

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA Y LIMNOLOGÍA

Composición y Abundancia del Zooplancton en la entrada Pacífica del Canal de
Panamá.

Por:

Luz Michelle Cedeño Flores y Nicole Lucia Martínez Cedeño

Trabajo de graduación presentado a consideración de
la Escuela de Biología como requisito parcial para
optar por el título de licenciado en Biología con
Orientación en Biología Marina y Limnología.

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
NOVIEMBRE 2025

DEDICATORIO

Luz Michelle Cedeño Flores
(*Tesista*)

Dedico esta tesis con todo mi amor, cariño y gratitud a mi familia (mamá, papá y hermano) por acompañarme en cada paso de este proceso y por su apoyo constante en todo factor existente, gracias por ser parte de esta fase en mi vida y guiarme hasta este punto, sin ustedes no hubiese sido posible, los amo mucho. A Luz del pasado, por esforzarse mucho estudiando todos estos años, hoy eso que tanto luchamos está siendo una realidad.

A Nicole, por ser una parte importante en el desarrollo de esta investigación, fuimos un buen equipo y por supuesto a mis profesores, quienes con sus enseñanzas me motivaron a seguir adelante. También a todas aquellas personas que, de una forma u otra, dejaron una huella en este camino.

Dedicatoria

Nicole Lucia Martínez Cedeño.
(*Tesista*)

A mi mamá, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por ser mi mayor ejemplo de fortaleza.

A mis hermanos, por su compañía y ánimo constante, y a mis sobrinos, quienes con su alegría me impulsan a seguir adelante.

A mi papá, que, aunque ya no está conmigo físicamente, vive en mi corazón. Gracias por la crianza que junto a mamá me dieron, base firme de lo que hoy soy.

A la profesora Sofía Osorio, quien en la secundaria sembró en mí el amor por la biología. Si no hubiera sido por su pasión y guía, quizás hoy no estaría en este camino que tanto me llena.

A todos los profesores que, con entrega y vocación, nos acompañaron durante este proceso. Gracias por enseñarnos con amor, por alentarnos siempre, y por ser, durante el camino de esta tesis, un segundo hogar.

A mi compañera y amiga de tesis, Luz, por compartir conmigo cada paso de este desafío, por la paciencia, las risas y el apoyo mutuo que hizo todo más llevadero.

A todos ustedes, gracias desde el corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos culminar con éxito nuestros estudios y nuestro trabajo de graduación. Expresamos nuestro más sincero reconocimiento a nuestros asesores, los profesores Manuel Grimaldo, Edgardo Muñoz y Ediniel Trejos, por guiarnos con su conocimiento y ser el pilar fundamental en la elaboración de nuestra tesis.

Extendemos nuestro agradecimiento al Centro de Ciencias del Mar y Limnología, por brindarnos un espacio en sus instalaciones para el procesamiento de nuestra investigación. De igual manera, agradecemos al profesor Edilberto Aguilar, director del CCML, por su respaldo y apoyo constante durante el desarrollo de nuestro proyecto.

A la profesora María Pérez, quien, aun después de haber dejado su labor como docente, nos brindó su colaboración y ayuda incondicional en todo momento. A Kevin Guardado, por su valiosa cooperación en diversas actividades a lo largo del proyecto. Al señor Reinaldo Sanjur, por facilitarnos su servicio de transporte marítimo, lo que contribuyó significativamente al desarrollo de nuestra investigación.

Finalmente, expresamos nuestro más profundo agradecimiento a todos nuestros profesores a lo largo de nuestra formación académica. Su dedicación, esfuerzo y conocimiento fueron fundamentales en nuestro crecimiento como biólogos.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTO | iv |
| RESUMEN | ix |
| CAPÍTULO I | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Generalidades. | 2 |
| 1.2 Importancia ecológica del zooplancton. | 4 |
| 1.3 Canal de Panamá como ambiente de transición. | 5 |
| I.4 Introducción | 6 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 7 |
| 3. OBJETIVOS | 7 |
| Objetivo General | 7 |
| Objetivos específicos | 7 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 9 |
| Descripción del Área de estudio | 9 |
| SITIOS DE COLECTA | 9 |
| METODOLOGÍA DE CAMPO | 11 |
| Parámetros fisicoquímicos. | 11 |
| METODOLOGÍA DE LABORATORIO | 11 |
| ANÁLISIS DE DATOS | 12 |
| CAPÍTULO III | 14 |
| III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 15 |
| 3.1 Estructura ambiental del área de estudio. | 16 |
| 3.2 Condición fisicoquímica promedio del agua. | 18 |
| 3.2.1 Variabilidad Física espaciotemporal. | 20 |
| 3.2.2 Variables químicas. | 22 |
| 3.3 Interacciones entre variables fisicoquímicas. | 28 |
| 3.4 Composición taxonómica y abundancia del zooplancton. | 36 |
| 3.5 Distribución espacial y temporal del zooplancton. | 42 |

| | |
|--|----|
| 3.6 Diversidad temporal y distribución estacional de especies zooplanctónicas. | 44 |
| 3.7 Diversidad ecológica y estructura comunitaria. | 48 |
| 3.8 Distribución espacial y estructura comunitaria por estaciones. | 50 |
| 3.9 Correlación entre salinidad y abundancia. | 56 |
| 3.10 Especies indicadoras de medios marinos de salinidad variable. | 58 |
| 3.10.1 Distribución y abundancia espacial del género <i>Corycaeus</i> | 59 |
| 3.10.4 <i>Pomacea sp</i> y su relación con la salinidad. | 63 |
| 3.11 Meroplancton. | 67 |
| 3.11.1 Distribución espacial y temporal de Juveniles de Bivalvos. | 70 |
| 3.11.2 Distribución, abundancia temporal y espacial de Crustáceos (<i>Cirrípedos</i> , <i>Balanus sp</i>). | 72 |
| 3.11.4 Distribución, abundancia temporal y espacial de larvas pluteus (<i>Equinoideos</i>). | 74 |
| 3.11.5 Distribución, abundancia temporal y espacial de larvas y juveniles de Anélidos poliquetos. | 75 |
| CAPÍTULO IV. | 76 |
| IV. CONCLUSIONES. | 79 |
| CAPÍTULO V. | 81 |
| V. RECOMENDACIONES. | 82 |
| CAPÍTULO VI. | 83 |
| VI. REFERENCIAS. | 84 |
| ANEXO. | 90 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 4. Área de estudio en la entrada Pacífica del Canal de Panamá. | 9 |
| Figura 17. Correlación entre salinidad y pH | 28 |
| Figura 18. Correlación entre salinidad y oxígeno disuelto | 30 |
| Figura 19. Correlación entre salinidad y temperatura | 31 |
| Figura 20. Correlación entre temperatura y pH | 32 |
| Figura 21. Correlación entre temperatura y oxígeno disuelto | 33 |
| Figura 22. Correlación entre oxígeno disuelto y pH | 34 |
| Figura 274. Relación depredadora–presa entre quetognatos y copépodos | 44 |
| Figura 275. Distribución espacial de la abundancia del género <i>Corycaeus</i> | 61 |
| Figura 276. Relación entre la salinidad y la abundancia de <i>Corycaeus latus</i> | 63 |
| Figura 277. Relación entre la salinidad y la abundancia de <i>Pomacea</i> sp. | 65 |

Figuras del Anexo

| | |
|---|----|
| Figura 1. Puerto La Boca, Ciudad de Panamá | 90 |
| Figura 2. Nicole Martínez (tesista) | 90 |
| Figura 3. Equipo de colecta | 90 |
| Figura 5. Estación 1 – El Peñón de San José | 90 |
| Figura 6. Estación 2 – Frente a Isla Naos | 90 |
| Figura 7. Estación 3 – Calzada de Amador | 90 |
| Figura 8. Estación 4 – Puente de las Américas | 91 |
| Figura 9. Estación 5 – Cercanías de la esclusa de Cocolí | 91 |
| Figura 10. Técnica de muestreo con red de plancton | 91 |
| Figura 11. Red de plancton de 75 micras | 91 |
| Figura 12. Levantamiento de red | 91 |
| Figura 13. Recolección de muestra de plancton | 91 |
| Figura 14. Anotación de coordenadas | 92 |
| Figura 15. Asesor y colaborador | 92 |
| Figura 16. Colaboradores de muestreo | 92 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-------|
| Cuadro 1. Valores promedios de parámetros ambientales (agosto 2024–marzo 2025) | 18 |
| Cuadro 2. Temperatura mensual por estación y promedios estacionales | 20 |
| Cuadro 4. Variación mensual de la salinidad (ups) | 22 |
| Cuadro 8. Comparación del pH por estaciones | 25 |
| Cuadro 10. Oxígeno disuelto (mg O ₂) | 26 |
| Cuadro 12. Composición general zooplanctónica | 36–40 |
| Cuadro 13. Abundancia mensual según orden | 43 |
| Cuadro 14. Frecuencia y promedio de abundancia mensual | 45–48 |
| Cuadro 17. Índices de diversidad, riqueza y abundancia mensual | 49 |
| Cuadro 18. Abundancia y distribución por género según estación | 52–53 |
| Cuadro 19. Índice de diversidad por estación | 55 |
| Cuadro 23. Riqueza de géneros por mes y estación | 57 |
| Cuadro 24. Variación de la correlación entre salinidad y abundancia | 58 |
| Cuadro 25. Promedio de abundancia estacional del género <i>Corycaeus</i> | 61 |
| Cuadro 27. Relación entre salinidad (ups) y presencia de <i>Corycaeus latus</i> | 63 |
| Cuadro 28a. Relación entre <i>Pomacea</i> sp. y la salinidad | 65 |
| Cuadro 28b. Abundancia mensual de <i>Pomacea</i> sp. | 66 |
| Cuadro 29. Abundancia temporal y espacial de <i>Pomacea</i> sp. | 67 |
| Cuadro 31. Abundancia mensual de huevos, larvas y juveniles de peces | 70 |
| Cuadro 32. Distribución temporal y espacial de juveniles de bivalvos | 72 |
| Cuadro 33. Distribución temporal y espacial de cirrípedos (<i>Balanus</i> sp.) | 74 |
| Cuadro 34. Abundancia temporal y espacial de larvas pluteus | 76 |
| Cuadro 35. Abundancia temporal y espacial de poliquetos | 77 |

Cuadros del Anexo (Análisis estadísticos)

| | |
|--|-----|
| Cuadro 3. Análisis estadístico de temperatura | 92 |
| Cuadro 5. ANOVA de una vía para salinidad | 93 |
| Cuadro 6. Prueba de Kruskal–Wallis | 93 |
| Cuadro 7. Prueba de Dunn (post hoc) | 93 |
| Cuadro 9. Análisis estadístico de pH | 94 |
| Cuadro 11. Análisis estadístico de oxígeno disuelto | 94 |
| Cuadro 15. ANOVA comparativa entre especies | 162 |
| Cuadro 16. Prueba Dunn’s post hoc | 162 |
| Cuadro 20. Prueba Shapiro–Wilk | 162 |
| Cuadro 21. Prueba Kruskal–Wallis | 163 |
| Cuadro 22. Dunn’s post hoc | 163 |
| Cuadro 26. Análisis estadístico de abundancia de <i>Corycaeus</i> | 163 |
| Cuadro 30. Análisis estadístico de abundancia de <i>Pomacea</i> sp. | 162 |

RESUMEN

Se evaluó la estructura zooplanctónica en un sistema costero mixohalino del Pacífico panameño, comprendido entre la esclusa de Cocolí y el peñón de San José en cinco estaciones, influenciadas por los aportes de agua dulce provenientes del Canal y marinos por efectos mareales restringidos por la Calzada de Amador. Durante nuestro periodo de estudio se presentó el fenómeno de El Niño, según ETESA y NOAA, 2024-2025, al cual se sumó la ausencia del evento de afloramiento en el Golfo de Panamá, reportada por científicos del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales 2025 (STRI) (Agencia EFE, 2025).

Se registraron parámetros ambientales físicos, químicos y biológicos como, por ejemplo, temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, abundancia y diversidad zooplanctónica del sitio, mediante el uso de instrumentación digital, refractometría y un planctómetro de abertura de malla de 75 μ con arrastres superficiales por un periodo de 10 minutos en cada estación.

Los resultados evidenciaron que los cambios térmicos, el pH y oxígeno disuelto no demostraron diferencias espaciotemporales significativas. Se observó una correlación negativa y fuerte entre las variables de temperatura y oxígeno disuelto ($r = -0.7405$, $p < 0.05$). La salinidad fue el principal modulador ecológico, con un marcado gradiente de dilución hacia la esclusa de Cocolí y diferencia significativa de $F = 11.86$, $p = 1.536E-05$.

El zooplancton estuvo dominado por copépodos eurihalinos (*Euterpina*, *Oithona*, *Parvocalanus*, *Paracalanus* y *Acartia*) en zonas de influencia dulceacuícola, mientras que en áreas más marinas prevalecieron géneros oceánicos como *Corycaeus*, *Triconia*, *Oncaea* y *Temora*. Algunas especies se mantuvieron constantes dentro de la relación espaciotemporal durante todo el periodo de muestreo (*Parvocalanus crassirostris*, *Euterpina acutifrons*), mientras que otras fueron esporádicas, reflejando respuestas rápidas a pequeñas fluctuaciones ambientales (*Cymbasoma*, *Copilia* y *Sapphirina*).

La abundancia espacial y temporal del género *Corycaeus* nos permitió reconocerlo por su comportamiento oceánico con tolerancia nerítica. Así como al género *Pomacea* por su poca tolerancia a las altas salinidades, mostrando en ambos géneros su sensibilidad a la salinidad. El meroplancton también tuvo un papel relevante, destacando picos de huevos de peces en agosto y febrero, y mayor abundancia de larvas de bivalvos y crustáceos en estaciones internas.

En conjunto, la coexistencia de especies pelágicas, costeras y larvales revela una alta conectividad ecológica y resiliencia comunitaria frente a perturbaciones climáticas y antropogénicas, posicionando a esta zona corredor de dispersión y reclutamiento clave en el Pacífico tropical.

CAPÍTULO I

Introducción

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades.

Bajo el contexto oceánico, los ecosistemas se dividen en dos grandes dominios: el bentónico, que corresponde al fondo marino (y sus comunidades asociadas) y el pelágico, que abarca la columna de agua desde la superficie hasta el fondo. En este último, el plancton desempeña un papel fundamental en la transferencia de energía dentro de los ecosistemas marinos (Mann & Lazier, 2006; Giraldo *et al.*, 2014). El plancton se divide en dos grandes grupos; los que constituyen la parte vegetal (fitoplancton) que actúan como productores primarios, y el animal, constituido por los organismos zooplanctónicos heterótrofos que se alimentan de los fotosintetizadores o de otros organismos planctónicos consumidores primarios y actúan como productores secundarios. La parte animal, se encuentra a la deriva y es de especial interés ya que representa un eslabón clave en la red trófica marina al servir de alimento para peces, mamíferos marinos y otros organismos acuáticos.

Se estima que aproximadamente el 75% de los organismos zooplanctónicos se encuentran en las capas superficiales del océano, el 20% en profundidades medias y solo un 5% o menos en las grandes profundidades oceánicas (Wickstead, 1965). Esta distribución influye directamente en la eficiencia de transferencia de energía en los ecosistemas marinos. De acuerdo con Pauly & Christensen (1995), para maximizar el rendimiento de las poblaciones marinas explotadas, es conveniente operar lo más cerca posible de los niveles primarios de producción, donde la eficiencia en la formación de biomasa es mayor.

El rol de estos productores secundarios en los ecosistemas marinos es crucial, ya que modulan la biomasa primaria gracias al consumo de microplancton vegetal, de esta forma la estructura y dinámica del ecosistema pelágico de una localidad se mantiene. Estos constituyen también una fuente importante de alimento para larvas y juveniles de peces, reforzando el stock de los recursos pesqueros. Por tanto, el estudio de la dinámica poblacional zooplanctónica, ciclos reproductivos, crecimiento y tasas de supervivencia de estos es fundamental para la comprensión de los ecosistemas marinos y su explotación sostenible (Harris *et al.*, 2000).

Taxonómicamente, el zooplancton abarca una gran variedad de organismos, desde formas microscópicas unicelulares hasta medusas de varios metros de diámetro que, aunque poseen capacidad de movimiento, no son capaces de evadir las corrientes oceánicas (Lalli & Parsons, 1997). Según el tiempo de residencia de los organismos zooplanctónicos, se reconocen dos clasificaciones el holoplancton (organismos que permanecen durante toda su vida en suspensión en el agua) y el meroplancton (organismos que solo pasan una parte de su ciclo de vida en la comunidad planctónica suspendidos en el agua). Se estima que existen alrededor

de 5,000 especies descritas de organismos holoplanctónicos (excluyendo protozoarios), representando una amplia gama de grupos taxonómicos, como:

- Crustáceos: Copépodos, Cladóceros, Ostrácodos Eufaúsidos, Misidáceos (la mayoría microscópicos), entre otros.
- Cnidarios: Medusas, Sifonóforos y Ctenóforos.
- Quetognatos.
- Moluscos: Pterópodos, Heterópodos, Gimnostomados y Nudibranquios.
- Cordados: Apendicularios y Sálpidos.
- Protozoarios: Radiolarios y Ciliados.
- Helmintos: Nemertinos y Anélidos.

Por otro lado, el meroplancton formado generalmente de estadios larvarios o juveniles. Las larvas pueden ser transportadas por las corrientes lejos de sus zonas de origen, desempeñando un papel vital en la dispersión de especies. Entre estas larvas de invertebrados presentes en el meroplancton se encuentran:

- Trocóforas: Poliquetos, moluscos, anélidos, equiuroideos, sipuncúlidos, nemertinos y platelmintos.
- Véliger: Moluscos.
- Larva de Nauplios, Zoea, Megalopa y Cipris: Crustáceos.
- Pluteus: Equinodermos.

Además, dentro de los organismos meroplanctónicos también se encuentra el ictioplancton que incluye huevos y larvas de peces, representando un componente crucial para la evaluación de recursos pesqueros (Brusca & Brusca, 2005; Lalli & Parsons, 1997; Harris et al., 2000). La complejidad y diversidad del zooplancton lo convierten en un grupo esencial para la evaluación de la dinámica trófica y los procesos ecológicos que regulan los ecosistemas acuáticos.

1.2 Importancia ecológica del zooplancton.

La importancia ecológica de este grupo radica en sus patrones de variaciones espaciales y temporales en términos de estructura, diversidad, abundancia y biomasa. En conjunto con variables fisicoquímicas de la columna de agua (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y nutrientes), modulan la estructura de las comunidades bentónicas y la disponibilidad de recursos pesqueros comerciales en una región (Lalli & Parsons, 1997; Miller, 2004).

El zooplancton marino constituye la comunidad animal más amplia, diversa y representa como hemos visto casi todos los grupos zoológicos y es un componente fundamental de los ecosistemas marinos pelágicos (Cifuentes *et al.*, 2003). Su importancia ecológica radica en que forma la base de la pirámide alimenticia, siendo un eslabón clave en la transferencia de energía hacia niveles superiores. Su papel en la productividad pesquera es fundamental, ya que, al consumir fitoplancton, transfiere energía desde los productores primarios hasta los consumidores secundarios y terciarios. En el ambiente oceánico es la principal fuente de alimento para peces pequeños, como sardinas y anchovetas, que a su vez sostienen poblaciones de depredadores como atunes, tiburones y mamíferos marinos (Li, William KW, 2013).

Además de su rol trófico, es clave en los ciclos biogeoquímicos oceánicos, en particular del carbono. El producto de los procesos respiratorios de estos organismos del plancton contribuye al flujo de átomos de carbono en la columna de agua y, al consumir fitoplancton, transporta carbono fijado desde la atmósfera hacia niveles más profundos del océano. Cuando estos organismos mueren, su biomasa se convierte en detritos orgánicos (triptón) que atraviesan la columna de agua hasta que se depositan en el fondo oceánico, facilitando el transporte de este elemento hacia las profundidades. Algunos organismos zooplanctónicos desempeñan funciones de descomposición, reciclando materia orgánica y liberando nutrientes esenciales para la productividad primaria (Lalli & Parsons, 1997).

1.3 Canal de Panamá como ambiente de transición.

En la entrada y salida pacífica y atlántica del Canal de Panamá, la afluencia de agua dulce desempeña un papel importante en la diversidad y abundancia del plancton. La Autoridad del Canal de Panamá utiliza grandes volúmenes de agua dulce para operar las esclusas y permitir el tránsito de embarcaciones entre ambos océanos. Esta inclusión de agua dulce por medio del Canal engendra medios acuáticos de salinidad variable. La información disponible sobre la composición y abundancia de organismos zooplanctónicos a nivel de especie en la entrada Pacífica del Canal de Panamá es limitada.

Se han realizado estudios, en otras regiones del Pacífico Oriental, referentes a zonas costeras con influencia dulceacuícola y marina: como la laguna El Morro en Venezuela (Villalba, W., Márquez-Rojas, B., *et al.*, 2017), caracterizada por ser un cuerpo de agua salobre influido por agua dulce y surgencias oceánicas, así como la bahía de Cupica en Colombia (Arias, S. J., 2018), ubicada en un entorno marino costero con descargas continentales. Ambos trabajos no ostentan las condiciones ambientales similares a las generadas por las operaciones del Canal de Panamá, pero estos contribuyen a entender la influencia de las mezclas de las aguas dulces y saladas en los medios mixohalinos. Por ello, persiste una carencia real de investigaciones zooplanctónicas enfocadas específicamente en las entradas Pacífica y Atlántica del Canal, donde la mezcla directa de agua dulce y salada se evidencia en cada apertura de las compuertas del Canal creando condiciones ecológicas únicas.

Recientemente, se ha observado un incremento en la presencia de peces marinos en el embalse Gatún, atribuido a la ampliación del Canal en 2016 (Yanes, J., 2025). Este fenómeno podría influir en las comunidades zooplanctónicas debido a cambios en las dinámicas tróficas y hialinas, sin embargo, no se han encontrado estudios que aborden directamente la abundancia y composición del zooplancton en la entrada pacífica del canal. El flujo de agua dulce en la región depende de factores como las precipitaciones estacionales, la gestión del agua en las cuencas del canal y fenómenos oceanográficos como mareas, marejadas y eventos climáticos como El Niño y La Niña.

Esta falta de datos referente a la abundancia y estructura trófica a la entrada y salida pacífica del Canal resalta la necesidad de realizar investigaciones detalladas sobre las comunidades zooplanctónicas en esta zona.

I.4 Introducción

Comprender los factores que influyen en el comportamiento y distribución de los zooplanctones permite obtener una visión más completa de los procesos ecológicos que rigen los ecosistemas acuáticos. La distribución y abundancia de ellos están determinadas por parámetros físicos y químicos, como la temperatura, la salinidad, el pH y el oxígeno disuelto en el agua, así como por interacciones biológicas como la competencia y la depredación (Rodríguez, 1975 en Gasca & Castellanos, 1994).

