



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

---

Programa de Estudios de Posgrado

VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL Y PREFERENCIAS  
AMBIENTALES DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE  
ZOOPLANCTON EN LA PAZ, B.C.S. DURANTE UN PERIODO  
ANUAL.

**T E S I S**

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Biología Marina )

P r e s e n t a

**Yutzil Lora Cabrera**

La Paz, Baja California Sur, septiembre de 2021.

## ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 20:50 horas del día 30 del Mes de agosto del 2021, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

**"Variación espaciotemporal y preferencias ambientales de los principales grupos de zooplancton en La Paz, B. C. S. durante un periodo anual"**

Presentada por la alumna:

**Yutzil Lora Cabrera**

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **BIOLOGÍA MARINA**

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

### LA COMISIÓN REVISORA



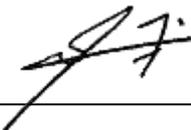
---

Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón  
Co-Director de Tesis



---

Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril  
Co-Directora de Tesis



---

Dra. María Verónica Morales Zárate  
Co-Tutora de Tesis



---

Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro,  
Directora de Estudios de Posgrado y  
Formación de Recursos Humanos.

La Paz, Baja California Sur, a 31 de agosto de 2021.

Los miembros del comité de tesis del (la) estudiante **YUTZIL LORA CABRERA** del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el Vo.Bo. dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio:  
**iThenticate**
- Filtros utilizados:  
**Citas, bibliografía**
- Porcentajes de similitud:  
**12%**



en La Paz, B.		Citas excluidas Bibliografía excluida	12% SIMILAR
<b>Resumen de Coincidencias</b>			
1	Internet 282 palabras Copiado el 17-Jul-2021 <a href="#">tesis.ipn.mx</a>		2%
2	Internet 163 palabras Copiado el 18-Jun-2015 <a href="#">www.repositoriodigital.ipn.mx</a>		1%
3	Internet 100 palabras Copiado el 04-Jun-2021 <a href="#">1library.co</a>		1%
4	Internet 98 palabras Copiado el 13-Ene-2019 <a href="#">cibnor.repositorioinstitucional.mx</a>		1%
5	Internet 87 palabras Copiado el 03-Oct-2020 <a href="#">docplayer.es</a>		1%
6	Internet 67 palabras Copiado el 27-Oct-2008 <a href="#">investigacion.izt.uam.mx</a>		<1%
7	Internet 63 palabras Copiado el 15-Abr-2021 <a href="#">repositoriodigital.ipn.mx</a>		<1%
8	Internet 58 palabras <a href="#">hdl.handle.net</a>		<1%

### Firmas del comité



**Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón**  
Co-Director de Tesis



**Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril**  
Co-Directora de Tesis



**Dra. María Verónica Morales Zárate**  
Co-Tutora de tesis

## **Conformación de Comités**

### **Comité Tutorial**

Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Co-Director de Tesis

Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Co-Directora de Tesis

Dra. María Verónica Morales Zárate  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Co-Tutora de Tesis

### **Comité Revisor de Tesis**

Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón  
Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril  
Dra. María Verónica Morales Zárate

### **Jurado del Examen**

Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón  
Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril  
Dra. María Verónica Morales Zárate

### **Suplente**

Dr. Víctor Manuel Muro Torres

## Resumen

En el medio marino, el plancton se divide en dos grandes grupos relacionados con dos niveles de la red trófica de gran importancia: 1) el fitoplancton, constituido principalmente por microalgas y considerado como la base de la red trófica de muchos ecosistemas acuáticos; 2) el zooplancton, constituido por una gran diversidad de especies consideradas como consumidores primarios. El zooplancton es un grupo de alta importancia dentro de la red trófica debido a que representa a los consumidores primarios y por lo tanto, cualquier cambio en su abundancia puede potencialmente causar un efecto en cascada sobre los demás niveles de la red trófica; por lo que los estudios sobre su abundancia se utilizan principalmente para estimar la disponibilidad de recursos en ciertas regiones marinas. Sin embargo, la mayoría de los estudios toman al zooplancton como un solo grupo y no se diferencia entre sus distintos componentes. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo es describir la variación espaciotemporal y las preferencias ambientales de los principales grupos de zooplancton en un cuerpo de agua costero (sur de la bahía de La Paz) durante un periodo anual. Para ello se analizaron mensualmente muestras de zooplancton y datos ambientales obtenidos a partir de imágenes satelitales tipo Landsat 8 en cinco zonas dentro de la bahía de La Paz durante el año 2017. Los principales grupos de zooplancton se definieron como los diez grupos con mayor abundancia total (ind/m<sup>3</sup>) durante el periodo de estudio: copépodos, cladóceros, gasterópodos, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas, urocordados, bivalvos y larvas de pez. La abundancia total estuvo dominada por crustáceos (copépodos y cladóceros). Los copépodos, cladóceros y urocordados fueron los grupos con mayor abundancia en otoño e invierno. Los huevos de pez, gasterópodos, quetognatos y larvas de pez fueron los más abundantes durante la primavera y el verano. El grupo más abundante (copépodos) muestra una dominancia en la parte norte del área de estudio durante los meses de invierno y primavera, mientras que en el verano y otoño dominan la parte sur del área de estudio. Al analizar la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM), el pH, la concentración de oxígeno disuelto (OD), la concentración de clorofila a (Chl-a) y la salinidad, se observaron patrones más marcados entre la TSM, el pH y la Chl-a y la abundancia de algunos grupos de zooplancton. La salinidad y OD no mostraron relación clara con la abundancia. Estos resultados describen una primera aproximación de la composición del zooplancton en la bahía de La Paz, de manera temporal y a lo largo de la zona costera, desde la ensenada hasta Playa Balandra.

**Palabras clave:** zooplancton, variación espaciotemporal, variables ambientales, Landsat 8

**ORCID:** 0000-0002-3353-1452

**Vo. Bo.**




---

**Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón**  
Co-Director de Tesis




---

**Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril**  
Co-Directora de Tesis

## Summary

In the marine environment, plankton is divided into two prominent groups representative of two trophic levels of great importance: 1) phytoplankton, consisting mainly of microalgae and considered the base of the food web of many aquatic ecosystems; 2) zooplankton, made up of a great variety of species considered primary consumers. Zooplankton is considered an essential group within the food web as it represents the primary consumers and thus, any change in their abundance can potentially cause a cascading effect over other trophic levels; As such, studies about its abundance are mainly directed at estimating resources availability in certain marine regions. However, most studies focus on zooplankton as a single group and differences between its components are not analyzed. Therefore, the main objective of this work is to describe the spatiotemporal variation and environmental preferences of the main zooplankton groups in a coastal body of water (south of La Paz Bay) during an annual period. Zooplankton samples collected in the field and environmental data obtained from Landsat 8 were analyzed monthly in five different areas within La Paz Bay during 2017. The main zooplankton groups were defined as the ten groups with the highest total abundance (ind/m<sup>3</sup>) during the study period: copepods, cladocerans, gastropods, chaetognaths, fish eggs, malacostracans, crustaceans larvae (stage zoea), tunicates, bivalves and fish larvae. The total abundance was dominated by crustaceans (copepods and cladocerans). The copepods, cladocerans and tunicates were the groups of highest abundance in autumn and winter. Fish eggs, gastropods, chaetognaths and fish larvae were the most abundant during spring and summer. The most abundant group (copepods) shows a dominant presence in the northern part of the study area during the winter and spring months, while in summer and autumn this dominance changes to the southern part of the study area. While analyzing the variability in sea surface temperature (SST), pH, dissolved oxygen (DO) concentration, chlorophyll a concentration (Chl-a) and salinity, patterns were more easily observed between SST, pH and Chl-a and the abundance of some of the main groups of zooplankton. Salinity and DO did not show an apparent effect over abundance. The results in this study describe a first approximation of the zooplankton composition in La Paz Bay, seasonally and spatially along the coastal zone, from the Ensenada to Balandra beach.

**Keywords:** zooplankton, spatiotemporal variation, environmental variables, Landsat 8

**ORCID:** 0000-0002-3353-1452



---

**Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón**  
Co-Director de Tesis

**Vo. Bo.**



---

**Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril**  
Co-Directora de Tesis

## Dedicatoria

A mi father, siempre te llevo conmigo.

A mi mother, porque no hay nadie como tú, Doña.

A mis hermanos, siempre seremos los tres.

Al mar, has sido la mejor decisión de mi vida.

## Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por permitirme realizar mis estudios de maestría y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de manutención No. 717591 otorgada.

A todo el departamento de Posgrado, en especial a la Dra. Gracia A. Gómez Anduro, la Lic. Leticia González Rubio Rivera, Tania Verónica Núñez Valdez y la Lic. Osvelia Ibarra Morales por toda la comprensión y el apoyo que me brindaron y que me permitió terminar mis estudios después de tiempos difíciles.

Al Dr. Eduardo Francisco Balart Páez y Noemí Bocanegra Castillo responsables del Laboratorio de Recursos Nectónicos y Ecología de Arrecifes, CIBNOR y los proyectos CONACyT-CB-257524 “Paisaje Genómico en el Medio Marino: Patrones de Diversidad Adaptativa”; CONACyT-PNDPCN-2015-1-1743 “Un Nuevo Enfoque para la Recuperación, Inspección y Vigilancia de Recursos Sobreexplotados de Alto Valor Comercial, Caso de Estudio: La Pesquería de Abulón”; y Medusozoa México (<https://medusozoamexico.com.mx/>) por el apoyo económico para desarrollar este estudio. De igual manera, al Dr. Fausto Valenzuela Quiñonez por el acceso al Laboratorio donde realicé mi trabajo.

A todas las personas de la maestría con quienes formé recuerdos que me durarán la vida.

A mi Tía Cony y mi primo Elti, gracias por brindarme un segundo hogar y siempre estar tan al pendiente de mí.

A mi Madre por ser mi mejor ejemplo de cómo salir adelante y a mi casi-gemela por nunca dudar de mí y siempre apoyarme en todo lo que necesito.

Finalmente, a mi Comité Tutorial, Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón, Dra. María de los Angeles Mendoza Becerril y Dra. María Verónica Morales Zárate, por todo su tiempo, conocimiento, apoyo, comprensión y sobre todo, paciencia. Gracias por ayudarme a cumplir con esta meta, sin duda no hubiera podido hacerlo sin ustedes.

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	i
<b>Summary</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimientos</b> .....	iii
<b>Contenido</b> .....	iv
<b>Lista de figuras</b> .....	v
<b>Lista de tablas</b> .....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	8
3.1 Pregunta científica .....	8
<b>4. HIPOTESIS</b> .....	9
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	10
5.1 Objetivo general .....	10
5.2 Objetivos particulares .....	10
<b>6. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	11
6.1. Área de estudio .....	11
6.2 Datos de zooplancton .....	12
6.3. Datos ambientales .....	14
6.4. Análisis de datos .....	14
<b>7. RESULTADOS</b> .....	16
7.1. Diversidad y abundancia del zooplancton .....	16
7.2. Variación espaciotemporal de la abundancia del zooplancton .....	19
7.3. Efecto de la variabilidad ambiental en la abundancia del zooplancton .....	35
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	41
<b>10. LITERATURA CITADA</b> .....	47
<b>11. ANEXOS</b> .....	52
Tabla A1. Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Ensenada / CIBNOR durante el año 2017. P = presencia. ....	52
Tabla A2. Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Boca / Kiosco durante el año 2017. P = presencia.....	53
Tabla A3. Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Costa / Punta Prieta durante el año 2017. P = presencia. ....	54
Tabla A4. Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Arrecife / Gaviota durante el año 2017. P = presencia.....	55
Tabla A5. Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Manglar / Balandra durante el año 2017. P = presencia.....	56

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio con zonas de muestreo al sur de la bahía de La Paz, Baja California Sur, enero a diciembre del año 2017. ....	12
<b>Figura 2.</b> Diagramas de caja y bigotes de la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) mensual de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Los colores representan las estaciones del año: rosa = invierno, azul = primavera, morado = verano, verde = otoño. ....	23
<b>Figura 3.</b> Variación estacional de la abundancia mensual ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Barras y puntos = promedios, líneas verticales = error estándar.....	25
<b>Figura 4.</b> Variación espacial de la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Barras y puntos = promedios, líneas verticales = error estándar.....	27
<b>Figura 5.</b> Abundancia promedio relativa (%) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo y estaciones del año. ....	34
<b>Figura 6.</b> Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar. ....	36
<b>Figura 7.</b> Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y el pH calculado a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar. ....	37
<b>Figura 8.</b> Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la concentración de clorofila a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar. ....	38
<b>Figura 9.</b> Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y salinidad calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar. ....	39
<b>Figura 10.</b> Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la concentración oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{L}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar. ....	40

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Modelos definidos por Aviña-Hernández (2018) para calcular las variables ambientales de interés. Los parámetros B* representan las bandas del sensor TIRS que se deben utilizar en cada modelo. Al final de cada renglón se indica el número de referencia de cada ecuación.....	14
<b>Tabla 2.</b> Principales grupos de zooplancton registrados en la bahía de La Paz. Los nombres en negrita representan el grupo utilizado en los análisis posteriores. ....	17
<b>Tabla 2 (cont.).</b> Principales grupos de zooplancton registrados en la bahía de La Paz. Los nombres en negrita representan el grupo utilizado en los análisis posteriores. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Resumen estadístico de la abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) de los principales grupos de zooplancton. $\bar{x}$ = media, DE = desviación estándar, Q1 = primer cuartil, Q3 = tercer cuartil. ....	19
<b>Tabla 4.</b> Resumen estadístico de la abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) de los principales grupos de zooplancton por temporadas. $\bar{X}$ = media, DE = desviación estándar. Los valores de los grupos más abundantes en cada temporada se muestran en negritas.....	21
<b>Tabla 5.</b> Resumen estadístico de la abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo. $\bar{X}$ = media, DE = desviación estándar. Los valores de los grupos más abundantes en cada zona se muestran en negritas. ....	21
<b>Tabla 6.</b> Abundancia (ind/m <sup>3</sup> ) promedio de los principales grupos de zooplancton zonas de muestreo y estaciones del año. Nombres de las estaciones del año aparecen abreviadas. Los valores de mayor abundancia promedio por temporada se muestran en negritas.....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

En la tierra y en el mar, las cadenas alimenticias son definidas como las interacciones tróficas de los diferentes organismos que la componen. Cada eslabón de una cadena alimenticia representa un nivel trófico y al ser una cadena, cualquier cambio en un nivel trófico afecta de manera directa o indirecta al resto de los niveles (Miller y Wheeler, 2012). Cuando la complejidad de las cadenas es muy alta, estos sistemas reciben el nombre de redes tróficas. En el medio marino, el plancton comprende a dos niveles de gran importancia para el balance de los ecosistemas: el fito- y el zooplancton. El fitoplancton representa la base de la cadena trófica: la producción primaria; mientras que el zooplancton representa el siguiente nivel trófico: los consumidores primarios. Al ser niveles base y consecutivos de la red trófica, su relación es de suma importancia para cuestiones ecológicas y económicas (Miller y Wheeler, 2012; Svedrup *et al.*, 1942).

La importancia de la relación entre el fitoplancton y el zooplancton es bien sabida desde los inicios del estudio de los océanos (Svedrup *et al.*, 1942). El fitoplancton, como base de la red trófica marina, contribuye a aproximadamente la mitad de la producción primaria global y el zooplancton, como consumidores primarios, transfiere esa energía a niveles tróficos más altos (Richardson y Schoeman, 2004).

Tradicionalmente, el estudio *in situ* del plancton se ha llevado a cabo utilizando el método de colecta de datos *in situ* que se realiza mediante arrastres superficiales o subsuperficiales y verticales u horizontales de redes de plancton con embarcaciones de diversos tamaños. La luz de malla de la red dependerá tamaño de los organismos que se pretenda recolectar y la embarcación del tamaño del área de estudio (Goswami, 2004; Miller y Wheeler, 2012; Varghese *et al.*, 2015). Al mismo tiempo se suelen coleccionar datos ambientales utilizando diversos instrumentos oceanográficos que dependerán de las variables que se pretendan medir (Ocampo-Torres y Cadena-Ramírez, 2021).

Históricamente, la mayoría de los estudios del plancton y su relación con variables ambientales se han enfocado en el fitoplancton. Esto debido principalmente a su importancia de ser la base de la red trófica marina, pero además por ser relativamente fácil de medir a través de la concentración de clorofila (Chl-a) (Brando *et al.*, 2006; Miller y Wheeler, 2012). Sin embargo,

aunque en comparación hay menor cantidad de estudios del zooplancton, se ha hecho un esfuerzo por comprender cómo su distribución y abundancia también es afectada por diversos factores ambientales. Hoy se sabe que el fitoplancton es altamente sensible a los cambios fisicoquímicos de su ambiente. Se ha demostrado que se pueden utilizar variables como la temperatura superficial del mar (TSM), pH, salinidad, oxígeno disuelto, amoníaco, y nitratos para entender como estos afectan cambios en la abundancia o distribución del fitoplancton (Thangaradjou *et al.*, 2012; Miller y Wheeler, 2012). Lo mismo se ha encontrado para el zooplancton y en su caso se incluye a la Chl-a como parámetro ambiental para explicar cambios en su distribución y abundancia (Murti-Pratiwi *et al.*, 2016; Ziadi *et al.*, 2015), ya que este está fuertemente relacionado con la abundancia del fitoplancton.

Por consiguiente, el plancton es considerado como un buen indicador del ambiente. En particular, el zooplancton tiene un alto potencial como bioindicador, principalmente por su ciclo de vida generalmente corto, pero también debido a su baja explotación que permite que los cambios en su abundancia reflejen cambios en el ambiente (Lavaniegos, 2014). Esto tiene importancia tanto ecológica, en especial al estudiar los efectos del cambio climático, como económica al ser la fuente de alimento de peces de importancia pesquera (e.g. sardina, anchoveta, arenque) (Dam y Baumann, 2017).

