur de Jalisco y Colima. Pp: 57-68 En: Franco-Gordo, M.C. 2013. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima Vol. I*. UDG, México.
- Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2010. Impacto de la Zona de Mínimo de Oxígeno sobre los corredores pesqueros en el Pacífico Mexicano. *Interciencia*, 35(1): 12-18.
- Hernández-Trujillo, S. & G.M. Esqueda-Escárcega. 2002. La diversidad de copépodos marinos en México. *Oceánides*, 17(1): 57-68.

- Hernández-Trujillo, S. & G.M. Esqueda-Escárcega. 2006. Variación diaria de copépodos pelágicos en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California, México. *Contr. Est. Crust. Pac. Est.*, 4(2):101-108.
- Hernández-Trujillo, S., G.M. Esqueda-Escárcega & R. Palomares-García. 2010. Variabilidad de la abundancia de zooplancton en Bahía Magdalena Baja California Sur, México (1997-2001). *Lat. Am. Aquat. Res.*, 38(3): 438-446.
- Isaacs, J.D., A. Fleminger & J.K. Miller. 1969. Distributional atlas of zooplankton biomass in the California Current región: spring and fall 1955-1959. CalCOFI Atlas No. 10, *State of California Marine Research Committee*, 281 pp.
- Irigoién, X., G. Chust, J.A. Fernandes, A. Albaina y L. Zarauz. 2011. Factors determining the distribution and beta diversity of mesozooplankton species in shelf and coastal waters of the Bay of Biscay. *J. Plankton Res.*, 33(8): 1182-1192.
- INPESCA, 2015a. Boletín hidroclimático de los mares de México: Temperatura superficial del mar abril 2015. INAPESCA, 7 pp.
- INPESCA, 2015b. Boletín hidroclimático de los mares de México: Clorofila-a abril 2015. INAPESCA, 6 pp.
- Jáquez-Bermúdez, L.S., L. Celis-Gutiérrez & M.C. Franco-Gordo. 2013. Medusas (Cnidaria: Medusozoa) de la costa sur de Jalisco y Colima. Pp: 32-42 En: Franco-Gordo, M.C. 2013. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima Vol. I*. UDG, México.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69: 181-217.
- Kozak, E., E. Suárez-Morales, R. Palomares-García & M.C. Franco-Gordo. 2013. Copépodos de la costa sur de Jalisco y Colima. Pp: 79-91 En: Franco-Gordo, M.C. 2013. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima Vol. I*. UDG, México.
- Kozak, E., M.C. Franco-Gordo, E. Suárez-Morales & R. Palomares-García. 2014. Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 507: 95-110.
- Lara-Lara, J.R., V. Arenas, C. Bazán, V. Díaz, E. Escobar, M. García, G. Gaxiola, Gpe. Robles, R. Sosa, L.A. Soto, M. Tapia & J.E. Valdez-Holguín. 2008. Cap. 5.