En el país, diversos estudios han abordado la ecología del zooplancton. Chang y Solís (1982) investigaron su variación en el Golfo de Panamá, evidenciando fluctuaciones estacionales en su abundancia. D’Croz *et al.* (1991) analizaron durante cuatro años los efectos del afloramiento costero en la Bahía de Panamá, observando que los mayores índices de productividad fitoplanctónica ocurren en la estación seca. Grimaldo (1995) estudió la variación estacional del zooplancton en el Estero de Chame, identificando dos picos de biomasa zooplanctónica, uno en la estación seca causada por efectos de afloramiento y otro en la lluviosa por aportes de temporada, con copépodos calanoides como grupo predominante. De manera similar, estudios en otras regiones del Pacífico tropical han señalado consistentemente que los copépodos constituyen el grupo dominante dentro del zooplancton (Gasca & Castellanos, 1994).

Diferentes investigadores han comparado la dinámica zooplanctónica en distintas zonas del país, como Grimaldo *et al.* (1995), que analizó la composición zooplanctónica en dos playas del Golfo de Panamá entre 1996 y 1997. Simmonds *et al.* (2002) realizaron un estudio dentro del Canal de Panamá y áreas circundantes durante siete meses, evaluando las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua y su influencia sobre el plancton y el macrobentos. En este estudio, la densidad zooplanctónica alcanzó su punto máximo en marzo y los análisis de correlación mostraron que los organismos planctónicos estaban marginalmente relacionados con los parámetros fisicoquímicos medidos a lo largo del período de estudio.

Estas investigaciones evidencian la importancia del zooplancton en los ecosistemas acuáticos (marinos y dulceacuícolas) dentro del Canal y otras zonas del Golfo de Panamá, resaltando la necesidad de continuar con estudios que permitan comprender mejor su dinámica, su papel en la red trófica y su respuesta a las variaciones ambientales en las aguas a la entrada del Canal.

2. JUSTIFICACIÓN

A partir de lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de evaluar la composición y abundancia del zooplancton en la entrada Pacífica del Canal de Panamá, ya que podría demostrar la influencia que tiene la mezcla de aportes de agua dulce y salada, constituyendo medios mixohalinos, sobre la existencia de comunidades zooplanctónicas específicas. Se podrían encontrar especies adaptadas a ambientes de salinidad variable, siendo esta una de las razones por lo cual hacemos este estudio. Se desconocen estudios previos referente a la abundancia y diversidad de este sitio.

Este trabajo contribuirá significativamente al conocimiento científico sobre la biodiversidad del zooplancton en las zonas costeras tropicales sometidas a aportes de agua dulce.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la composición de los organismos zooplanctónicos que se encuentran en la entrada Pacífica del Canal de Panamá.

Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la variabilidad de los factores ambientales y temporales en la distribución y composición del zooplancton.
- Determinar la zona de influencia del aporte de agua dulce y marina en el sitio de estudio.
- Conocer la diversidad específica y abundancia de especies zooplanctónicas en la zona de estudio.
- Identificar especies sensibles a los cambios de salinidad.

CAPÍTULO II

Materiales y Métodos

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de estudio

La ruta mostrada en el mapa (Fig4) corresponde a la entrada del Pacífico del Canal de Panamá la cual conecta este Océano con el sistema de esclusas que permite a los buques atravesar el Istmo de Panamá hacia el Atlántico. Allí se observa la calzada de Amador estructura física antropogénica la cual puede influir en alguna medida en la variabilidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el sitio.

El área de estudio está comprendida en 5 estaciones que van desde El Peñón de San José (8°54'08.0"N; 79°30'46.9"W) hasta las cercanías de la esclusa de Cocolí del Canal (8°57'48.4"N; 79°34'23.0"W), en el Distrito de Panamá, corregimiento de Ancón, provincia de Panamá.



Figura 4. Área de estudio en las aguas aledañas en la entrada Pacífica del Canal de Panamá, ciudad de Panamá. (Fuente: mod. GOOGLE EARTH, 2025).

SITIOS DE COLECTA

El recorrido de este estudio está dividido en cinco estaciones comprendidas dentro de la provincia nerítica y el dominio pelágico.

La **Estación 1:** Se encuentra en mar abierto, cerca de El Peñón de San José. Esta zona marca el inicio del tránsito hacia el canal desde el océano, con aguas profundas y abiertas, y sin presencia significativa de estructuras artificiales. Desde aquí, los buques comienzan su aproximación hacia tierra firme. La distancia hasta la siguiente estación es de aproximadamente 3 kilómetros.

La **Estación 2:** Situada cerca del conjunto de islas conectadas por el Causeway de Amador, como Isla Perico y Flamenco. Esta área es conocida por su atractivo turístico, con marinas, restaurantes y servicios para embarcaciones recreativas. Aunque cercana a la ciudad, todavía es un punto de paso previo al ingreso a las zonas más controladas del Canal. La distancia entre la Estación 2 y la Estación 3 es de unos 2 kilómetros.

La **Estación 3:** Representa la transición entre el ambiente turístico del Causeway y el entorno industrial del puerto. Se localiza en una zona donde comienza a ser evidente el aumento en el tráfico de buques comerciales. Ya se divisan las instalaciones portuarias de Balboa, uno de los puertos más importantes de Panamá. Desde este punto, los buques se alinean para el ingreso al canal. La distancia entre esta estación y la siguiente es de alrededor de 1.8 kilómetros.

Estación 4: Se encuentra directamente bajo el Puente de las Américas, una estructura emblemática que conecta las dos orillas del continente. Esta estación representa un punto estratégico del tránsito marítimo, en el umbral entre la ciudad y el sistema de esclusas. Está inmersa en el entorno operativo del puerto de Balboa, con presencia de grúas, terminales de carga y alta actividad portuaria. Constituye un área clave para la organización logística de los buques antes de ingresar al canal. La distancia a la siguiente estación es de aproximadamente 1.8 kilómetros.

La **Estación 5:** Localizada en el punto de entrada oficial del Canal desde el Pacífico, próxima a La Boca y cercana a la esclusa de Cocolí (aunque no se accede a ella completamente), esta estación representa el umbral hacia el sistema de esclusas. El área está estrictamente controlada y equipada con infraestructura para guiar, asistir y asegurar el tránsito seguro de los buques. Es el último punto antes del ascenso hacia el Lago Gatún.

En total, el recorrido desde la entrada marítima hasta el umbral del canal abarca entre 7 y 8 kilómetros, atravesando entornos naturales, turísticos, industriales y operativos que reflejan la complejidad y la importancia estratégica de esta vía interoceánica.

METODOLOGÍA DE CAMPO

Parámetros fisicoquímicos.

Para la evaluación de parámetros ambientales se utilizaron: Un refractómetro (VEEGEE, STX-3 Salinidad 0-100 ups) que determinó la salinidad del agua superficial, un pH-metro (Water quality tester, X003QTLAPRR) y un medidor digital de oxígeno disuelto (DO 9100, Backlights) el cuál proporcionó datos de OD y temperatura (°C).

Parámetros biológicos.

Se realizaron arrastres zooplanctónicos superficiales durante 10 minutos a baja velocidad (<3 nudos) mediante la utilización de un planctómetro cónico de abertura de malla comprendida entre 75 micras durante los meses de agosto, octubre, diciembre de 2024 (época lluviosa); enero, febrero y marzo de 2025 (época seca). Los arrastres se llevaron a cabo mensualmente en las cinco (5) estaciones antes mencionadas durante un periodo de seis meses.

Todas las muestras de plancton se colocaron en envases de plástico de 300 ml, debidamente identificadas por cada estación. El material capturado se preservó en una solución de formalina diluida al 10%.

METODOLOGÍA DE LABORATORIO

En el laboratorio, con la ayuda de un microscopio óptico binocular compuesto Nikon Eclipse E100, se observaron las muestras zooplanctónicas en diferentes poderes de aumentos, previamente normalizadas a volúmenes de 200 ml de todas las estaciones, luego homogeneizadas y posteriormente se extrajo una muestra de gran volumen (40 ml) para observar la representatividad de los organismos encontrados. Para cuantificar los diversos ordenes se extrajo 4 alícuotas observadas en la cámara Sedgewick-Rafter de 1 ml cada una.

Para la identificación taxonómica de cada especie se realizaron preparaciones húmedas de las diversas muestras, esto se realizó con la ayuda de claves disponibles en la web y libros de identificación mostrados a continuación:

- Biodiversity of Marine Planktonic Copepods (morphology, geographical distribution and biological data) Observatorio Oceanológico de Banyuls-sur-Mer, Universidad de la Sorbona - CNRS/INSU, Francia.

- Para la identificación de Hemicyclops: Kim, I.-H. (2009). *Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical Waters. Korean Journal of Systematic Zoology*, 1–90. Departamento de Biología, Kangnung National University, Corea.
- *Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton* (Cooperative Freshwater Ecology Unit, 2004).
- *Guide to the Coastal and Surface Zooplankton of the South-Western Indian Ocean* (Conway et al., 2003).
- Smith, D. G. 1979. *Guide to marine coastal plankton and marine invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Base de datos WoRMS (World Register of Marine Species).
- FRESH- WATER BIOLOGY SECOND EDITION. W. T EDMONDSON. 1959

ANÁLISIS DE DATOS

En este estudio se aplicaron análisis estadísticos para evaluar variaciones espaciales y temporales en la abundancia y diversidad del zooplancton, así como su relación con variables ambientales en el Pacífico de Panamá. Se utilizó la prueba de ANOVA de una vía para comparar si existían diferencias significativas entre meses y/o estaciones. Esta prueba permite determinar si los promedios de un mismo parámetro (por ejemplo, la abundancia) varían entre varios grupos.

Cuando no se cumplió la homogeneidad de varianzas, se aplicó el ANOVA de Welch, que es más robusta frente a varianzas desiguales y ofrece resultados más confiables en esas condiciones. En los casos en que los datos no siguieron una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que permite comparar medianas entre varios grupos sin requerir que los datos cumplan los supuestos del ANOVA. Esta prueba es adecuada para datos biológicos que suelen presentar alta variabilidad. Posteriormente, se realizaron pruebas “post hoc” de comparaciones múltiples (Dunn y Bonferroni secuencial) para identificar en qué pares de meses o estaciones existían diferencias significativas, incluso si el ANOVA general no lo mostraba. Estas pruebas permiten precisar entre qué grupos ocurren las diferencias detectadas por los análisis generales.

Además, se calcularon índices ecológicos de diversidad, como Shannon, Equitabilidad y Riqueza específica, para describir la estructura de la comunidad zooplanctónica. El índice de Shannon (H') mide la diversidad total considerando tanto el número de especies como la proporción de individuos de cada una; la Equitabilidad (J') muestra qué tan uniformemente se distribuyen los individuos entre las especies; y la Riqueza específica (S) representa el número total de especies registradas en una muestra.

En conjunto, estos análisis se llevaron a cabo mediante el programa Past 4.03, permitiendo interpretar los patrones observados y relacionarlos con la estacionalidad, la salinidad y los otros factores ambientales del área de estudio.

CAPÍTULO III

Resultados y Discusión

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el periodo comprendido de este estudio (agosto de 2024 a marzo 2025) se realizaron muestreos mensuales en la entrada Pacífica del Canal de Panamá, desde El Peñón de San José hasta las cercanías de la esclusa de Cocolí.

Durante este lapso, las condiciones ambientales estuvieron fuertemente influenciadas por la presencia del Fenómeno de El Niño, al cual se sumó la ausencia del evento de afloramiento en el Golfo de Panamá, reportada por científicos del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales 2025 (STRI) (Agencia EFE, 2025). Este fenómeno, que no había dejado de registrarse en al menos cuatro décadas, impidió el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes durante la estación seca, lo que limitó el enfriamiento de la superficie marina y redujo la productividad biológica típica de la región. Investigadores señalan que esta anomalía estaría relacionada con una disminución en la intensidad de los vientos alisios, lo que pone en evidencia la vulnerabilidad de los sistemas de surgencia tropical frente a cambios climáticos y su posible impacto en la dinámica pesquera.

Junto con los cambios ambientales entre la estación seca y lluviosa, las mareas y el aporte de agua dulce proveniente del funcionamiento del Canal, estos factores influyeron directamente en la dinámica oceánica de la zona. A continuación, se comparten los resultados del monitoreo, teniendo énfasis en su variación mensual y espacial, en parámetros como la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto, así como la abundancia, diversidad y dominancia de la composición del zooplancton.

3.1 Estructura ambiental del área de estudio.

Se identificaron condiciones oceanográficas y climáticas influenciadas por un evento llamado “El Niño” de moderado a fuerte, con transición hacia condiciones neutras a partir de marzo de 2025 (NOAA, 2024-2025; ETESA, 2025). Este fenómeno generó un incremento aproximado de 0.8 y 1.2 °C en la temperatura superficial del mar en el Pacífico panameño respecto a los valores normales (27-30 °C), y lluvias irregulares que provocaron descensos temporales en la salinidad superficial (34 a 30 ups), aunque con retornos rápidos a los valores promedio (Quintero *et al.*, 2018; ACP, 2020). De acuerdo con D’Croz (1991), durante la estación seca el afloramiento costero en la Bahía de Panamá provoca un marcado enfriamiento de las aguas superficiales, con registros cercanos de 17 a 20 °C, en contraste con los valores cálidos de la estación lluviosa. No obstante, en años afectados por El Niño, este enfriamiento se debilita o desaparece, de manera que en meses como febrero y marzo la temperatura superficial puede mantenerse significativamente más alta que lo esperado bajo condiciones normales de afloramiento con temperaturas que rondan o superiores a los 25°C (D’Croz *et al.*, 2003).

Durante las fechas de muestreo (31 de agosto, 5 de octubre y 14 de diciembre de 2024; 24 de enero, 23 de febrero y 20 de marzo de 2025), las condiciones climáticas observadas fueron predominantemente de cielo parcialmente nublado a soleado. De acuerdo con los registros meteorológicos de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (2024, 2025), se presentaron lluvias aisladas únicamente en agosto y octubre, mientras que entre diciembre y marzo predominó el clima seco, característico del inicio y consolidación de la estación seca en la región.

Los vientos oscilaron entre 10 y 16 km/h, provenientes del Este-Sureste durante la estación lluviosa y del Noreste en la estación seca, generando condiciones de corrientes superficiales relativamente estables en la bahía durante los muestreos realizados entre las 8:15 am y las 11:00 am (NOAA, 2025).

Según la Tabla de Mareas del Puerto de Balboa (ACP, 2024–2025), durante los días de muestreo se registraron distintas fases de marea que influyen en la mezcla vertical de la columna de agua y en la distribución de nutrientes y oxígeno disuelto. Por ejemplo, el 31 de agosto y el 24 de enero ocurrieron mareas ascendentes, mientras que el 5 de octubre y el 20 de marzo se presentaron mareas descendentes. El 14 de diciembre, la marea se encontraba en fase baja al inicio del muestreo (0.4 pies a las 6:47 am), con una transición lenta hacia una marea ascendente durante la mañana. En el caso del 23 de febrero, la marea también se encontraba en fase ascendente (4.2 pies a las 5:35 am y 10.4 pies a las 12:12 pm), generando una mezcla progresiva de la columna de agua durante el intervalo de muestreo. Estas observaciones las vemos profundamente en el acápite correspondiente.

Estudios previos en la Bahía de Panamá (incluyendo el área de Balboa y el Peñón de San José) señalan que la temperatura superficial del mar varía entre 27 °C y 30 °C, con incrementos durante eventos como, El fenómeno del Niño (Quintero *et al.*, 2018; SENACYT & STRI, 2019; ACP, 2020). La salinidad oscila entre 32 y 34 UPS, con descensos puntuales de hasta 1 UPS durante lluvias intensas. El oxígeno disuelto varía entre 5 y 7 mg/l, pero puede descender hasta 4 mg/l en zonas de poca circulación o durante mareas bajas combinadas con altas temperaturas. El pH se mantiene estable entre 7.9 y 8.3, con leves disminuciones durante lluvias fuertes o descargas superficiales (Quintero *et al.*, 2018; ACP, 2020). Estas observaciones se verán más profundamente en el acápite correspondiente

Esta información contextual es clave para interpretar la variabilidad observada en temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto durante el presente estudio, y permite relacionar dichos parámetros con la estacionalidad tropical, las condiciones de marea y la influencia del fenómeno de El Niño.

3.2 Condición fisicoquímica promedio del agua.

Cuadro N°1. Valores promedios de los parámetros ambientales medidos mensualmente en la entrada Pacífica del Canal de Panamá entre agosto de 2024 a marzo de 2025.

| Estación | Temperatura (° C) | Salinidad (ups) | pH | Oxígeno disuelto (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|-----------|------------------------------------|
| 1 | 28.1 | 30.3 | 8.0 | 9.2 |
| 2 | 28.3 | 29.0 | 7.8 | 9.4 |
| 3 | 27.8 | 27.0 | 7.8 | 9.3 |
| 4 | 27.9 | 27.0 | 7.7 | 9.2 |
| 5 | 28.7 | 21.8 | 7.7 | 9.2 |
| Promedio | 28.2 | 28.4 | 7.8 | 9.2 |

La temperatura promedio de la región estudiada fue de 28.2 °C, calculada a partir de los valores mensuales del cuadro N° 1, los cuales, se ubican dentro del rango típico de la región (27–30 °C) (Quintero *et al.*, 2018 en ACP 2020), aunque los valores más altos, especialmente en octubre y febrero, reflejan el incremento térmico leve atribuido al fenómeno El Niño, documentado por causar aumentos de hasta 1.2 °C respecto a condiciones normales (NOAA, 2024–2025). La estabilidad térmica superficial registrada es característica del Pacífico tropical oriental, donde las oscilaciones de temperatura tienden a ser suaves a lo largo del año (Boltovskoy, 1999).

En cuanto a la salinidad, el promedio mensual de 27.0 ups fue resultado de los valores registrados en cada estación. Estos datos revelan un descenso progresivo desde mar abierto el Peñón de San José (Estación 1) hasta las cercanías de la costa y la esclusa de Cocolí (Estación 5), reflejando la influencia importante de agua dulce en la zona de estudio, que cuenta con aportes de lluvias ocasionales así como también los provenientes del funcionamiento de la esclusa del Canal, además de contar con las variaciones de fases de marea que influyen y contribuyen a las fluctuaciones de esta variable química (ACP, 2024-2025; ETESA, 2025).

Según González (2009), las condiciones salobres de un sitio pueden favorecer la presencia de especies eurihalinas, capaces de tolerar amplios rangos de salinidad. En este sentido, aunque no se alcanzaron mínimos históricos de salinidad en la zona de estudio, los valores registrados son inferiores al promedio oceánico regional (32–34 ups), lo que indica una dilución efectiva de este parámetro en el agua superficial. Como se muestra en nuestros datos (cuadro N°1), la salinidad disminuye progresivamente desde la estación 1, con un promedio de 30.3 ups hasta la estación 5, donde desciende a 21.8 ups. Esta disminución podría estar generando condiciones ambientales favorables para la presencia de organismos eurihalinos en el área.

Respecto al pH, se mantuvo estable en un promedio de 7.8 valor coherente con los rangos normales para la región (7.9–8.3), lo cual sugiere que las lluvias aisladas y las condiciones estuarinas no generaron una acidificación superficial significativa (Quintero *et al.*, 2018; ACP, 2020). Por último, el oxígeno disuelto en el agua mostró un valor promedio de 9,3 mg/l, superior a los niveles usuales (5–7 mg/l) reportados en condiciones neutras o en zonas de menor circulación (Quintero *et al.*, 2018; D’Croz & O’Dea, 2007). Esta mayor oxigenación podría atribuirse a condiciones hidrodinámicas del medio por los efectos de mareas y de los aportes de agua de la esclusa.

3.2.1 Variabilidad Física espaciotemporal.

El cuadro N°2 muestra el rango de temperaturas registrado (temporalmente), que osciló entre 24°C (época seca) y 30°C (época lluviosa). Los valores más bajos fueron detectados en el mes de marzo, marcando un descenso térmico al final de la temporada seca, posiblemente influenciado por la presencia masas de aguas más frías o por procesos locales de mezcla vertical impulsados por los vientos predominantes en esta época. Los registros térmicos de todo el estudio presentaron diferencias importantes entre estaciones y meses, especialmente al comparar los meses de agosto en temporada lluviosa (mayores valores: 29.6°C) y marzo (menores: 24.0°C).

Cuadro N°2. Temperatura mensual por estación y promedios estacionales.

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Promedio temporal |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Agosto | 29.6 | 29 | 29 | 29.1 | 29 | 29.1 |
| Octubre | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 28 |
| Diciembre | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 28 |
| Enero | 27.8 | 28.4 | 28.05 | 29.6 | 28.5 | 28.5 |
| Febrero | 28 | 28.3 | 29 | 25 | 28.6 | 27.7 |
| Marzo | 26 | 27 | 25 | 24 | 26 | 25.6 |
| Promedio estacional | 27.9 | 28.4 | 27.5 | 27.2 | 28.0 | |

Estas variaciones de temperatura podrían estar relacionadas con procesos de mezcla vertical, radiación solar y circulación costera, influenciados además por los vientos locales, como se ha observado en ambientes estuarinos (Lalli & Parsons, 1997). Aunque nuestra zona de estudio no se encuentra dentro de un sistema estuarino, pero con aportes de agua dulce que provienen del funcionamiento del Canal de Panamá, estos factores pueden estar influyendo sobre las variaciones térmicas registradas.

Análisis estadístico, Temperatura (°C).

La prueba estadística ANOVA de una vía no reveló diferencias significativas ($F = 0.5912$, $p = 0.6722$), lo que indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que al menos una estación difiere del resto. Desde un punto de vista ecológico, estos resultados indican una homogeneidad térmica moderada entre las estaciones estudiadas. La falta de variaciones significativas en la temperatura podría deberse a procesos hidrodinámicos, a la mezcla de aguas de las esclusas y mareas y al posible efecto de “El Niño”. Este comportamiento refleja

una baja variabilidad espacial en la temperatura superficial, algo característico en sistemas acuáticos con alta circulación o influencia marina constante.

3.2.2 Variables químicas.

Las variables químicas del agua, como la salinidad, el pH y el oxígeno disuelto, son esenciales para evaluar la calidad del medio marino. La salinidad refleja el balance entre aportes continentales y procesos oceánicos; el pH regula el sistema carbonato y la disponibilidad de carbonato de calcio; y el oxígeno disuelto determina la habitabilidad al depender de factores físicos y biológicos.

Los valores mensuales, espaciales y temporales de las salinidades (Cuadro N°4), demuestran claras fluctuaciones debido a los aportes pluviales y del funcionamiento del Canal de Panamá. Los registros indican descensos pronunciados durante la estación lluviosa, especialmente en el mes de octubre, alcanzando los valores más bajos en nuestro ciclo de estudio. Estos descensos son atribuibles a la descarga de agua dulce, producto de fenómenos como la precipitación y la escorrentía superficial (aunque este último no es muy importante en la zona ya que se tienen los aportes de agua dulce que provienen de la esclusa de Cocolí).

Cuadro N°4. Variable mensual de la salinidad (ups).