Un factor importante en el estudio del zooplancton como bioindicador es la escala espacial. La mayoría de la investigación a nivel mundial sobre la variación espaciotemporal del zooplancton se ha hecho a meso (kilómetros) y macroescala (centenas de kilómetros), lo que implica que este tipo de investigación se ha realizado principalmente en grandes cuerpos de agua como golfos, cuencas y océanos, lo que implica que este tipo de información es muy escasa para pequeños cuerpos de agua costeros (Hirche, 1987; Speirs *et al.*, 2006). Si bien la descripción de la diversidad del zooplancton en áreas grandes puede llegar a ser difícil debido al alto costo y dificultad para muestrear con alta resolución espacial, la ventaja es que se puede utilizar la percepción remota para lograr una interpolación de datos entre los puntos de muestreo.

Para describir la variación espaciotemporal del plancton a escala sinóptica, se han utilizado las imágenes satelitales como una herramienta, tanto para el fitoplancton como para el zooplancton (Martínez *et al.*, 2009; Pérez-Lezama, 2005; Speirs *et al.*, 2006). Algunos de los

satélites más comunes empleados para este fin son el SeaWiFS, MODIS-Aqua, MODIS-Terra, CZCS, entre otros (NASA Goddard Space Flight Center, s.f.; Miller y Wheeler, 2012; Aviña-Hernández, 2018). En un principio estas imágenes de satélite fueron utilizadas para identificar y cuantificar zonas de alta productividad en ambientes marinos (O'Reilly *et al.*, 1998; Joint y Groom, 2000); sin embargo, también fueron utilizadas para describir la productividad primaria en cuerpos de agua dulce (Bergamino *et al.*, 2010). Sin embargo, debido a la resolución espacial de la mayoría de las imágenes satelitales (1 a 9 km; NASA Goddard Space Flight Center, s.f.) y a que en los ambientes marinos y costeros existe una alta heterogeneidad ambiental y una alta contaminación radiométrica, estos métodos usualmente son imprecisos cuando se utilizan en zonas muy costeras. Como alternativa se han utilizado en las últimas décadas imágenes de los satélites Landsat, satélites creados con el propósito de medir la reflectancia de la parte visible de la luz y en el infrarrojo. Sin embargo, para hacer uso de estas imágenes es necesario aplicar modelos físicos o matemáticos para convertir los valores de reflectancia a parámetros que describen parte de los componentes bióticos y abióticos de los cuerpos de agua (Bonansea *et al.*, 2015; Guo *et al.*, 2016).

## 2. ANTECEDENTES

La caracterización del zooplancton con relación a factores ambientales en pequeños cuerpos de agua costeros son relativamente pocos, en comparación con los estudios de mayor escala espacial. Sin embargo, en estudios de escala mayor (Albaina e Irigoien, 2007; Speirs *et al.*, 2006) se han logrado definir preferencias ambientales para diversos grupos de zooplancton dentro de diferentes cuerpos de agua (Ezz *et al.*, 2014; Murti-Pratiwi *et al.*, 2016; Pantaleón-López *et al.*, 2005). Las variables ambientales más comúnmente estudiadas para explicar la variabilidad del zooplancton son la TSM, Chl-a, salinidad y nutrientes (Albaina e Irigoien, 2007; Ezz *et al.*, 2014; Hernández-Trujillo *et al.*, 2010; Jiménez-Pérez, 1989).

En Bahía Magdalena, Baja California Sur, Hernández-Trujillo *et al.* (2010) encontraron que los grupos de zooplancton más frecuentes y abundantes son los copépodos, decápodos y quetognatos, con una mayor abundancia relativa de copépodos. Además, sugieren una relación positiva entre la TSM y los copépodos y decápodos; y una posible relación negativa con los quetognatos. La Chl-a no mostró tener influencia sobre la variabilidad del zooplancton. Cabe mencionar que en el periodo de estudio también se observaron eventos El Niño y La Niña.

En el Pacífico Tropical mexicano, el complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca fue estudiado por Pantaleón-López *et al.* (2005), donde lograron identificar 26 grupos de zooplancton. La mayor abundancia perteneció a larvas de un grupo de crustáceos, larvas de pez, huevos de pez y medusas y en general se encontró mayor abundancia de zooplancton en el periodo de sequía. Al analizar la TSM y salinidad se determinó que la comunidad zooplanctónica está principalmente influenciada por la salinidad, así como la época estacional.

Relaciones similares se ha observado en aguas más lejanas, como el mar Mediterráneo. En playas al sureste de esta región, Ezz *et al.* (2014) describen una comunidad de zooplancton con alta variabilidad estacional. De 49 especies zooplanctónicas identificadas, la mayor abundancia correspondió a copépodos y la variabilidad del zooplancton se encontró principalmente afectada por cambios estacionales de salinidad y TSM. La salinidad afectó particularmente a los crustáceos y la TSM a la presencia de sus larvas. A nivel de grupo, los copépodos mostraron una relación positiva con dichas ambientales. En una laguna costera también del Mediterráneo, Ziadi *et al.* (2015) observaron diferencias marcadas en la abundancia del zooplancton debido a

cambios ambientales y estacionales. Describen incrementos en la abundancia del zooplancton de invierno a otoño, con valores mínimos en enero y máximos en septiembre, así como una dominancia de copépodos. Al analizar diversas variables ambientales, encontraron una correlación entre la abundancia del zooplancton y el nitrógeno total, la TSM, nitratos, pH y amonio.

En una pequeña bahía al sur de China, Wang *et al.* (2014) describen una comunidad de zooplancton conformada principalmente por copépodos, medusas y diversas larvas pelágicas y una variación estacional definida en cuanto a la diversidad y abundancia. La mayor diversidad se presentó durante otoño, seguido de primavera, invierno y verano, con una presencia constante en cada temporada de una especie de cladóceros. Para la abundancia, durante el verano se observaron los valores más altos, seguido de invierno, y durante el otoño y primavera los valores más bajos. Los copépodos, larvas planctónicas, quetognatos y cladóceros presentaron variabilidad estacional. Los autores concluyen que tanto la biomasa como la abundancia mostraron una correlación positiva con la TSM y concentración de nutrientes y una correlación negativa con la salinidad.

Por otro lado, al estudiar la variabilidad espacial del zooplancton, se ha encontrado que la calidad del agua puede llegar a ser un factor importante. En las costas de Tangerang, Indonesia, Murti-Pratiwi *et al.* (2016) buscaron explicar la distribución horizontal del zooplancton. Identificaron 12 grupos de zooplancton, entre ellos crustáceos, quetognatos, urocordados, gasterópodos y larvas de equinodermos, tomaron además medidas *in situ* de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y se midieron los niveles de amoníaco a partir de muestras de agua. La diversidad y abundancia estuvo dominada por crustáceos y los autores sugieren que la distribución horizontal del zooplancton se encontraba influenciada por el pH y el amoníaco.

Algunos análisis específicos a la bahía de La Paz se han centrado en ciertos grupos o especies del zooplancton. Por ejemplo, al estudiar el hábitat de desove de peces de la familia Clupeidae, Hinojosa-Medina (2004) describe una relación estrecha entre la temperatura y la abundancia de las larvas de cada una de las especies analizadas. En cuanto a la distribución, menciona una mayor abundancia en la región sur de la Bahía, adyacente al canal de San Lorenzo. Por su parte, Pérez-Lezama (2005) tomó en cuenta más variables ambientales, como Chl-a, densidad,

salinidad, TSM y oxígeno disuelto, para analizar el ictioplancton de la bahía durante las temporadas extremas del año (verano/invierno). De aquí describe preferencias estacionales entre la abundancia y algunas de las variables abióticas: durante la temporada cálida sugiere una relación significativa entre la abundancia de algunas especies y la concentración de oxígeno, mientras que para la temporada fría, la TSM y la densidad tuvieron mayor relación con otras especies.

En cuanto a los eufáusidos dentro de la bahía, de Silva-Dávila (1997) describe una mayor abundancia de especies de afinidad transicional durante febrero (invierno) cuando el agua es más fría y en agosto cuando la distribución y abundancia de especies ecuatoriales disminuye a la vez que disminuye la intensidad del flujo de agua superficial en la bahía. En cambio, a partir de marzo, cuando la bahía recibe agua más cálida del Golfo de California, menciona una mayor diversidad de especies de afinidad tropical.

Análisis específicos de la composición del zooplancton en la bahía de La Paz, particularmente en la barra arenosa conocida como El Mogote, sugieren que la abundancia total de zooplancton presenta una variabilidad estacional marcada, observándose una disminución de la abundancia en primavera y valores máximos en invierno. De acuerdo con Whitehead *et al.* (2020), los dos principales grupos de zooplancton presentes en esta zona son los copépodos y los quetognatos. Por su parte, Coria-Monter *et al.* (2020) al analizar la abundancia de zooplancton en Bahía La Paz durante el verano sugieren que los copépodos, pterópodos y cnidarios, son los grupos más abundantes en esta región. Estos autores sugieren también una variación espacial en los grupos presentes en la zona. Para el caso de los copépodos observaron que la mayor abundancia se presenta en el sur y centro de Bahía de La Paz, mientras que para los cnidarios observaron una mayor abundancia en la parte norte.

Es de hacerse notar que en la mayoría de la bibliografía donde se ha estudiado la variabilidad del zooplancton, la abundancia suele estar dominada por diversos grupos de crustáceos como cladóceros y decápodos, pero principalmente por copépodos (Gasca y Castellanos, 1993; Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1990; López-Cortés *et al.*, 1999; Pantaleón-López *et al.*, 2005)

Aunque la mayoría de los estudios a pequeña escala analizan únicamente datos *in situ*, también es posible utilizar datos obtenidos de imágenes satelitales, si el tamaño del área de estudio es

suficientemente grande para la resolución espacial de los datos (Coria-Monter *et al.*, 2020). Recientemente, diversos estudios han utilizado imágenes de Landsat 8 para el monitoreo de fitoplancton, ya sean cálculos, estimaciones o predicciones (Ho *et al.*, 2017; Yoshino-Watanabe *et al.*, 2015; Bresciani *et al.*, 2018). Sin embargo, se hace énfasis en que son estudios muy recientes y únicamente para producción primaria. Aunque existen estudios recientes para el zooplancton, estos son relativamente pocos (De los Rios-Escalante *et al.*, 2020; Zakaria *et al.*, 2019). No obstante, de acuerdo con Aviña-Hernández (2018), es posible estimar parámetros ambientales utilizando imágenes Landsat 8, con una resolución espacial de 30 m, y mediciones *in situ*. Para esto se utilizaron modelos de regresión múltiple con los cuales fue posible estimar algunos parámetros ambientales con altos valores de correlación (valores de  $r$  entre 0.54 y 0.95). Esto se llevó con datos de un año entre agosto 2016 y junio 2017 con el objetivo de después hacer predicciones espaciales de estos parámetros para el periodo de 2013 a 2017.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El monitoreo de cualquier nivel trófico permite modelar y simular o pronosticar cambios en los niveles tróficos consecutivos ya sea inferiores o superiores. Así, cambios en la producción primaria se observarán inmediatamente en el primer nivel de la producción secundaria y así consecutivamente. El zooplancton en particular se considera que tiene un alto potencial como bioindicador debido a su ciclo de vida generalmente corto y su baja explotación, lo que permite que cambios en su abundancia reflejen cambios en el ambiente de importancia ecológica y económica. En la zona costera, dichos cambios en el ambiente podrían ser más significantes debido a la interacción de forzamientos terrestres y marinos. Por lo tanto, el monitoreo del zooplancton podría brindar información de suma importancia para conocer el estado de ecosistemas costeros, como la bahía de La Paz, y predecir posibles cambios en los siguientes niveles tróficos, particularmente en los intermedios, dentro de los cuales se concentra la mayor biomasa de las especies de interés comercial y ecológico.

Los métodos tradicionales para el monitoreo de plancton son costosos ya que involucran arrastres superficiales de redes, los cuales se deben llevar a cabo embarcaciones de diversos tipos. Si bien, la resolución espacial puede llegar a ser muy alta el alcance para la interpolación es limitado a las capacidades de muestreo. Es por esto que la percepción remota ha cobrado gran importancia en este tipo de estudios. Las imágenes satelitales proporcionan información instantánea, con una resolución espacial relativamente alta para grandes áreas de estudio y una resolución temporal fija. Sin embargo, debido a la alta heterogeneidad ambiental presente en un espacio dado, estos métodos generan incertidumbre cuando se aplican en cuerpos de agua pequeños, por lo que las imágenes Landsat 8 ofrecen una ventaja sobre las imágenes satelitales promedio, la resolución espacial de éstos por lo general es de 1-9 km, mientras que Landsat 8 cuenta con una resolución espacial de 30 m.

#### **3.1 Pregunta científica**

¿Existe una correspondencia espaciotemporal entre la abundancia de los principales grupos de zooplancton y las variaciones ambientales dentro de la bahía de La Paz que permitan definir ventanas de preferencia ambiental diferenciadas?

#### **4. HIPOTESIS**

Dado que existen antecedentes de preferencias ambientales bien definidas para diferentes grupos del zooplancton, se espera que en la bahía de La Paz la abundancia zooplanctónica de algunos grupos tenga un componente estacional muy marcado; y dado que la bibliografía demuestra que en diversos cuerpos de agua los grupos de zooplancton más abundantes tienden a ser los crustáceos, se espera que sea este grupo el que corresponda con la mayor abundancia. No obstante, en zonas someras con alta temperatura se espera una mayor abundancia de especies adaptadas a estas condiciones, como copépodos y quetognatos, mientras que en zonas de transición la abundancia de los principales grupos de zooplancton sea más equilibrada.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Describir la variación espaciotemporal y las preferencias ambientales de los principales grupos de zooplancton en el sur de la bahía de La Paz durante el 2017.

### **5.2 Objetivos particulares**

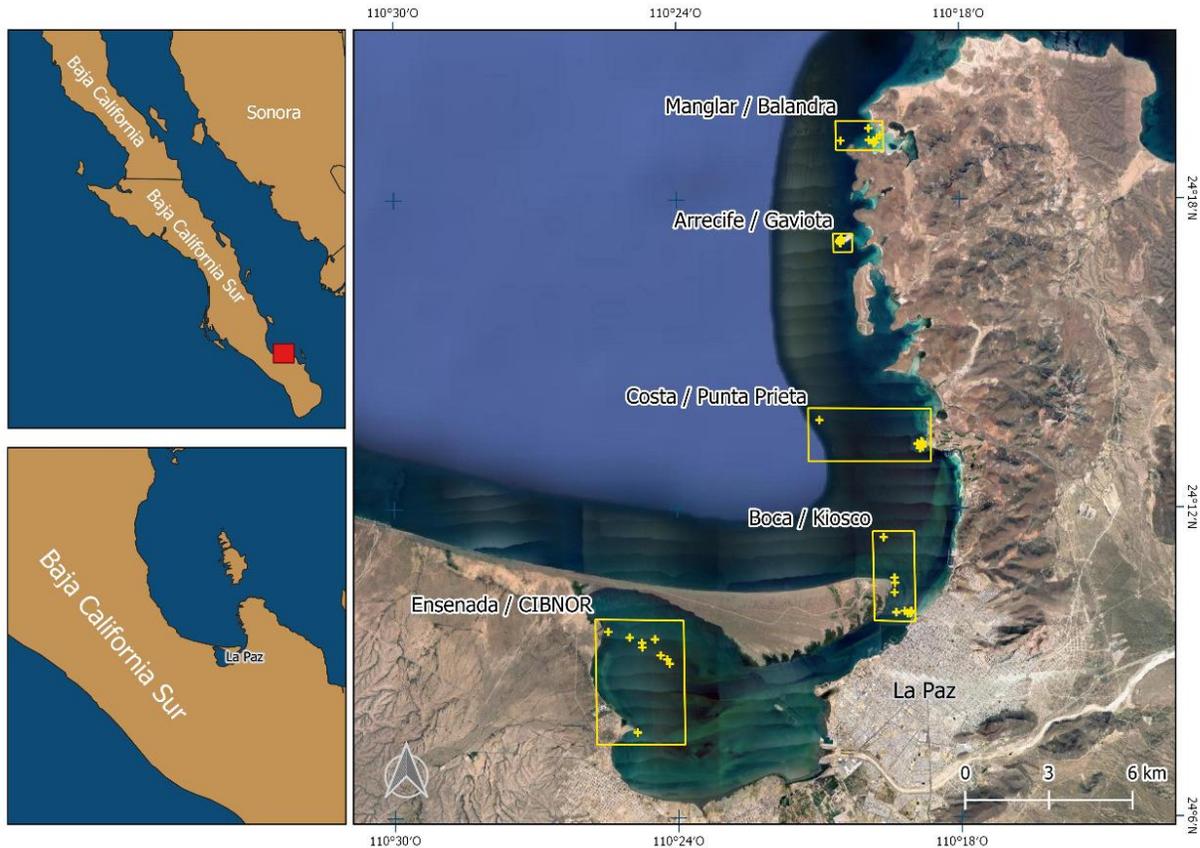
- Analizar y describir la variabilidad espaciotemporal de los principales grupos de zooplancton a partir de muestras tomadas *in situ*.
- Analizar y describir la relación entre los principales grupos de zooplancton y variables ambientales estimadas a partir de imágenes Landsat 8.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra al sur de la bahía de La Paz, Baja California Sur, entre los 24°7' y 24°20' N y 110°18' y 110°25' O (Figura 1). Esta zona abarca desde la ensenada de La Paz hacia el noreste, a lo largo de la zona costera, hasta Playa Balandra. La ensenada de La Paz es una laguna costera de aproximadamente 45 km<sup>2</sup>. Hacia el norte, la ensenada se encuentra separada de la bahía de La Paz por una barrera arenosa de origen marino llamada "El Mogote", mientras que hacia el noreste se encuentra la boca de la laguna formada por un par de canales paralelos que hacen conexión con la bahía de La Paz. Esta región de canales cuenta con una profundidad máxima de 10 m, la cual disminuye hasta 4 m al centro de la ensenada, una anchura de 0.6 a 1 km y una longitud de 4 km (Granados-Guzmán y Álvarez-Borrego, 1983; Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989; González-Acosta, 1998).