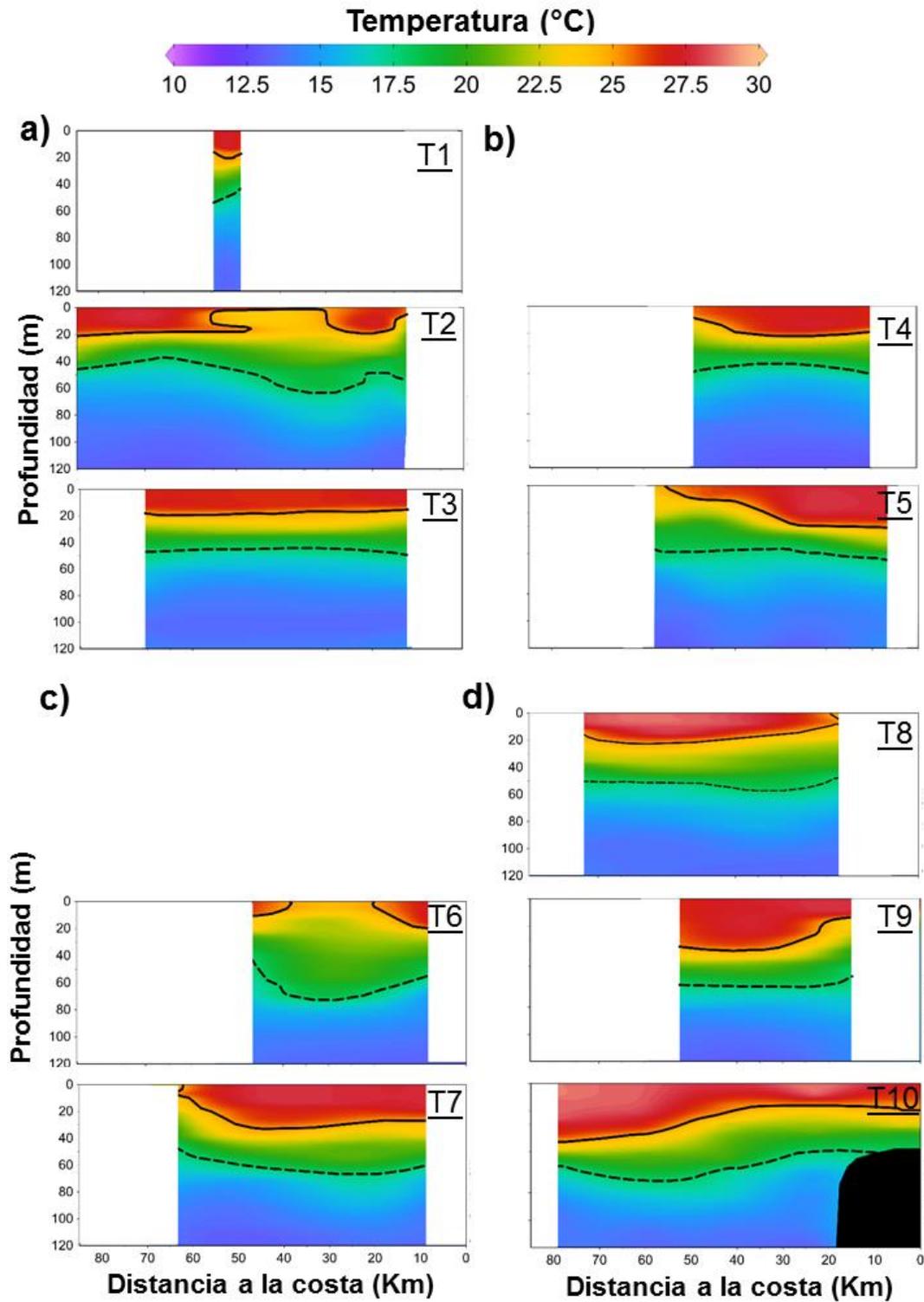
- Los ecosistemas marinos. Pp: 135-159 En: CONABIO (eds.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Lavaniegos, B.E. 2007. Cap. 8. El papel del plancton en la transferencia de carbono en el océano. Pp: 129-140 En: Hernández B. & C.G. Gaxiola (eds.), *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. INECC, México.
- Lavaniegos Espejo, B.E., O. Molina González, & M. Murcia Riaño. 2015. Zooplankton functional groups from the California Current and climate variability during 1997-2013. *Oceánides*, 30(1): 45-62.
- Lavaniegos Espejo, B.E. 2017. Changes in composition of summer hyperiid amphipods from a subtropical region of the California current during 2002-2008. *J. Marine Syst.*, 165: 13-26. doi: 10.1016/j.jmarsys.2016.09.001.
- Lavín, M.F., E. Beier, J. Gómez-Valdés, V.M. Godínez & J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México. *Geophys. Res. Lett.*, 33. doi: 10.1029/12005GL024686.
- Lluch-Cota, S.E., S. Álvarez-Borrego, E.M. Santamaría-del Ángel, F.E. Müller-Karger & S. Hernández-Vázquez. 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes: variación espaciotemporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. *Cienc. Mar.*, 23(3): 329-340.
- Longhurst, A.R. 1985. The structure and evolution of plankton communities. *Prog. Oceanog*, 15: 1-35.
- López-Ibarra, G.A., S. Hernández-Trujillo, A. Bode & M.J. Zetina-Rejón. 2014. Community structure of pelagic copepods in the eastern tropical Pacific Ocean during summer and autumn. *Cah. Biol. Mar.*, 55: 453-462.
- López-Sandoval D.C., J.R. Lara-Lara, M.F. Lavín, S. Álvarez-Borrego & G. Gaxiola-Castro. 2009. Primary productivity in the eastern tropical Pacific off Cabo Corrientes, Mexico. *Cienc. Mar.*, 35(2): 169-182.
- Ludwing, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. Species-abundance relations: 8. Diversity índices. Pp: 84-105. En: Ludwing, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. Wiley. EE. UU.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Estados Unidos, 215 pp.