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Promedio temporal |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| Agosto | 30 | 29 | 26 | 25 | 22 | 26.4 |
| Octubre | 30 | 27 | 21 | 21 | 19 | 23.6 |
| Diciembre | 33 | 31 | 28 | 28 | 25 | 29 |
| Enero | 33 | 30 | 29 | 28 | 22 | 28.4 |
| Febrero | 30 | 31 | 29 | 27 | 22 | 27.8 |
| Marzo | 31 | 30 | 29 | 29 | 25 | 28.8 |
| Promedio estacional | 31 | 29 | 27 | 26 | 23 | |

El sistema del Canal de Panamá, alimentado principalmente por el Lago Gatún, actúa como un aportante de agua dulce al sector costero a través de las esclusas, intensificando la estratificación salina y promoviendo la acumulación superficial de agua dulce. (Simmonds & Gómez, 2002; Parsons *et al.*, 1984). También los aportes de agua salada juegan un papel importante por las mareas muertas y de aguaje.

Cabe resaltar que, durante el muestreo realizado en octubre de 2024 se registró un valor de salinidad de 19 ups en la estación 5 ubicada aproximadamente a 1.8 km de la esclusa de Cocolí. Este valor representa una disminución significativa en comparación con la salinidad de las aguas superficiales marinas típicas del Pacífico panameño (~33-34 ups).

Octubre corresponde al pico de la temporada lluviosa en el litoral Pacífico de Panamá, caracterizada por precipitaciones intensas y persistentes que incrementan significativamente la descarga de agua dulce hacia los ecosistemas costeros (Cifuentes *et al.*, 2003; Mann & Lazier, 2006).

Adicionalmente, el 5 de octubre de 2024, la marea se encontraba en fase descendente, con una amplitud significativa (15.4 pies a las 5:11 a.m. bajando a 1.2 pies a las 11:26 a.m.). Esta condición hidrodinámica favorece el flujo neto de agua dulce hacia el océano, al reducir la intrusión marina y permitir que la corriente de agua dulce se extienda aguas afuera (D'Croz *et al.*, 1991; Franco *et al.*, 1985). Como consecuencia, el cuerpo de agua en los primeros kilómetros marinos tras la esclusa puede presentar condiciones estuarinas dominadas por agua dulce, especialmente en la capa superficial y durante la bajamar.

La brusca disminución de salinidad registrada entre el Peñón de San José (30 ups) y la estación 3 y 4 (21 ups), seguida por un valor mínimo de 19 ups en las cercanías de la esclusa, refleja la dinámica hidrológica entre las corrientes de marea y los aportes de agua dulce en el sitio. La persistencia de lluvias, combinada con la fase de marea y la alta descarga fluvial del canal apoyan una dinámica en la que el agua dulce puede ser predominante incluso en áreas normalmente influenciada por el océano (Mann & Lazier, 2006; Parsons *et al.*, 1984; Vega, 2012).

Durante los meses correspondientes a la estación seca (enero-marzo), se observaron incrementos importantes en la salinidad alcanzando valores a 33 ups (ubicado en el Peñón de San José, correspondiente a la estación 1), lo que refleja una menor dilución por agua dulce y un predominio de las condiciones oceánicas. Sin embargo, aún se pueden apreciar salinidades menores a 30 ups, debido a la influencia de agua dulce aportada por la esclusa de Cocolí.

Estas condiciones marinas y “lacustres” proporcionan en el sitio aportes diversos que engendran un medio marino con salinidad variable, llamados también medios mixohalinos, reputados como de elevada productividad y diversidad para nuestro caso “zooplanctónica”.

Análisis estadístico de Salinidad.

Esta prueba evaluó los valores de salinidad registrados mensualmente, el ANOVA de una vía reveló diferencias significativas ($F = 11.86$, $p = 1.536E-05$), lo que indica que al menos una estación difiere del resto en cuanto a salinidad superficial. El tamaño del efecto fue considerable ($\omega^2 = 0.5916$), sugiriendo que más del 59% de la variabilidad en salinidad puede atribuirse a diferencias espaciales. La prueba de Levene no indicó infracción en la homogeneidad de varianzas ($p = 0.4132$), validando el uso del ANOVA.

Para confirmar estos resultados bajo supuestos menos estrictos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual también mostró diferencias significativas (H corregido = 21.09, $p = 0.0003$), reforzando la conclusión de heterogeneidad espacial en los valores de salinidad.

Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni. Se encontraron diferencias significativas entre varias estaciones, particularmente entre Estación 1 y Estaciones 3, 4 y 5 (por ejemplo, Estación 1 vs Estación 5: $p = 0.0042$), así como entre Estación 2 y Estaciones 4 y 5 (Estación 2 vs Estación 5: $p = 0.0127$). En contraste, no se observaron diferencias significativas entre estaciones 3, 4 y 5 entre sí ($p > 0.1$), lo que sugiere una agrupación de salinidad más baja en estas zonas.

Estos resultados muestran una variación espacial de salinidad presentando mayores valores en las estaciones 1 y 2 con mayor predominancia marina y limitada influencia de aguas dulces que llegan a estas zonas, en contraste con las estaciones 3, 4 y 5 siendo la última quien más aporte de ellas recibe.

Fluctuaciones del potencial de hidrogeno (pH).

El agua dulce presenta un pH que puede variar significativamente desde 6.5 a 8.5 que es lo óptimo para la mayoría de los organismos acuáticos mientras que el agua salada tiene un pH que oscila entre 7.5 y 8.4 lo que lo hace ligeramente básico. Estos valores pueden estar influenciados por la presencia de tipos de suelos, para las aguas dulce (suelos ricos en carbonatos, los de alta materia orgánica o sulfuros). Y para las aguas oceánicas se ve afectado principalmente por la acidificación del medio (CO₂).

Las fluctuaciones del pH durante el periodo de estudio fueron relativamente menores en comparación con los otros parámetros (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto). Los valores registrados para el potencial de hidrogeno (Cuadro N° 8) mostraron un rango de 7.2 (siendo el más bajo) en el mes de agosto y 8.8 correspondiente al mes de marzo, mes donde se observaron los valores más altos en comparación a ambas estaciones (seca y lluviosa).

Cuadro N °8. Comparación del potencial de hidrogeno por estaciones (pH).

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Promedio temporal |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| Agosto | 7.8 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 7.2 | 7.5 |
| Octubre | 7.9 | 7.8 | 7.9 | 7.8 | 7.6 | 7.8 |
| Diciembre | 7.9 | 7.6 | 7.4 | 7.4 | 7.2 | 7.5 |
| Enero | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 7.9 | 7.9 | 8.0 |
| Febrero | 7.5 | 7.8 | 7.7 | 7.8 | 7.8 | 7.7 |
| Marzo | 8.8 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 7.8 | 8.1 |
| Promedio estacional | 8.0 | 7.8 | 7.8 | 7.7 | 7.5 | |

Las aguas influenciadas por los aportes de agua dulce corresponden a las estaciones 4 y 5 presentaban un pH menor debido al aporte de agua dulce del canal, en comparación con aquellas estaciones que tienen más influencia marina. D’Croz & O’Dea (2007) sugieren que este tipo de sistema mantiene una buena capacidad de amortiguamiento químico, a pesar de las entradas de agua dulce y la variabilidad estacional.

Análisis estadístico, pH.

En este caso el ANOVA de una vía no reveló diferencias significativas ($F = 1.417$, $p = 0.2575$). El tamaño del efecto fue bajo ($\omega^2 = 0.0526$), sugiriendo que solo un 5% de la variabilidad del pH puede atribuirse a diferencias espaciales, lo que indica que las diferencias espaciales en pH son mínimas, en contraste con la salinidad, que sí presentó variaciones significativas entre estaciones. La prueba de Levene no indicó violación de la homogeneidad de varianzas ($p = 0.5711$ desde medias; $p = 0.8275$ desde medianas), validando el uso del

ANOVA bajo sus supuestos clásicos. Asimismo, la prueba de Welch tampoco mostró diferencias significativas ($F = 0.9834$, $p = 0.4526$).

Estos hallazgos apuntan a una distribución homogénea en cuanto a los valores de pH en su distribución espacial, posiblemente atribuible a la mezcla eficiente de las masas de agua, a la baja o escasa presencia de fuentes de acidificación o a una estabilidad química general dentro del sistema acuático evaluado. La conexión observada entre los tres métodos estadísticos aplicados respalda la validez de esta interpretación.

Valores de oxígeno disuelto registrados.

Los valores de oxígeno disuelto en el agua de mar ($\text{mg O}_2/\text{l}$), resumidos en el cuadro N°10, oscilaron entre 8.7 mg/l y 10.2 mg/l . Una tendencia a mayores concentraciones de este elemento durante la estación seca, especialmente en el mes de marzo, cuando se alcanzaron los valores más altos del ciclo de estudio se registraron concentraciones de 9.6, 9.7, 10.0, 10.2 y 10.2 mg/l . El incremento de esta variable química es debido a la actividad algal presente en el sitio y su actividad fotosintética. No fueron cuantificadas en nuestro estudio.

Cuadro N° 10: Oxígeno disuelto (mg/O_2).

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Promedio temporal |
|----------------------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------------|
| Agosto | 9 | 9 | 8.9 | 8.8 | 8.9 | 8.9 |
| Octubre | 9.3 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| Diciembre | 9.3 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| Enero | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 8.9 | 9.3 | 9.2 |
| Febrero | 8.7 | 9.2 | 9.0 | 9.2 | 9.1 | 9.0 |
| Marzo | 9.6 | 10 | 10.2 | 10.2 | 9.7 | 9.9 |
| Promedio estacional | 9.2 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | |

Según Quintero (en ACP. 2020), en aguas próximas al puerto Balboa, reportó que los niveles de oxígeno disuelto variaron entre 5 y 7 mg/l , pero puede descender hasta 4 mg/l en zonas de poca circulación o durante mareas bajas combinadas con altas temperaturas (27 a 30°C). Las temperaturas registradas correspondientes al mes de marzo fueron de 24 °C a 27°C. Además, resaltamos que los valores térmicos mínimos y máximos del estudio estuvieron entre 24 °C y 29.6 °C.

También hemos considerado el efecto del fenómeno de El Niño reportado en Panamá para el estudio según (NOAA, 2024–2025; ETESA, 2025); sin embargo, no parece haber sido significativo en el sitio ya que no presentaron temperaturas tan altas y además contamos con zonas de alta circulación por los movimientos de marea y los flujos de agua dulce provenientes del Canal. Se han realizado registros en el tiempo referente al comportamiento del Fenómeno El Niño, donde se evidencia que no es constante en sus efectos y fuerza (D’Croz *et al.*, 2003).

Análisis estadístico, Oxígeno disuelto.

Al evaluar las diferencias entre estaciones en los valores registrados mensualmente de oxígeno disuelto en agua de mar superficial, el ANOVA de una vía no reveló diferencias significativas ($F = 0.2197$, $p = 0.9249$), lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar que al menos una estación difiere del resto en cuanto a oxígeno disuelto. El tamaño del efecto fue nulo ($\omega^2 = 0$), sugiriendo que la variabilidad espacial en este parámetro es despreciable. La prueba de Levene no determinó violación de la homogeneidad de varianzas ($p = 0.888$ desde medias; $p = 0.9577$ desde medianas), validando el uso del ANOVA bajo sus supuestos clásicos. De la misma forma, la prueba de Welch tampoco mostró diferencias significativas ($F = 0.2528$, $p = 0.9025$).

La falta de diferencias significativas en los valores de oxígeno disuelto entre las estaciones analizadas sugiere que este parámetro se distribuye de manera homogénea en el área estudiada. Esto puede explicarse por la mezcla hidrodinámica provocada por procesos físicos como las mareas, las corrientes o la turbulencia, que facilitan este tipo de distribución homogénea del oxígeno superficial. De esta forma, los datos sugieren un equilibrio en las condiciones fisicoquímicas del sistema durante el periodo evaluado.

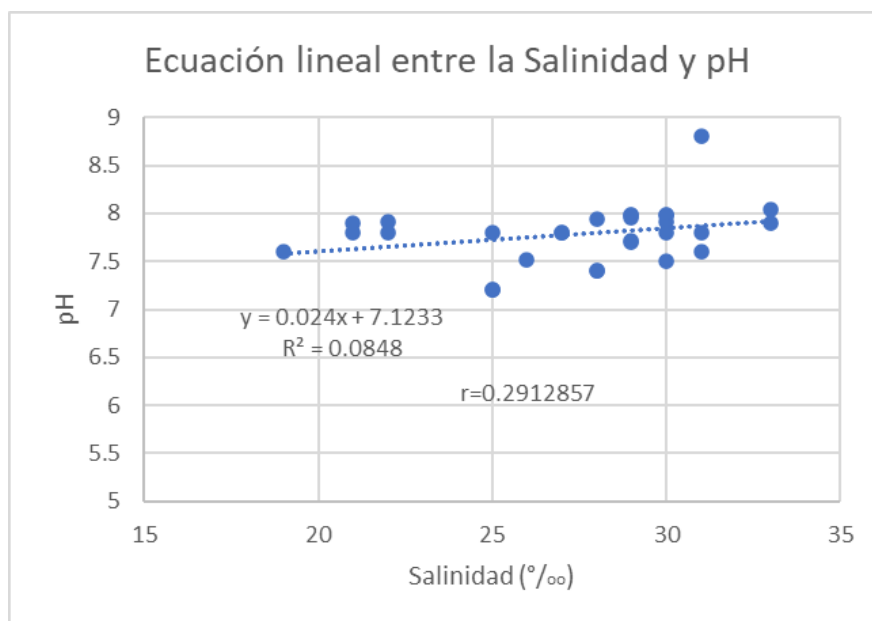
3.3 Interacciones entre variables fisicoquímicas.

Para una mayor comprensión de los factores fisicoquímicos estudiados, se realizaron diferentes pruebas estadísticas, entre ellas: la correlación entre variables, con el fin de obtener resultados significativos que muestren la dinámica de estas entre sí. Esta medida estadística busca cuantificar la dependencia entre dos variables indicando si las mismas tienden a aumentar o disminuir, esto nos proporciona herramientas clave para entender cómo interactúan los factores ambientales y biológicos en un ecosistema.

Correlación de Salinidad y pH.

Al emplear las pruebas para evaluar la relación lineal entre salinidad y el pH superficial del agua de mar en las estaciones muestreadas, la correlación de Pearson arrojó un coeficiente positivo débil ($r = 0.291$, $p > 0.05$). Lo que indica que no existe una asociación lineal distintiva entre ambas variables. Mientras que el coeficiente de determinación fue bajo ($R^2 = 0.0848$), lo que sugiere que apenas un 8.5% de la variabilidad en el pH puede explicarse por cambios en la salinidad.

Fig 17. Correlación entre salinidad y pH.



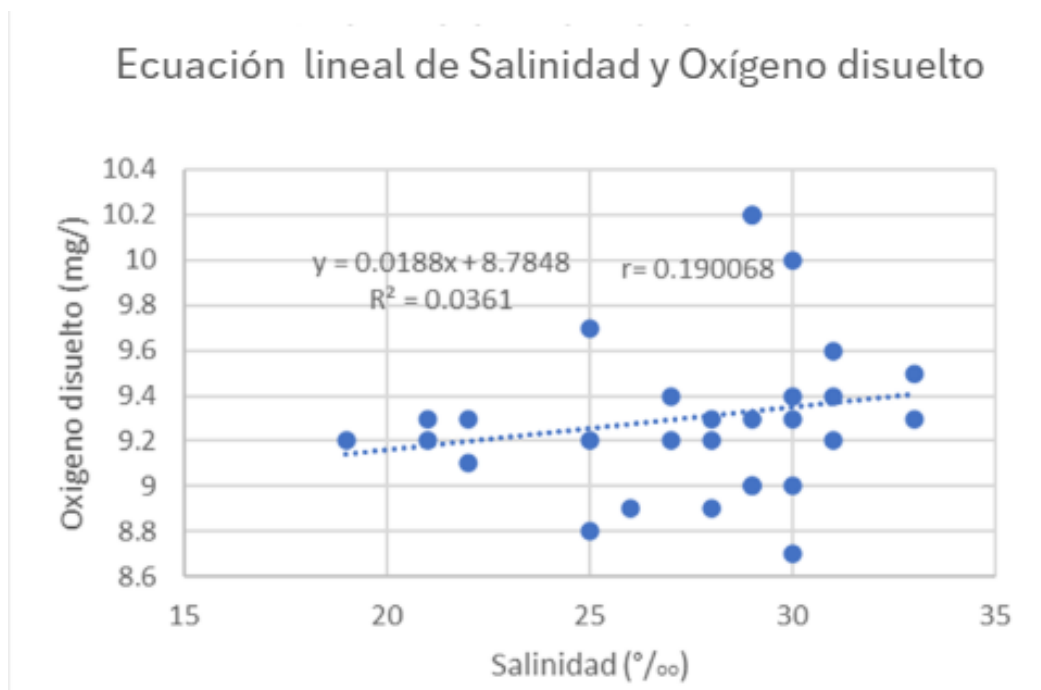
Desde el punto de vista ecológico, esta débil correlación sugiere que la salinidad no constituye un factor determinante en la dinámica del pH en el área de estudio. Es probable que otros parámetros fisicoquímicos, como la temperatura, el oxígeno disuelto o la actividad biológica, ejerzan una influencia más marcada sobre el pH. Esto concuerda con estudios

previos que muestran como la salinidad influye en el pH principalmente a través del equilibrio del sistema carbonato-bicarbonato, afectando la capacidad tampón del agua, aunque su efecto directo suele ser limitado (Dickson *et al.*, 2007; Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001). Investigaciones en ambientes marinos y estuarinos muestran que factores como la temperatura, el carbono inorgánico disuelto (DIC) y la alcalinidad total (TALK) ejercen una influencia más marcada sobre el pH que la salinidad por sí sola (Fassbender *et al.*, 2017; Sarma *et al.*, 2022). En este sentido, la salinidad puede tener un rol indirecto modulando la saturación de carbonato de calcio y favoreciendo procesos como la calcificación, lo que contribuye a estabilizar el pH en el medio (Waldbusser *et al.*, 2015). Estos procesos de calcificación se ven favorecidos en organismos biógenos.

Correlación de Salinidad y Oxígeno disuelto.

Los resultados obtenidos al evaluar la relación entre salinidad y oxígeno disuelto en las estaciones muestreadas demuestran que la correlación de Pearson demostró un coeficiente positivo débil ($r = 0.1901$, $p > 0.05$). Lo que muestra que no existe una asociación lineal significativa entre ambas variables. El coeficiente de determinación fue bajo ($R^2 = 0.0361$), lo que sugiere que apenas un 3.6% de la variabilidad en el oxígeno disuelto puede explicarse por cambios en la salinidad.

Fig. 18 Correlación entre Salinidad y Oxígeno disuelto.

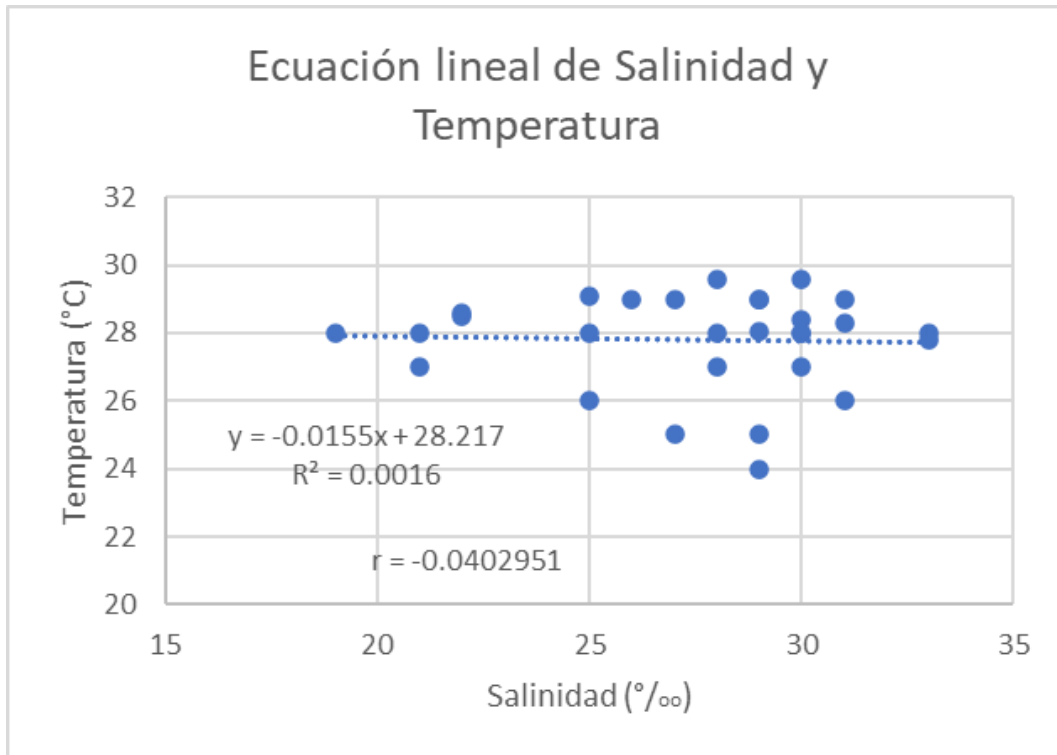


Según Gracia *et al.*, (1992) y Weiss., (1970) en estudios previos indican que la relación entre salinidad y oxígeno disuelto es indirecta y esta principalmente relacionada por la temperatura, ya que a mayor temperatura la solubilidad del oxígeno disminuye, mientras que la salinidad aumenta ligeramente este efecto. En ambientes marinos y estuarinas, la dinámica del oxígeno disuelto se encuentra fuertemente influenciada por procesos físicos como la mezcla y turbulencia de aguas, procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración microbiana, asimismo por procesos climáticos como la estratificación térmica que por la salinidad en sí (Boyer *et al.*, 2013; Benson & Krause, 1984). De esta manera, la salinidad desempeña un papel secundario, cuyo impacto se observa principalmente en interacción con otros parámetros ambientales.

Correlación de Salinidad y Temperatura.

Al evaluar la correlación entre la salinidad y la temperatura la correlación de Pearson arrojó un coeficiente negativo muy débil ($r = -0.0403$, $p > 0.05$). Lo que sugiere la ausencia de asociación lineal representativa entre ambas variables. Mientras que el coeficiente de determinación fue extremadamente bajo ($R^2 = 0.0016$), lo que indica que menos del 0.2% de la variabilidad en temperatura puede explicarse por cambios en la salinidad.

Fig 19. Correlación entre Salinidad y Temperatura.