La bahía de La Paz es el cuerpo de agua costero más grande y más profundo del Golfo de California (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008). La bahía es altamente influenciada por el sur del Golfo de California ya que se encuentra conectada a este por dos bocas: la principal al noreste de la bahía y la segunda a través del canal San Lorenzo al sureste de la bahía (Obeso-Nieblas 2003; Reyes-Salinas *et al.*, 2003; Obeso-Nieblas *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Área de estudio con zonas de muestreo al sur de la bahía de La Paz, Baja California Sur, enero a diciembre del año 2017.

## 6.2 Datos de zooplancton

Las recolectas de zooplancton se llevaron a cabo mensualmente de enero a diciembre de 2017. Se realizaron arrastres horizontales superficiales (0-1 m de profundidad) durante tres a siete minutos, con una velocidad de dos nudos y en cinco zonas de muestreo. Fue utilizada una red de zooplancton de 300  $\mu\text{m}$  de luz de malla, 50 cm de diámetro y 1 m de largo. Los muestreos fueron realizados sincrónicamente con el paso del satélite Landsat 8. El número de zonas de muestreo se definió tomando en cuenta que el tiempo de recolecta no fuera antes o después de una hora del paso del satélite Landsat 8. Se definieron zonas de muestreo en diferentes ambientes de la bahía desde dentro de la ensenada hasta Playa Balandra. Las cinco zonas representan la ensenada, la boca del canal, la costa de la bahía, el arrecife rocoso en Isla Gaviota y el manglar en Playa Balandra (Figura 1). Cabe mencionar que debido a condiciones

ambientales desfavorables, en ocasiones no fue posible realizar todos los muestreos en las zonas definidas en la bahía.

Las muestras de zooplancton fueron fijadas en formol al 4% diluido con agua de mar y posteriormente fraccionadas (1/2 a 1/32) para analizar su composición. Las fracciones fueron definidas según el tamaño y la cantidad de organismos en cada muestra, así como el tiempo disponible para la cuantificación de dichos organismos (i.e. muestras abundantes tuvieron que ser fraccionadas una mayor cantidad de veces).

Cada fracción se analizó bajo microscopio estereoscópico para identificar y cuantificar los principales grupos de zooplancton (nombres en negrita en la Tabla 2). Fueron separados los principales grupos zooplanctónicos (mesoplancton) de acuerdo con su morfología.

Las muestras fueron revisadas en agua dulce, tomando alícuotas de la muestra con una pipeta para colocarla en una caja de Petri y analizarla bajo un estereoscopio. Fueron utilizadas pinzas de punta fina y un contador de laboratorio para separar y cuantificar los organismos de cada grupo de zooplancton que se encontraban en la muestra. Cada grupo de zooplancton fue separado en un frasco independiente y conservado en etanol al 70%, o formol al 4% si se trataba de organismos gelatinosos.

Para el cálculo del volumen de agua filtrada en  $m^3$  se utilizó la siguiente ecuación:

$$V = \pi r^2 d \quad (1)$$

Donde  $V$  es el volumen de agua filtrada,  $r$  es el radio en metros de la red de zooplancton y  $d$  es la distancia recorrida, también en metros.

Para el cálculo de la abundancia en individuos por  $m^3$  se utilizó la ecuación 2:

$$A = \frac{n \cdot p}{V} \quad (2)$$

Donde  $A$  es la abundancia en individuos por  $m^3$ ,  $n$  es el número de organismos,  $p$  es la fracción de la muestra analizada y  $V$  el volumen de agua filtrada obtenida de la ecuación 1.

### 6.3. Datos ambientales

Como se mencionó anteriormente, las salidas de campo se realizaron de manera sincrónica con el paso del satélite Landsat 8, dentro de una hora antes o después del paso del satélite Landsat 8. Con esto, se evitó errores de estimación de los parámetros ambientales derivados de Landsat 8, que pudieran ser causados por la variabilidad circadiana de los parámetros ambientales. Los datos ambientales derivados del satélite Landsat 8 fueron calculados usando la metodología descrita en Aviña-Hernández (2018). Las variables ambientales calculadas fueron TSM, pH, concentración de oxígeno disuelto (OD), Chl-a y salinidad. Los modelos para calcular estas variables ambientales se definen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Modelos definidos por Aviña-Hernández (2018) para calcular las variables ambientales de interés. Los parámetros B\* representan las bandas del sensor TIRS que se deben utilizar en cada modelo. Al final de cada renglón se indica el número de referencia de cada ecuación.

Variable	Ecuación	
TSM	$2.27 + 3.69(B10) - 2.91(B11)$	(3)
pH	$3.39 + 106.8(B01) - 40.9(B02) - 9.8(B04) - 353.1(B01)^2 + 140.9(B02)^2 + 112.6(B04)^2 - 0.25(B10) + 0.25(B11)$	(4)
OD	$8.29 - 0.39(B10) + 0.27(B11)$	(5)
Chl-a	$0.41 + 113(B01) - 226.3(B02) + 120.2(B03) - 25.2(B04) + 23.7(B05)$	(6)
Salinidad	$35.28 - 381.2(B01) + 446.4(B02) + 51.3(B04) - 75(B05) + 1587.6(B01)^2 - 2329.8(B02)^2 - 340(B03)^2$	(7)

### 6.4. Análisis de datos

Los datos de abundancia de zooplancton se analizaron de manera mensual y estacional para comparar su variación espaciotemporal dentro de la bahía de La Paz durante el 2017. Para describir la variación espacial, se realizaron comparaciones entre zonas de muestreo (Figura 1).

Se llevó a cabo un análisis exploratorio mediante el uso del software R versión 4.0.2 (R Core Team, 2020), donde se realizaron diagramas de caja y bigotes (Figura 2) para representar gráficamente los estadísticos descriptivos de las Tabla 3-Tabla 5. Para determinar la mejor prueba estadística para comparar la variación espaciotemporal de los datos, se hicieron pruebas de Shapiro-Wilk para la normalidad y de Levene para la homocedasticidad. Debido a que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se utilizaron pruebas no paramétricas para las comparaciones entre grupos: la prueba Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre las abundancias medianas ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y los meses de muestreo, así como las zonas de muestreo; la prueba Dunn para determinar cuáles grupos presentan diferencias significativas. El valor crítico de alfa utilizado fue de 0.05.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Diversidad y abundancia del zooplancton

De las muestras analizadas, se identificaron un total de 29 grupos de zooplancton, pertenecientes a 51 taxa: 12 filos, 5 subfilos, 13 clases, 7 subclases, 3 superórdenes, 9 órdenes, 1 suborden y 1 infraorden (Tabla 2). La mayoría de los grupos fueron cuantificados por cantidad de individuos. Sin embargo, otros como sifonóforos y taliáceos fueron registrados únicamente por presencia/ausencia al tener representantes coloniales fragmentados. De igual manera, organismos como ctenóforos no fueron cuantificados debido a que algunas de las estructuras morfológicas que los caracterizan son tan frágiles que difícilmente se conservan por lo que sólo es posible registrar su presencia. Cabe mencionar que además de los grupos indicados en la Tabla 2, también se encontraron en menor cantidad algunos protistas, hidroides, caprelidos, entopróctos y nemátodos. Sin embargo, debido a que son considerados principal o totalmente bentónicos, o de otro reino (e.g. protista), no fueron considerados para el resto de los análisis.

Los grupos identificados fueron reagrupados en 24 grupos (nombres en negrita en la Tabla 2) para simplificar el análisis posterior con respecto a las abundancias. De estos, los 10 primeros grupos más abundantes fueron: copépodos, cladóceros, gasterópodos, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, larvas de decápodos en estado zoeas, urocordados, bivalvos y larvas de pez; y fueron estos los grupos considerados para el resto de los análisis en este estudio.

**Tabla 2.** Principales grupos de zooplancton registrados en la bahía de La Paz. Los nombres en negrita representan el grupo utilizado en los análisis posteriores.

Filo	Subfilo	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Suborden	Infraorden	Descripción	
<b>Annelida</b>		Polychaeta						Anélidos / Poliquetos	
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Diplostraca	<b>Cladocera</b>				Cladóceros	
		<b>Malacostraca</b>	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda				Decápodos
					Decapoda	Pleocyemata	<b>Brachyura</b>		Zoea de brachyura
					Euphausiacea				Eufáusidos
				Peracarida	<b>Amphipoda</b>				Anfípodos
					Cumacea				Cumáceos
		<b>Ostracoda</b>						Ostrácodos	
		Hexanauplia	<b>Copepoda</b>						Copépodos
		<b>Thecostraca</b>						Cirrípedos	
<b>Brachiopoda</b>								Braquiópodos	
Bryozoa		Gymnolaemata			<b>Cheilostomatida</b>			Cheilostomata	
<b>Chaetognatha</b>								Quetognatos	
Chordata	<b>Cephalochordata</b>							Cefalocordados	
	<b>Urochordata</b> /Tunicata	Appendicularia						Apendicularios	
		Ascidiacea						Larvas de ascidia	
		Thaliacea						Taliáceos	
	<b>Vertebrata</b>							<b>Huevos de pez</b>	
							<b>Larvas de pez</b>		
<b>Cnidaria</b>		Anthozoa	Hexacorallia		Actiniaria			Larvas de anémonas	
	Medusozoa							Medusas	
		Hydrozoa	Hydroidolina			<b>Siphonophorae</b>		Sifonóforos	

**Tabla 2 (cont.).** Principales grupos de zooplancton registrados en la bahía de La Paz. Los nombres en negrita representan el grupo utilizado en los análisis posteriores.

Filo	Subfilo	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Suborden	Infraorden	Descripción
<b>Ctenophora</b>								Ctenóforos
<b>Equinodermata</b>								Larvas de equinodermos
Mollusca	<b>Bivalvia</b>							Bivalvos
	<b>Gastropoda</b>							Gasterópodos
	Heterobranchia			Pteropoda				Pterópodos
<b>Platyhelminthes</b>								Platelmintos
<b>Phoronida</b>								Foronídeos
<b>Porifera</b>								Esponjas

En la Tabla 3 se muestra un resumen estadístico de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton. Fueron obtenidas 53 muestras de cada grupo de zooplancton. Los copépodos fueron los organismos más abundantes con un promedio de aproximadamente 300 ind/m<sup>3</sup> y un máximo de 1450 ind/m<sup>3</sup>, mientras que las larvas de pez fueron las menos abundantes con un promedio de 2 ind/m<sup>3</sup> y un máximo de 29 ind/m<sup>3</sup>.

**Tabla 3.** Resumen estadístico de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton.  $\bar{x}$  = media, DE = desviación estándar, Q1 = primer cuartil, Q3 = tercer cuartil.

Grupo	$\bar{x}$	DE	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Copépodos	290	309	0	60	218	392	1450
Cladóceros	71	208	0	0	18	50	1440
Gasterópodos	52	177	0	1	5	25	1241
Quetognatos	35	86	0	5	9	30	549
Huevos de pez	33	39	1	9	21	42	211
Malacostráceos	30	100	0	2	5	17	706
Zoeas	28	57	0	3	13	29	374
Urocordados	10	13	0	1	5	12	62
Bivalvos	3	8	0	0	0	2	41
Larvas de pez	2	5	0	0	1	1	29

## 7.2. Variación espaciotemporal de la abundancia del zooplancton

El resumen estadístico de la Tabla 4 muestra la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton por temporadas. Los copépodos y urocordados muestran una tendencia de abundancia similar durante el año, con los valores más altos durante el invierno y otoño y los más bajos durante la primavera y verano. Casi similar, los cladóceros presentan la mayor abundancia durante el invierno y primavera, seguida del otoño, y la menor abundancia durante el verano. De manera opuesta, los gasterópodos y quetognatos tuvieron valores máximos durante el verano y mínimos durante el otoño, con valores intermedios y que incrementan de invierno a primavera. Los bivalvos tuvieron una tendencia similar a esta, con una abundancia promedio máxima durante el verano y mínima de igual manera durante el otoño e invierno. Los huevos de pez y zoeas presentaron una abundancia promedio máxima durante la primavera y

mínima inmediatamente después durante el verano, con valores intermedios durante el invierno y otoño. Finalmente, los malacostráceos y larvas de pez tuvieron abundancias promedio máximas durante la primavera. Los malacostráceos tuvieron una abundancia promedio mínima durante el otoño, seguido del verano e invierno, mientras que las larvas de pez tuvieron una abundancia promedio mínima de igual manera durante el invierno y otoño, con un valor intermedio durante el verano.

En la Tabla 5 se muestra un resumen estadístico de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo. En esta tabla se observa que en la zona Ensenada / CIBNOR se encontró la mayor abundancia promedio de siete de los 10 principales grupos de zooplancton: copépodos, cladóceros, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas y larvas de pez. Las zonas con mayor abundancia promedio fueron Manglar / Balandra para gasterópodos y larvas de pez, Boca / Kiosco para urocordados y Costa / Punta Prieta y Arrecife / Gaviota para bivalvos. Por otro lado, Arrecife / Gaviota presentó abundancias promedio mínimas para ocho de los 10 principales grupos de zooplancton: copépodos, cladóceros, gasterópodos, quetognatos, malacostráceos, zoeas, urocordados y larvas de pez. La zona Manglar / Balandra sólo tuvo una abundancia promedio mínima de huevos de pez y Boca / Kiosco de bivalvos.

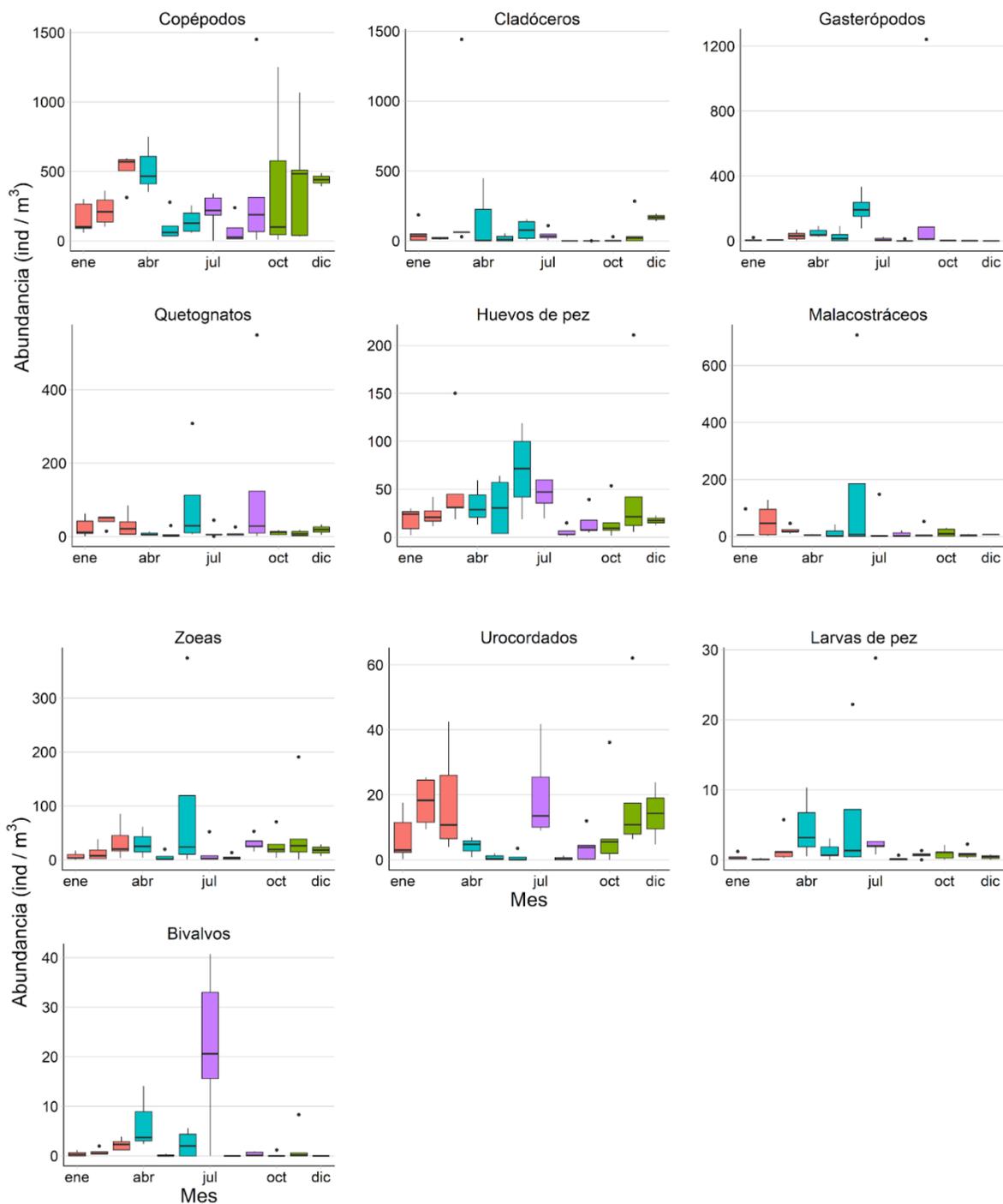
**Tabla 4.** Resumen estadístico de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton por temporadas.  $\bar{X}$  = media, DE = desviación estándar. Los valores de los grupos más abundantes en cada temporada se muestran en negritas.