- Mann, K. H. & J.R.N. Lazier .1996. *Dynamics of marine ecosystems. Biological-Physical interactions in the oceans*. Blackwell Science, Cambridge, 503 pp.
- Maske-Rubach, H., J. M. Hernández-Ayón & E.J. Beier-Martin. 2017. Aguas oceánicas subsuperficiales sin oxígeno, pero con abundantes en carbono inorgánico y nutrientes frente a las costas del Pacífico de México. *Elementos Para Políticas Públicas*, 1(1): 25-34.
- Navarro-Rodríguez, M.C., R. Flores-Vargas & M.E. González. 2002. Variabilidad espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica y la estructura termohalina en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima, México. *Bol. Cent. Inv. Biol.* (3): 244-265.
- Omori, M. & T. Ikeda. 1992. *Methods in marine zooplankton ecology*. Krieger Publishing Company, Florida, 332 pp.
- Palomares, R., E. Suárez-Morales & S. Hernández-Trujillo. 1998. *Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano*. CICIMAR-IPN-ECOSUR, México, 352 pp.
- Palomares García, J. R., J., Gómez Gutiérrez, C. J., Robinson (2013). Winter and summer vertical distribution of epipelagic copepods in the Gulf of California. *J. Plankton Res.*, 35(5): 1009-1026.
- Pantoja, D.A., S.G. Marinone, A. Parés-Sierra & F. Gómez-Valdivia. 2012. Numerical modeling of seasonal and mesoscale hydrography and circulation in the Mexican Central Pacific. *Cienc. Mar.*, 38(2): 363–379.
- Pelayo-Martínez, G., A. Olivos-Ortiz, C. Franco-Gordo, S. Quijano-Scheggia, J. Gaviño-Rodríguez, T. Kono-Martínez & F. Castro-Ochoa. 2017. Physical, chemical, and zooplankton biomass variability (inshore-offshore) of Mexican Central Pacific during El Niño-La Niña 2010. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(1):67-78.
- Perry, R. 2003. *A guide to the marine plankton of southern California*. 3a ed. UCLA Marine Science Center. Estados Unidos, 23 pp.
- Portela, E., E. Beier, E.D. Barton, R. Castro, V. Godínez, E. Palacios-Hernández, P.C. Fiedler, L. Sánchez-Velasco & A. Trasviña. 2016. Water masses and circulation in the Tropical Pacific off Central Mexico and surrounding áreas. *Jour. Phys. Ocean.*, 46: 3069-3081.

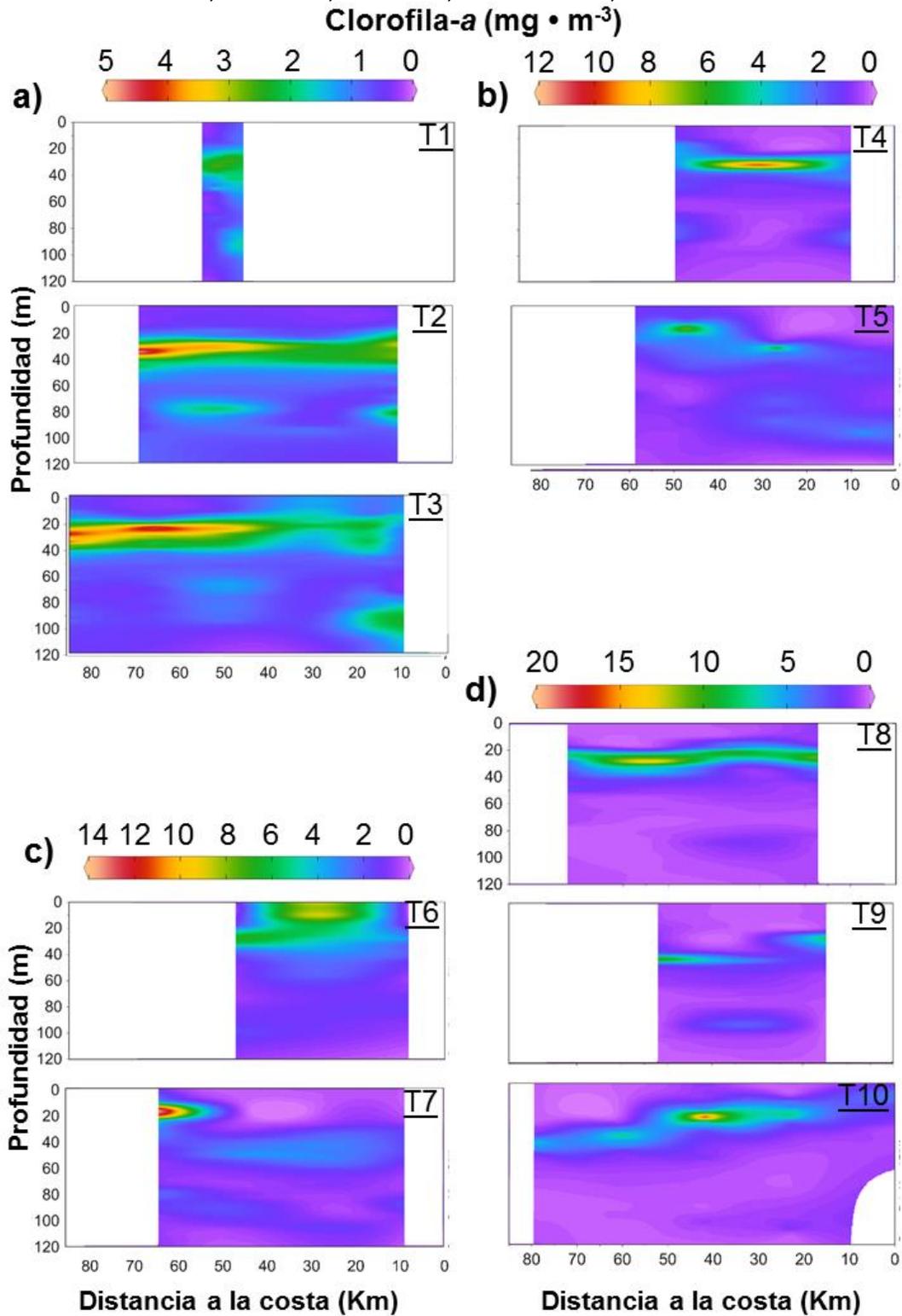