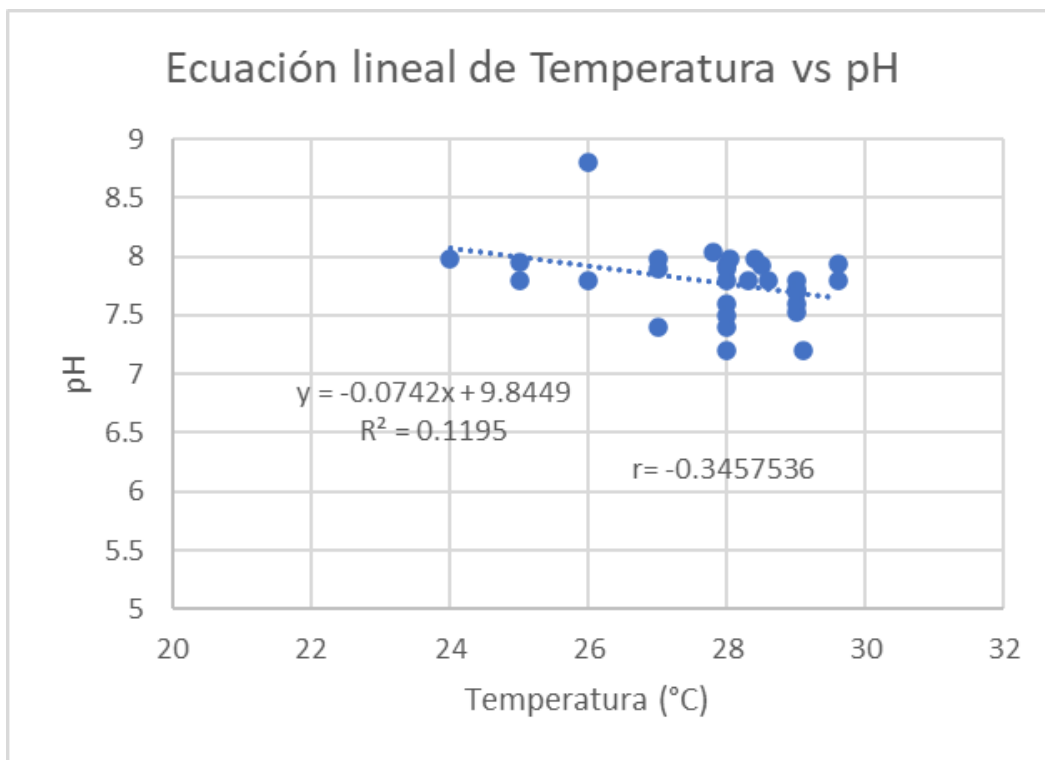


Esta falta de correlación indica que la temperatura superficial en el área de estudio no está influenciada por los gradientes de salinidad presentes durante el periodo de muestreo. Esto puede deberse a una relativa homogeneidad térmica en la columna de agua, a la influencia dominante de factores atmosféricos (radiación solar, vientos), o a una limitada interacción entre masas de agua de distinta salinidad. La ausencia de relación entre estos parámetros es coherente con ambientes donde la estratificación térmica no está directamente asociada a la salinidad, y donde ambos factores responden a dinámicas independientes.

Correlación de Temperatura y pH.

Esta prueba para evaluar la relación entre temperatura superficial y pH en las estaciones muestreadas demostró que la correlación de Pearson reflejó un coeficiente negativo moderado ($r = -0.3458$, $p < 0.05$). Lo cual implica una asociación inversa significativa entre ambas variables. El coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0.1195$, sugiriendo que aproximadamente un 12% de la variabilidad en pH puede explicarse por cambios en la temperatura.

Fig 20. Correlación entre Temperatura y pH.

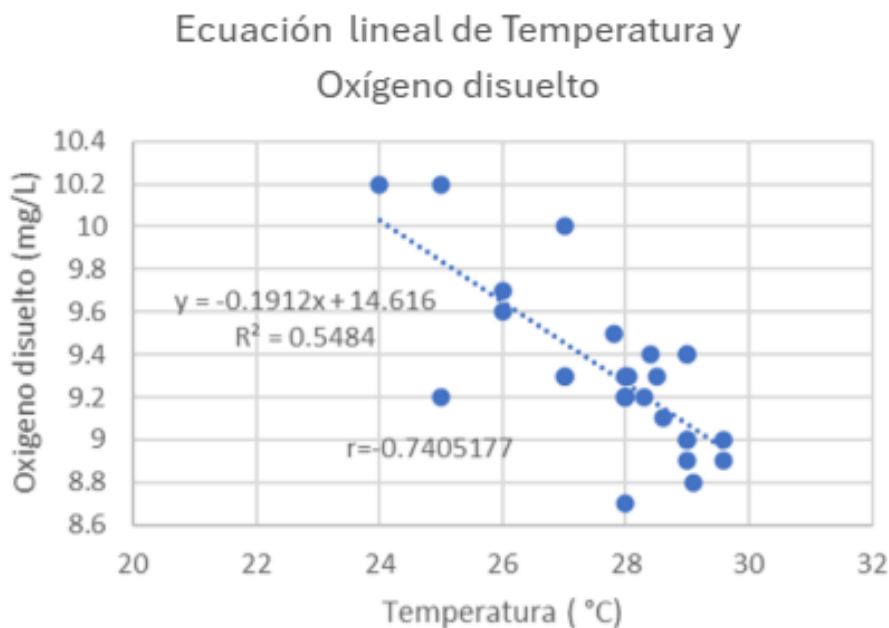


Esta correlación negativa refleja un patrón conocido en sistemas acuáticos, donde el aumento de temperatura favorece la disociación de moléculas de agua y la liberación de iones hidrógeno (H^+), lo que conduce a una disminución del pH. Este fenómeno está respaldado por el principio de Le Chatelier, según el cual el equilibrio químico se ajusta ante cambios en las condiciones externas, como la temperatura. En ambientes naturales, este efecto puede influir en la disponibilidad de nutrientes, la actividad enzimática y la sensibilidad de organismos acuáticos a variaciones en la acidez del medio. La relación observada es coherente con estudios que reportan una disminución del pH en aguas más cálidas, lo cual puede tener implicaciones ecológicas relevantes en contextos de cambio climático o variabilidad estacional.

Correlación de Temperatura y Oxígeno disuelto.

Para la temperatura y el oxígeno disuelto la correlación de Pearson fue negativa y fuerte ($r = -0.7405$, $p < 0.05$), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.5484$. Esto indica que aproximadamente el 55% de la variabilidad en los niveles de oxígeno disuelto puede explicarse por cambios en la temperatura. La ecuación de la recta de regresión ($y = -0.1912x + 14.616$) sugiere que, por cada incremento de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura, el oxígeno disuelto disminuye en promedio 0.19 unidades.

Fig 21. Correlación entre temperatura y Oxígeno disuelto.

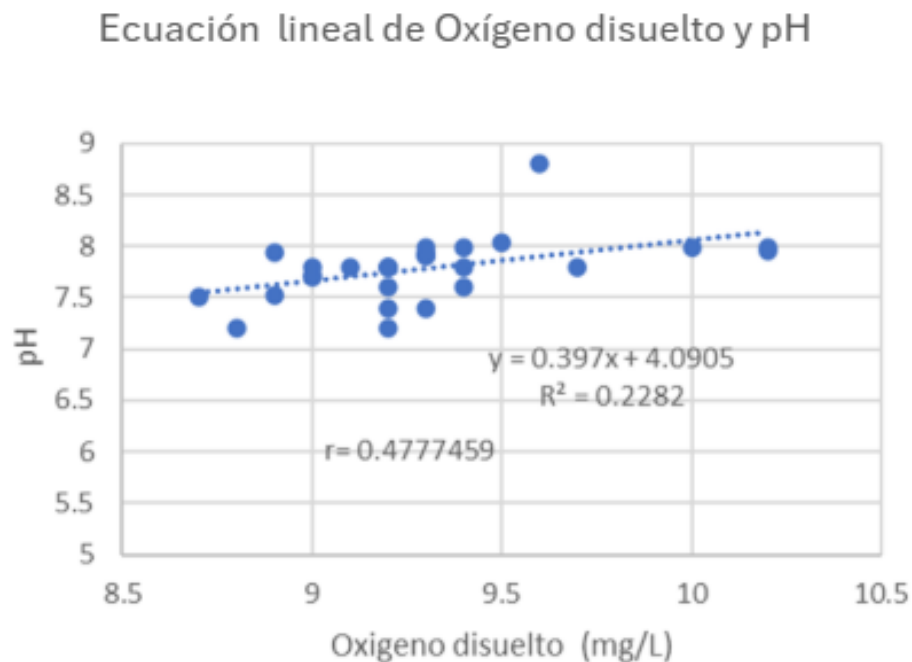


La relación inversa es ampliamente documentada en sistemas acuáticos. A medida que la temperatura del agua aumenta, la solubilidad del oxígeno disminuye, lo que limita su disponibilidad para los organismos acuáticos. Este fenómeno ocurre porque el aumento de temperatura incrementa la energía cinética de las moléculas de agua, dificultando la retención de gases disueltos como el oxígeno. En consecuencia, ambientes más cálidos tienden a presentar condiciones hipóxicas, especialmente si coinciden con alta demanda biológica de oxígeno por parte de organismos o procesos como la descomposición.

Correlación de Oxígeno disuelto y pH.

Esta correlación de Pearson entre oxígeno disuelto y pH fue positiva y moderada ($r = 0.4777$, $p < 0.05$), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.2282$. Esto indica que aproximadamente el 23% de la variabilidad en los valores de pH puede explicarse por los niveles de oxígeno disuelto. La ecuación de la recta de regresión ($y = 0.397x + 4.0905$) sugiere que, en promedio, un aumento de 1 unidad en oxígeno disuelto se asocia con un incremento de 0.397 unidades en pH.

Fig 22. Correlación entre Oxígeno disuelto y pH.



Esta relación positiva puede reflejar procesos biológicos como la fotosíntesis, donde organismos fotosintéticos (fitoplancton, macroalgas) consumen dióxido de carbono (CO_2), lo que reduce la concentración de ácido carbónico y eleva el pH del agua. Simultáneamente, la fotosíntesis produce oxígeno, aumentando su concentración disuelta. Este acoplamiento entre producción de oxígeno y alcalinización del medio es típico en ambientes con alta actividad fotosintética y buena penetración de luz.

Es importante considerar que la presencia de la Calzada de Amador también influye en la dinámica ambiental de la Bahía de Panamá. Al actuar como una barrera parcial, esta estructura limita el intercambio directo con las aguas marinas abiertas y favorece que, en

estaciones cercanas a la desembocadura del Canal de Panamá (como las estaciones 4 y 5), se perciba con mayor claridad la influencia de las descargas de agua dulce. Esto implica que variables como la salinidad y la temperatura podrían presentar valores distintos si la calzada no existiera, ya que la mezcla con aguas oceánicas sería más intensa y probablemente el efecto del canal menos evidente. Incluso procesos de mayor escala, como la entrada de aguas frías asociadas al afloramiento o la acción de los vientos, podrían verse modificados por esta estructura física. En consecuencia, es posible que tanto los parámetros físicoquímicos registrados como la respuesta de las comunidades biológicas estuvieran condicionados por la presencia de la calzada, lo que marca un punto de enlace hacia el análisis de la diversidad y distribución del zooplancton que se presenta a continuación.

Variabilidad Biológica.

3.4 Composición taxonómica y abundancia del zooplancton.

El análisis de la composición taxonómica del zooplancton permite evaluar la diversidad biológica presente en el sistema acuático y entender las dinámicas que regulan su estructura. En esta sección se presenta la identificación taxonómica de los organismos zooplanctónicos registrados durante el estudio, así como el número total de especies identificadas. Esta información es fundamental para interpretar el estado ecológico del área evaluada y su importancia dentro de la cadena trófica marina como productor secundario. A continuación, se detalla en el Cuadro N°12 la composición general de los organismos zooplanctónicos observados en las muestras recolectadas.

Cuadro N°12. Composición general zooplanctónica: (taxonomía y número total de especies registradas en el estudio).

Durante el estudio se registró una notable abundancia y diversidad taxonómica dentro de la comunidad zooplanctónica (Cuadro N°, 12), abarcando diferentes niveles de clasificación biológica que incluyen: filo, clase, orden, familia, género y especie. La mayor representación en abundancia correspondió al filo Arthropoda, siendo la clase Copépoda predominante dentro de las muestras recolectadas. Esta amplia diversidad sugiere una estructura comunitaria compleja y un ecosistema capaz de sostener múltiples formas de vida planctónica (Boltovskoy, 1999).

Dentro de los grupos taxonómicos encontrados, sobresalieron los copépodos, organismos holoplanctónicos y verdaderos productores secundarios de la cadena trófica marina. Entre estos, los copépodos *Parvocalanus crassirostris*, con una abundancia registrada de 3,464 individuos, y *Euterpina acutifrons*, con 4,063 individuos contabilizados, fueron los más sobresalientes. Estas cifras evidencian que ambas especies desempeñan un papel ecológico dominante dentro de la comunidad zooplanctónica del área de estudio. Su elevada presencia indica no solo su éxito reproductivo y adaptativo en estas condiciones ambientales, sino también su potencial relevancia como recurso trófico para niveles superiores de la cadena alimentaria (Mauchline, J. (1998).

Adicionalmente también se observó una alta abundancia de diversas fases larvarias primordialmente del estado “naupliar”, alcanzando un total de 3,964 individuos, esta fase es

| División | Filo | Clase | Orden | Familia | Organismo | Abundancias registradas |
|--------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| ANIMALIA | Arthropoda | Copepoda | Calanoida | Acartiidae | <i>Acartia clausi</i> | 576 |
| | | | | | <i>Acartia longiremis</i> | 206 |
| | | | | | <i>Acartia tonsa</i> | 337 |
| | | | | | <i>Acartia spp</i> | 105 |
| | | | | Calanidae | <i>Calanus pacificus</i> | 16 |
| | | | | Centropagidae | <i>Centropages furcatus</i> | 526 |
| | | | | Clausocalanidae | <i>Clausocalanus furcatus</i> | 11 |
| | | | | | <i>Clausocalanus jobei</i> | 6 |
| | | | | | <i>Clausocalanus pergens</i> | 22 |
| | | | | Eucalanidae | <i>Eucalanus elongatus</i> | 251 |
| | | | | | <i>Eucalanus hyalinus</i> | 46 |
| | | | | | <i>Eucalanus sp</i> | 26 |
| | | | | Pontellidae | <i>Labidocera pavo</i> | 24 |
| | | | | | <i>Labidocera acuta</i> | 147 |
| | | | | Calanidae | <i>Nannocalanus minor</i> | 43 |
| | | | | Paracalanidae | <i>Paracalanus aculetus</i> | 373 |
| | | | | | <i>Paracalanus indicus</i> | 1,308 |
| | | | | | <i>Paracalanus parvus</i> | 1,416 |
| | | | <i>Parvocalanus crassirostris</i> | | 3,464 | |
| | | | Pseudodiaptomidae | <i>Pseudodiaptomus panamensis</i> | 79 | |
| | | | | <i>Pseudodiaptomus wrightii</i> | 74 | |
| | | | Temoridae | <i>Temora discaudata</i> | 25 | |
| | | | | <i>Temora stylifera</i> | 77 | |
| | | | | <i>Temora spp</i> | 17 | |
| | | | Cyclopoida | Corycaeidae | <i>Corycaeus latus</i> | 530 |
| | | | | | <i>Corycaeus catus</i> | 531 |
| | | | | | <i>Corycaeus clausi</i> | 437 |
| | | | | | <i>Corycaeus flaccus</i> | 209 |
| | | | | | <i>Farranula concinna</i> | 45 |
| | | | | | <i>Farranula rostrata</i> | 360 |
| | | | | | <i>Farranula gracilis</i> | 14 |
| | | | | | <i>Farranula carinata</i> | 224 |
| | | | | | <i>Farranula gibbula</i> | 26 |
| | | | | Clausidiidae | <i>Hemicyclops columnaris</i> | 79 |
| <i>Hemicyclops tripartitus</i> | 161 | | | | | |
| <i>Hemicyclops humesi</i> | 30 | | | | | |
| <i>Hemicyclops magnus</i> | 42 | | | | | |
| <i>Hemicyclops sp</i> | 225 | | | | | |
| Sapphirinidae | <i>Copilia quadrata</i> | 8 | | | | |
| | <i>Sapphirina nigromaculata</i> | 5 | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| | | | | Oithonidae | <i>Dioithona rigida</i> | 500 | |
| | | | | | <i>Dioithona oculata</i> | 978 | |
| | | | | | <i>Oithona plumifera</i> | 70 | |
| | | | | | <i>Oithona similis</i> | 437 | |
| | | | | | <i>Oithona nana</i> | 406 | |
| | | | | | <i>Oithona simplex</i> | 164 | |
| | | | | | <i>Oithona robusta</i> | 1,843 | |
| | | | | | <i>Oithona oswaldocruzii</i> | 2,409 | |
| | | | | | <i>Oithona sp</i> | 58 | |
| | | | | Oncaeidae | <i>Oncaea venella</i> | 53 | |
| | | | | | <i>Oncaea venusta</i> | 134 | |
| | | | | | <i>Oncaea curta</i> | 105 | |
| | | | | | <i>Oncaea media</i> | 18 | |
| | | | | | <i>Triconia conifera</i> | 112 | |
| | | | | | <i>Triconia minuta</i> | 107 | |
| | | | | | <i>Triconia similis</i> | 179 | |
| | | | | | <i>Triconia dentipes</i> | 67 | |
| | | | Harpacticoida | Tachidiidae | <i>Euterpina acutifrons</i> | 4,063 | |
| | | | | Aegisthidae | <i>Aegisthus mucronatus</i> | 38 | |
| | | | | Ectinosomatidae | <i>Microsetella rosea</i> | 61 | |
| | | | Monstrilloida | Monstrillidae | <i>Cymbasoma coconeis</i> | 1 | |
| | Branchiopoda | Ctenopoda | | Sididae | <i>Penilia avirostris</i> | 1,337 | |
| | | | | Podonidae | <i>Evadne tergestina</i> | 449 | |
| | Malacostraca | Decapoda | | Brachyuridae | <i>Larva nauplio</i> | 3,964 | |
| | | | | Porcellanidae | <i>Zoea</i> | 587 | |
| | | Mysida | | | Mysidae | <i>Metamysidopsis insularis</i> | 48 |
| | | | | | | | <i>Neomysis sp</i> |

| | | | | | | |
|------------|---------------------------|----------------|---------------|---------------|------------------------------|-----|
| | Mollusca | Gastropoda | Pteropoda | Creseidae | <i>Creseis virgula</i> | 263 |
| | Chordata | Appendicularia | Copelata | Oikopleuridae | <i>Oikopleura sp</i> | 147 |
| | Chaetognatha | Sagittoida | Aphragmophora | Krohnittidae | <i>Krohnitta subtilis</i> | 91 |
| | | | | Sagittidae | <i>Flaccisagitta enflata</i> | 240 |
| | | | | | <i>Zonosagitta bedoti</i> | 88 |
| | | | | | <i>Serrasagitta pacifica</i> | 240 |
| | | | | | <i>Mesosagitta minima</i> | 172 |
| | <i>Sagitta bipunctata</i> | 168 | | | | |
| | Arthropoda | Ostracoda | Myodocopa | Halocypridae | <i>Discoconchoecia sp</i> | 90 |
| | | Theostraca | Balanomorpha | Balanidae | <i>Balanus sp</i> | 296 |
| | Mollusca | Bivalvia | | | Juvenil de bivalvo | 425 |
| | | Gastropoda | - | - | Juvenil de Gasterópodos | 299 |
| | | | - | - | Larva de Pomacea sp | 147 |
| Ctenophora | Tentaculata | - | - | Ctenophoro | 21 | |

representativa de muchos micro-crustáceos. Este hallazgo es indicativo de una intensa actividad reproductiva de crustáceos en la zona, lo que podría estar relacionado con factores ambientales favorables para el desove y desarrollo temprano de estas especies.

| | | | | | | |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|-----------------------------------|-----|
| | Echinodermata | Holothuroidea | - | - | Larva de pepino de mar | 1 |
| | | Echinoidea | - | - | Larva pluteus | 123 |
| | Annalia | Polychaeta | - | - | Larva metatrocophora (poliquetos) | 48 |
| | Arthropoda | Insecta | - | - | Larvas de mosquito | 2 |
| | Chordata | Actinopterygii | - | - | Huevos de peces | 127 |
| | | Teleostei | Carangiiformes | Carangidae | <i>Caranax sp</i> | 1 |
| | | | | | Larva de pez | 3 |
| | | | | Scianidae | Juvenil | 2 |
| | | | | | Larva de pez | 1 |
| | | | Gobiformes | Gobiidae | Larva de pez | 1 |
| | | | Beloniformes | Belonidae | Larva de pez | 1 |
| | | | | | Larva de pez en preflexión | 35 |
| | | | Flexión | 12 | | |
| Abundancia total | | | | | 33,375 | |

Por otra parte, se constató la coexistencia de una diversidad significativa de copépodos pertenecientes a diferentes órdenes, tales como Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida. En este grupo se incluyeron registros a nivel de género, como *Acartia* spp. *Hemicyclops* spp, *Temora* spp, así como otras especies reportadas únicamente en esta categoría taxonómica. Esto se debió a que los organismos encontrados correspondían principalmente a estados juveniles, en los cuales no se observaban aún las características morfológicas distintivas necesarias para su identificación precisa a nivel de especie. Esta heterogeneidad taxonómica dentro del grupo de los copépodos sugiere una alta estabilidad ecológica y una considerable variabilidad de nichos tróficos y ecológicos. La presencia simultánea de representantes de estos tres órdenes indica que el ecosistema marino en cuestión ofrece un amplio rango de microhábitats y fuentes de alimento, permitiendo así la coexistencia de múltiples especies con diferentes estrategias de alimentación y comportamiento (Morales & Vargas, 1995).

En términos generales, la interpretación preliminar de los resultados apunta hacia un ecosistema altamente productivo, caracterizado por una elevada riqueza y abundancia de copépodos entre otros organismos. Este escenario podría estar estrechamente vinculado a la influencia de corrientes oceánicas (mareas) y a la variabilidad en los regímenes de salinidad típicos en la entrada Pacífica del Canal de Panamá por los aportes de agua dulce. Factores como la mezcla de aguas, los aportes de nutrientes y las fluctuaciones en la temperatura podrían estar modulando la estructura y dinámica de la comunidad zooplanctónica observada, favoreciendo la diversidad y la abundancia de organismos planctónicos (Mann & Lazier, 2006).

Aunque no encontramos diferencias significativas para los parámetros como temperatura, pH y oxígeno, sus medidas son consideradas buenas para el desarrollo de los diversos organismos encontrados, en especial el oxígeno quien presento condiciones muy buenas (de 8 mg/l a 10 mg/l). Su abundancia y diversidad bien pueden estar relacionadas con las diferencias en salinidad.

3.5 Distribución espacial y temporal del zooplancton.

Relación depredador-presa: Copépodos vs Quetognatos.