Temporada	Copépodos		Cladóceros		Gasterópodos		Quetognatos		Huevos de pez		Malacostráceos		Zoeas		Urocordados		Bivalvos		Larvas de pez	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
Invierno	<b>304</b>	194	143	376	15	20	32	26	33	36	32	41	19	24	14	12	1	1	1	1
Primavera	<b>221</b>	217	72	130	91	101	36	87	45	36	67	202	45	105	2	2	3	4	4	6
Verano	<b>231</b>	359	14	30	94	318	55	140	22	21	17	39	16	18	8	12	7	14	3	7
Otoño	<b>416</b>	411	58	95	1	2	11	9	34	58	8	10	37	52	15	18	1	2	1	1

**Tabla 5.** Resumen estadístico de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo.  $\bar{X}$  = media, DE = desviación estándar. Los valores de los grupos más abundantes en cada zona se muestran en negritas.

Zona	Copépodos		Cladóceros		Gasterópodos		Quetognatos		Huevos de pez		Malacostráceos		Zoeas		Urocordados		Bivalvos		Larvas de pez	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
Ensenada / CIBNOR	<b>466</b>	462	203	442	38	68	97	184	42	44	89	218	53	114	7	13	3	6	4	7
Boca / Kiosco	<b>341</b>	331	106	136	41	94	22	35	35	32	9	8	15	17	18	18	1	1	1	1
Costa / Punta Prieta	<b>276</b>	239	16	20	40	56	21	21	29	29	23	35	25	29	7	8	5	10	1	1
Arrecife / Gaviota	<b>159</b>	191	9	18	14	23	17	27	35	60	3	3	14	14	4	4	5	12	1	3
Manglar / Balandra	<b>203</b>	197	24	37	141	412	19	20	21	17	36	59	38	61	12	14	2	5	4	9

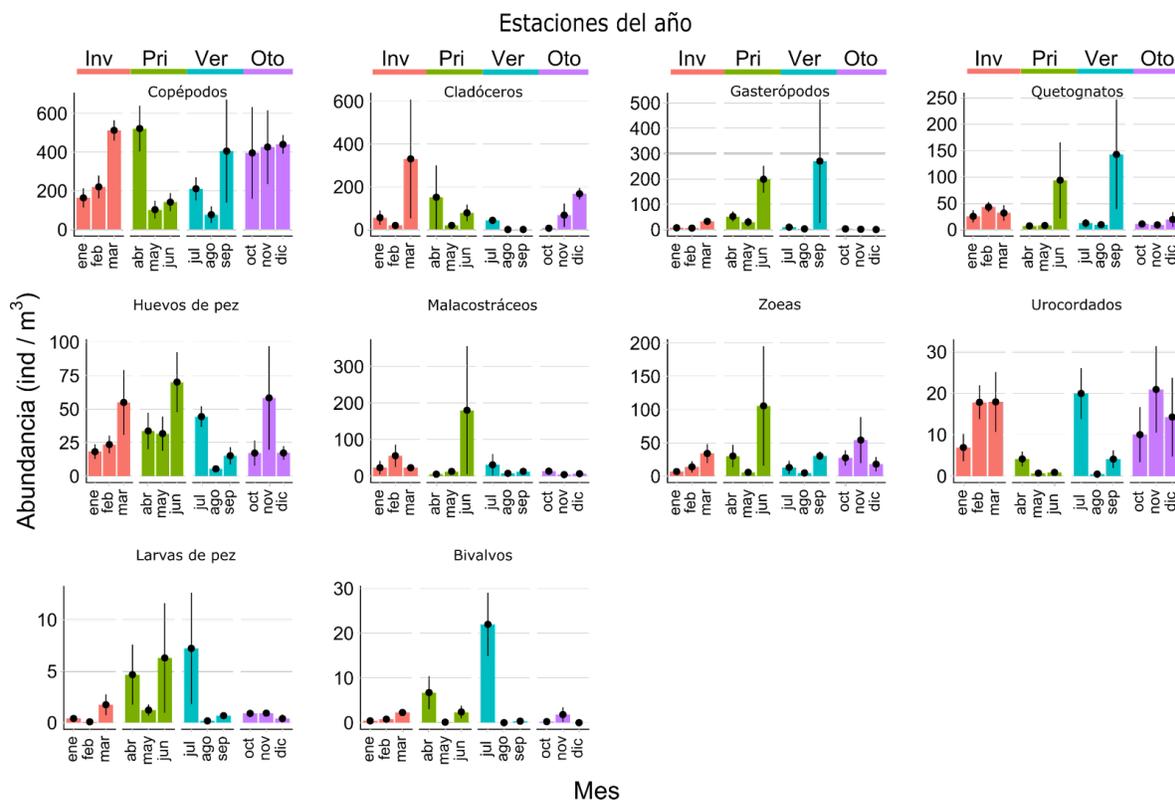
En la Figura 2 se muestran diagramas de caja y bigotes de las abundancias (ind/m<sup>3</sup>) mensuales de los principales grupos de zooplancton durante el 2017. Se observa que los copépodos muestran mayores abundancias en los meses de marzo a abril y de septiembre a diciembre. Los cladóceros tienen mayor abundancia durante los meses de abril a junio y en diciembre. Los gasterópodos muestran una mayor abundancia al final de la primavera en el mes de junio y al final del verano en el mes de septiembre. Los quetognatos muestran una tendencia similar a los gasterópodos. Tienen picos de abundancia que aumentan de invierno hasta verano: de enero a marzo, luego un pico mayor al final de la primavera en junio y finalmente el pico máximo de abundancia al final del verano en septiembre. Los huevos de pez muestran abundancias mensuales que incrementan desde enero hasta un máximo en junio y después otro pico menor de septiembre a noviembre. Los malacostráceos muestran mayores abundancias durante la primavera en el mes de junio y durante el invierno en el mes de febrero. Las zoeas muestran una tendencia similar a los huevos de pez, con una abundancia mensual que incrementan de febrero a junio, seguido de otro pico menor de septiembre a noviembre. Los urocordados muestran abundancias altas durante el invierno de enero a marzo, seguido de un pico al inicio del verano en julio y hacia el otoño de septiembre a diciembre. Las larvas de pez tienen la mayor abundancia durante la primavera de abril a junio y picos menores en marzo y julio. Finalmente, los bivalvos tienen una alta abundancia durante el verano en el mes de julio, seguido de otro pico menor de marzo a junio.



**Figura 2.** Diagramas de caja y bigotes de la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Los colores representan las estaciones del año: rosa = invierno, azul = primavera, morado = verano, verde = otoño.

En la Figura 3 se aprecia que existe variación estacional de los principales grupos de zooplancton encontrados en el área de estudio. Los copépodos muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 21.8, p < 0.05$ ) con una mayor abundancia en los meses de septiembre a diciembre y otro pico en

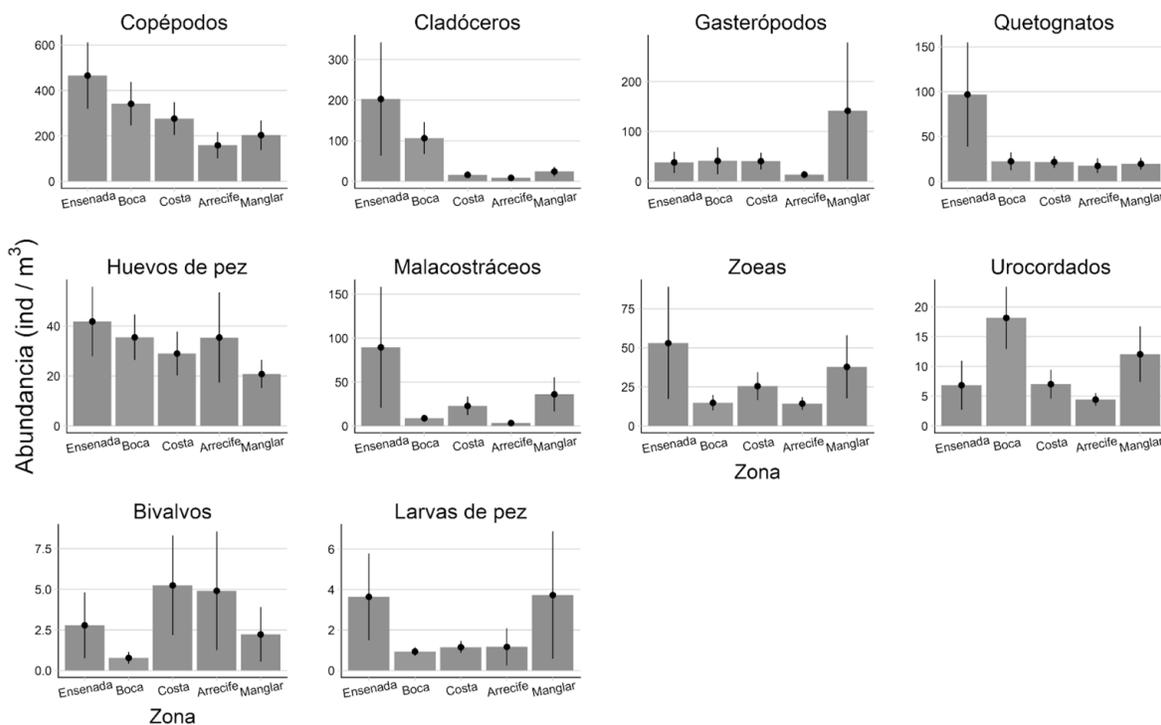
los meses de marzo y abril. Los cladóceros muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 33.1$ ,  $p < 0.05$ ), con abundancias máximas de marzo a abril y de noviembre a diciembre y un pequeño pico de junio a julio. Los gasterópodos muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 32.2$ ,  $p < 0.05$ ) con una mayor abundancia en junio y septiembre. Los quetognatos no muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 17.9$ ,  $p > 0.05$ ), pero cuentan con una mayor abundancia durante junio y septiembre, con un pequeño pico de enero a marzo. Los huevos de pez muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 21.3$ ,  $p < 0.05$ ) con picos de abundancia en cada temporada: marzo para el invierno, junio para la primavera, julio para el verano y noviembre para el otoño. Los malacostráceos no muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 10.9$ ,  $p > 0.05$ ), pero cuentan con una mayor abundancia durante junio y un pequeño pico de enero a marzo. Las zoeas no muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 18.6$ ,  $p > 0.05$ ), pero cuentan con una mayor abundancia durante el mes de junio, en los meses de septiembre a noviembre y de marzo a abril. Los urocordados muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 33.7$ ,  $p < 0.05$ ) con una mayor abundancia en los meses de octubre a diciembre, seguido de febrero a marzo y en el mes de julio. Las larvas de pez muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 20.9$ ,  $p < 0.05$ ) con una mayor abundancia de junio a julio y un pico menor de marzo a abril. Finalmente, los bivalvos muestran variación significativa ( $H_{(11, 41)} = 29.9$ ,  $p < 0.05$ ) con una abundancia máxima en el mes de julio y otro pico pequeño de marzo a abril.



**Figura 3.** Variación estacional de la abundancia mensual ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Barras y puntos = promedios, líneas verticales = error estándar.

En la Figura 4 se observa la variación espacial de la abundancia promedio ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton en cada una de las zonas de muestreo durante el 2017. Los promedios de cada barra se pueden consultar en la Tabla 5. La abundancia promedio de los copépodos no presenta diferencias significativas entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 6.5$ ,  $p > 0.05$ ), pero la mayor abundancia se encuentra en la zona Ensenada, la cual disminuye hacia el norte hasta un mínimo en la zona Arrecife. Los cladóceros cuentan con la mayor abundancia en la zona Ensenada, seguida de la zona Boca, y la menor en las zonas Costa y Arrecife. Más aún, existen diferencias significativas ( $H_{(4,48)} = 9.8$ ,  $p < 0.05$ ) entre las zonas Ensenada y Arrecife, Boca y Arrecife y Boca y Manglar. Para los gasterópodos no hay diferencias significativas entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 1.6$ ,  $p > 0.05$ ), pero se observa que tiene mayor abundancia en la zona Manglar y la menor abundancia en la zona Arrecife. La abundancia promedio de los quetognatos tampoco varía significativamente entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 3.6$ ,  $p > 0.05$ ), pero tiene mayor abundancia en la zona Ensenada y una abundancia menor y relativamente pareja a lo

largo de las demás zonas. La abundancia promedio de los huevos de pez no presenta diferencias significativas entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 2.5$ ,  $p > 0.05$ ) pero en la zona Ensenada se encuentra la mayor abundancia, la cual disminuye hacia el norte pero con un pequeño pico en la zona Arrecife. La abundancia promedio de los malacostráceos no presenta diferencias significativas entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 8.7$ ,  $p > 0.05$ ), pero se observa una mayor abundancia en la zona Ensenada con un pico menor en la zona Manglar y la abundancia menor en la zona Arrecife. Las zoeas no muestran diferencias significativas entre zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 3.1$ ,  $p > 0.05$ ), pero al igual que los malacostráceos, cuenta con mayor abundancia en la zona Ensenada y un pico menor en la zona Manglar. Para los urocordados, no hay diferencias significativas entre las zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 5.9$ ,  $p > 0.05$ ), pero la mayor abundancia se encuentra en la zona Boca, seguida de la zona Manglar y la abundancia menor en la zona Arrecife. La abundancia promedio de los bivalvos no tiene diferencias significativas entre las zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 3$ ,  $p > 0.05$ ), pero se observa que la mayor abundancia se encuentra en las zonas Costa y Arrecife y la menor en la zona Boca. La abundancia promedio de las larvas de pez tampoco tiene diferencias significativas entre las zonas de muestreo ( $H_{(4,48)} = 8.1$ ,  $p > 0.05$ ), pero se observa que hay mayor abundancia en las zonas Ensenada y Manglar.



**Figura 4.** Variación espacial de la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton durante el año 2017. Barras y puntos = promedios, líneas verticales = error estándar.

En la Tabla 6 contiene la abundancia promedio ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton para cada una de las estaciones del año y en cada zona de muestreo. Se observa que en la zona Ensenada / CIBNOR las temporadas más productivas son el invierno y el otoño, seguidas del otoño y el verano. En invierno los cladóceros, huevos de pez y urocordados tienen una abundancia máxima de aproximadamente 810, 75 y 20  $\text{ind}/\text{m}^3$ , respectivamente. Los cladóceros disminuyen a una abundancia mínima de 7  $\text{ind}/\text{m}^3$  en verano, los huevos de pez a 9  $\text{ind}/\text{m}^3$  en otoño y los urocordados a 0  $\text{ind}/\text{m}^3$  en primavera. Por otro lado, en primavera los gasterópodos, malacostráceos, zoeas y larvas de pez tienen una abundancia máxima de aproximadamente 150, 375, 200 y 13  $\text{ind}/\text{m}^3$ , respectivamente. De estos 4 grupos, las zoeas disminuyen a una abundancia mínima de 10  $\text{ind}/\text{m}^3$  en el verano, mientras que los gasterópodos, larvas de pez y malacostráceos disminuyen a un mínimo de 0, 0 y 13  $\text{ind}/\text{m}^3$ , respectivamente, en el otoño. En verano, los quetognatos y bivalvos llegan a abundancias máximas de aproximadamente 200 y 7  $\text{ind}/\text{m}^3$ , respectivamente, y disminuyen a mínimos de 9 y 0  $\text{ind}/\text{m}^3$ , respectivamente, en el otoño. Finalmente, en otoño sólo los copépodos llegan a su

abundancia máxima de poco más de 700 ind/m<sup>3</sup> y una abundancia mínima de 90 ind/m<sup>3</sup> en primavera.

En la zona Boca / Kiosco, la temporada más productiva es la primavera, seguida del otoño. En invierno, únicamente los bivalvos tienen su mayor abundancia en esta zona, con 2 ind/m<sup>3</sup>, la cual disminuye hasta 0 ind/m<sup>3</sup> en verano. Cabe mencionar que los copépodos y urocordados presentan abundancias altas, mas no máximas, de aproximadamente 300 y 20 ind/m<sup>3</sup> en esta zona. En primavera los cladóceros, gasterópodos, huevos de pez, malacostráceos y zoeas tienen su mayor abundancia de aproximadamente 220, 140, 70, 13, y 27 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Los cladóceros, malacostráceos y zoeas disminuyen a abundancias mínimas de aproximadamente 16, 1 y 9 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente, en verano, mientras que los gasterópodos y huevos de pez llegan a su abundancia mínima en otoño, con aproximadamente 2 y 16 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. En verano, sólo los quetognatos llegan a su abundancia máxima con aproximadamente 44 ind/m<sup>3</sup> y disminuyen a un mínimo de 2 ind/m<sup>3</sup> en otoño. Finalmente, en otoño los copépodos y urocordados tienen su abundancia máxima, con aproximadamente 710 y 40 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Los copépodos tienen su abundancia mínima en verano con 141 ind/m<sup>3</sup> y los urocordados llegan a su abundancia mínima de 2 ind/m<sup>3</sup> en primavera. Cabe mencionar que los malacostráceos de nuevo muestran una abundancia máxima igual de 13 ind/m<sup>3</sup> como en primavera y las larvas de pez tienen una abundancia constante de 1 ind/m<sup>3</sup> en cada estación del año.