- Racault, M.F., T. Platt, S. Sathyendranath, E. Ağırbaş, V. Martínez-Vicente & R. Brewin. 2014. Plankton indicators and ocean observing systems: support to the marine ecosystem state assessment. *J. Plankton Res.*, 36 (3): 621-629.
- Reyes-Hernández, C., M.-A. Ahumada-Sempoal & R. Durazo. 2015. The Costa Rica Coastal Current, eddies and wind forcing in the Gulf of Tehuantepec, Southern Mexican Pacific. *Cont. Shelf Res.*, 114:1-15.
- Ríos-Jara, E., E. Juárez-Carrillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G. Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril & M. Silva-Briano. 2000. *Estudios sobre plancton en México y el Caribe*. UDG-SOMPAC A.C. México, 155 pp.
- Rojas-Herrera, A.A., J. Violante-González, S. García-Ibáñez, S. Villerías-Salinas & G. Moreno-Díaz. 2016. Temporal variation of the pelagic copepod community in Acapulco Bay, México. *Open J. Mar. Sci.*, 6: 40-48. <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2016.61005>.
- Santana-Vega, Z., D.U. Hernández-Becerril, A.R. Morales-Blake, F. Varona-Cordero & M. Merino-Ibarra. 2018. Prokaryotic picoplankton distribution within the oxygen minimum zone of the central Mexican Pacific across environmental gradients. *Braz. J. Oceanogr.*, 48(134): 1-35 pp.
- Siordia-Cermeño, M.P., L. Sánchez-Velasco, M. C. Franco-Gordo, & M. Sánchez-Ramírez. 2003. Variación temporal del zooplancton, con énfasis en crustáceos, en las costas de Jalisco y Colima durante un ciclo anual (1996). En: M.E. Hendrickx (ed.). *Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este*. ICMYL-UNAM.
- Siordia-Cermeño, M.P., L. Sánchez-Velasco, M.C. Franco-Gordo & M. Sánchez-Ramírez. 2003. *Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este*, 2:
- Smith D. L. & K.B. Johnson. 1996. A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Kendall/Hunt Publishing Co. Estados Unidos.
- Todd, C.D., M.S. Laverack y G.A. Boxshall. 1991. *Coastal marine zooplankton: a practical manual for students*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tommasi, D., B.P.V. Hunt, E.A. Pakhomov & D.L. Mackas. 2013. Mesozooplankton community seasonal succession and its drivers: Insights from a British Columbia, Canada, fjord. *J. Mar. Syst.*, 115-116: 10-32.