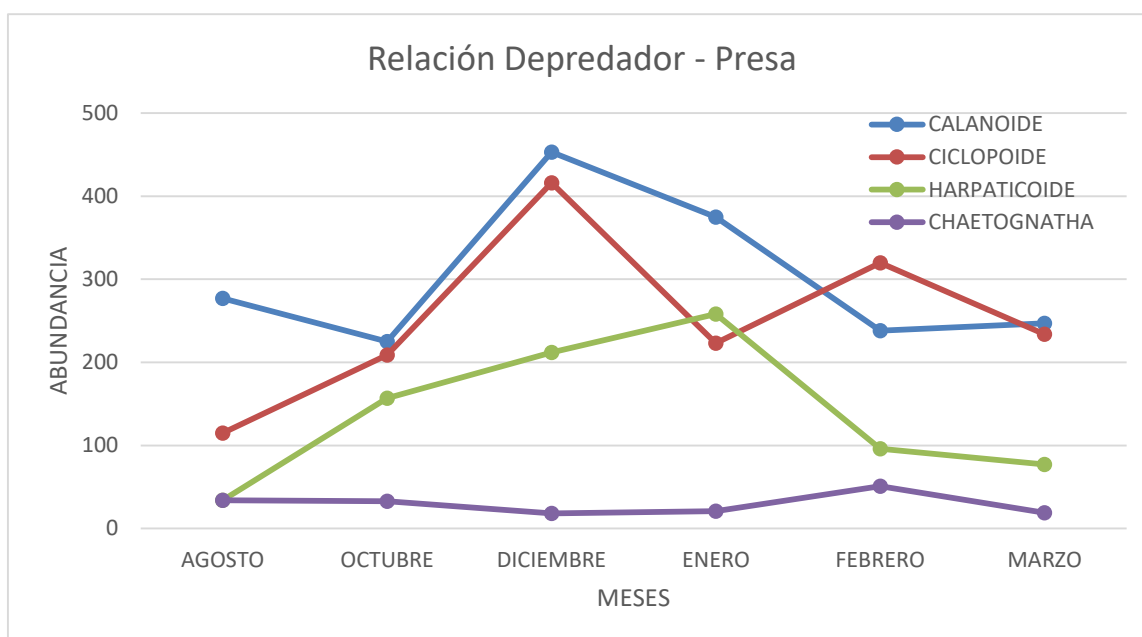
Esta sección detalla las tendencias espaciales y temporales en la dinámica y abundancia del zooplancton en lo que respecta a los copépodos, predominantes en el área de estudio. Las variaciones mensuales entre estaciones climáticas además de la riqueza y abundancia durante los seis meses de muestreo se presentan en esta sección, así como su dependencia con los organismos depredadores como los quetognatos (Cuadro N°13).

Cuadro N° 13. Abundancia mensual según su orden.

| | CALANOIDE | CICLOPOIDE | HARPATICOIDE | CHAETOGNATHA |
|------------------|-----------|------------|--------------|--------------|
| AGOSTO | 277 | 115 | 34 | 34 |
| OCTUBRE | 225 | 209 | 157 | 33 |
| DICIEMBRE | 453 | 416 | 212 | 18 |
| ENERO | 375 | 223 | 258 | 21 |
| FEBRERO | 238 | 320 | 96 | 51 |
| MARZO | 247 | 234 | 77 | 19 |

El análisis temporal de la abundancia de los órdenes considerados (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) y el Filo Chaetognatha, reveló patrones estacionales marcados a lo largo del periodo de estudio. El gráfico lineal (Fig 267) mostró que los Calanoides alcanzaron su máxima abundancia en diciembre, coincidiendo con la temporada seca, la cual se asocia a un aumento en la salinidad y la disponibilidad de alimento fitoplanctónico, condiciones propicias para su desarrollo y reproducción (Naranjo, C. 2000, Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2007). Los Cyclopoida, por su parte, mostraron un aumento gradual hacia diciembre y febrero, evidenciando su adaptabilidad a fluctuaciones en temperatura y salinidad. El orden Harpacticoida presentó su mayor abundancia en enero, lo que puede estar vinculado a su capacidad de colonizar hábitats bentónicos y tolerar condiciones más variables, incluyendo posibles eventos de mezcla o descargas continentales (Suárez-Morales & Gasca, 1989).

Fig 274. Relación depredador-presa de los quetognatos con los copéodos.



Los quetognatos (depredadores zooplanctónicos activos e indicadores de un cierto equilibrio trófico), mantuvieron abundancias bajas y relativamente estables en el periodo comprendido entre agosto de 2024 a enero de 2025, reflejando una dependencia a la disponibilidad de presas. Su aumento significativo en el mes de febrero está claramente asociado a la mayor disponibilidad de alimento (copéodos-presas) en meses anteriores. Estos resultados concuerdan con estudios previos tales como los de Champalbert *et al.*, (2002) y Kimmel *et al.*, (2006) que resaltan la influencia de los factores estacionales, particularmente la temperatura y la salinidad, en la sucesión y composición de comunidades zooplanctónicas en regiones tropicales.

3.6 Diversidad temporal y distribución estacional de especies zooplanctónicas.

El Cuadro N°14 destaca la frecuencia en la que se presentan las especies encontradas en el estudio durante seis meses, además de la abundancia temporal correspondiente a la estación seca y lluviosa.

Cuadro N° 14. Frecuencia y promedio de abundancia mensual de especies zooplanctónicas.

La frecuencia de estos organismos fue evaluada en una escala de 6 o 1 (donde 6 es la periodicidad de estos organismos durante los 6 meses muestreados y 1 corresponde a un solo mes).

Se resalta en amarillo aquellas abundancias de organismos que presentaron un total mayor a 400 organismos.

| Organismos | Época lluviosa | | | Época Seca | | | Total | Frecuencia mensual |
|-------------------------------|----------------|---------|-----------|------------|---------|-------|-------|--------------------|
| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | | |
| <i>Acartia clausi</i> | 10 | 15 | 26 | 21 | 17 | 24 | 113 | 6 |
| <i>Acartia longiremis</i> | 3 | 5 | 10 | 13 | 5 | 5 | 41 | 6 |
| <i>Acartia spp</i> | 11 | 2 | 3 | 4 | | 1 | 21 | 5 |
| <i>Acartia tonsa</i> | 7 | 14 | 11 | 12 | 10 | 12 | 66 | 6 |
| <i>Calanus pacificus</i> | | 3 | | | | | 3 | 1 |
| <i>Centropages furcatus</i> | 4 | 22 | 29 | 33 | 7 | 10 | 105 | 6 |
| <i>Clausocalanus furcatus</i> | | 2 | | | | | 2 | 1 |
| <i>Clausocalanus jobei</i> | | 1 | | | | | 1 | 1 |
| <i>Clausocalanus pergens</i> | 3 | | 1 | | | | 4 | 2 |
| <i>Eucalanus elongatus</i> | 10 | 15 | 12 | 6 | 2 | 5 | 50 | 6 |
| <i>Eucalanus hyalinus</i> | 1 | 4 | | 5 | | | 10 | 3 |
| <i>Eucalanus sp</i> | | 4 | | 1 | | | 5 | 2 |
| <i>Labidocera acuta</i> | 10 | | | 12 | 7 | | 29 | 3 |
| <i>Labidocera pavo</i> | | | | 1 | 3 | 1 | 5 | 3 |
| <i>Nannocalanus minor</i> | 4 | 4 | | | | | 8 | 2 |
| <i>Paracalanus aculeatus</i> | 7 | 4 | 7 | 11 | 6 | 12 | 47 | 6 |
| <i>Paracalanus indicus</i> | 22 | 8 | 72 | 65 | 49 | 45 | 261 | 6 |
| <i>Paracalanus parvus</i> | 31 | 34 | 75 | 59 | 42 | 42 | 283 | 6 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|---|
| <i>Parvocalanus crassirostris</i> | 134 | 73 | 199 | 128 | 82 | 76 | 692 | 6 |
| <i>Pseudodiaptomus panamensis</i> | 8 | 12 | | | 4 | 3 | 27 | 4 |
| <i>Pseudodiaptomus wrightii</i> | 5 | 1 | | 1 | 3 | 5 | 15 | 5 |
| <i>Temora discaudata</i> | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 6 | 5 |
| <i>Temora sp</i> | 2 | | | 1 | | | 3 | 2 |
| <i>Temora stylifera</i> | 4 | 1 | 6 | 1 | 1 | 5 | 18 | 6 |
| <i>Copilia quadrata</i> | | | | 1 | | 1 | 2 | 2 |
| <i>Corycaeus catus</i> | 17 | 13 | 31 | 20 | 15 | 10 | 106 | 6 |
| <i>Corycaeus clausi</i> | 13 | 7 | 20 | 24 | 16 | 7 | 87 | 6 |
| <i>Corycaeus flaccus</i> | 11 | 2 | 21 | 1 | 3 | 4 | 42 | 6 |
| <i>Corycaeus latus</i> | 19 | 6 | 33 | 17 | 20 | 10 | 105 | 6 |
| <i>Dioithona oculata</i> | 1 | 23 | 47 | 36 | 44 | 46 | 197 | 6 |
| <i>Dioithona rígida</i> | 5 | 22 | 37 | 15 | 10 | 11 | 100 | 6 |
| <i>Farranula carinata</i> | 3 | | 3 | 16 | 10 | | 32 | 4 |
| <i>Farranula concinna</i> | | | 8 | | 1 | | 9 | 2 |
| <i>Farranula gibbula</i> | | 1 | | | | | 1 | 1 |
| <i>Farranula gracilis</i> | | | 1 | | 2 | | 3 | 2 |
| <i>Farranula rostrata</i> | 4 | 1 | 36 | 15 | 9 | 7 | 72 | 6 |
| <i>Hemicyclops columnaris</i> | 2 | 9 | 2 | | | 5 | 18 | 4 |
| <i>Hemicyclops humesi</i> | | 1 | 5 | | | | 6 | 2 |
| <i>Hemicyclops magnus</i> | | 6 | | | 2 | 1 | 9 | 3 |
| <i>Hemicyclops sp</i> | | | | 13 | 10 | 22 | 45 | 3 |
| <i>Hemicyclops tripartitus</i> | | 16 | | 1 | 7 | 8 | 32 | 4 |
| <i>Oithona nana</i> | 1 | 11 | 16 | 17 | 21 | 16 | 82 | 6 |
| <i>Oithona oswaldocruzi</i> | 18 | 74 | 148 | 46 | 83 | 58 | 427 | 6 |
| <i>Oithona plumifera</i> | 5 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 16 | 6 |
| <i>Oithona robusta</i> | 11 | 35 | 11 | 23 | 82 | 59 | 221 | 6 |
| <i>Oithona similis</i> | | 4 | 18 | 28 | 21 | 16 | 87 | 5 |
| <i>Oithona simplex</i> | 1 | 13 | 12 | 4 | 3 | 1 | 34 | 6 |
| <i>Oithona sp</i> | | 7 | | 4 | 1 | | 12 | 3 |
| <i>Oncaea curta</i> | | | 1 | | 12 | 8 | 21 | 3 |
| <i>Oncaea media</i> | 1 | | 1 | 2 | | | 4 | 3 |
| <i>Oncaea venella</i> | | | 7 | | 3 | | 10 | 2 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|---|
| <i>Oncaea venusta</i> | | | 12 | | 11 | 3 | 26 | 3 |
| <i>Sapphirina nigromaculata</i> | | | | | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Triconia conifera</i> | | | | 1 | 4 | | 5 | 2 |
| <i>Triconia dentipes</i> | 2 | 5 | | 4 | 2 | | 13 | 4 |
| <i>Triconia minuta</i> | 1 | 1 | 2 | 4 | 10 | 2 | 20 | 6 |
| <i>Triconia similis</i> | | | 9 | 3 | 19 | 4 | 35 | 4 |
| <i>Euterpina acutifrons</i> | 32 | 156 | 206 | 256 | 90 | 73 | 813 | 6 |
| <i>Aegisthus mucronatus</i> | 2 | 1 | 5 | | | | 8 | 3 |
| <i>Microsetella rosea</i> | | | 1 | 2 | 6 | 4 | 13 | 4 |
| <i>Cymbasoma cocoense</i> | | | | | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Penilia avirostris</i> | 6 | 7 | 50 | 114 | 57 | 33 | 267 | 6 |
| <i>Evadne tergestina</i> | 13 | 2 | | 32 | 24 | 18 | 89 | 5 |
| Larva nauplio | 53 | 220 | 172 | 163 | 109 | 75 | 792 | 6 |
| Estado larval Zoea | 7 | 13 | 17 | 4 | 2 | 4 | 47 | 6 |
| <i>Metamysidopsis insulares</i> | 1 | 21 | 30 | 7 | 5 | 4 | 68 | 6 |
| <i>Neomysis sp</i> | | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 9 | 5 |
| <i>Discoconchoecia sp</i> | 1 | | 13 | 2 | | 2 | 18 | 5 |
| <i>Balanus sp</i> | 1 | 24 | 5 | 1 | 28 | | 59 | 5 |
| Juvenil de Bivalvo | 6 | 19 | 15 | 14 | 28 | 4 | 86 | 6 |
| Larva juvenil <i>Pomacea sp</i> | | 22 | 9 | 1 | | | 32 | 3 |
| Larva de Gasterópodo | 2 | 12 | 17 | 4 | 7 | 9 | 52 | 6 |
| Larva pluteus | | 11 | 7 | 4 | 2 | 1 | 25 | 6 |
| Poliquetos | | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 12 | 5 |
| Ctenophoro | | | | 1 | 1 | | 2 | 2 |
| <i>Flaccisagitta enflata</i> | 4 | 3 | | 2 | 17 | 1 | 27 | 5 |
| <i>Krohnitta subtilis</i> | | 4 | 2 | 8 | 3 | 1 | 18 | 5 |
| <i>Zonosagitta bedoti</i> | 7 | 2 | | 3 | 2 | 2 | 16 | 5 |
| <i>Mesosagitta minima</i> | 7 | 8 | 2 | 2 | 13 | | 32 | 5 |
| <i>Serrasagitta pacifica</i> | 9 | 7 | 6 | 3 | 12 | 12 | 49 | 6 |
| <i>Sagitta bipunctata</i> | 7 | 9 | 8 | 3 | 4 | 3 | 34 | 6 |
| <i>Creseis vírgula</i> | | 3 | 26 | | 19 | 4 | 52 | 4 |
| Larvas de mosquito | | | | 3 | | | 3 | 1 |
| <i>Oikopleura sp</i> | | | | 6 | 12 | 12 | 30 | 3 |
| Huevo de peces | 9 | 1 | 4 | 2 | 5 | 4 | 25 | 6 |
| Larva de pez Carangidae | | 1 | 2 | | 2 | 2 | 7 | 4 |

| | | | | | | | | |
|------------------------|-----|------|------|------|------|-----|---|---|
| Larva de pez Belonidae | | 1 | | | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Juvenil de pez | 3 | | | | 1 | 0 | 4 | 2 |
| Total, de organismos | 562 | 1032 | 1536 | 1313 | 1115 | 822 | | |

El análisis conjunto de la distribución temporal del zooplancton revela una comunidad altamente dinámica y estructuralmente diversa, influenciada principalmente por variaciones salinas, tanto geográficas como temporales. A partir de los datos agrupados por estaciones de muestreo, se observa que especies como como *Oithona oswaldocruzi*, *Euterpina acutifrons*, *Parvocalanus crassirostris* y larvas Nauplio presentan no solo altos valores de abundancia superando el total de 400 individuos, sino también una amplia distribución entre los meses, lo que sugiere que estos organismos cumplen un papel ecológico clave como componentes dominantes del zooplancton en el área de estudio. Estos organismos estuvieron presentes en todos los meses, mostrando alta tolerancia ecológica y adaptación a diferentes condiciones ambientales, rasgos típicos de especies eurihalinas según Odum (1983).

En el análisis temporal, que abarcan estos seis meses de muestreo repartidos entre la época lluviosa 2024 (agosto, octubre, diciembre) y la seca 2025 (enero, febrero, marzo), también se observan variaciones significativas tanto en la abundancia como en la riqueza específica. En la Figura 268 la abundancia total aumentó progresivamente desde 562 individuos en agosto hasta alcanzar un máximo de 1536 en diciembre, para luego disminuir progresivamente hacia marzo con 822 individuos, lo que refleja una respuesta clara de la comunidad zooplanctónica a las condiciones ambientales asociadas a los cambios estacionales en este medio mixohalino.

Los patrones observados se ven reforzados por el análisis estadístico. La prueba de ANOVA (Cuadro N° 15) permitió detectar diferencias significativas en la abundancia entre los meses de muestreo, confirmando que los cambios temporales no son aleatorios, sino producto de una variación estructurada a lo largo del tiempo (Zar, 2010). Posteriormente, la prueba Post Hoc de Dunn (Cuadro N° 16) permitió identificar en qué momentos dentro del factor temporal se concentraban estas diferencias, destacando comparaciones como diciembre versus agosto, donde el aumento de la abundancia fue sustancial y estuvo dominado por especies como *Euterpina acutifrons*, *Parvocalanus crassirostris* y larvas nauplios, que mostraron picos poblacionales en dichos meses seguidos de la especie *Oithona oswaldocruzi*.

Esta combinación de análisis espacial y temporal sugiere que esta comunidad zooplanctónica está sujeta a múltiples gradientes ambientales que afectan tanto la composición como la abundancia relativa de sus miembros. Las especies más representativas no solo fueron constantes a lo largo del espacio, sino también del tiempo, lo que indica que podrían actuar como indicadores ecológicos clave del sistema. Por otro lado, la aparición esporádica de especies holoplanctónico como *Calanus pacificus*, *Copilia quadrata* *Sapphirina nigromaculata* y *Cymbasoma cocoense*, pertenecientes a los órdenes Calanoida, Cyclopoida

y Monstrilloida respectivamente presentes solo en uno o dos muestreos, podría estar vinculada a eventos ambientales puntuales, ciclos reproductivos específicos o requerimientos ecológicos más restringidos.

3.7 Diversidad ecológica y estructura comunitaria.

El Cuadro N°17 muestra la variación mensual en la diversidad y abundancia de organismos zooplanctónicos en la entrada pacífica al Canal de Panamá. Se observa que, durante la época lluviosa (agosto, octubre, diciembre), la abundancia de organismos aumenta progresivamente, alcanzando su máximo en diciembre con 1536 individuos, mientras que en la época seca (enero, febrero, marzo) se mantiene alta, pero con valores ligeramente menores, destacando enero con 1313 y febrero con 1115 individuos.

Cuadro N°17: Índices de diversidad, riqueza y abundancia mensual.

| Mes | Época | Riqueza (Taxa_S) | Shannon (H) (bels) | Equitatividad (J') | Abundancia |
|-----------|----------|------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Agosto | Lluviosa | 54 | 3.21 | 0.8046 | 562 |
| Octubre | | 65 | 3.159 | 0.7567 | 1032 |
| Diciembre | | 59 | 3.187 | 0.7816 | 1536 |
| Enero | Seca | 66 | 3.094 | 0.7385 | 1313 |
| Febrero | | 67 | 3.4896 | 0.8302 | 1115 |
| Marzo | | 62 | 3.372 | 0.817 | 822 |

Se observan variaciones significativas tanto en la abundancia como en la riqueza específica. La abundancia total aumentó progresivamente hasta alcanzar un máximo en diciembre, para luego disminuir hacia marzo, lo que refleja una respuesta clara de la comunidad a las condiciones ambientales asociadas a los cambios estacionales. No obstante, la riqueza de especies (S) permanece elevada a lo largo de todo el período, oscilando entre 54 y 67 taxones, con los valores más altos en enero y febrero, indicando estabilidad en la diversidad durante ambas épocas del año.

Los índices de diversidad de Shannon (H') y Equitatividad (J') permiten profundizar en la forma en que los individuos se distribuyen entre los taxones registrados. Durante los meses de mayor abundancia (octubre y diciembre), H' se mantuvo en valores relativamente altos (3.159 y 3.187, respectivamente), aunque acompañados de niveles de Equitatividad más bajos pero aceptables ($J' = 0.7567$ en octubre y 0.7816 en diciembre), lo que sugiere cierta dominancia de algunos grupos durante estos eventos de alta densidad.

En contraste, febrero y marzo presentan un escenario distinto, los valores de Shannon fueron los más elevados del periodo ($H' = 3.491$ en febrero y 3.372 en marzo), acompañados por las mayores equitatividades registradas ($J' = 0.8302$ y 0.817). Esto indica comunidades más balanceadas, donde los individuos se distribuyen de forma más homogénea entre los distintos grupos presentes. Agosto y enero ocupan posiciones intermedias, con valores de Shannon de 3.21 y 3.094 y equitatividades de 0.8046 y 0.7385 , respectivamente.

En conjunto, estos resultados evidencian dos estados ecológicos contrastantes: Un periodo de alta abundancia, pero menor equidad (octubre-diciembre), probablemente asociado a eventos de proliferación de taxones oportunistas o reproductivamente activos. Y un periodo de abundancia moderada en individuos, pero mayor estabilidad estructural (febrero-marzo) evidenciado por el aumento de la presencia de quetognatos indicadores de cierto equilibrio trófico; característico de comunidades ecológicamente más maduras o reguladas por competencia interespecífica. Este comportamiento sugiere que la comunidad zooplanctónica alterna entre fases de dominancia temporal y fases de equilibrio comunitario, probablemente moduladas por las variaciones ambientales propias del ciclo estacional.

Estos patrones sugieren que las condiciones ambientales de la entrada Pacífica del Canal favorecen una comunidad zooplanctónica diversa y abundante, con ligeras variaciones estacionales asociadas a los cambios en precipitación, salinidad y disponibilidad de nutrientes, los cuales influyen en los picos de abundancia y en el mantenimiento de la riqueza de especies.

En cuanto a la dominancia por especie en cada mes, la abundancia poblacional se distribuyó de la siguiente manera: durante el mes de agosto, las especies más abundantes fueron *Parvocalanus crassirostris*, seguida por *Euterpina acutifrons* y finalmente larvas nauplio, en un orden de mayor a menor número de individuos. En los meses de octubre y febrero, larva nauplio, *E. acutifrons* y *Oithona oswaldocruzi* tuvieron una mayor presencia en las muestras colectadas, en ese orden, respectivamente para ambos meses. En diciembre, *E. acutifrons*, *P. crassirostris* y larvas de nauplios obtuvieron una mayor dominancia. Enero, presentó estas tres especies anteriormente señaladas pero la abundancia varió debido a que se encontró una menor población de *P. crassirostris* siendo *E. acutifrons* la especie más abundante, seguido de larva nauplio y por último *P. crassirostris*. A diferencia de los meses anteriores, en marzo la especie *P. crassirostris* fue la más dominante seguido de larvas nauplios y *E. acutifrons*. Aunque se repitió constantemente la presencia en mayor abundancia de estas tres especies antes mencionadas, la dominante dentro de este grupo varió a lo largo del tiempo, así como la presencia de *O. oswaldocruzi* como una de las tres más dominantes en 2 meses (octubre y febrero) de los 6 muestreados.

3.8 Distribución espacial y estructura comunitaria por estaciones.

El enfoque espacial basado en la abundancia agrupada por género en cada estación de muestreo se presenta en el Cuadro N°18. En este se identifican patrones de distribución que podrían estar modulados por gradientes ambientales, especialmente la salinidad, y ofrece una visión funcional de la comunidad antes de profundizar en especies específicas.

Cuadro N° 18. Abundancia y distribución agrupado a género por estación.