En la siguiente zona, Costa / Punta Prieta, las temporadas más productivas son invierno y primavera, seguidas del otoño. En invierno los cladóceros, quetognatos y malacostráceos tienen su abundancia máxima con 25, 52 y 66 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Los cladóceros disminuyen a un mínimo de 11 ind/m<sup>3</sup> entre primavera y verano y los quetognatos y malacostráceos tienen una abundancia mínima de 4 y 2 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente, en primavera. Por otro lado, en esta temporada los copépodos, gasterópodos y huevos de pez llegan a su abundancia máxima con aproximadamente 360, 94 y 62 ind/m<sup>3</sup>. Los copépodos disminuyen a un mínimo de 215 ind/m<sup>3</sup> en verano, mientras que los gasterópodos y huevos de pez llegan a su abundancia mínima en otoño con 2 y 6 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. En verano, únicamente los bivalvos llegan a su abundancia máxima con 11 ind/m<sup>3</sup>, la cual disminuye a un mínimo de 0 ind/m<sup>3</sup> en otoño. Finalmente, en otoño las zoeas, los urocordados y las larvas de pez tienen su abundancia

máxima de 55, 11 y 2 ind/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que las zoeas también tienen un pico de abundancia en el invierno con 47 ind/m<sup>3</sup> pero disminuye, junto con los urocordados, a un mínimo de 2 ind/m<sup>3</sup> en primavera, mientras que las larvas de pez mantienen una abundancia mínima de 1 ind/m<sup>3</sup> a lo largo del resto del año.

En la zona Arrecife / Gaviota, la temporada más productiva es el invierno, seguida de la primavera y el otoño. En invierno los copépodos, cladóceros, quetognatos y malacostráceos llegan a su abundancia máxima de aproximadamente 270, 28, 50 y 7 ind/m<sup>3</sup>. Los copépodos y quetognatos disminuyen a una abundancia mínima de 73 y 3 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente, en verano, mientras que los cladóceros disminuyen hasta 0 ind/m<sup>3</sup> en otoño y los malacostráceos mantienen una abundancia 2 ind/m<sup>3</sup> a lo largo de las demás temporadas del año. En primavera los gasterópodos, las zoeas y larvas de pez llegan a su abundancia máxima de 35, 20 y 4 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Los gasterópodos llegan a una abundancia mínima de 2 ind/m<sup>3</sup> en otoño, mientras que la abundancia mínima de zoeas se observa en invierno con 6 ind/m<sup>3</sup>. No hay abundancia de larvas de pez durante el resto de las temporadas del año. En verano, únicamente los bivalvos llegan a su abundancia máxima con 14 ind/m<sup>3</sup>, la cual disminuye a un mínimo de 1 ind/m<sup>3</sup> en invierno y primavera. En otoño, los huevos de pez y urocordados tienen sus abundancias máximas con 110 y 7 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. La abundancia mínima de los huevos de pez se observa en verano con 9 ind/m<sup>3</sup>. Respecto a los urocordados, cabe destacar que tienen otro pico de abundancia en invierno con 6 ind/m<sup>3</sup> la cual disminuye a una abundancia mínima de 2 ind/m<sup>3</sup> en primavera.

En la última zona de muestreo, Manglar / Balandra, las temporadas más productivas son invierno y verano. En invierno, los copépodos, quetognatos, huevos de pez y urocordados llegan a sus abundancias máximas de 415, 32, 30 y 18 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Estos cuatro grupos en conjunto tienen sus abundancias mínimas en primavera, con valores de 36, 1, 3 y 0 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Cabe mencionar que en esta temporada también se observan picos de abundancia de cladóceros y malacostráceos. En primavera los 10 principales grupos de zooplancton tienen abundancias bajas o mínimas. De manera contraria, en verano se observan

**Tabla 6.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) promedio de los principales grupos de zooplancton zonas de muestreo y estaciones del año. Nombres de las estaciones del año aparecen abreviadas. Los valores de mayor abundancia promedio por temporada se muestran en negritas.

Grupo	Ensenada / CIBNOR				Boca / Kiosco				Costa / Punta Prieta				Arrecife / Gaviota				Manglar / Balandra			
	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto
Copépodos	289	90	<b>590</b>	<b>710</b>	<b>292</b>	<b>222</b>	<b>141</b>	<b>709</b>	<b>252</b>	<b>361</b>	<b>215</b>	<b>277</b>	<b>269</b>	<b>227</b>	<b>73</b>	21	<b>415</b>	<b>36</b>	<b>135</b>	69
Cladóceros	<b>813</b>	82	7	72	38	219	16	151	25	11	11	15	28	2	1	0	35	0	36	0
Gasterópodos	38	149	2	0	13	137	12	2	24	94	29	2	5	35	8	2	4	0	419	2
Quetognatos	11	169	194	9	10	18	44	18	52	4	14	13	50	8	3	4	32	1	19	11
Huevos de pez	76	38	34	29	25	70	31	16	22	62	18	6	25	22	9	<b>110</b>	30	3	16	22
Malacostráceos	25	<b>375</b>	19	13	8	13	1	13	66	2	9	9	7	2	2	2	53	1	54	1
Zoeas	24	197	10	19	11	27	9	12	47	2	8	55	6	20	16	15	6	1	37	<b>105</b>
Urocordados	21	0	5	4	21	2	9	41	6	2	10	11	6	2	3	7	18	0	14	6
Bivalvos	1	2	7	0	2	1	0	0	1	7	11	0	1	1	14	4	1	0	6	1
Larvas de pez	3	13	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0	4	0	0	0	2	10	0

picos de abundancia de todos los grupos de zooplancton (excepto huevos de pez y zoeas), con abundancias máximas de cladóceros, gasterópodos, malacostráceos, bivalvos y larvas de pez de 36, 419, 54, 6 y 10 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Los cladóceros, gasterópodos y malacostráceos y bivalvos tienen su abundancia mínima en primavera con valores de 0, 0, 1 y 0 ind/m<sup>3</sup>, respectivamente. Para los cladóceros y malacostráceos estos valores se repiten en otoño. Las larvas de pez no se registraron tanto en invierno como en otoño. Finalmente, en otoño sólo las zoeas llegan a una abundancia máxima de 105 ind/m<sup>3</sup>, la cual disminuye a un mínimo de 1 ind/m<sup>3</sup> en primavera.

En la Figura 5 se muestra la proporción de la abundancia promedio (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo y estaciones del año. Se observa claramente que los copépodos son el grupo más abundante en la mayoría de las zonas a lo largo del año. Sin embargo, la abundancia de cladóceros, gasterópodos, huevos de pez, malacostráceos y zoeas también predomina en algunas zonas durante algunas temporadas.

En la zona Ensenada / CIBNOR, los cladóceros predominan durante el invierno con aproximadamente el 60% de la abundancia total de los principales grupos de zooplancton, seguidos de los copépodos con poco menos del 25% y el resto de los grupos con menos de 6% cada uno. En primavera, se observa un cambio hacia una abundancia predominante de malacostráceos con 34% de la abundancia total, seguidos de las zoeas, los quetognatos y los gasterópodos con cerca de 15% cada uno, los copépodos y cladóceros con 8 y 7%, respectivamente, y el resto de los grupos con menos de 4% de la abundancia total, cada uno. Para el verano vuelven a dominar los copépodos con casi el 70% de la abundancia total y los quetognatos con 22%, mientras que el resto de los grupos cuenta con menos del 4% de la abundancia total, cada uno. En otoño la abundancia de copépodos en esta zona es la más alta de los principales grupos de zooplancton con poco más del 80% de la abundancia total. Los cladóceros representan 8% de la abundancia total y el resto de los grupos menos del 4% cada uno.

En la zona Boca / Kiosco, los copépodos predominan entre los principales grupos de zooplancton durante el invierno, con casi el 70% de la abundancia total. Los cladóceros representan el 9% de la abundancia total y el resto de los grupos se encuentran en porcentajes

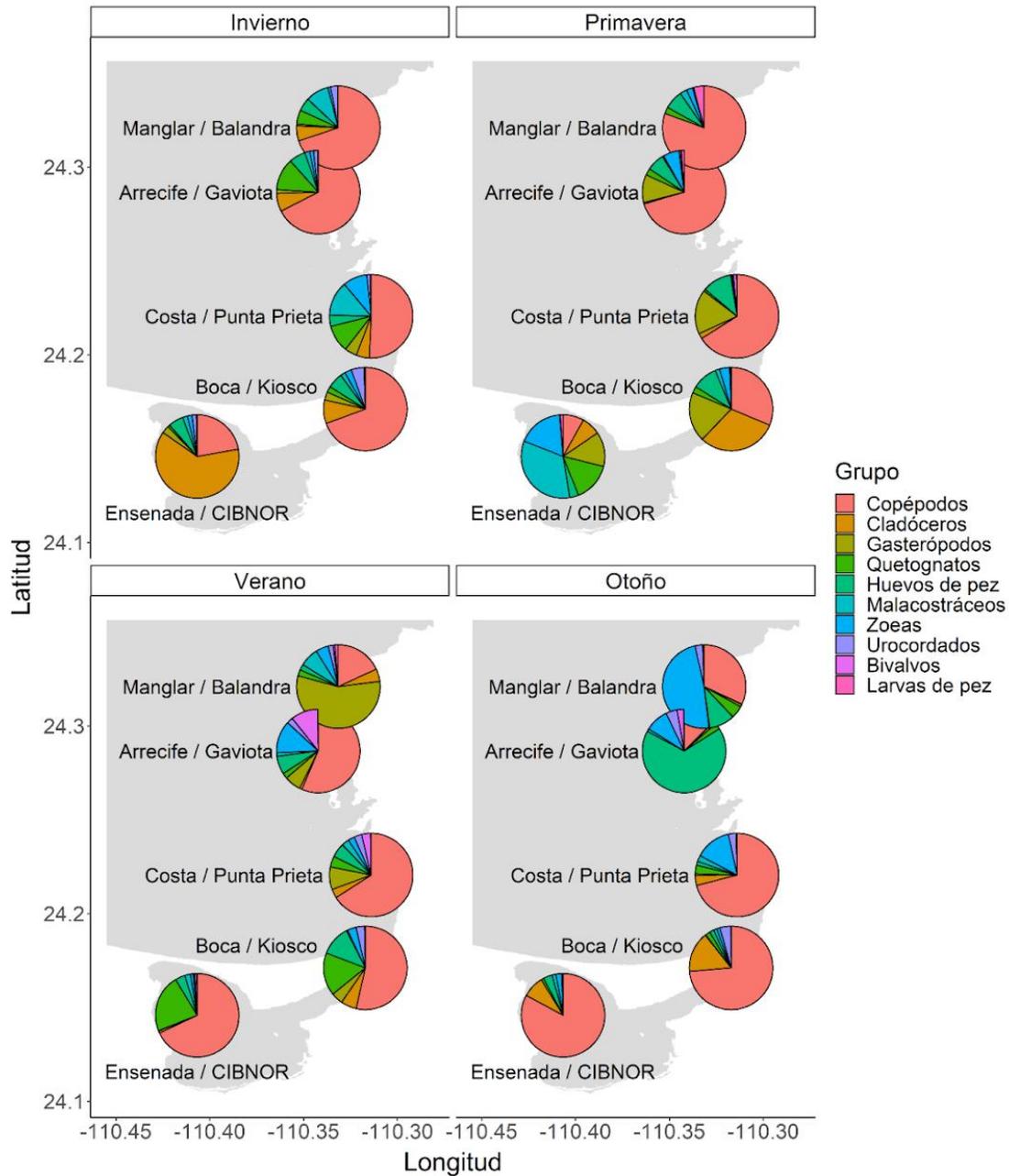
menores. En primavera el 80% de la abundancia total se divide casi igual entre los copépodos, cladóceros y gasterópodos. Los copépodos y los cladóceros cuentan ambos con el 31% de la abundancia total, mientras que los gasterópodos representan el 20%. Los huevos de pez representan el 10% de la abundancia total y el resto de los grupos se encuentran en porcentajes menores de 4% cada uno. En el verano, los copépodos representan el 54% de la abundancia total, seguidos de los quetognatos con el 17%, los huevos de pez con el 12% y el resto de los grupos con porcentajes menores de 7% cada uno. Para el otoño, los copépodos representan el 74% de la abundancia total, los gasterópodos el 16% y el resto de los grupos menos del 5% cada uno.

En la zona Costa / Punta Prieta, los copépodos son el grupo más abundante durante las cuatro estaciones del año. En invierno representan el 51% de la abundancia total, los malacostráceos el 13% y los quetognatos y zoeas aproximadamente el 10% cada uno. Cada uno del resto de los principales grupos de zooplancton se encuentra en porcentajes menores del 6% de la abundancia total. En primavera, tres de los principales grupos de zooplancton son los más abundantes: los copépodos con el 66%, los gasterópodos con el 17% y los huevos de pez con el 11%. Los demás grupos se encuentran en porcentajes menores al 3% de la abundancia total. En verano los copépodos representan el 66% de la abundancia total, seguidos de los gasterópodos con el 9% y el resto de los principales grupos de zooplancton con porcentajes entre 3 y 5%, excepto las larvas de pez que cuentan con menos del 0.5% de la abundancia total. En otoño los copépodos predominan más que en las demás estaciones del año con el 71% de la abundancia total. Las zoeas representan el 14% y el resto de los grupos cuentan con porcentajes menores a 4% cada uno.

En la zona Arrecife / Gaviota los copépodos y huevos de pez son los grupos de zooplancton más abundantes a lo largo del año. En invierno los copépodos representan el 67% de la abundancia total, seguidos de los quetognatos con casi el 13% y el resto de los grupos con menos de 7% cada uno. En primavera los copépodos aumentan al 70% de la abundancia total, seguidos de los gasterópodos con el 11% y de nuevo el resto de los grupos con menos de 7% cada uno. En verano la abundancia de los copépodos disminuye a 56% de la abundancia total y las zoeas y los bivalvos aumentan al 13 y 11% de la abundancia total, respectivamente. Los gasterópodos y huevos de pez representan el 6 y 7% de la abundancia total, respectivamente, y el resto de los

grupos se encuentran en porcentajes menores a 3%. Para el otoño la abundancia que predomina es la de los huevos de pez con 67% de la abundancia total, seguidos de los copépodos con 13%, las zoeas con 9% y el resto de los grupos con menos del 5% cada uno.

En la última zona de muestreo, Manglar / Balandra, los copépodos, gasterópodos y zoeas son los grupos más abundantes a lo largo del año. En invierno los copépodos representan el 70% de la abundancia total, seguidos de los malacostráceos con el 9%, los cladóceros, quetognatos y huevos de pez con el 5-6% cada uno y el resto de los grupos con porcentajes menores al 3% cada uno. En primavera los copépodos aumentan a 81% de la abundancia total, los huevos de pez representan el 7% y el resto de los grupos se encuentran en porcentajes menores. Para el verano los gasterópodos son el grupo más abundante con el 56% de la abundancia total, seguidos de los copépodos con el 18%, los malacostráceos con el 7% y el resto de los grupos con menos del 5% cada uno. En otoño el grupo más abundante fue el de las zoeas con el 48% de la abundancia total, seguido del de los copépodos con el 32%, los huevos de pez con el 10% y el resto de los grupos con menos del 5% cada uno.

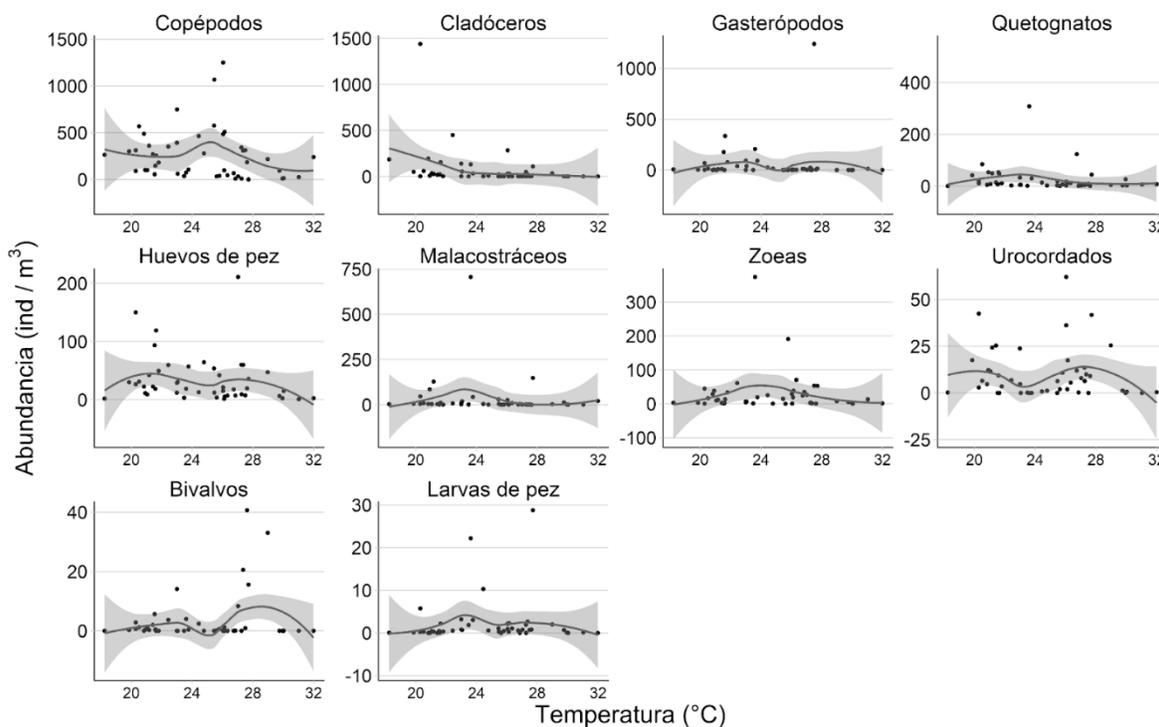


**Figura 5.** Abundancia promedio relativa (%) de los principales grupos de zooplancton por zonas de muestreo y estaciones del año.

### 7.3. Efecto de la variabilidad ambiental en la abundancia del zooplancton

En las Figuras Figura 6-Figura 10 se muestra la relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y las cinco variables ambientales calculadas mediante imágenes de Landsat 8, utilizando la metodología descrita por Aviña-Hernández (2018).