- Trégouboff, G. & M. Rose. 1957. *Manuel de planctonologie méditerranéenne*. Tome II. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, 224 pp.
- Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury Creel, T. Hourigan, T. Agardy, H. Herrmann, L. Janishevski, C. Madden, L. Morgan & M. Padilla. 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 200 pp.
- Zamudio, L., H.E. Hurlburt, E.J. Metzger & C.E. Tilburg. 2007. Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the María Islands, Mexico. *J. Geophys. Res.*, 112, C05048, doi: 10.1029/2006JC004018.

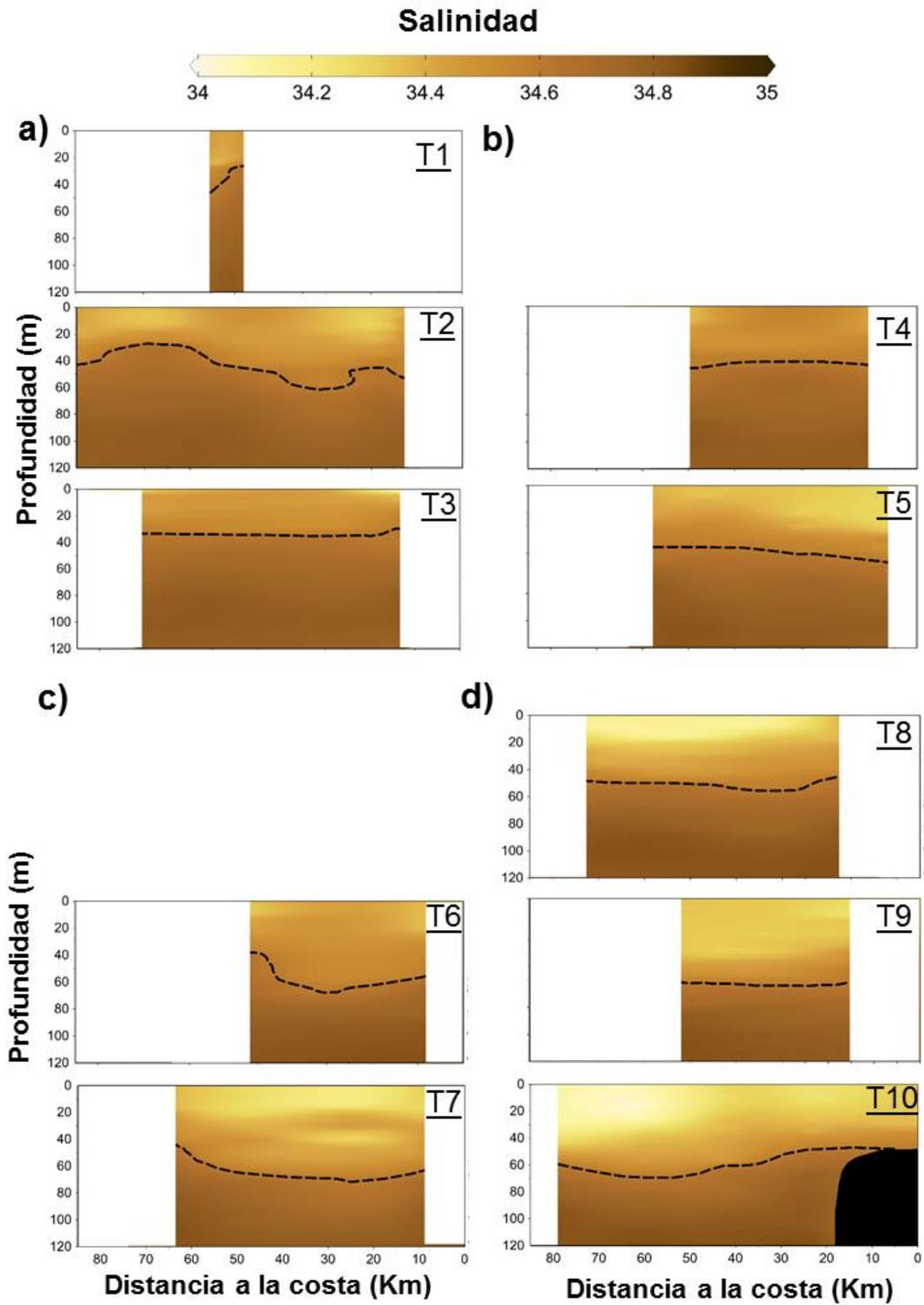
**Anexo I.** Distribución vertical de la temperatura en los primeros 120 m de profundidad en abril del 2015. a) Jalisco; b) Colima; c) Michoacán; d) Guerrero. Línea continua representa la isolinéa de los 25.1 °C; Línea quebrada representa la isolinéa de los 18 °C.