Resaltado en amarillo aquellos con un total superior a 1,000.

| Género | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Total | Frecuencia estacional |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-----------------------|
| Acartia | 34 | 174 | 408 | 608 | 242 | 1466 | 5 |
| Calanus | 1 | 3 | 3 | 7 | 2 | 16 | 5 |
| Centropages | 127 | 105 | 105 | 128 | 61 | 526 | 5 |
| Clausocalanus | 1 | 12 | 18 | 8 | | 39 | 4 |
| Eucalanus | 38 | 65 | 81 | 94 | 45 | 323 | 5 |
| Labidocera | 57 | 32 | 55 | 27 | | 171 | 4 |
| Nannocalanus | 3 | 15 | 3 | 18 | 4 | 43 | 5 |
| Paracalanus | 473 | 738 | 573 | 914 | 399 | 3097 | 5 |
| Parvocalanus | 338 | 709 | 873 | 934 | 610 | 3464 | 5 |
| Pseudodiaptomus | 10 | 54 | 43 | 36 | 10 | 153 | 5 |
| Temora | 70 | 5 | 18 | 26 | | 119 | 4 |
| Copilia | 1 | 1 | 6 | | | 8 | 3 |
| Corycaeus | 352 | 449 | 487 | 364 | 55 | 1707 | 5 |
| Dioithona | 61 | 200 | 222 | 551 | 444 | 1478 | 5 |
| Farranula | 178 | 64 | 157 | 153 | 17 | 569 | 5 |
| Hemicyclops | 8 | 53 | 131 | 148 | 206 | 546 | 5 |
| Oithona | 217 | 718 | 695 | 1254 | 1341 | 4225 | 5 |
| Oncaea | 133 | 59 | 16 | 28 | 23 | 259 | 5 |
| Sapphirina | 2 | 2 | 1 | | | 5 | 3 |
| Triconia | 256 | 124 | 22 | 19 | 4 | 425 | 5 |
| Euterpina | 310 | 639 | 1089 | 1266 | 759 | 4063 | 5 |
| Aegisthus | 23 | 12 | 3 | | | 38 | 3 |
| Microsetella | 24 | 7 | 8 | 18 | 4 | 61 | 5 |

| | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|---|
| Cymbasoma | | | 1 | | | 1 | 1 |
| Penilia | 278 | 329 | 401 | 272 | 57 | 1337 | 5 |
| Evadne | 252 | 82 | 57 | 52 | 6 | 449 | 5 |
| Larva nauplio | 578 | 603 | 902 | 1027 | 854 | 3964 | 5 |
| Zoea | 25 | 45 | 44 | 59 | 74 | 247 | 5 |
| Metamysidopsis | 13 | 37 | 66 | 119 | 105 | 340 | 5 |
| Neomysis | 2 | 6 | 2 | 20 | 18 | 48 | 5 |
| Discoconchoecia | 43 | 25 | 14 | 8 | | 90 | 4 |
| Balanus | 1 | 7 | 25 | 107 | 156 | 296 | 5 |
| Juvenil de bivalvo | 61 | 56 | 66 | 81 | 109 | 373 | 5 |
| L. de Pomacea | 4 | 14 | 27 | 43 | 59 | 147 | 5 |
| L. de Gasterópodo | 32 | 48 | 57 | 72 | 90 | 299 | 5 |
| Larva pluteus | 2 | 2 | 5 | 19 | 35 | 63 | 5 |
| L. de poliquetos | 9 | 10 | 15 | 20 | 16 | 70 | 5 |
| L. de pepino de mar | | 2 | 2 | 3 | | 7 | 3 |
| Ctenophoro | | 5 | 4 | 4 | | 13 | 3 |
| Flaccisagitta | 53 | 67 | 21 | 34 | 2 | 177 | 5 |
| Krohnitta | 40 | 42 | 9 | | | 91 | 3 |
| Zonosagitta | 42 | 28 | 14 | 4 | | 88 | 4 |
| Serrasagitta | 100 | 81 | 46 | 13 | | 240 | 4 |
| Mesosagitta | 32 | 58 | 46 | 32 | 4 | 172 | 5 |
| Sagitta | 14 | 18 | 40 | 58 | 38 | 168 | 5 |
| Creséis | 103 | 125 | 17 | 12 | 6 | 263 | 5 |
| L. de mosquito | 3 | | 4 | 3 | 7 | 17 | 4 |
| Oikopleura | 41 | 41 | 21 | 23 | 21 | 147 | 5 |
| Huevos de peces | 25 | 21 | 33 | 42 | 6 | 127 | 5 |
| L. de pez | 10 | 12 | 16 | 12 | 1 | 51 | 5 |
| Carangidae (Larva) | 1 | 1 | 3 | 2 | | 7 | 4 |
| Scianidae (juvenil) | | 1 | 2 | | | 3 | 2 |
| Belonidae (Larva) | | 1 | 1 | 1 | | 3 | 3 |
| Total | 4481 | 6007 | 6978 | 8743 | 5890 | | |
| Riqueza | 48 | 51 | 53 | 47 | 37 | | |

La composición y distribución de los géneros zooplanctónicos evidencian patrones espaciales marcados y una clara dominancia de ciertos grupos. *Oithona*, *Parvocalanus*, *Euterpina*, y *Paracalanus* destacan como los géneros más abundantes de copépodos, mientras que *Acartia*, *Corycaeus* y *Dioithona*, aunque menos numerosa se encuentra presente en todas las estaciones, lo que sugiere un rol importante como especies constantes y de amplia tolerancia ecológica. La elevada abundancia de copépodos confirma que este grupo constituye la fracción dominante del zooplancton en el área de estudio. Por otra parte, también hay una gran abundancia del género *Penilia* perteneciente al orden de los cladóceros y de larvas de nauplios, contando su presencia en todas las estaciones, todas ellas superando los 1,000 individuos identificados a lo largo de los 6 meses muestreados en las 5 estaciones.

En términos espaciales, la Estación 4 concentró la mayor abundancia total (8732 individuos), dominada por copépodos calanoides, mientras que las Estaciones 2 y 3 se caracterizaron por su mayor riqueza taxonómica (51 y 53 géneros, respectivamente). En contraste, la Estación 5 mostró la menor riqueza (37 géneros), lo que sugiere una menor heterogeneidad ambiental o condiciones menos favorables para la diversidad. Estos resultados reflejan la existencia de gradientes ecológicos asociados primordialmente variaciones en salinidad influenciado por el aporte de aguas dulces del Canal o la falta de influencia continental.

El análisis de larvas y organismos meroplanctónicos complementa este panorama nerítico en la cual muchos organismos pasaran al dominio bentónico y otras al pelágico como por ejemplo bivalvos, gasterópodos y larvas peces. Las larvas de bivalvos (375 individuos) y de gasterópodos (299) fueron abundantes, indicando zonas de intensa actividad reproductiva de moluscos. La presencia de huevos y larvas de peces, aunque en menor número, resalta la importancia del área como hábitat de crianza. La coexistencia de altas abundancias de adultos en unas estaciones y de larvas en otras sugiere una disociación espacial entre zonas de reproducción y de concentración de organismos adultos, probablemente vinculada a estrategias de dispersión larval y a la dinámica de las masas de agua (Vineetha *et al.*, 2015).

En este contexto, de la variabilidad espacial la salinidad emerge como el parámetro ambiental más significativo para explicar la distribución observada. Los valores más altos se registraron en las estaciones 1 y 2 (31 y 29 ups en promedio), mientras que la estación 5 presentó la salinidad más baja (23 ups). Este gradiente se refleja en la estructura zooplanctónica: las estaciones con salinidad intermedia-alta (33-27 ups) concentraron la mayor abundancia de copépodos (*Oithona*, *Paracalanus*, *Corycaeus*, *etc.*), en tanto que la menor riqueza y abundancia coincidió con las zonas de baja salinidad (19-23 ups) (Est. 5), lo que sugiere un efecto limitante de los aportes continentales sobre la diversidad. Temporalmente, la salinidad más baja se registró en octubre (23.6 ups), coincidiendo con la temporada lluviosa, mientras que los valores más altos ocurrieron en diciembre-marzo (29–28.8 ups), durante la estación seca, lo que refuerza el vínculo entre variabilidad climática y dinámica planctónica.

Desde una perspectiva ecológica, los datos reflejan un mosaico ambiental: las estaciones con mayor abundancia de copépodos (especialmente Est. 4) contrastan con las zonas de alta riqueza (Est. 2), lo que indica que no siempre las áreas más productivas en términos de biomasa coinciden con las de mayor diversidad (Vineetha *et al.* 2015). Asimismo, la amplia distribución de *Acartia* y la dominancia de *Oithona* y *Paracalanus* sugieren que estos géneros pueden considerarse indicadores de productividad y estabilidad ambiental, mientras que la presencia de larvas de moluscos y peces señala áreas críticas para procesos de reclutamiento.

Finalmente, la abundancia desigual en las tablas resalta la necesidad de considerar la estacionalidad del zooplancton y la influencia de variables fisicoquímicas. La integración de los patrones biológicos con la salinidad confirma que este parámetro actúa como un eje central en la zonificación ecológica del área de estudio. De esta manera, el zooplancton se confirma como un bioindicador sensible de los cambios ambientales, capaz de reflejar los niveles de productividad primaria, por la relación alimenticia que tiene con ellos.

Cuadro N° 19. Índice de diversidad por Estación.

| | Taxones_S | Individuos | Shannon-H (Bels) | Equitatividad (J') |
|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Estación 1 | 48 | 4481 | 3.077 | 0.7948 |
| Estación 2 | 51 | 6007 | 2.932 | 0.7458 |
| Estación 3 | 53 | 6978 | 2.806 | 0.7067 |
| Estación 4 | 47 | 8743 | 2.755 | 0.7156 |
| Estación 5 | 37 | 5890 | 2.543 | 0.7043 |

Esta tendencia es corroborada al observar los índices de diversidad, que ofrecen una visión integrada de la riqueza y la equidad. El índice de Shannon (H'), que mide tanto la riqueza como la uniformidad de la comunidad, fue más alto en la estación 1 (3.077), seguido por la estación 2 (2.93) y la estación 3 (2.806). Las estaciones 4 y 5 tuvieron los valores más bajos con 2.755 y 2.543, respectivamente. Esta caída en la diversidad en la estación 5 coincide con su baja riqueza (38 géneros) además de confirmar que los ecosistemas marinos cuentan con una mayor riqueza y complejidad trófica que los ecosistemas de agua dulce (Margalef, 1974).

El índice de Equitatividad (J') permite evaluar cuán homogénea es la distribución de los individuos, se mide según valores cercanos a 1 indican que las especies tienen abundancias similares entre sí mientras que, cero (0) refleja una fuerte dominancia por una o pocas especies, lo que se evidencia en nuestra zona de estudio. En términos ecológicos, los

resultados de la Equitabilidad sugieren que, aunque todas las estaciones mantienen una homogeneidad relativamente alta, la estructura comunitaria varía espacialmente, pasando de ensamblajes más equitativos (Est. 1 y Est. 2) a ensamblajes más dominados por pocas especies (Est. 3-5). Esto refleja los gradientes ambientales y las diferencias en la influencia marina sobre todo en la salinidad vs los aportes de agua dulce provenientes de la esclusa.

En cuanto a la abundancia total de organismos, se registraron 8743 individuos en la estación 4, siendo esta la más numerosa, seguida por la estación 3 (6978), estación 2 (6007), estación 5 (5890) y estación 1 (4481). Este orden sugiere que, aunque algunas estaciones tienen mayor número de individuos, esto no necesariamente implica mayor diversidad, lo cual se confirma por los índices analizados.

Desde el punto de vista estadístico, los datos de abundancia no siguen una distribución normal en ninguna estación, como lo demuestra la prueba de Shapiro-Wilk (Cuadro N°20) ($p < 0.001$ en todos los casos), lo que justifica el uso de pruebas no paramétricas para la comparación entre estaciones. La prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro N°21) no detectó diferencias significativas entre las medianas de abundancia ($H = 6.48$; $p = 0.1657$), lo que sugiere que, a pesar de las variaciones en riqueza y diversidad, las medianas no presentan contrastes estadísticamente relevantes. Sin embargo, el análisis Post Hoc en el cuadro N° 22 (Dunn con corrección de Bonferroni) reveló una diferencia marginal entre la Estación 3 y la Estación 5 ($p = 0.04229$), lo que podría reflejar un cambio en la estructura comunitaria más que en la abundancia total. Esta diferencia, aunque no concluyente tras el ajuste por comparaciones múltiples, coincide con los patrones ecológicos observados: la Estación 5 presenta una comunidad más simplificada y dominada por pocos géneros, mientras que la Estación 3, con mayor riqueza taxonómica, mantiene una diversidad intermedia.

En síntesis, la estructura comunitaria del zooplancton y organismos relacionados en las estaciones de muestreo presenta importantes variaciones espaciales (Cuadro N°19). La Estación 1 destaca por su alta diversidad y equidad, mientras que la Estación 5, aunque con un número considerable de individuos, muestra señales de dominancia de pocos géneros y una diversidad más limitada. La Estación 3, con la mayor riqueza taxonómica, presenta una comunidad diversa pero menos equitativa que la Estación 1. Estas diferencias pueden atribuirse a factores ambientales locales, como la salinidad, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes o la influencia antrópica asociada a la Calzada de Amador, que modulan la distribución y abundancia de los géneros presentes. En este sentido, la Estación 3 podría representar una zona de transición ecológica, donde confluyen condiciones ambientales tanto marinas como estuarinas, favoreciendo una alta riqueza específica.

Salinidad y riqueza.

Cuadro N° 23. Riqueza de géneros encontrados por mes y estación.

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Agosto | 32 | 40 | 50 | 47 | *S/D |
| Octubre | 31 | 44 | 56 | 55 | 48 |
| Diciembre | 57 | 52 | 54 | 53 | 31 |
| Enero | 41 | 41 | 57 | 48 | 49 |
| Febrero | 46 | 62 | 50 | 50 | 31 |
| Marzo | 51 | 47 | 53 | 48 | 31 |

*(S/D) = sin datos

El cuadro N°23 indica la cantidad de géneros que fueron encontrados durante los seis meses de muestreo. Se puede apreciar el cambio de la riqueza en cada una de las estaciones (E1-E5) dependiendo del mes de muestreo, comenzando con estación lluviosa, registramos que, en el mes de agosto y octubre, se presentó una mayor riqueza en la estación 3, la cual presentó un número de 50 y 56 géneros identificados, respectivamente. Diciembre presentó una mayor riqueza en la estación 1 con 57 géneros.

Para la estación seca, la mayor riqueza en cada estación por mes de muestreo se presentó de la siguiente manera: enero contó con un número de 57 géneros en estación 3, febrero con 62 géneros en estación 2 y marzo con 53 géneros en estación 3. Debido a lo anteriormente señalado, se puede destacar que la estación con mayor riqueza presentada es la estación 3, ya que presentó un mayor número de géneros identificados en los meses de agosto, octubre, enero y marzo.

3.9 Correlación entre salinidad y abundancia.

Cuadro N° 24. Variación de la correlación entre salinidad y abundancia de especies por estaciones.

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Agosto Abundancia | 258 | 871 | 812 | 933 | * |
| Salinidad (ups) | 30 | 29 | 26 | 25 | * |
| Correlación | r = -0.720067723 | | | | |
| Octubre Abundancia | 265 | 584 | 964 | 1409 | 1866 |
| Salinidad (ups) | 30 | 27 | 21 | 21 | 19 |
| Correlación | r = -0.928604664 | | | | |
| Diciembre Abundancia | 1608 | 1694 | 1947 | 2079 | 1073 |
| Salinidad (ups) | 33 | 31 | 28 | 28 | 25 |
| Correlación | r = 0.313433261 | | | | |
| Enero Abundancia | 820 | 648 | 1905 | 2148 | 1594 |
| Salinidad (ups) | 33 | 30 | 29 | 28 | 22 |
| Correlación | r = -0.478097482 | | | | |
| Febrero Abundancia | 731 | 1752 | 559 | 1647 | 1185 |
| Salinidad (ups) | 30 | 31 | 29 | 27 | 22 |
| Correlación | r = -0.04023943 | | | | |
| Marzo Abundancia | 747 | 521 | 764 | 1234 | 848 |
| Salinidad (ups) | 31 | 30 | 29 | 29 | 25 |
| Correlación | r = -0.233855454 | | | | |

Los resultados obtenidos a partir del coeficiente de correlación entre las variables de salinidad y abundancia indican que existen diferencias temporales y espaciales. Durante los meses de agosto y octubre se registraron correlaciones negativas fuertes ($r = -0.72$ y $r = -0.93$, *respectivamente*) lo cual indica que la disminución de la salinidad estuvo asociada al aumento abundancia total de las especies. En contraste, también se observan correlaciones positivas, como en lo es el mes de diciembre ($r = 0.31$) por lo tanto, a mayor salinidad mayor

abundancia. Estos resultados no prueban de forma directa que la salinidad influye sobre la abundancia de las especies, ya que no observamos efecto uniforme en los datos, sino que este parámetro “abundancia” está regido por la dinámica ecológica mensual, sus patrones biológicos de reproducción y las características particulares de la zona mixohalina.

3.10 Especies indicadoras de medios marinos de salinidad variable.

Aunque los análisis en los apartados anteriores (3.8 y 3.9), se menciona que la relación entre la salinidad y la abundancia no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones; el desglose espacial por géneros observados permitió identificar patrones específicos que sugieren alguna influencia ambiental localizada en el sitio por las condiciones reinantes. Por ello, se decidió profundizar en especies seleccionadas con características ecológicas contrastantes, como por ejemplo la presencia del género *Corycaeus*, organismo holoplanctónico típico de ambiente marino y oceánico con tolerancia nerítica (Grimaldo, 1995), así como también la presencia de juveniles del género *Pomacea* (*Molusco*, *Gasterópodo*), asociados a aguas lacustres. No se encuentran registros de este último relacionada a medios halinos en Panamá. A continuación, se verán las distribuciones, abundancias y su relación con la salinidad de los géneros antes mencionados.

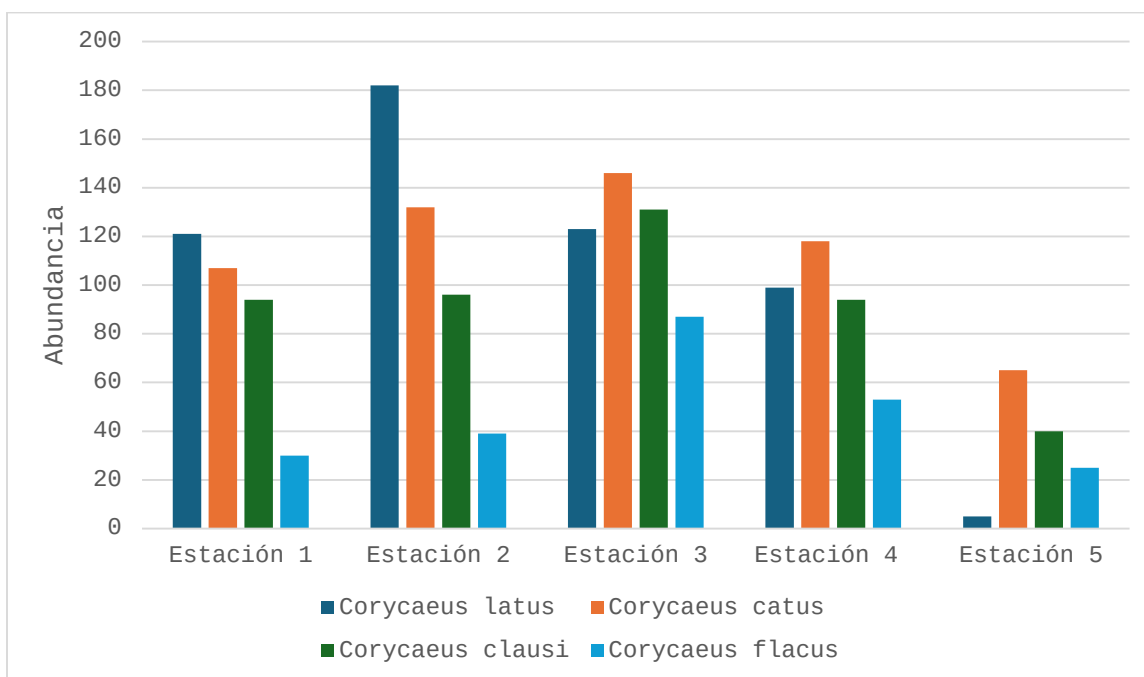
3.10.1 Distribución y abundancia espacial del género *Corycaeus*.

El análisis espacial del género *Corycaeus*, presentado en el Cuadro N°25, proporciona información valiosa sobre la distribución y preferencias ecológicas de este género de copépodo ciclopoide dentro del área de estudio a la entrada Pacífica del Canal de Panamá. Ya que estos son reputados como organismos oceánicos con tolerancia nerítica. Se determinó la presencia de cuatro especies distintas de *Corycaeus spp.* a lo largo de las cinco estaciones de muestreo.

Cuadro N° 25. Promedio de abundancia estacional del género *Corycaeus* durante todo el estudio.

| Especie | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Total |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| <i>Corycaeus latus</i> | 121 | 182 | 123 | 99 | 5 | 530 |
| <i>Corycaeus catus</i> | 107 | 132 | 146 | 118 | 65 | 568 |
| <i>Corycaeus clausi</i> | 94 | 96 | 131 | 94 | 40 | 455 |
| <i>Corycaeus flaccus</i> | 30 | 39 | 87 | 53 | 25 | 234 |
| <i>Total</i> | 352 | 449 | 487 | 364 | 135 | |

Fig 275. Distribución espacial en abundancia del género *Corycaeus*.



Los resultados indican claramente el comportamiento oceánico con tolerancia nerítica del género *Corycaeus*. En el Cuadro N°25 se evidencia la distribución y abundancia de las cuatro especies de *Corycaeus* en las estaciones muestreadas. La mayor concentración de individuos del género se registró en la Estación 3, con un total de 96 individuos, seguida de la Estación 2, donde se contabilizaron 89 individuos. Este patrón sugiere una clara preferencia por zonas intermedias entre el ámbito estrictamente costero y las áreas más oceánicas, lo que está relacionado con el gradiente de salinidad observada previamente (Mann & Lazier, 2006; González, 2009).

Al observar la distribución general espacial, se identificó que las estaciones con mayor influencia marina (1, 2 y 3) presentaron una mayor presencia de individuos del género en comparación con las estaciones más alejadas y próximas a la esclusa de Cocolí (4 y 5). Este patrón espacial respalda la hipótesis de que las especies de *Corycaeus* muestran afinidad por áreas influenciadas por aguas de salinidad variable. Estas son condiciones típicas de ambientes costeros y zonas de transición (Boltovskoy, 1999) (Grimaldo 1995).

Corycaeus latus presentó mayores concentraciones en las estaciones más alejadas de la costa (Estaciones 1 y 2) en comparación con las demás, indicando su afinidad por aguas más salinas y abiertas. Sin embargo, su abundancia disminuyó bruscamente hacia la Estación 5, cercana a la esclusa de Cocolí, confirmando su sensibilidad a la disminución de la salinidad. *C. clausi* y *C. flaccus*, aunque presentes en todas las estaciones, registraron abundancias menores y más irregulares, concentrándose principalmente en las estaciones intermedias, lo que sugiere una preferencia por áreas de transición entre ambientes costeros y oceánicos.