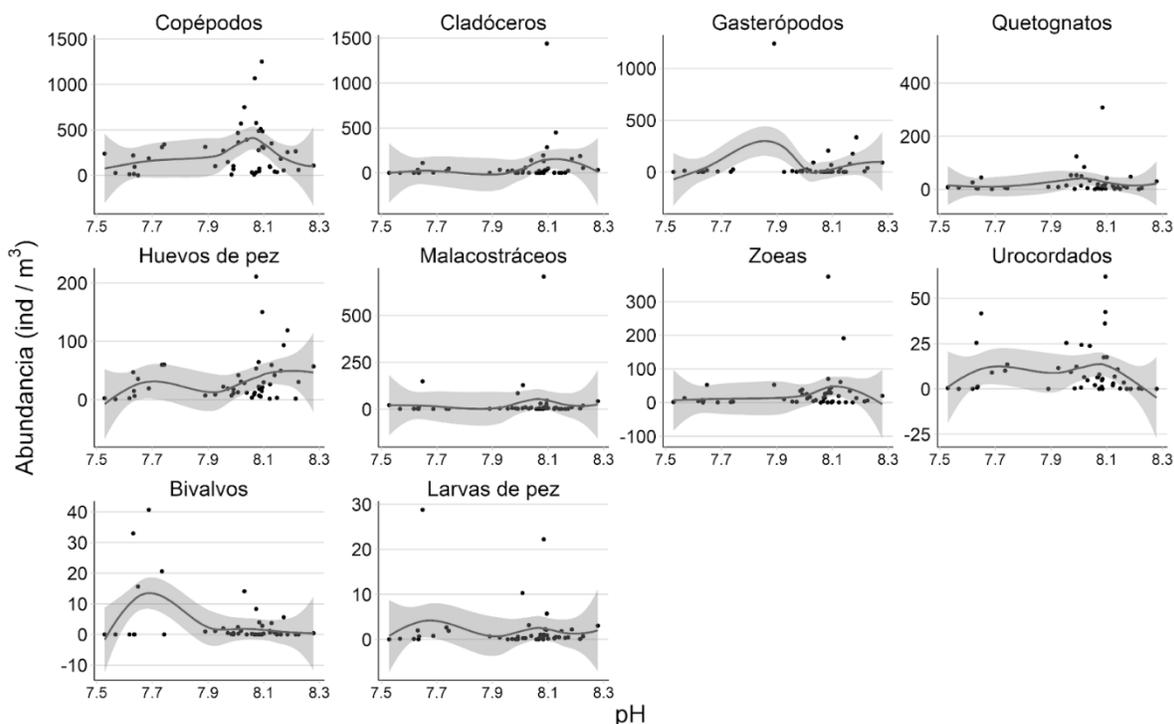
Para la TSM calculada a partir de imágenes de Landsat 8 (Figura 6) los copépodos muestran un solo incremento de abundancia a los 25 °C, aproximadamente a partir de los 24 °C. Los cladóceros muestran una tendencia de abundancia que disminuye hacia temperaturas más altas comenzando desde la temperatura mínima de 18.2 °C. Los gasterópodos, huevos de pez y urocordados muestran una relación similar con la TSM ya que en los tres grupos se observan dos picos de abundancia: en 23 y 28 °C para gasterópodos, en 21 y 27 °C para huevos de pez y en 20 y 27 °C para urocordados. Los quetognatos, malacostráceos, zoeas y larvas de pez también muestran tendencias similares entre ellas con la TSM. En los cuatro grupos se observa un incremento de abundancia a temperaturas similares: en 23 °C para los quetognatos, malacostráceos y larvas de pez y en 24 °C para las zoeas. Por último, los bivalvos muestran un incremento de abundancia hacia temperaturas más altas, con el máximo en aproximadamente 29 °C, aunque se observa una disminución a los 25 °C.



**Figura 6.** Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar.

La relación entre la abundancia de los principales grupos de zooplancton y el pH calculado a partir de imágenes de Landsat 8 se muestra en la Figura 7. Se pueden ver comportamientos similares entre los copépodos, cladóceros, quetognatos, malacostráceos y zoeas. Tanto los copépodos como los malacostráceos tienen un aumento de abundancia en un pH de 8.06, pero el pico de los copépodos es el más evidente de los cinco grupos mencionados. Para los cladóceros y las zoeas, ambos tienen un pico de abundancia a un pH de 8.1 y los quetognatos aumentan sutilmente a un pH de 8. La abundancia de gasterópodos aumenta a valores de pH más básicos, con un pico en 7.9 de pH pero se observa que la abundancia comienza a aumentar de nuevo a partir de un pH de 8.03. Para los huevos de pez se observan dos aumentos de abundancia conforme aumenta el pH; el primer aumento se observa en 7.7 de pH y el segundo aumento y mayor al primero se observa en 8.15 de pH. En los urocordados también se observan dos picos de abundancia a 7.7 y 8.07 de pH. Los bivalvos muestran un aumento muy claro hacia un pH de 7.7, el cual disminuye rápidamente hacia 7.9 y continúa así pero con una pendiente más suave hacia valores de pH más altos. Por último, las larvas de pez muestran una relación

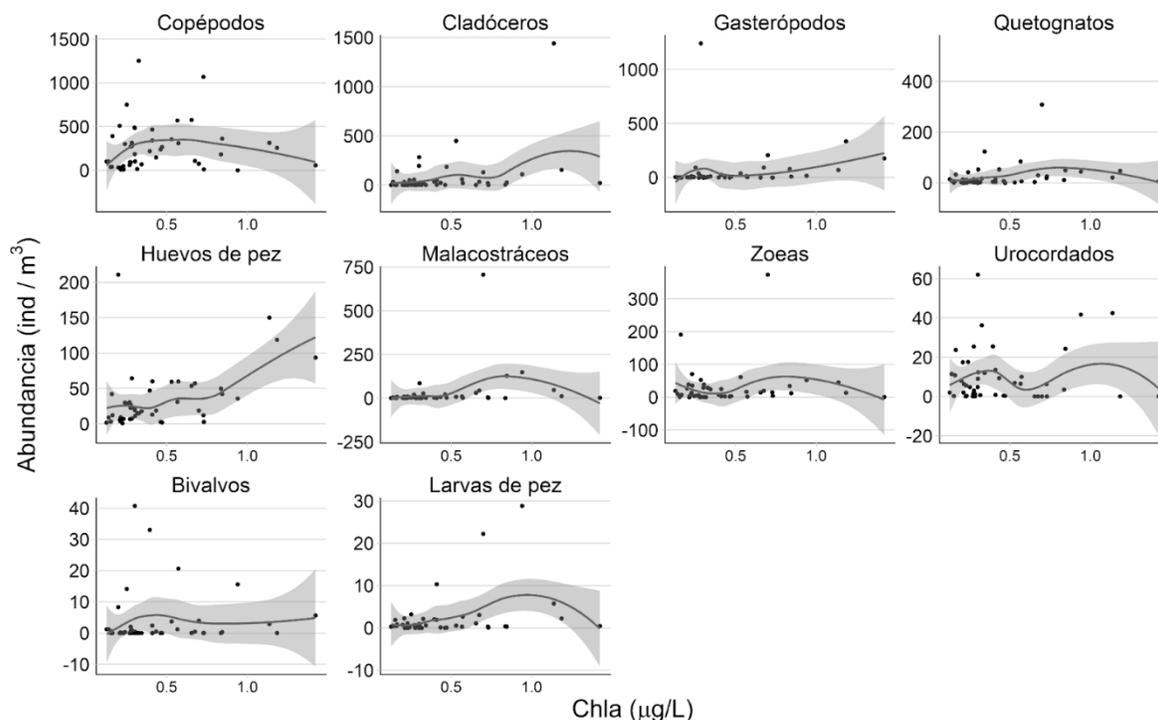
con el pH similar a la de los urocordados con dos aumentos de abundancia en 7.67 y 8.07 de pH. Sin embargo, a diferencia de los urocordados, se observa que la abundancia de las larvas de pez comienza a aumentar de nuevo a partir de un pH de 8.2.



**Figura 7.** Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y el pH calculado a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar.

La Figura 8 muestra la abundancia de los principales grupos de zooplancton y la Chl-a calculada a partir de imágenes Landsat 8. En los copépodos se observa una abundancia mayor entre 0.35 y 0.7  $\mu\text{g}/\text{L}$  de Chl-a, la cual enseguida disminuye a una pendiente baja pero constante. Los cladóceros y larvas de pez muestran tendencias similares con respecto a la Chl-a; la abundancia de ambos grupos aumenta hacia concentraciones de 1.2 y 1  $\mu\text{g}/\text{L}$  de Chl-a, respectivamente, a partir de donde comienza a disminuir. Los gasterópodos y huevos de pez muestran una relación similar entre ellos con la Chl-a; se observa que la abundancia de ambos grupos comienza a aumentar hacia Chl-a más altas a partir de 0.5  $\mu\text{g}/\text{L}$  de Chl-a. Otros grupos que muestran relaciones similares con respecto a la Chl-a son los quetognatos, malacostráceos y zoeas. En estos tres grupos se observa una curva similar con un aumento de abundancia a los 0.8  $\mu\text{g}/\text{L}$  de

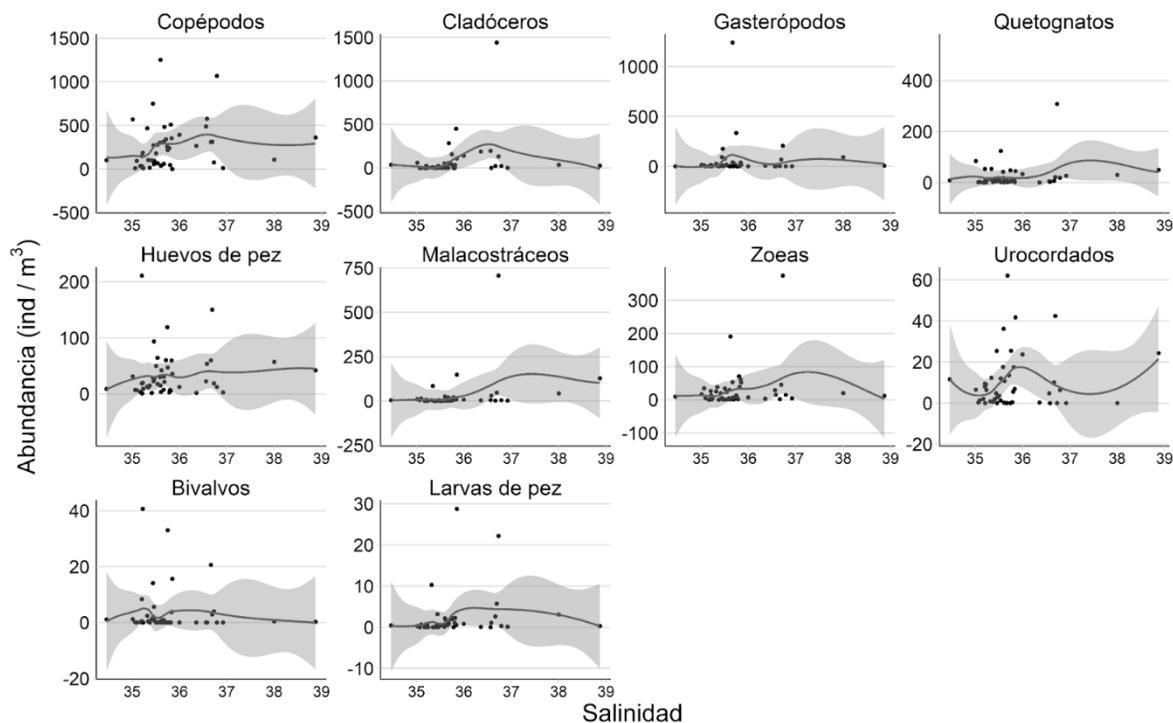
Chl-a, aunque en las zoeas también se observa otro pico de abundancia en Chl-a menores a 0.35  $\mu\text{g/L}$ . En los urocordados se observan aumentos de abundancia en 0.4 y 1.1  $\mu\text{g/L}$  de Chl-a y en los bivalvos se ve un ligero aumento de abundancia a 0.4  $\mu\text{g/L}$  de Chl-a.



**Figura 8.** Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la concentración de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar.

En la Figura 9 se puede ver cómo la abundancia de algunos grupos de zooplancton cambia según la salinidad calculada a partir de imágenes de Landsat 8. En las gráficas de copépodos y cladóceros se observa un aumento de abundancia en salinidades de aproximadamente 35.3 y 36.5. En los gasterópodos no se ve una relación clara entre su abundancia y la salinidad calculada, pero se observan algunas abundancias altas también entre salinidades de 35.5 y poco menos de 37. Los quetognatos, malacostráceos y zoeas muestran un aumento de abundancia en salinidades de aproximadamente 35.5 a 37.5. En los huevos de pez se observa una ligera pendiente positiva entre la abundancia y la salinidad. Los urocordados muestran un aumento de abundancia a una salinidad de 35.2 a 36 y de nuevo de 38 a 39. En la gráfica de los bivalvos no se observa una relación clara entre su abundancia y la salinidad calculada pero la mayoría de las

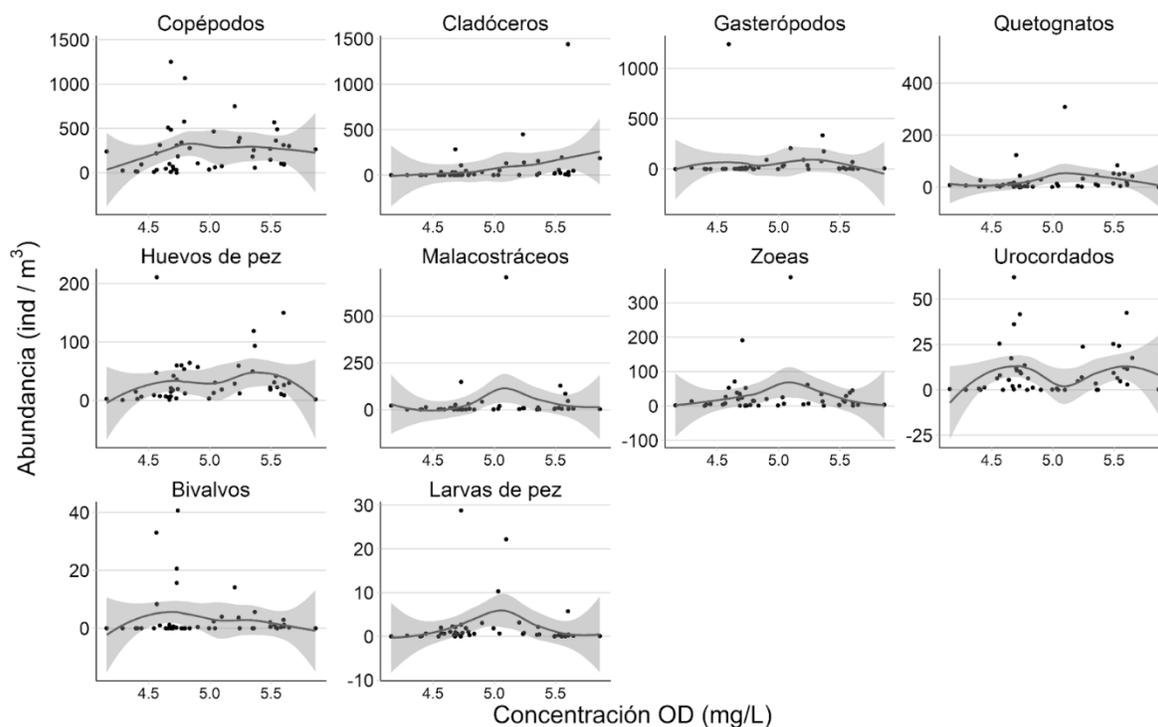
abundancias más altas se encuentran entre 35.2 y 35.8 de salinidad. Por último, en las larvas de pez se observa un aumento de abundancia a una salinidad de 35.5 a 36.5, la cual después disminuye hacia salinidades más altas.



**Figura 9.** Relación entre la abundancia (ind/m<sup>3</sup>) de los principales grupos de zooplancton y salinidad calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar.

En la Figura 10 se pueden ver comportamientos similares entre la abundancia de algunos grupos de zooplancton y la concentración de OD calculada a partir de imágenes de Landsat 8. Los copépodos y los bivalvos muestran una relación similar entre su abundancia y el OD ya que en ambos se observa una mayor abundancia hacia 4.8 y 4.7 mg/L de OD, respectivamente, la cual después disminuye con una pendiente muy baja hacia concentraciones de OD más altas. En la gráfica de los cladóceros se observa una pendiente suave pero continua desde los 4 mg/L de OD que muestra una clara relación positiva entre su abundancia y la concentración de OD. En los gasterópodos no se observa una relación muy clara entre su abundancia y la concentración de OD, pero se ve un pequeño aumento de abundancia en aproximadamente 5.2 mg/L de OD. Los quetognatos, junto con los malacostráceos, zoeas y larvas de pez, muestran un mismo pico de

abundancia a 5.1 mg/L de OD. Por último, en los huevos de pez y urocordados se observan dos picos de abundancia. El primer aumento coincide para ambos grupos en 4.7 mg/L de OD, mientras que el segundo aumento en los huevos de pez se observa a 5.4 mg/L de OD y en los urocordados a 5.6 mg/L de OD.



**Figura 10.** Relación entre la abundancia ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de los principales grupos de zooplancton y la concentración oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{L}$ ) calculada a partir de imágenes de Landsat 8, de acuerdo a Aviña-Hernández (2018), en la bahía de La Paz durante el año 2017. El área sombreada representa el error estándar.