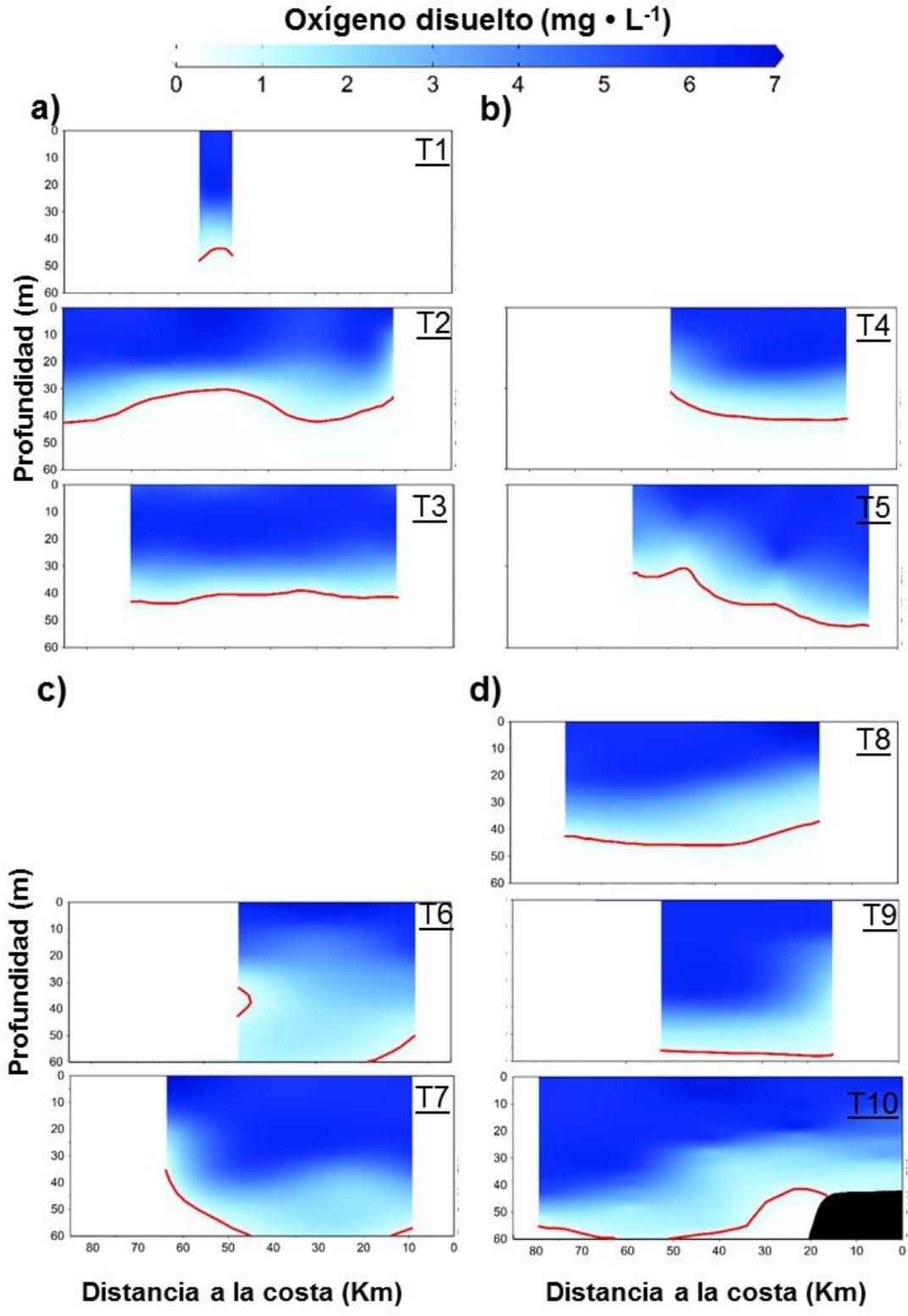
**Anexo II.** Distribución vertical de la concentración de la Clorofila-a en los primeros 120 m en abril del 2015. a) Jalisco; b) Colima; c) Michoacán; d) Guerrero.



**Anexo III.** Distribución vertical de la salinidad en los primeros 120 m en abril del 2015. a) Jalisco; b) Colimas; c) Michoacán; d) Guerrero. Línea punteada representa la isolínea de los 34.6.



**Anexo IV.** Distribución vertical del oxígeno disuelto en los primeros 50 m en abril del 2015. a) Jalisco; b) Colimas; c) Michoacán; d) Guerrero. La línea roja indica la isolínea de los 0.7 mg L<sup>-1</sup>.



**Anexo V.** Elenco sistemático de copépodos y su clasificación de acuerdo a Walter & Boxshall (2017).

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
Calanoida	Acartiidae	<i>Acartia</i>	<i>clausi</i> Giesbrecht, 1889
		Aetideidae	<i>Aetideus</i>
	<i>Euchirella</i>		<i>amoena</i> Giesbrecht, 1888
			<i>rostrata</i> (Claus, 1866)
	<i>Gaetanus</i>		<i>brevispinus</i> (Sars G.O., 1900)
			<i>robustus</i> (Sars G.O., 1905)
	Calanidae	<i>Canthocalanus</i>	<i>pauper</i> (Giesbrecht, 1888)
		<i>Cosmocalanus</i>	<i>darwinii</i> (Lubbock, 1860)
		<i>Nannocalanus</i>	<i>minor</i> (Claus, 1863)
		<i>Undinula</i>	<i>vulgaris</i> (Dana, 1849)
	Candaciidae	<i>Candacia</i>	<i>catula</i> (Giesbrecht, 1889)
			<i>truncata</i> (Dana, 1849)
			<i>simplex</i> (Giesbrecht, 1889)
	Centropagidae	<i>Centropages</i>	<i>elongatus</i> Giesbrecht, 1896
			<i>furcatus</i> (Dana, 1849)
	Clausocalanidae	<i>Clausocalanus</i>	<i>jobei</i> Frost & Fleminger, 1968
	Eucalanidae	<i>Eucalanus</i>	<i>californicus</i> Johnson M.W., 1938
	Euchaetidae	<i>Euchaeta</i>	<i>indica</i> Wolfenden, 1905
			<i>longicornis</i> Giesbrecht, 1888
			<i>marina</i> (Prestandrea, 1833)
			<i>media</i> Giesbrecht, 1888
			<i>abdominalis</i> (Lubbock, 1856)
	Metridinidae	<i>Pleuromamma</i>	<i>gracilis</i> Claus, 1863
Paracalanidae	<i>Acrocalanus</i>	<i>gibber</i> Giesbrecht, 1888	
	<i>Calocalanus</i>	<i>pavo</i> (Dana, 1852)	
	<i>Paracalanus</i>	<i>parvus</i> (Claus, 1863)	
Pontellidae	<i>Labidocera</i>	<i>acuta</i> (Dana, 1849)	