En lo que respecta a *Corycaeus catus* destacó como la especie más abundante y ampliamente distribuida, registrando un total de 113 individuos a lo largo de todas las estaciones de muestreo. Su dominancia relativa indica que esta especie posee una alta tolerancia a las fluctuaciones ambientales, en particular a los cambios en la salinidad, y que podría estar actuando como una especie indicadora de condiciones costeras productivas. La presencia generalizada de *Corycaeus catus* sugiere también su capacidad de explotación de diferentes nichos dentro del gradiente costero-oceánico presente en el área de estudio, probablemente debido a su estrategia de alimentación oportunista y su alta tasa reproductiva en comparación con otras especies del mismo género.

En lo que respecta a su análisis de varianza de una vía (Cuadro N° 26) evidencio una diferencia significativa con respecto a la abundancia del género *Corycaeus* entre las estaciones ($F = 3.216$; $p = 0.0429$), lo que indica una distribución espacial no uniforme. El tamaño del efecto ($\omega^2 = 0.31$) sugiere que aproximadamente un 31 % de la variabilidad total se debe a diferencias entre estaciones. Las pruebas de Levene confirmaron la homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$). En general, las mayores abundancias se registraron en las Estaciones

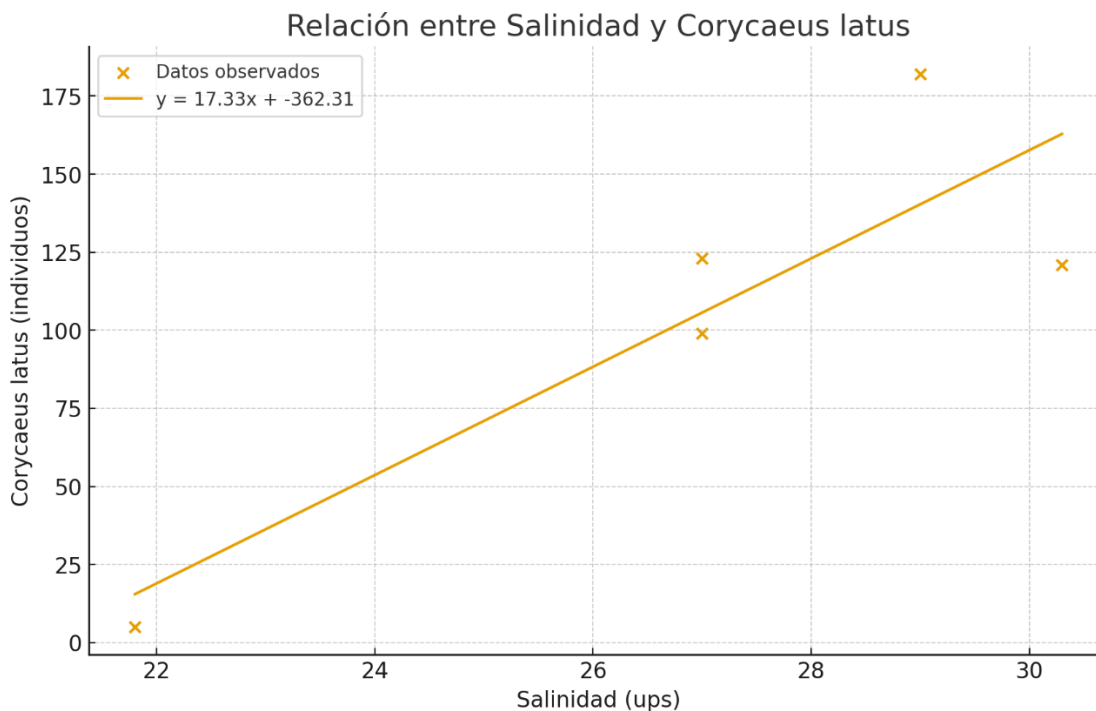
3 y 2 contrastando con las menores en la Estación 5, lo sustenta lo antes mencionado sobre este género oceánico con tolerancia nerítica que prefiere estas zonas.

En lo relacionado a la salinidad y la abundancia del *C. latus* se presenta el siguiente cuadro N° 27 donde podemos observar los promedios de salinidad (mes), y de abundancia para esta especie.

Cuadro N° 27. Relación entre la salinidad (ups) y la presencia de *C. latus*.

| | <i>Corycaeus latus</i> | Salinidad (ups) |
|------------|------------------------|-----------------|
| Estación 1 | 121 | 30.3 |
| Estación 2 | 182 | 29.0 |
| Estación 3 | 123 | 27.0 |
| Estación 4 | 99 | 27.0 |
| Estación 5 | 5 | 21.8 |

Fig 276. Relación de Salinidad y Abundancia de *Corycaeus latus*.



La relación entre la abundancia de *Corycaeus latus* y la salinidad reveló una buena correlación ($r=0.876$), lo que indica que esta especie del género tiene una visible afinidad por los entornos o ambientes con salinidad elevada. A pesar de que todas las especies pertenecientes al género según diversos estudios son de carácter oceánico con tolerancia

nerítica, lo que indica su preferencia hacia la salinidad, como observamos en la imagen (Fig 269) se evidenció que, de las especies reportadas en esta investigación, *Corycaeus latus* es quien presenta una mayor sensibilidad. Esto significa que a medida que aumenta la salinidad, también se incrementa su población, mientras que haya una menor salinidad su densidad se reduce drásticamente.

Resultados similares han sido reportados en estudios previos en distintos sistemas marinos y estuarinos, donde se ha comprobado que la salinidad es un regulador fundamental de la composición y densidad del zooplancton, especialmente de copépodos calanoides y cicloides (Madhupratap *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 2006). En áreas tropicales cercanas a las costas o estuarios, las fluctuaciones estacionales de la salinidad pueden influir o modificar de manera considerable la estructura de las comunidades zooplanctónicas. Resaltamos que la correlación observada previamente confirma la importancia de la salinidad como un factor abiótico esencial en el control de la dinámica de las comunidades zooplanctónicas en los ecosistemas marinos.

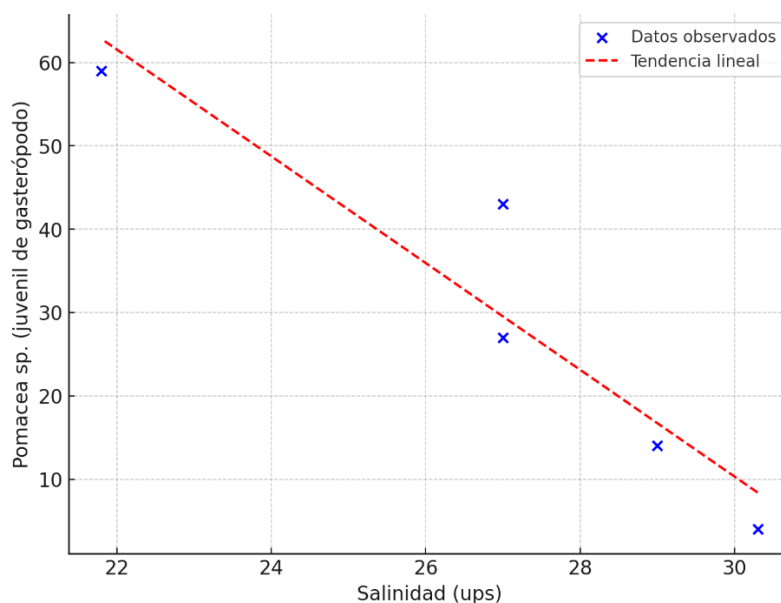
3.10.4 *Pomacea* sp y su relación con la salinidad.

En el estudio se observó que la relación de abundancia de juveniles de *Pomacea* sp (*Molusco*, *Gasterópodo*) y la salinidad es inversamente proporcional, ya que su presencia se ve disminuida conforme se incrementa este parámetro, en el gradiente desde mar abierto (Peñón de San José) hasta la entrada Pacífico del Canal de Panamá (cercanías de la esclusa de Cocolí).

Cuadro N° 28^a de *Pomacea* sp y salinidad.

| | Salinidad (ups) | <i>Pomacea</i> sp. (juvenil de gasterópodo) |
|------------|--------------------|--|
| Estación 1 | 30.3 | 4 |
| Estación 2 | 29.0 | 14 |
| Estación 3 | 27.0 | 27 |
| Estación 4 | 27.0 | 43 |
| Estación 5 | 21.8 | 59 |

Fig 277. Relación entre la Salinidad y la abundancia de *Pomacea* sp.



Su valor de correlación ($r = -0.94$) indica una relación inversa muy fuerte entre la salinidad y la abundancia de individuos. En la estación 1, donde se registró la mayor salinidad (30.3 ups), se observó una baja abundancia de individuos; mientras que en la estación 5, con la menor salinidad (21.8 ups), se registró la mayor abundancia de juveniles. Este patrón sugiere que *Pomacea* sp. muestra una mayor presencia en ambientes de baja salinidad, lo cual concuerda con su naturaleza de gasterópodo predominantemente dulceacuícola y su capacidad de utilizar zonas de transición salobre como áreas de reclutamiento (Browne & Hayes, 2005; Deaton & Greenberg, 1986).

No obstante, dado que *Pomacea* sp. forma parte del meroplancton (dulceacuícola) —es decir, organismos que sólo permanecen temporalmente en la columna de agua durante ciertas fases de su desarrollo—, su ocurrencia en el plancton podría estar más vinculada a los aportes de agua dulce procedentes de las esclusas o a la dinámica interna del embalse, más que a una preferencia activa por ambientes salobres. En este sentido, su abundancia podría reflejar procesos locales de reclutamiento y productividad asociados a la influencia continental, más que una adaptación específica a gradientes de salinidad.

Cuadro N° 28^b. Abundancia de *Pomacea* sp en relación con la salinidad mensual.

| Meses | Salinidad (ups) | <i>Pomacea</i> sp |
|-----------|-----------------|-------------------|
| Agosto | 26.4 | 0 |
| Octubre | 23.6 | 98 |
| Diciembre | 29 | 46 |
| Enero | 28.4 | 3 |
| Febrero | 27.8 | 0 |
| Marzo | 28.8 | 0 |

En el Cuadro N° 28b se observa que la abundancia de *Pomacea* sp. presenta una marcada variación estacional en función de la salinidad. Durante la época lluviosa, cuando las salinidades son más bajas debido al incremento de los aportes de agua dulce, se registran las mayores densidades de individuos. En contraste, durante la época seca, el aumento de la salinidad se asocia con una disminución notable en su abundancia, lo que sugiere que este gasterópodo muestra una preferencia por ambientes de menor salinidad, consistentes con su afinidad dulceacuícola.

Cuadro N° 29. Abundancia temporal y espacial de *Pomacea* sp.

| Pomacea sp | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 | Total |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Agosto | | | | | * | |
| Octubre | 3 | 5 | 7 | 36 | 47 | 98 |
| Diciembre | 1 | 9 | 20 | 6 | 10 | 46 |
| Enero | | | | 1 | 2 | 3 |
| Febrero | | | | | | |
| Marzo | | | | | | |
| Total | 4 | 14 | 27 | 43 | 59 | |

*SD= Sin datos.

En este cuadro se refuerza lo antes visto sobre la abundancia de la *Pomacea sp* en la zona de estudio y su preferencia hacia zonas con menores salinidad, esto nos lleva a realizar un análisis estadístico (Cuadro N°30) en el cual no se detectaron diferencias significativas en la abundancia de *Pomacea sp*. entre las cinco estaciones de muestreo ($p > 0.05$). Sin embargo, se observó una tendencia a mayores registros en las estaciones 4 y 5, donde la salinidad promedio fue menor (26 y 23 PSU, respectivamente). Dado que *Pomacea sp*. es un género dulceacuícola, su presencia en un ambiente predominantemente marino (salinidades entre 27 y 33 PSU) sugiere que los individuos observados corresponden a eventos accidentales o a la influencia de aportes de agua dulce estacionales. La salinidad elevada limita su supervivencia y explica las bajas densidades registradas a lo largo del periodo de muestreo.

Browne y Hayes (2005) reportan que las especies de *Pomacea* presentan amplias distribuciones, pero su establecimiento exitoso depende de la disponibilidad de hábitats de agua dulce o de salinidad muy baja, siendo poco frecuentes en aguas de salinidad intermedia a alta, donde su capacidad de osmorregulación es limitada. De manera complementaria, Deaton y Greenberg (1986) realizaron experimentos de tolerancia a salinidad con *Pomacea bridgesi* mostrando que, aunque pueden sobrevivir temporalmente en salinidades de hasta 10 ups, su crecimiento y desarrollo son óptimos en condiciones de agua dulce, con reducciones significativas en actividad alimentaria y movilidad a medida que la salinidad aumenta. Además, deseamos señalar que la especie panameña de este gasterópodo corresponde a la especie *Pomacea zeteki*. Estos hallazgos respaldan las observaciones de campo realizadas en este estudio, donde las mayores abundancias se registran en ambientes con salinidad reducida cercanos a la esclusa de Cocolí.

Además, Cazzaniga (2002) discute que, aunque algunas especies de *Pomacea* pueden encontrarse en ambientes de transición, su ciclo de vida y reproducción ocurren predominantemente en sistemas dulceacuícolas, utilizando zonas estuarinas solo como áreas

temporales de alimentación o dispersión. Esto coincide parcialmente con las observaciones realizadas en el presente estudio, donde la presencia de juveniles en estaciones con salinidad moderada evidencia cierta tolerancia a condiciones salobres. Sin embargo, su mayor abundancia en la estación 5, caracterizada por una salinidad reducida, podría no reflejar una preferencia ecológica estricta, sino más bien la influencia de los aportes de agua dulce asociados a la operación de las esclusas, que generan fluctuaciones locales en la salinidad y facilitan la presencia temporal de organismos meroplanctónicos como *Pomacea* sp. En este contexto, su ocurrencia parece responder más a la dinámica hidrológica del sistema que a un gradiente natural de preferencia salina.

En conjunto, los resultados sugieren que las condiciones de baja salinidad favorecen la permanencia de juveniles de *Pomacea* sp. en las áreas costeras próximas a la entrada pacífica del Canal de Panamá. No obstante, más que una selección activa de hábitats dulceacuícolas, esta tendencia podría estar determinada por la variabilidad estacional y operacional del sistema, especialmente por los procesos de esclusaje y los aportes de agua continental, que reducen temporalmente la salinidad y modifican las condiciones del medio. Así, la abundancia observada podría reflejar una respuesta oportunista a estos cambios locales más que una distribución establecida por preferencia fisiológica, en concordancia con lo reportado por Browne & Hayes (2005), Deaton & Greenberg (1986), Cazzaniga (2002) y Morrison & Hay (2011), quienes destacan la sensibilidad del género a la salinidad y su mejor desempeño en condiciones dulceacuícolas.

3.11 Meroplancton

En lo que respecta al meroplancton, esta categoría está constituida por organismos que sólo pasan una fase de su ciclo de vida en la columna de agua, principalmente en etapas larvales o juveniles, antes de establecerse en hábitats bentónicos o adquirir formas adultas de vida libre en el dominio pelágico. Su presencia en el plancton refleja procesos claves de dispersión, reclutamiento y conectividad entre poblaciones, por lo que constituye un componente fundamental para comprender la dinámica ecológica de las comunidades marinas.

Durante el muestreo realizado entre agosto y marzo, se identificaron diferentes grupos de organismos meroplanctónicos; entre ellos ictioplanctónicos (huevos, larvas y juveniles de peces), juveniles de bivalvos, gasterópodos, crustáceos cirrípedos (*Balanus* sp.), larvas de equinodermos (pluteus) y larvas/juveniles de poliquetos.

3.11.1 Componente ictioplanctónico: huevos, larvas y juveniles de peces.

Los huevecillos, larvas o juveniles de peces en diversas fases de desarrollo, aportan información ecológica valiosa al reflejar procesos de reproducción y reclutamiento de peces en la zona. A continuación, se presenta su abundancia mensual por estación:

Cuadro N° 31. Abundancia mensual de huevos (H), larvas(L) y juveniles de peces(J) registrados por estación (agosto 2024–marzo 2025).

| | Agosto | | | Octubre | | | Diciembre | | | Enero | | | Febrero | | | Marzo | | | Total | | | |
|------------|--------|----|---|---------|---|---|-----------|---|---|-------|---|---|---------|---|---|-------|---|---|--------------|------------|-----------|----------|
| | H | L | J | H | L | J | H | L | J | H | L | J | H | L | J | H | L | J | H | L | J | |
| Estación 1 | | | | | | | 7 | 2 | | 5 | 1 | | 8 | 7 | | 5 | 1 | | 25 | 11 | | |
| Estación 2 | | | | | | | 4 | | | | | | 16 | 8 | | 1 | 4 | | 21 | 12 | | |
| Estación 3 | 18 | 11 | 2 | 3 | | | 6 | 5 | | 1 | | | | | 1 | | | | 28 | 16 | 3 | |
| Estación 4 | 28 | | 1 | | | | 4 | 1 | | 3 | | | | 3 | | 7 | 8 | | 42 | 12 | 1 | |
| Estación 5 | * | * | * | | | | 1 | | | 2 | | | | 1 | | 3 | | | 6 | 1 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | 122 | 52 | 4 |

(* = sin datos)

Durante el período de muestreo comprendido entre agosto y marzo, se observaron variaciones marcadas en la abundancia de huevos, larvas y juveniles de peces entre las cinco localidades analizadas (Cuadro 31). En general, hubo una mayor representación de huevos de peces en comparación con las otras fases del desarrollo, seguidos por las larvas que se encontraron en diversas etapas (preflexión, flexión y postflexión no cuantificadas por fase), mientras que los juveniles fueron pocos números.

El mes con mayor abundancia ictioplanctónica fue agosto, con un registro de 60 individuos, predominando los huevos en las estaciones 3 y 4. Febrero también presentó un valor elevado, con 44 individuos, destacando nuevamente los huevos, esta vez en la estación 2. Diciembre mostró un valor intermedio con 30 individuos, mientras que octubre fue el mes con menor abundancia, con apenas 3 individuos registrados. Esta baja en abundancia podría estar relacionada con variaciones en el ciclo reproductivo de las especies presentes.

Respecto a las etapas de desarrollo, los huevos de peces predominaron en el muestreo. Algunos presentaron morfologías ovaladas; este carácter se presenta en las especies de la familia Engraulidae. La estación 4 presentó la mayor concentración de huevos (42 individuos), distribuidos mayormente entre agosto, diciembre, febrero y marzo. Las larvas de peces mostraron su mayor presencia en agosto febrero y marzo, principalmente en las estaciones 2, 3 y 4 incluyendo ejemplares juveniles de las familias, Carangidae (*Oligoplites*

spp y *Caranx spp.*) y Belonidae. También se registraron larvas en etapa de flexión con un bajo nivel de diferenciación, lo que impidió su identificación taxonómica precisa.

En términos de distribución espacial, la estación 4 se destacó como la zona con mayor abundancia total (55 individuos), lo que sugiere condiciones ambientales más favorables para el desove o la incubación de huevos. La estación 3 también mostró altos valores, sobre todo en agosto, mientras que las estaciones 2 y 5 tuvieron abundancias más bajas y menos diversidad en cuanto a fases de desarrollo, lo que podría estar relacionado con diferencias en el hábitat, influencia de actividades humanas o variaciones físicas como salinidad, temperatura o circulación del agua.

Vale la pena destacar que los huevos de Engraulidae y las larvas de la familia Carangidae corresponden a especies pelágicas de importancia pesquera, estos utilizan la columna de agua superficial como zona de reproducción y dispersión. Por otro lado, la presencia de Belonidae (pez pipa), reflejan influencias de especies costeras y algunas otras asociadas al dominio bentónico, lo que refleja su diversidad de patrones reproductivos en el área. Estos hallazgos sugieren que el sitio estudiado cumple un papel relevante como área de desove y desarrollo temprano, albergando tanto especies pelágicas de importancia pesquera como especies costeras de interés ecológico, cuyos patrones de abundancia muestran variaciones espaciales y temporales.

3.11.2 Distribución espacial y temporal de Juveniles de Bivalvos.

Los bivalvos presentan un ciclo de vida con fases larvales planctónicas que luego se asientan en el fondo marino para completar su desarrollo. En el cuadro No. 32 se observa la abundancia mensual de juveniles de bivalvos registrados en cinco estaciones de muestreo entre agosto y marzo, mediante arrastres superficiales de plancton. Aunque estos organismos son típicamente bentónicos en su fase adulta, sus primeras etapas de vida (larvas y juveniles tempranas) forman parte del meroplancton, lo que explica su captura en la columna de agua superficial.

Cuadro N° 32. Distribución espacial y temporal de juveniles de bivalvos.

| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|-----------------------|--------|---------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| Estación 1 | | | 27 | 17 | 1 | 7 | 52 |
| Estación 2 | | | 7 | 6 | 30 | 1 | 44 |
| Estación 3 | 10 | | 19 | 16 | 1 | 2 | 48 |
| Estación 4 | 19 | 13 | 11 | 7 | 39 | 9 | 98 |
| Estación 5 | * | 79 | 12 | 24 | 65 | 3 | 183 |
| Total, mensual | 29 | 92 | 76 | 70 | 136 | 22 | |

(* = sin datos)

En términos generales, se observa una clara diferencia temporal. El mayor registro de abundancia se mostró en el mes de febrero (136 individuos), seguido por octubre (92 individuos) y diciembre (76 individuos). En contraste, marzo (22 individuos) y agosto (29 individuos) presentaron las abundancias más bajas. Este patrón sugiere que los pulsos reproductivos de los bivalvos en la zona no son constantes, sino que ocurren en determinados meses, posiblemente influenciados por condiciones ambientales como la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de alimento (fitoplancton) sin tener en cuenta la época seca o lluviosa. A nosotros nos parece más razonable que el factor ambiental “temperatura” es el que incide significativamente en el desove de los moluscos bivalvos ya que las bajas térmicas producen la contracción de las gónadas.

En cuanto a la distribución espacial, la Estación 5 destacó como la de mayor abundancia con un total (183 individuos), con valores especialmente altos en octubre (79) y febrero (65). Esto indica que en esta zona existen condiciones más favorables para la dispersión larval y el asentamiento posterior en el dominio bentónico quizás debido a las condiciones particulares de esta estación como su baja salinidad en comparación a las otras estaciones, así como las influencias físicas y químicas que sufren debido a su cercanía a los aportes de agua dulce. La

Estación 4 también presentó un aporte importante (98 individuos), con un incremento marcado en febrero (39), si bien esta estación no se encuentra tan cerca de la salida de agua dulce aún presenta cierta influencia en sus parámetros físicos y químicos, lo que podría beneficiar la presencia de juveniles de bivalvos, esto corroborado con la información que nos proporciona tanto la presencia y abundancia de estos en la estación 5 así como las características propias de esa estación. En cambio, las estaciones 1, 2 y 3 mostraron abundancias más bajas y menos regulares, lo que podría relacionarse con diferencias en la hidrodinámica, la calidad del sustrato disponible para asentamiento o factores antrópicos.

La presencia de juveniles en arrastres superficiales sugiere que estos organismos se encontraban aún en fase de suspensión, antes de asentarse definitivamente en el sustrato bentónico. Esto es consistente con el ciclo de vida de los bivalvos, que pasan por una fase larval planctónica (velíger) y un periodo de juvenil temprano en la columna de agua, antes de incorporarse al dominio béntico. Esto evidencia que el área de estudio constituye una zona activa de reclutamiento de bivalvos, con variaciones espaciales y temporales que reflejan tanto los pulsos reproductivos como la influencia de factores ambientales. El predominio de registros en estaciones específicas como la 5 y la 4 (aguas menos salinas) resalta su importancia como hábitats clave para el ciclo de vida de estos organismos bentónicos, con implicaciones ecológicas y potenciales repercusiones en recursos pesqueros locales.