## 8. DISCUSIÓN

El estudio de la variación espaciotemporal de los organismos es fundamental para entender patrones de movimiento o migración, mismos que están relacionados con la variabilidad ambiental estacional e interanual. En especies de plancton se ha descrito que el ciclo circadiano afecta a los movimientos verticales de especies de copépodos, decápodos, eufáusidos, cladóceros y dinoflagelados (Hays *et al.*, 2001; Murillo, 1973; Tremblay, 2008; Williamson *et al.*, 1996; Cullen, 1985). Este trabajo analiza la variación espaciotemporal de los principales grupos de zooplancton a lo largo de un año, con la limitación de que las muestras y datos ambientales fueron colectados a nivel superficial y alrededor del mediodía. Sin embargo, este tipo de información y análisis no ha sido publicado con detalle a la fecha, por lo que este trabajo puede ser utilizado como referencia para trabajos futuros, en los que se integren registros de abundancia o presencia de plancton y datos ambientales mediante modelos de distribución de especies con la finalidad de describir la distribución de estos grupos o especies en pequeños cuerpos de agua costeros y cómo la variabilidad ambiental influye en su distribución espaciotemporal.

En la bahía de La Paz se observó una marcada estacionalidad en la abundancia de los principales grupos de zooplancton. Los copépodos fueron el grupo dominante durante todo el periodo analizado. Sin embargo, su abundancia tuvo marcadas fluctuaciones con incrementos pronunciados a finales del verano y durante el otoño, así como en la transición invierno-primavera (marzo-abril). Lo mismo se observó para el siguiente grupo más abundante, los cladóceros, que muestran un incremento de abundancia durante la transición invierno-primavera y llegan a su máxima abundancia a finales de invierno. Para los copépodos, este patrón coincide parcialmente con lo que mencionan Whitehead *et al.* (2020), quienes registraron a este grupo con mayor abundancia durante invierno y primavera, mientras que la abundancia fue menor durante el otoño y verano. No obstante, esto pudiera estar relacionado a las diferencias entre el esfuerzo de muestreo, ya que Whitehead *et al.* (2020) analizaron un periodo de un año y únicamente en la barra arenosa conocida como el Mogote, mientras que en este trabajo se analizaron muestras en una zona más extensa. Por otro lado, Nava-Torales (2006) describe para una especie de copépodo una variación estacional similar a la que se encontró en este estudio y en una zona costera dentro del área de estudio considerada en este

trabajo. Este autor describe una máxima abundancia en otoño, con un ligero incremento de invierno a primavera. Por su parte, Palomares-García *et al.* (2018) describen la biodiversidad de copépodos en toda la bahía de La Paz. Los resultados de la abundancia de copépodos presentados por dichos autores coinciden con lo descrito en este trabajo: mencionando que el máximo valor de abundancia de copépodos fue registrado en noviembre de 2006.

Para la variabilidad espacial de los principales grupos de zooplancton, se encontró que siete de los diez grupos principales tuvieron su mayor abundancia en la zona Ensenada. Estos fueron los copépodos, cladóceros, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas y larvas de pez. Esto podría deberse a la alta productividad primaria descrita por diversos autores para la ensenada de La Paz y que la posiciona como una de las más productivas del Golfo de California (Gilmartin y Revelante, 1978; Lechuga-Devéze *et al.*, 1986; Reyes-Salinas *et al.*, 2003). De los diez grupos, sólo los cladóceros mostraron variación significativa entre las zonas de muestreo y los copépodos fueron el grupo más abundante en cada zona de muestreo.

En la zona Arrecife se encontró la abundancia mínima de ocho de los diez grupos principales: copépodos, cladóceros gasterópodos, quetognatos, malacostráceos, zoeas, urocordados y larvas de pez. Estos resultados podrían sugerir que esta zona presenta las condiciones ambientales menos favorables para la mayoría de los principales grupos de zooplancton. Sin embargo, Matus *et al.* (2019) describen en esta zona costera una alta abundancia de por lo menos dos especies de fitoplancton durante cada estación del año. Esto podría sugerir que es una zona de alta producción primaria y por ende alta producción secundaria. Adicionalmente, Murillo-Jiménez (1987) (como se citó en de Silva-Dávila, 1997) describe una región cercana hacia el norte como una zona de surgencias, donde se podría generar una elevación de biomasa de zooplancton y además tener influencia hacia el sur de la bahía. Considerando esto, es importante hacer notar que la zona Arrecife del presente trabajo difiere de las demás zonas de muestreo al encontrarse en una región más profunda. Esta zona cuenta con una profundidad de 25-30 m, mientras que las demás zonas de muestreo cuentan con profundidades menores a 20 m; las zonas Boca y Ensenada son particularmente someras (<10 m) (Del Monte-Luna *et al.*, 2005; Granados-Guzmán y Álvarez-Borrego, 1983). Por lo tanto, es posible que haya mayor migración vertical diaria del zooplancton en la zona Arrecife al contar los organismos con mayor profundidad para migrar durante el día. Más aún, los huevos de pez no presentan migración vertical al ser

organismos flotantes y estos mostraron tener una alta abundancia en esta zona. No obstante, sería necesario analizar la misma zona en diferentes horas del día, particularmente la noche, para corroborar esto ya que, como se ha mencionado, las muestras en este trabajo fueron colectadas únicamente de día y con arrastres superficiales.

La abundancia de gasterópodos, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas y larvas de pez se observó de manera más homogénea en las tres zonas intermedias del área de estudio (Boca, Costa, Arrecife). Cabe mencionar que estos seis grupos también presentan aumentos de abundancia en periodos similares: al final de la primavera (junio) y al inicio o final del verano (julio y septiembre). La mayoría de los grupos mencionados con abundancia homogénea en estas tres zonas también mostraron relaciones similares con la TSM. Estas tres zonas de estudio se encuentran en una región intermedia, es decir fuera de la ensenada y boca del canal de navegación, pero al sur del canal de San Lorenzo que es una de las conexiones de la bahía con el Golfo de California. Por consiguiente, esta zona se encuentra influenciada por las corrientes de la ensenada de La Paz hacia el norte y del canal de San Lorenzo hacia la ensenada, según la dirección de los vientos que se presenten (Obeso-Nieblas, 2003).

Al analizar la variación espaciotemporal de la abundancia se encontró que de invierno a primavera la abundancia de copépodos fue más dominante en las zonas hacia el norte, mientras que de verano a otoño se observó esta dominancia en las zonas hacia el sur. Chiba *et al.* (2015), sugieren que el tamaño de las comunidades de copépodos está relacionado con la temperatura; explican que las especies de copépodos tienen preferencias térmicas en función de su tamaño y ubicación geográfica, pero estudios más específicos son requeridos para corroborar dicha hipótesis. Por otro lado, al observar la abundancia espaciotemporal del fitoplancton descrita por Matus-Hernández *et al.* (2019) en la bahía de La Paz, se puede ver que hay cambios similares al de los copépodos durante las cuatro estaciones del año.

La abundancia relativa de los copépodos también muestra una variabilidad estacional muy marcada en la zona Costa. Aceves-Medina *et al.* (2007) sugieren que los cambios en la composición y abundancia de los copépodos muy cercanos a esta zona están principalmente influenciados por el intercambio de agua entre la Ensenada de La Paz y las aguas de la bahía y las aguas adyacentes del Golfo de California, ya que hay un intercambio de especies de

copépodos nerítico-oceánicas y estuarinas asociado a las masas de agua. Sin embargo también menciona que la disponibilidad de alimento puede ser un factor influyente en la abundancia de otras especies de copépodos.

En el análisis del efecto de la variabilidad ambiental en la abundancia del zooplancton se observaron relaciones más marcadas entre algunos grupos de zooplancton y la TSM, el pH y la Chl-a. Los copépodos parecen mostrar preferencia por un rango de TSM cálida, mas no temperaturas extremas, mientras que los huevos de pez y cladóceros parecen mostrar una relación negativa con la TSM. Esta relación de los huevos de pez coincide con lo descrito por Pérez-Lezama (2005) para algunas especies dentro de la bahía. Sin embargo, la información sobre la producción secundaria con más detalle para la bahía de La Paz y, más aún en el área de estudio de este trabajo es relativamente escasa por lo que es difícil comparar con otros estudios. Respecto a la producción primaria en la bahía de La Paz, Reyes-Salinas *et al.* (2003) explican que se encuentra altamente relacionada a la estratificación vertical de la columna de agua y esta a su vez de la radiación solar. De esta manera, la columna de agua se encuentra más estratificada durante las temporadas de verano a otoño y por ende existe menor productividad primaria en la bahía. Esto podría explicar el cambio en la dominancia de los copépodos en las zonas más al norte durante estas temporadas, ya que la producción primaria en la boca del canal de navegación y la ensenada de La Paz está principalmente influenciada por los cambios de mareas y no la estratificación del agua (Barreiro-Güemes *et al.*, 1993).

Para los parámetros de salinidad y concentración de OD no se observó una relación clara con la abundancia de los principales grupos de zooplancton. Sin embargo, esto coincide con lo reportado por Matus-Hernández *et al.* (2019) para la abundancia de fitoplancton al utilizar también datos ambientales derivados de imágenes Landsat 8, ya que indican que estas dos variables fueron las de menor importancia para explicar la variabilidad del fitoplancton dentro de la bahía de La Paz.

Las preferencias ambientales podrían servir como bioindicadores para zonas de importancia ecológica como las zonas de manglar dentro de la ensenada de La Paz o Playa Balandra (Mendoza-Salgado *et al.*, 2011), la boca del canal de navegación donde el zooplancton tiene importancia como aporte nutricional para el tiburón ballena (Suárez-Ybarra, 2020), la zona

Arrecife en Isla Gaviota donde ya se ha estudiado el efecto de la TSM en el ciclo reproductivo de corales (Campos-Vázquez, 2014; Mora-Pérez, 2005) o la zona Costa que conecta las dos zonas anteriores.

Adicionalmente, algunos de los grupos principales de zooplancton analizados en este estudio son de mayor importancia para la red trófica de la bahía. Maciel-Zapata (2017) sugiere que la eliminación dirigida de grupos zooplanctónicos como gasterópodos, poliquetos, crustáceos, bivalvos y peneoideos podría tener algún efecto sobre la estructura de la red ya que son los grupos con más conexiones.

Este trabajo es una primera aproximación a la identificación de las preferencias ambientales de los principales grupos de zooplancton presentes en la bahía de La Paz y se espera sea la base para futuros trabajos necesarios y más específicos que ayuden a entender un poco más el funcionamiento de este tipo de sistemas.

## 9. CONCLUSIONES

Se observó una variación espaciotemporal marcada de los principales grupos de zooplancton presentes en la bahía de La Paz. Los copépodos, cladóceros y urocordados fueron los grupos con mayor abundancia en otoño e invierno. Los huevos de peces también presentan abundancia alta en otoño pero su abundancia máxima la presenta en primavera. Por su parte los gasterópodos, quetognatos y larvas de peces presentan una mayor abundancia durante la primavera y el verano.

En la ensenada de La Paz se encontró la abundancia máxima de la mayoría de los principales grupos de zooplancton (i.e. copépodos, cladóceros, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas y larvas de pez), mientras que en la zona Arrecife la mayoría de estos grupos tuvieron su mínima abundancia (i.e. copépodos, cladóceros, gasterópodos, quetognatos, malacostráceos, zoeas, urocordados y larvas de pez). Por otro lado, los gasterópodos, quetognatos, huevos de pez, malacostráceos, zoeas y larvas de pez tuvieron abundancias más homogéneas entre las zonas Boca, Costa y Arrecife.

Especialmente los copépodos muestran una dominancia en la parte norte del área de estudio durante los meses de invierno y primavera, mientras que en el verano y otoño dominan la parte sur del área de estudio (principalmente en la ensenada). La parte más al norte del área de estudio es dominada por gasterópodos durante el verano, mientras que durante el otoño es dominada por zoeas y huevos de pez. Durante el invierno la ensenada es dominada por cladóceros, mientras que en la primavera la abundancia de malacostráceos, zoeas y quetognatos es mayor esta zona.

Al analizar el efecto de la variabilidad ambiental en la abundancia de los principales grupos de zooplancton, la TSM tuvo mayor relación con la abundancia de los copépodos y huevos de pez: los copépodos muestran mayor preferencia por un rango de temperatura cálida, mientras que los huevos de pez muestran una relación negativa con la TSM. Con el pH se observó una relación más marcada con los copépodos y bivalvos. Por otro lado, los copépodos, huevos de pez y larvas de pez mostraron tener una relación cercana con la Chl-a. Para la salinidad y concentración de OD no se observó una relación clara con la abundancia de los principales grupos de zooplancton.

## 10. LITERATURA CITADA

- Aceves-Medina, G., Esqueda-Escárcega, G. M., Pacheco-Chávez, R., Zárate-Villafranco, A., Hernández-Alonso, J. R. y Hernández-Trujillo, S. (2007). Cambios diarios en la composición y abundancia de copépodos planctónicos al sur de Bahía de La Paz (Octubre 2002). *Hidrobiológica*, 17(2): 185-188. Disponible en: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/990> [consulta: 23 agosto 2021]
- Albaina, A. e Irigoien, X. (2007). Fine scale zooplankton distribution in the Bay of Biscay in spring 2004. *Journal of Plankton Research*, 29(10): 851-870. doi: 10.1093/plankt/fbm064
- Aviña-Hernández, R.J. (2018). Estimación de parámetros ambientales a partir de imágenes Landsat 8 y mediciones in situ, en Bahía de La Paz, BCS. *Tesis de maestría*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz.
- Barreiro-Güemes, M. T., Bustillos-Guzmán, J. y Lechuga-Déveze, C. (1993). Variabilidad diurna de la producción primaria en la boca de la Ensenada de La Paz, B.C.S. *Hidrobiológica*, 3(1-2): 17-27.
- Bergamino, N., Horion, S., Stenuite, S., Cornet, Y., Loiselle, S., Plisnier, P-D. y Descy, J-P. (2010). Spatio-temporal dynamics of phytoplankton and primary production in Lake Tanganyika using MODIS base bio-optical time series. *Remote Sensing Environment*, 114(4): 772-780. doi: 10.1016/j.rse.2009.11.013
- Bonanse, M., Rodríguez, M. C., Pinotti, L. y Ferrero, S. (2015). Using multi-temporal Landsat imagery and linear mixed models for assessing water quality parameters in Río Tercero reservoir (Argentina). *Remote Sensing of Environment*, 158(1): 28-41. doi: 10.1016/j.rse.2014.10.032
- Bresciani, M., Cazzaniga, I., Austoni, M., Sforzi, T., Buzzi, F., Morabito, G., y Giardino C. (2018). Mapping phytoplankton blooms in deep subalpine lakes from Sentinel-2A and Landsat-8. *Hydrobiologia*, 824(1): 197-214. doi: 10.1007/s10750-017-3462-2
- Brando, V., Dekker, A., Marks, A., Qin, Y y Oubelkheir, K. (2006). Chlorophyll and suspended sediment assessment in a macrotidal tropical estuary adjacent to the Great Barrier Reef: spatial and temporal assessment using remote sensing. *QLD: CRC for Coastal Zone, Estuary & Waterway Management*. Disponible en: <http://hdl.handle.net/102.100.100/130566?index=1> [consulta: 25 agosto 2021].
- Campos-Vázquez, R. A. (2014). Ciclo reproductivo de los corales *Pocillopora verrucosa* (Ellis y Solander, 1786) y *Pocillopora meandrina* (Dana, 1846) en Isla Gaviota, Bahía de La Paz, México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Cervantes-Duarte, R., Verdugo-Díaz, G. y Váldez-Holguín, J. E. Modelo estacional de producción primaria mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 15(1): 79-87.
- Chiba, S., Batten, S. D., Yoshiki, T., Sasaki, Y., Sasaoka, K., Sugisaki, H. y Ichikawa, T. (2015). Temperature and zooplankton size structure: climate control and basin-scale comparison in the North Pacific. *Ecology and Evolution*, 5(4): 968-978. doi: 10.1002/ece3.1408
- Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M. A., Salas-de León, D. A. y Durán-Campos, E. (2020). Zooplankton abundance during summer in the Bay of La Paz (southwestern Gulf of California, Mexico). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(5): 749-805. doi: 10.3856/vol48-issue5-fulltext-2515

- Cullen, J. J. (1985). Diel vertical migration by dinoflagellates: roles of carbohydrate metabolism and behavioral flexibility. *Contr. Mar. Sci.*, 27: 135-152. Disponible en: [http://www.cmep.ca/jcullen/publications/1985/Cullen\\_1985\\_Migration.pdf](http://www.cmep.ca/jcullen/publications/1985/Cullen_1985_Migration.pdf) [consulta: 28 agosto 2021].
- Dam, H. G. y Baumann, H. (2017). Climate Change, Zooplankton and Fisheries. En: *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*. John Wiley & Sons Ltd., New Jersey.
- De los Rios-Escalante, P., Contreras, A., Lara, G., Latsague, M. y Esse, C. (2020). First reports of associations between spectral properties, chlorophyll, bacterial and zooplankton in two Chilean north Patagonian lakes (Villarrica and Caburgua, 38° S, Araucania region, Chile). *Journal of King Saud University – Science*, 32(7): 3167-3173. doi: 10.1016/j.jksus.2020.09.003
- de Silva-Dávila, R. (1997). Abundancia y distribución de los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Del Monte-Luna, P., Arreguín-Sánchez, F., Godínez-Orta, L. y López-Ferreira, C. A. (2005). Batimetría actualizada de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *CICIMAR Oceanides*, 20(2): 75-77. Disponible en: <https://oceanides.ipn.mx/index.php/cicimaroceanides/article/view/23/18> [consulta: 27 agosto 2021].
- Ezz, S. M. A., Heneash, A. M. M. y Gharib, S. M. (2014). Variability of spatial and temporal distribution of zooplankton communities at Matrouh beaches, south-eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40: 283-290. doi: 10.1016/j.ejar.2014.10.002
- Gasca, R. y Castellanos, I. (1993). Zooplankton en la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Revista de Biología Tropical*, 41(3): 619-625.
- Gilmartin, M. y Revelante, N. (1978). The Phytoplankton Characteristics of the Barrier Island Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 7(1): 29-47. doi: 10.1016/0302-3524(78)90055-5
- González-Acosta, A. F. (1998). Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Goswami, S. C. (2004). *Zooplankton Methodology, Collection and Identification – a field manual*. 1a ed. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa.
- Granados-Guzmán, A. y S. Álvarez-Borrego. (1983). Variabilidad de temperatura en la Ensenada de La Paz, B. C. S. *Ciencias Marinas*, 9(2): 133-141. doi: 10.7773/cm.v9i2.419
- Guo, Q., Wu, X., Bing, Q., Pan, Y., Wang, Z., Fu, Y., Wang, D. y Liu, J. (2016). Study on Retrieval of Chlorophyll-a Concentration Based on Landsat OLI Imagery in the Haihe River, China. *Sustainability*, 8(8): 758. doi: 10.3390/su8080758
- Hays, G. C., Kennedy, H. y Frost, B. W. (2001). Individual variability in diel vertical migration of marine copepod: Why some individuals remain at depth when others migrate. *Limnol. Oceanogr.*, 46(8): 2050-2054. doi: 10.4319/lo.2001.46.8.2050
- Hernández-Trujillo, S., Esqueda-Escárcega, G. y Palomares-García, R. (2010). Variabilidad de la abundancia de zooplankton en Bahía Magdalena Baja California Sur, México (1997-2001). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(3): 438-446. doi: 10.3856/vol38-issue3-fulltext-8
- Hinojosa-Medina, A. (2004). Bahía de La Paz: Hábitat de desove de peces de la familia Clupeidae. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.