Continuación de Anexo

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
		<i>Pontellina</i>	<i>plumata</i> (Dana, 1849)
	Pseudodiaptomidae	<i>Pseudodiaptomus</i>	<i>wrighti</i> Johnson M.W., 1964
	Rhincalanidae	<i>Rhincalanus</i>	<i>nasutus</i> Giesbrecht, 1888
	Scolecitrichidae	<i>Scolecithrix</i>	<i>bradyi</i> Giesbrecht, 1888 <i>danae</i> (Lubbock, 1856)
		<i>Scolecitrichopsis</i>	<i>ctenopus</i> (Giesbrecht, 1888)
	Subeucalanidae	<i>Subeucalanus</i>	<i>crassus</i> (Giesbrecht, 1888) <i>mucronatus</i> (Giesbrecht, 1888) <i>subcrassus</i> (Giesbrecht, 1888) <i>subtenuis</i> (Giesbrecht, 1888)
	Temoridae	<i>Temora</i>	<i>discaudata</i> Giesbrecht, 1889
Cyclopoida	Clausidiidae	<i>Saphirella</i>	<i>tropica</i> Wolfenden, 1906
	Corycaeidae	<i>Corycaeus</i>	<i>crassiusculus</i> Dana, 1849 <i>speciosus</i> Dana, 1849
		<i>Onychocorycaeus</i>	<i>catus</i> (Dahl F., 1894)
	Cyclopoida <i>incertae sedis</i>	<i>Pachos</i>	<i>punctatum</i> (Claus, 1863)
	Oithonidae	<i>Oithona</i>	<i>setigera</i> (Dana, 1849) <i>tenuis</i> Rosendorn, 1917 <i>plumífera</i> Baird, 1843
	Oncaeidae	<i>Oncaea</i>	<i>venusta</i> Philippi, 1843
	Sapphirinidae	<i>Copilia</i>	<i>quadrata</i> Dana, 1849 <i>mirabilis</i> Dana, 1852
		<i>Sapphirina</i>	<i>angusta</i> Dana, 1849 <i>darwinii</i> Haeckel, 1864 <i>gemma</i> Dana, 1852 <i>intestinata</i> Giesbrecht, 1891 <i>metallina</i> Dana, 1849

Continuación de Anexo

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
			<i>nigromaculata</i> Claus, 1863
			<i>opalina</i> Dana, 1849
			<i>scarlata</i> Giesbrecht, 1891
			<i>stellata</i> Giesbrecht, 1891
Harpacticoida	Peltidiidae	<i>Clytemnestra</i>	<i>scutellata</i> Dana, 1847
	Ectinosomatidae	<i>Microsetella</i>	<i>rosea</i> (Dana, 1847)

**Anexo VI.** Información general de las especies identificadas en el Pacífico Central Mexicano. T: Abundancia Total en ind. • 1000m<sup>-3</sup>;  $\bar{X}$ : Abundancia promedio; %: Abundancia relativa; GF: Grupo funcional donde C: carnívoros, H: Herbívoros, O: omnívoros y P: parásitos; Subzonas J: Jalisco, C: Colima, M: Michoacán y G: Guerrero. Color gris indica la presencia en la subzona y el color blanco la ausencia.

Especie	Clave	Abundancia				GF	Subzonas			
		T	$\bar{X}$	SD	%		J	C	M	G
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	Ssubc	151,177	3,599	6,100	27.88	O				
<i>Centropages furcatus</i>	Cfur	82,975	1,976	3,058	15.3	C				
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	Smuc	37,059	882	819	6.83	O				
<i>Oithona setigera</i>	Oset	29,266	697	888	5.4	C				
<i>Acrocalanus gibber</i>	Agib	26,398	629	1284	4.87	H				
<i>Canthocalanus pauper</i>	Cpau	23,191	552	928	4.28	C				
<i>Oncaea venusta</i>	Oven	22,385	533	939	4.13	C				
<i>Clausocalanus jobei</i>	Cjob	20,523	489	1069	3.78	H				
<i>Subeucalanus subtenuis</i>	Ssubt	19,389	462	1078	3.58	O				
<i>Temora discaudata</i>	Tdis	18,967	452	618	3.5	O				
<i>Eucheta</i> sp.	Euc	13,751	327	500	2.54	C				
Calanoida	Cal	9,838	234	617	1.81					
<i>Pleuromamma gracilis</i>	Pgra	9,793	233	440	1.81	O				
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	Pabd	7,048	168	394	1.3	O				
<i>Corycaeus speciosus</i>	Cspe	6,367	152	209	1.17	C				
<i>Eucheta indica</i>	Eind	4,259	101	166	<1	C				
<i>Scolecithrix danae</i>	Sdan	3,953	94	106	<1	O				
<i>Subeucalanus</i> sp.	Sub	3,387	81	318	<1	O				
<i>Pleuromamma</i> sp.	Ple	3,347	80	360	<1	O				
<i>Eucheta longicornis</i>	Elon	3,328	79	149	<1	C				
<i>Corycaeus</i> sp.	Cor	2,998	71	286	<1	C				
<i>Cosmocalanus darwinii</i>	Cdar	2,977	71	193	<1	H				
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	Ccra	2,916	69	139	<1	C				
<i>Corycaeus catus</i>	Cocat	2,702	64	150	<1	C				
<i>Copilia mirabilis</i>	Cmir	2,608	62	110	<1	C				
<i>Euchaeta marina</i>	Emar	2,188	52	101	<1	C				
<i>Oithona</i> sp.	Oit	2,002	48	157	<1	C				
<i>Labidocera</i> sp.	Lab	1,980	47	98	<1	C				
<i>Aetideus bradyi</i>	Abra	1,818	43	121	<1	O				
<i>Oncaea</i> sp.	Onc	1,641	39	117	<1	C				
<i>Undinula vulgaris</i>	Uvul	1,527	36	65	<1	H				
<i>Oithona tenuis</i>	Oten	1,263	30	117	<1	C				
<i>Acartia clausi</i>	Acla	1,256	30	194	<1	H				
<i>Candacia catula</i>	Cncat	1,135	27	57	<1	C				
<i>Sapphirina scarlata</i>	Ssca	1,124	27	48	<1	P				

Calanidae	CAL	1,111	26	81	<1		
<i>Sapphirina metalina</i>	Smet	960	23	48	<1	P	
<i>Copilia quadrata</i>	Cqua	788	19	38	<1	C	
<i>Scolecitrichopsis ctenopus</i>	Scte	757	18	41	<1	O	
<i>Rhincalanus nasutus</i>	Rnas	705	17	68	<1	O	
<i>Oithona plumifera</i>	Oplu	701	17	81	<1	C	
<i>Paracalanus parvus</i>	Ppar	668	16	43	<1	H	
<i>Nannocalanus minor</i>	Nmin	661	16	43	<1	H	
<i>Eucheta media</i>	Emed	644	15	66	<1	C	
<i>Sapphirina opalina</i>	Sopa	446	11	31	<1	P	
<i>Scolecithrix</i> sp.	Sco	397	9	44	<1	O	
<i>Pontellina plumata</i>	Pplu	385	9	20	<1	C	
<i>Canthocalanus</i> sp.	Can	329	8	32	<1	C	
Pontellidae	PON	319	8	33	<1		
<i>Nannocalanus</i> spp.	Nan.	313	7	48	<1	H	
<i>Subeucalanus crassus</i>	Scra	311	7	38	<1	O	
<i>Sapphirina</i> sp.	Sap	279	7	20	<1	P	
<i>Candacia</i> sp.	Can	200	5	21	<1	C	
<i>Calocalanus pavo</i>	Cpav	189	5	14	<1	H	
<i>Sapphirina angusta</i>	Sang	180	4	28	<1	P	
<i>Gaetanus robustos</i>	Grob	137	3	12	<1	O	
<i>Saphirella tropica</i>	Stro	125	3	16	<1	P	
<i>Sapphirina darwini</i>	Sdar	120	3	19	<1	P	
<i>Euchirella rostrata</i>	Eros	94	2	8	<1	H	
<i>Euchirella</i> sp.	Euc	92	2	11	<1	H	
<i>Copilia</i> sp.	Cop	89	2	12	<1	C	
<i>Candacia truncata</i>	Ctru	86	2	10	<1	C	
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	Snig	70	2	11	<1	P	
<i>Gaetanus</i> sp.	Gae	68	2	12	<1	O	
<i>Clytemnestra scutellata</i>	Csco	64	2	10	<1	P	
<i>Pseudodiaptomus wrighti</i>	Pwri	60	1	9	<1	O	
<i>Microsetella rosea</i>	Mros	55	1	6	<1	P	
<i>Eucalanus californicus</i>	Ecal	54	1	8	<1	H	
<i>Sapphirina gemma</i>	Sgem	51	1	7	<1	P	
<i>Euchirella amoena</i>	Eamo	42	1	6	<1	H	
<i>Gaetanus brevispinus</i>	Gbre	34	1	5	<1	O	
<i>Scolecithrix bradyi</i>	Sbra	34	1	5	<1	O	
<i>Pachos punctatum</i>	Ppun	20		3	<1	C	
<i>Centropages elongatus</i>	Celo	9		1	<1	O	
<i>Sapphirina intestinata</i>	Sint	4		1	<1	P	
<i>Sapphirina stellata</i>	Sste	4		1	<1	P	
<i>Candacia simplex</i>	Csim	3			<1	C	