- Hirche, H. J. (1987). Temperature and plankton. *Marine Biology*, 94(3): 347-356. doi: 10.1007/BF00428240
- Ho, J. C., Stumpf, R. P., Bridgerman, T. B. y Michalak, A. M. (2017). Using Landsat to extend the historical record of lacustrine phytoplankton blooms: A Lake Erie case study. *Remote Sensing of Environment*, 191: 273-285. doi: 10.1016/j.rse.2016.12.013
- Jiménez-Pérez, L. C. (1989). Variación temporal del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 15(3): 81-96. doi: 10.7773/cm.v15i3.648
- Jiménez-Pérez, L. C. y Lara-Lara, J. R. (1990). Distribución de biomasa y estructura de la comunidad del zooplancton en el Estero de Punta Banda. *Ciencias Marinas*, 16(1): 35-48. doi: 10.7773/cm.v16i1.683
- Joint, I. y Groom, S. B. (2000). Estimation of phytoplankton production from space: current status and future potential of satellite remote sensing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250(1-2): 233-255. doi: 10.1016/S0022-0981(00)00199-4
- Lavaniegos, B. E. (2014). Crustáceos planctónicos como indicadores de variabilidad climática y corrientes marinas. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur)/Instituto Nacional de Ecología Climático (INECC), San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, pp. 147-170.-
- Lechuga-Devéze, C., García-Pámanes, J. y Bustillos-Guzmán, J. (1986). Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California. Turbiedad y clorofila a. *Ciencias Marinas*, 12(1): 19-31. doi: 10.7773/cm.v12i1.487
- López-Cortés, D. J. Lavaniegos-Espejo, B., García-Pámanes, J. y Hernández-Sandoval, F. (1999). Composición química del zooplancton de la región central del Golfo de California durante el periodo marzo/abril de 1995. *Hidrobiológica*, 9(1): 53-62.
- Maciel-Zapata, S. R. (2017). Estructura topológica de la trama alimentaria de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Martínez, E., Antoine, D., D'Ortenzio, F., y Gentili, B. (2009). Climate-Driven Basin-Scale Decadal Oscillations of Oceanic Phytoplankton. *Science*, 326(5957): 1253-1256. doi: 10.1126/science.1177012
- Matus-Hernández, M. A., Martínez-Rincón, R. O., Aviña-Hernández, R. J. y Hernández-Saavedra, N. Y. (2019). Landsat-derived environmental factors to describe hábitat preferences and spatiotemporal distribution of phytoplankton. *Ecological Modelling*, 408. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2019.108759
- Mendoza-Salgado, R. A., Lechuga-Devéze, C. H., Amador, E. y Pedrín-Avilés, S. La calidad ambiental de manglares de B.C.S. En: *Los Manglares de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 9-26.
- Miller, C. B. y Wheeler, P. A. (2012). *Biological Oceanography*. 2a ed. John Wiley & Sons, Ltd., New Jersey.
- Mora-Pérez, M. G. (2005). Biología reproductiva del coral *Porites panamensis* Verrill 1866 (Anthozoa: Scleractinia), en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz
- Murillo-Jiménez, J. (1987). Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro paleontológico (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Tesis de Licenciatura*. U.A.B.C.S., La Paz.
- Murillo, M. M. (1973). Migración vertical de los decápodos pelágicos *Pasiphae chacei* Yaldwyn y *Parapasiphae sulcatifrons* Smith en aguas oceánicas frente a Baja California, México. *Rev. Biol.*

- Trop.*, 21(1): 127-137. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/27335> [consulta: 29 agosto 2021].
- Murti-Pratiwi, N. T., Ardhitio, Wulandari, D. Y. y Iswantari, A. (2016). Horizontal distribution of zooplankton in Tangerang Coastal Waters, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 470-477. doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.099
- NASA Goddard Space Flight Center. (s.f.). *OceanColor Web*. Disponible en: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov> [consulta: 25 agosto 2021].
- Nava-Sánchez, E. H. y R. Cruz-Orozco. (1989). Origen y Evolución geomorfológica de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 4(1): 49-58.
- Nava-Torales, A. (2006). Depredación selectiva de *Centropages furcatus* (Copepoda: Calanoida) en Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Obeso-Nieblas, M. (2003). Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Tesis de doctorado*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Obeso-Nieblas, M., Shirasago-Germán, B., Gaviño-Rodríguez, J. H., Obeso-Huerta, H., Pérez-Lezama, E. L. y Jiménez-Illescas, A. R. (2007). Hidrografía en la Boca Norte de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 33(3): 281-291. doi: 10.7773/cm.v33i3.1170
- Obeso-Nieblas, M., Shirasago-Germán, B., Gaviño-Rodríguez, J., Pérez-Lezama, E., Obeso-Huerta, H. y Jiménez-Illescas, A. (2008). Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3): 559-567. doi: 10.4067/S0718-19572008000300015
- Ocampo-Torres, A.I. y Cadena-Ramírez, J.L. (2021). *Reporte de actividades realizadas para el Proyecto Estero de Punta Banda, Ensenada, B.C., México 2014. Informe técnico CICESE No. 26878, Serie Embarcaciones Oceanográficas, 13 pp.* Disponible en: [http://deo.cicese.mx/Docs/DEO/InfTec/2021/it\\_ocampo\\_cadena\\_2021.pdf](http://deo.cicese.mx/Docs/DEO/InfTec/2021/it_ocampo_cadena_2021.pdf) [consulta: 25 agosto 2021].
- O'Reilly, J. E., Maritorena, S., Mitchell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., Kahru, M. y McClain, C. (1998). Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research*, 103(C11): 24937-24953. doi: 10.1029/98JC02160
- Palomares-García, J. R., Hernández-Trujillo, S., Esqueda-Escárcega, G. M. y Pérez-Morales, A. (2018). La biodiversidad de copépodos en la bahía de La Paz, Golfo de California. En: *Estudios recientes en el océano Pacífico mexicano*. Universidad de Colima, Colima.
- Pantaleón-López, B., Aceves, G. y Castellanos-Osorio, I. A. (2005). Distribución y abundancia del zooplancton del complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76: 63-70. doi: 10.22201/ib.20078706e.2005.001.351
- Pérez-Lezama, E. L. (2005). Análisis de la relación entre la hidrografía y el ictioplancton superficial de la Bahía de La Paz, B.C.S., México (2001-2002). *Tesis de maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
- Reyes-Salinas, A., Cervantes-Duarte, R., Morales-Pérez, R. A. y Valdez-Holguín, J. E. (2003). Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*, 13(2): 103-110. Disponible en: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1102> [consulta: 25 agosto 2021].
- Richardson, A. y Schoeman, D. S. (2004). Climate Impact on Plankton Ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, 305(5690): 1609-1612. doi: 10.1126/science.1100958

- Speirs, D. C., Gurney, W. S. C., Heath, M. R., Horbelt, W., Wood, S. N. y de Cuevas, B. A. (2006). Ocean-scale modelling of the distribution, abundance and seasonal dynamics of the copepod *Calanus finmarchicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 313: 173-192. doi: 10.3354/meps313173
- Suárez-Ybarra, A. (2020). Aporte nutricional del zooplancton al tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Svedrup, H. U., Johnson, M. W., y Fleming, R. H. (1942). *The Oceans Their Physics, Chemistry, and General Biology*. 1a ed. Prentice-Hall, Inc., Nueva York.
- Thangaradjou, T., Vijayabaskara-Sethubathi, G., Raja, S., Poornima, D., Shanthi, R., Balasubramanian, T., Babu, K. N., Shukla, A. K. (2012). Influence of environmental variables on phytoplankton floristic pattern along the shallow coasts of southwest Bay of Bengal. *Algal Research*, 1(2): 143-154. doi: 10.1016/j.algal.2012.07.005
- Tremblay, N. (2008). Variación estacional de los indicadores de estrés oxidativo asociada a la migración vertical de los eufáusidos subtropicales del Golfo de California. *Tesis de Maestría*. IPN-CICIMAR, La Paz.
- Varghese, M., Thomas, V .J, y Susan, V. (2015). *Collection and estimation of zooplankton*. Tomado de Central Marine Fisheries Research Institute. Disponible en: <http://eprints.cmfri.org.in/10410/> [consulta: 25 agosto 2021].
- Wang, D., Lu, J., Chen, P. y Ma, Y. (2014). Community characteristics and of zooplankton in Qinzhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 34: 141-147. doi: 10.1016/j.chnaes.2014.03.002
- Williamson, C. E., Sanders, R. W., Moeller, R. E. y Stutzman, L. (1996). Utilization of subsurface food resources for zooplankton reproduction: Implications for diel vertical migration theory. *Limnol. Oceanogr.*, 41(2): 224-233. doi: 10.4319/lo.1996.41.2.0224
- Whitehead, D. A., Jakes-Cota, U., Galván-Magaña, F., Pancaldi, F. y González-Armas, R. (2020). Composition and abundance of macro zooplankton in the coastal waters of the El Mogote Sandbar. *Hidrobiológica*, 30(1): 21-27. doi: 10.24275/UAM/IZT/DCBS/HIDRO/2020V30N1/WHITEHEAD
- Yoshino-Watanabe, F. S., Alcántara, E., Pequeno-Rodrigues, T. W., Nobuhiro-Imai, N., Faria-Barbosa, C. C., y da Silva-Rotta, L. H. (2015). Estimation of Chlorophyll-a Concentration and the Trophic State of the Barra Bonita Hydroelectric Reservoir Using OLI/Landsat-8 Images. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12(9): 10391-10417. doi: 10.3390/ijerph120910391
- Zakaria, H. Y., El-Kafrawy, S. B. y El-Naggar, H. A. (2019). Remote Sensing Technique for Assessment of Zooplankton Community in Lake Mariout, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23(3): 599-609. doi: 10.21608/EJABF.2019.57142
- Ziadi, B., Dhib, A., Turki, S. y Aleya, L. (2015). Factors driving the seasonal distribution of zooplankton in a eutrophicated Mediterranean Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1-2): 224-233. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.06.012

## 11. ANEXOS

**Tabla A1.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Ensenada / CIBNOR durante el año 2017. P = presencia.

Grupo	Ensenada / CIBNOR											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Anélidos	1		3		0	0	0	0	0	0	0	0
Anfípodos	1		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvos	0		3		0	4	21	0	0	0	0	0
Braquiópodos	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Cefalocordados	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Cheilostomata	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Cirrípedos	0		27		0	0	0	0	0	0	0	0
Cladóceros	186		1440		33	131	21	0	1	0	21	195
Cnidarios	1		3		1	6	1	2	3	0	0	0
Copépodos	265		312		106	74	309	11	1450	576	1067	488
Equinodermos (larvas)	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Esponjas	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Foronídeos	0		1		0	0	0	0	0	0	0	0
Gasterópodos	6		69		92	206	2	0	3	0	0	0
Huevos de pez	2		150		57	19	60	3	39	54	12	22
Larvas de pez	0		6		3	22	3	0	1	1	0	0
Malacostráceos	3		46		43	706	2	2	53	30	5	5
Ostrácodos	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Platelmintos	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0
Quetognatos	0		21		30	308	6	26	549	3	19	5
Sifonóforos	P		P									
Urocordados	0		42		0	0	10	0	4	0	6	5
Zoeas	3		45		20	374	2	4	25	15	15	29

**Tabla A2.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Boca / Kiosco durante el año 2017. P = presencia.

Grupo	Boca / Kiosco											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Anélidos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
Anfípodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bivalvos	1	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Braquiópodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cefalocordados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheilostomata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cirrípedos	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladóceros	34	18	62	449	54	156	48	0	0	29	284	140
Cnidarios	6	2	2	1	2	0	0	0	1	4	4	5
Copépodos	100	271	505	352	60	255	341	14	67	1251	484	392
Equinodermos (larvas)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Esponjas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Foronídeos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gasterópodos	1	9	31	38	39	334	24	1	11	6	0	0
Huevos de pez	9	22	45	59	30	119	60	15	18	15	21	12
Larvas de pez	0	0	1	1	1	2	2	0	1	2	1	1
Malacostráceos	4	3	16	8	19	11	1	0	2	26	4	8
Ostrácodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Platelmintos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quetognatos	9	14	6	2	5	47	4	3	124	18	2	33
Sifonóforos	P	P	P	P								
Urocordados	11	25	26	7	0	0	14	1	12	36	62	24
Zoeas	10	3	20	61	6	13	3	0	24	29	1	7

**Tabla A3.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Costa / Punta Prieta durante el año 2017. P = presencia.

Grupo	Costa / Punta Prieta											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Anélidos	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	
Anfípodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bivalvos	0	0	4	14	0	6	33	0	1	0	0	
Braquiópodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cefalocordados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cheilostomata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cirrípedos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Cladóceros	5	8	62	2	9	22	34	0	0	0	31	
Cnidarios	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	
Copépodos	60	102	593	749	278	55	218	239	188	45	509	
Equinodermos (larvas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Esponjas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Foronídeos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gasterópodos	21	5	45	91	15	176	0	0	86	2	2	
Huevos de pez	24	11	30	29	64	93	47	3	5	7	5	
Larvas de pez	1	0	1	3	1	0	2	0	1	1	2	
Malacostráceos	97	85	17	3	1	2	3	21	4	9	9	
Ostrácodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Platelmintos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quetognatos	63	53	40	5	2	7	5	8	28	12	13	
Sifonóforos	P	P		P					P			
Urocordados	2	12	4	5	1	0	25	0	4	6	17	
Zoeas	17	39	85	4	1	1	7	2	15	70	39	

**Tabla A4.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Arrecife / Gaviota durante el año 2017. P = presencia.

Grupo	Arrecife / Gaviota											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Anélidos	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
Anfípodos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bivalvos	1	0	1	2	0	0	41	0	0	0	8	
Braquiópodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cefalocordados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cheilostomata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cirrípedos	3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
Cladóceros	2	24	59	2	0	3	3	0	0	1	0	
Cnidarios	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
Copépodos	91	147	569	466	33	181	185	25	9	9	32	
Equinodermos (larvas)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Esponjas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Foronídeos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gasterópodos	2	1	13	25	1	78	4	12	9	1	2	
Huevos de pez	27	19	31	13	4	50	19	1	7	9	211	
Larvas de pez	0	0	0	10	0	0	1	0	0	0	1	
Malacostráceos	5	7	10	5	0	1	0	1	4	2	2	
Ostrácodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Platelmintos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quetognatos	12	53	84	14	0	12	1	6	1	5	2	
Sifonóforos	P	P		P								
Urocordados	3	9	6	1	2	4	9	0	0	6	8	
Zoeas	1	2	17	25	0	34	1	13	35	4	26	

**Tabla A5.** Abundancia (ind/m<sup>3</sup>) mensual de los grupos de zooplancton para la zona Manglar / Balandra durante el año 2017. P = presencia.

Grupo	Manglar / Balandra											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Anélidos	1	1	0		0		1	0	1	0	1	
Anfípodos	0	2	0		0		0	0	0	0	0	
Bivalvos	0	0	1		0		16	0	1	1	1	
Braquiópodos	0	0	0		0		0	0	0	0	0	
Cefalocordados	0	0	0		0		0	0	0	0	0	
Cheilostomata	3	0	0		0		0	0	0	0	0	
Cirrípedos	0	6	1		0		2	0	0	0	0	
Cladóceros	50	26	30		0		109	0	0	0	1	
Cnidarios	6	2	1		0		3	0	0	0	1	
Copépodos	301	361	584		36		0	94	313	99	40	
Equinodermos (larvas)	5	1	0		0		1	0	0	0	0	
Esponjas	0	0	0		0		0	0	0	0	0	
Foronídeos	0	0	0		0		0	0	0	0	0	
Gasterópodos	3	7	2		0		15	0	1241	3	1	
Huevos de pez	30	42	19		3		36	6	7	1	42	
Larvas de pez	0	0	0		2		29	1	1	0	0	
Malacostráceos	6	128	25		1		148	13	2	0	1	
Ostrácodos	0	0	0		0		0	0	0	1	0	
Platelmintos	0	0	0		0		0	0	0	0	0	
Quetognatos	42	49	5		1		44	3	9	14	7	
Sifonóforos		P										
Urocordados	18	24	11		0		42	1	0	2	11	
Zoeas	3	12	4		1		52	5	53	19	191	