3.11.3 Distribución, abundancia temporal y espacial de Crustáceos (Cirrípedos, *Balanus sp.*).

Los cirrípedos (crustáceo marino), como *Balanus sp.*, organismos biógenos que poseen un ciclo de vida que incluye varias fases larvales planctónicas antes de fijarse en sustratos duros. Durante la etapa planctónica, contribuyen a la biomasa del meroplancton y sirven como alimento para diversos organismos. A continuación, se presenta la distribución temporal y espacial de las larvas de cirrípedos registradas durante el muestreo. El Cuadro N° 33 muestra la abundancia mensual de larvas cypris (género *Balanus*) colectadas en cinco estaciones de muestreo entre agosto y marzo. Los cirrípedos, aunque en estado adulto son organismos sésiles adheridos a sustratos duros, atraviesan un ciclo larval meroplanctónicos compuesto por fases nauplio y cypris, lo que explica su presencia en el plancton superficial.

Cuadro N° 33. Distribución espacial y temporal de cirrípedos (*Balanus sp.*).

| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|-----------------------|--------|---------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| Estación 1 | | | 1 | | | | 1 |
| Estación 2 | | 2 | 4 | | 1 | | 7 |
| Estación 3 | 4 | 8 | 9 | | 2 | 2 | 25 |
| Estación 4 | 3 | 44 | 4 | | 56 | | 107 |
| Estación 5 | * | 65 | 5 | 3 | 83 | | 156 |
| Total, mensual | 7 | 119 | 23 | 3 | 142 | 2 | |

(* = sin datos)

A nivel temporal, se evidencia un marcado incremento en febrero (142 individuos) y octubre (119 individuos), en contraste con meses de baja abundancia como marzo (2 individuos) y agosto (7 individuos). Estos resultados sugieren la existencia de picos reproductivos estacionales (Barnes, H., 1992) probablemente asociados a la época seca (febrero) y al inicio de la lluviosa (octubre). En la distribución espacial, la Estación 5 fue la de mayor abundancia (156 individuos), seguida de la 4 (107 individuos), ambas destacando los mayores valores durante los meses de mayor actividad; Octubre (83) y (44) individuos y Febrero (83) y (56) individuos de la estación 5 y 4 respectivamente. Esto debido a lo antes mencionado en la discusión del cuadro 31, si bien la influencia de los aportes de agua dulce del Canal es crucial y sustancial en la estación 5, así como un poco menor pero aún perceptible en la estación 4, lo que favorecería una población más numerosa en comparación con las estaciones mar afuera (1, 2 y 3) donde se presentaron bajas abundancias (≤ 25 individuos).

La presencia de larvas cypris de crustáceos cirrípedos (*Balanus sp.*) parece estar asociada a la desalinización proveniente del agua dulce aportadas por el funcionamiento de las esclusas de Cocolí. El patrón de presencia de estas larvas sugiere que la disponibilidad de sustratos duros

(naturales o artificiales) abundantes en las estaciones 4 y 5, requeridos para la fijación de estos organismos, crea el hábitat propicio para ellos. Los datos obtenidos destacan que el área de estudio funciona como una zona de reclutamiento importante para cirrípedos, con implicaciones ecológicas relevantes dado que estos organismos cumplen un rol clave en las comunidades bentónicas actuando como filtradores, suspensivos y colonizadores tempranos de sustratos.

3.11.4 Distribución, abundancia temporal y espacial de larvas pluteus (Equinoideos).

Las larvas pluteus corresponden a las fases tempranas de desarrollo de los erizos de mar y otros equinodermos. Esta también forma parte importante del meroplancton, ya que su presencia indica zonas y periodos de desove, así como el potencial de reclutamiento hacia ambientes bentónicos en su fase adulta. Dado que son sensibles a factores ambientales como temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento, su variabilidad espacial y temporal permite inferir la influencia de estas condiciones en los procesos de desarrollo temprano. El siguiente cuadro resume su distribución mensual por estación.

Cuadro N° 34. Abundancia temporal y espacial de larvas pluteus (equinoideos).

| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|-----------------------|--------|---------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| Estación 1 | | | 5 | | | 4 | 9 |
| Estación 2 | | 3 | 7 | 2 | | | 12 |
| Estación 3 | 1 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 8 |
| Estación 4 | | 13 | 11 | | | | 24 |
| Estación 5 | * | 62 | 8 | | | | 70 |
| Total, mensual | 1 | 78 | 33 | 3 | 2 | 6 | |

(* = sin datos)

De acuerdo con el cuadro N° 34 las larvas pluteus mostraron una variación temporal y espacial evidente. Su presencia más notable en octubre con 78 individuos seguido de diciembre con 33, a diferencia de los otros meses donde los valores registrados fueron escasos y no superaron los 6 individuos.

Si se observa su distribución espacial, la mayor concentración se registró en la estación 5 (70 individuos), particularmente en octubre (62 individuos), seguido de la estación 4 que alcanzó un valor intermedio de 24 individuos. Las estaciones 1, 2 y 3 se observaron abundancias reducidas (≤ 12 individuos).

De esta forma, la presencia de larvas pluteus muestran una mayor densidad poblacional en los meses de octubre y en menor medida en diciembre, con predominio en las estaciones internas, en contraste con los bajos valores observados en las más alejadas. Esto podría estar influenciado por las condiciones propias de la época lluviosa, caracterizada por intensas precipitaciones que reducen la salinidad en las zonas cercanas al Canal de Panamá, así como por la dinámica de apertura de esclusas y mareas bajas registradas durante el muestreo, factores que favorecen la dispersión y acumulación de larvas en las estaciones internas.

3.11.5 Distribución, abundancia temporal y espacial de larvas y juveniles de Anélidos poliquetos.

Los poliquetos son un grupo diverso de anélidos marinos que ostentan representantes en el plancton, dominio pelágico y bentónico (errantes y sésiles). La presencia de sus larvas y juveniles en el plancton constituye un indicador de reproducción activa y de procesos de dispersión espacial en nuestra zona de estudio. En el siguiente cuadro se presentan los patrones de abundancia y distribución espacial de larvas y juveniles de poliquetos registrados en las diferentes estaciones y meses.

Cuadro N° 35. Abundancia temporal y espacial de larvas y juveniles de poliquetos.

| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|-----------------------|--------|---------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| Estación 1 | | | 7 | | | | 7 |
| Estación 2 | | | 8 | | | 2 | 10 |
| Estación 3 | | | 3 | 4 | | | 7 |
| Estación 4 | 1 | 3 | 2 | 5 | | | 11 |
| Estación 5 | * | 12 | | 1 | | | 13 |
| Total, mensual | 1 | 15 | 20 | 10 | | 2 | |

(* = sin datos)

La abundancia de larvas de poliquetos presentó una distribución espacial más o menos homogénea en nuestro periodo de estudio. En el aspecto temporal estas tuvieron altas presencia en los meses octubre, diciembre y enero.

En diciembre, aunque la salinidad fue relativamente más alta en comparación con octubre, se observó un aumento de larvas en varias estaciones, lo que sugiere que además de la influencia del Canal, otros factores propia de la época lluviosa pudieron favorecer la supervivencia de larvas en fase planctónica. Este comportamiento indica que las zonas adyacentes al Canal actúan como áreas de dispersión y retención de larvas de poliquetos, moduladas por la variabilidad de la salinidad, la dinámica de mareas y la descarga de agua dulce durante la estación lluviosa (Abe et al., 2014; Pechenik et al., 2000).

Como hemos visto hasta ahora, el estado meroplantónico de algunas taxas de organismos marinos (Bivalvos, Crustáceos y Equinodermos), parecen poseer una preferencia por zonas desalinizadas, ya que estas predominan o abundan en las estaciones 4 y 5. En el caso de los equinodermos estas presentan una distribución más dispersa, aunque su mayor presencia sigue registrándose en las estaciones 4 y 5. A diferencia de estas, los poliquetos parecen ser indiferentes al medio mixohalino.

CAPÍTULO IV

Conclusiones

IV. CONCLUSIONES

Las condiciones oceanográficas del área de estudio estuvieron fuertemente moduladas por el evento El Niño 2024-2025, lo que generó un aumento térmico leve y una disminución temporal de la salinidad. No se reportó afloramiento por el Smithsonian en el Golfo de Panamá.

A pesar de estas fluctuaciones, los parámetros ambientales se mantuvieron dentro de rangos típicos para el Pacífico panameño, evidenciando una alta capacidad de amortiguamiento del sistema costero.

La salinidad presentó una variación espacial significativa, con un claro gradiente de dilución desde mar abierto hacia la esclusa de Cocolí, evidenciando una fuerte influencia de agua dulce.

No se encontraron correlaciones significativas entre salinidad-pH ni salinidad-oxígeno disuelto, lo que sugiere que estos parámetros actúan de forma independiente bajo las condiciones locales. Sin embargo, entre la temperatura y el oxígeno disuelto, se encontró una correlación significativa con un valor de $r = -0.7405$, $p < 0.05$.

La zona de estudio se encuentra directamente influenciada por el aporte de agua dulce proveniente del sistema de esclusas de Cocolí, generando una disminución descriptiva en los niveles de salinidad en las estaciones próximas al Canal.

Se observó una predominancia de organismos holoplanctónicos (copépodos) productores secundarios de la red trófica.

Se identificó una notable abundancia y riqueza taxonómica con presencia de múltiples especies, lo que caracteriza a esta zona mixohalina.

Se observó que en las áreas con mayor influencia de agua dulce predominan especies con tolerancia eurihalina (*Acartia spp.*, *Oithona spp.*, *Euterpina acutifrons.*, *Paracalanus spp* y *Parvocalanus sp*) y formas larvales, mientras que, en zonas más alejadas del canal, con salinidad más estable, se registran especies típicamente marinas (*Corycaeus spp.*, *Triconia spp.*, *Oncaea spp*).

La distribución y composición de las especies zooplanctónicas estuvo influenciada por la variabilidad del factor halino indicando que este parámetro actúa como un modulador ecológico clave, además de estar influenciada por condiciones ambientales como las lluvias.

Algunas especies se mantuvieron constantes en su abundancia a lo largo del tiempo como *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus parvus*, *Acartia tonsa*, *Centropages furcatus*, *Oithona oswaldocruzi*, mientras que otras aparecieron de forma esporádica como *Copilia quadrata*, *Cymbasoma cocoense* y *Sapphirina nigromaculata*, lo que sugiere una respuesta directa a cambios puntuales en las condiciones del entorno.

La estación N°5, se caracterizó por presentar valores de salinidad más bajos debido a los aportes de agua dulce continental proveniente del funcionamiento de la esclusa de Cocolí.

La abundancia espacial y temporal de los géneros *Corycaeus* y *Pomacea* nos permitió reconocerlos por su comportamiento oceánico con tolerancia nerítica y a su poca tolerancia a las altas salinidades respectivamente

En cuando al ictioplancton, los huevos de peces fueron la fase dominante, con picos en agosto y febrero, lo que indica pulsos reproductivos definidos y posiblemente asociados a condiciones ambientales favorables.

Los poliquetos presentaron una distribución más homogénea entre estaciones, lo que sugiere mayor tolerancia ambiental en comparación con otros grupos meroplanctónicos.

Las larvas meroplanctónicas de bivalvos, crustáceos y equinodermos mostraron patrones claros de variación espacial y temporal, con mayor abundancia en las estaciones internas (4 y 5), consideradas zonas de reclutamiento.

La coexistencia de especies pelágicas y costeras evidencia una alta conectividad ecológica en el área, donde confluyen procesos de desove, dispersión y asentamiento temprano.

CAPÍTULO V

Recomendaciones

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio similar en la entrada Atlántica del canal de Panamá.
2. Conducir un estudio similar en ausencia del fenómeno del Niño para comparar resultados.
3. Incluir estaciones adicionales en zonas de agua dulce y mar afuera para detectar gradientes ambientales.
4. Ampliar la escala temporal del muestreo para identificar tendencias interanuales.
5. Medir otros parámetros ambientales como la clorofila a, y nutrientes (N y P), para relacionar la abundancia y diversidad zooplanctónicas en la producción primaria.
6. Ampliar el conocimiento en el ictioplancton (larvas, huevos y etapas juveniles de peces).
7. Usar especies sensibles a salinidad y temperatura como alerta temprana para variaciones que puedan afectar tanto a la pesca como la acuicultura.
8. Analizar con mayor detalle como los pulsos de agua dulce provenientes del Canal modifican la salinidad y en consecuencia la abundancia de especies eurihalinas o marinas más sensibles.
9. Hacer un estudio bentónico de bivalvos para descubrir si la población del fondo es la misma presentada en este estudio.
10. En vista de la ausencia de larvas megalopa (fase de desarrollo de Cangrejos), se recomienda un estudio para determinar la presencia de estos en el dominio bentónico.
11. Realizar un estudio similar del lado opuesto de la Calzada de Amador, ya que esta constituye una barrera física antropogénica.
12. Evaluar si el agua descargada incrementa la concentración de nutrientes (N y P) y la turbidez lo que podría influenciar sobre la productividad primaria y por ende la disponibilidad de alimento para el zooplancton.
13. Conducir una investigación sobre la presencia del genero Pomacea adultos fijos en pilotes o estructuras solidas del puerto Corozal.
14. Realizar un estudio de la relación entre las productividades primaria y secundaria en el sitio.

CAPÍTULO VI

Referencias

VI. REFERENCIAS

- Abe, H., Tanaka, M., & Kato, Y. (2014). *Vertical distribution and migration of planktonic polychaete larvae in Onagawa Bay, north-eastern Japan*. *Memoirs of Museum Victoria*, 71, 1–10.
- ACP. (2020). *Informe de Monitoreo Ambiental del Puerto de Balboa*. Autoridad del Canal de Panamá.
- ACP. (2024–2025). *Tabla de Mareas de Amador, Puerto de Balboa*.
- Agencia EFE. (2025, septiembre 3). *Científicos alertan que ausencia de afloramiento en el Golfo de Panamá afectaría la pesca*. La Estrella de Panamá.
- Arias, S. J. L. (2018). *Cambios en la abundancia y composición de la comunidad de zooplancton en bahía cupica, pacífico colombiano durante dos períodos contrastantes 2012-2013*. Edu.co. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/40b9941a-184b-4f88-94dc-bf1a91aa88a8/content>
- Barnes, H. (1992). *The reproductive periods and condition of the barnacle *Balanus balanus* (L.) and *Balanus crenatus* Bruguière*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 156(1), 137–152.
- Base de datos WoRMS (World Register of Marine Species).
- Benson, B. B., & Krause, D. (1984). The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnology and Oceanography*, 29(3), 620–632. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0620>
- Biodiversity of Marine Planktonic Copepods (morphology, geographical distribution and biological data) Observatorio Oceanológico de Banyuls-sur-Mer, Universidad de la Sorbona - CNRS/INSU, Francia.
- Boltovskoy, D. (1999). *Atlas of zooplankton of the South Atlantic*.
- Boyer, T. P., Antonov, J. I., Baranova, O. K., Coleman, C., Garcia, H. E., Grodsky, A., Locarnini, R. A., Mishonov, A. V., Reagan, J. R., Seidov, D., Smolyar, I., Weathers, K., & Zweng, M. M. (2013). *World Ocean Database 2013*. NOAA Atlas NESDIS 72.
- Browne, R. A., & Hayes, K. A. (2005). Ecological and genetic factors influencing the distribution of *Pomacea* species. *Biological Invasions*, 7(3), 405–415.
- Brusca, R.C. y Brusca G.J. (2005). *Invertebrados (2ª Edición)* España: MacGraw-Hill
- Cazzaniga, N. J. (2002). Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). *Biocell*, 26(1), 71–81.

- Champalbert, G., & Pagano, M. (2002). *Copepod feeding in a tuna fishery area of the tropical Atlantic Ocean. Comptes Rendus. Biologies*, 325(2), 171-177.
- Chang J.C. & Solís, A. E.1982. Variación en la comunidad de zooplancton en el Golfo de Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 63.
- Chen, Q. C., Zhang, S. Z., & Zhu, C. S. (2006). Seasonal variation of copepod assemblages in a tropical estuary of Southern China. *Journal of Plankton Research*, 28(4), 369–381.
- Cifuentes, J. L., Torres-García P. y Frías Mondragón M. (2003a). El Océano Y Sus Recursos IV. *Las ciencias del mar: Oceanografía biológica*. México: Fondo de Cultura Económica Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Conway, D. V. P., White, R. G., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C. P., & Robins, D. B. (2003). *Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean* (Occasional Publication No. 15). Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Cooperative Freshwater Ecology Unit. (2004). *Practical guide to identifying freshwater crustacean zooplankton* (2nd ed.).
- D’Croz & O’Dea (2007) (upwelling y dinámica costera en el Golfo de Panamá)
- D’Croz, L., Kwiecinski, B., Maté, J. L., Gómez H., J. A., & Del Rosario, J. B. (2003). *El afloramiento costero y el fenómeno de El Niño: Implicaciones sobre los recursos biológicos del Pacífico de Panamá. Tecnociencia*, 5(2), 35-49.
- D’Croz, L., Del Rosario, J. B., & Gómez, J. A. (1991). Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Revista de Biología Tropical*, 39(2), 237-245.
- Deaton, L. E., & Greenberg, M. J. (1986). Osmoregulation and salinity tolerance in the freshwater apple snail, *Pomacea bridgesi*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 83(2), 233–236.
- Dickson, A. G., Sabine, C. L., & Christian, J. R. (Eds.). (2007). *Guide to best practices for ocean CO₂ measurements*. North Pacific Marine Science Organization. <https://doi.org/10.25607/OBP-1345>
- Edmondson, W. T. (1959). *Freshwater biology* (2nd ed.).
- ETESA. (2024–2025). *Registros meteorológicos diarios de la Gerencia de Hidrometeorología*. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.
- Fassbender, A. J., Sabine, C. L., & Feely, R. A. (2017). Consideration of coastal carbonate chemistry in understanding biological response to ocean acidification. *Oceanography*, 30(2), 116–127.

Franco, L., De La Cruz, A. J. G., Cruz, G. A., Rocha, R. A., Navarrete, S. N., Flores, G. M., ... & Winfield, I. A. (1985). *Manual de ecología*. Ed. Trillas, México.

FRESH- WATER BIOLOGY SECOND EDITION. W. T EDMONDSON. 1959

Garcia, H. E., & Gordon, L. I. (1992). Oxygen solubility in seawater: Better fitting equations. *Limnology and Oceanography*, 37(6), 1307–1312.

Gasca, R., & Castellanos, M. (1994). *Composición y distribución del zooplancton en la región del Golfo de Chiriquí, Panamá*. *Revista de Biología Tropical*, 42(1), 45–58.

Giraldo, A., Valencia, B., Acevedo, J. D., & Rivera, M. (2014). Fitoplancton y zooplancton en el área marina protegida de Isla Gorgona, Colombia, y su relación con variables oceanográficas en estaciones lluviosa y seca. *Revista de biología tropical*, 62, 117–132.

Gómez-Gutiérrez, J., Martínez-Gómez, S., & Robinson, C. J. (2007). Influence of tidal fronts on surface zooplankton aggregation and community structure in a subtropical bay, Bahía Magdalena, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 346, 109–125.

González D., L.L. 2009. Descripción de la distribución de grupos zooplanctónicos en el Sur de Azuero, República de Panamá. Tesis de Maestría. Universidad de Panamá. 56.

GOOGLE MAPS. (2025). Área de estudio para zooplancton en las aguas aledañas al Canal de Panamá, ciudad de Panamá.

Grimaldo, M. 1995. Variaciones estacionales del zooplancton en el estero de Chame. Simposio Ecosistema de manglares en el pacífico centroamericano y su recurso de postlarva de camarones Peneidos. El Salvador. PRADEPESCA Univ. El Salvador-CENDEPESCA.

Guide to the Coastal and Surface Zooplankton of the South-Western Indian Ocean (Conway et al., 2003).

Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., & Huntley, M. (2000). *ICES zooplankton methodology manual*. Academic Press.

Kimmel, D. G., Miller, W. D., & Roman, M. R. (2006). *Regional scale climate forcing of mesozooplankton dynamics in Chesapeake Bay*. *Estuaries and Coasts*, 29, 375-387.

Lalli, C. M., & Parsons, T. R. (1997). *Biological Oceanography: An Introduction*. Butterworth-Heinemann.

Li, William KW, 'Poblaciones y comunidades de plancton' , en Jon D. Witman y Kaustuv Roy (eds.) , *Macroecología marina* (Chicago, Illinois, 2009; edición en línea, Chicago Scholarship Online , 21 de febrero de 2013).

- Madhupratap, M., Nair, K. K. C., Gopalakrishnan, T. C., & Haridas, P. (1996). Response of copepods to physical processes in the eastern Arabian Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 132, 67–75.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Mann, K. H., & Lazier, J. R. N. (2006). *Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans*. Blackwell Publishing, Oxford, U.K.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega
- Mauchline, J. (1998). *The biology of calanoid copepods*. Academic Press.
- Morales R, A & Vargaz Z, J (1995). Especies comunes de copépodos (C:rustacea: Copepoda) pelágicos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 43(1-3): 207-218
- Morrison, W. E., & Hay, M. E. (2011). Feeding and growth of native and exotic apple snails (*Pomacea* spp.) in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 56(12), 2505–2517.
- Naranjo, C. 2000. Contribución al estudio de los quetognatos alrededor de Las Islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 10(1). 169-179
- NOAA. (2024–2025). *Centro de Predicciones Climáticas: Reportes El Niño/Oscilación del Sur (ENSO)*.
- Odum, E. P. (1983). *Ecología: conceptos y aplicaciones*. Interamericana.
- Para la identificación de Hemicyclops: Kim, I.-H. (2009). *Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical Waters*. *Korean Journal of Systematic Zoology*, 1–90. Departamento de Biología, Kangnung National University, Corea.
- Parsons, R., Takahashi M., & Margrave B. (1984). *Procesos oceanográficos biológicos*. Pergamon Press, Londres, 330
- Pauly, D., Christensen, V. Producción primaria necesaria para sostener la pesca mundial. *Nature* 374 , 255–257 (1995). <https://doi.org/10.1038/374255a0>
- Pechenik, J. A., Wendt, D. E., & Jarrett, J. N. (2000). *Metamorphosis is not a new beginning*. *BioScience*, 50(11), 950–959.
- Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton* (Cooperative Freshwater Ecology Unit, 2004).
- Quintero, R., Rodríguez, M., & Salazar, C. (2018). *Dinámica oceanográfica en la Bahía de Panamá*. *Revista Científica SENACYT*.

- Sarma, V. V. S. S., Pandi, S. R., & Krishna, M. S. (2022). Influence of river discharge on the seasonal variability of pH and dissolved inorganic carbon in the northern Bay of Bengal. *Marine Chemistry*, 238, 104056. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2021.104056>
- SENACYT & STRI. (2019). *Programa de Investigación sobre Ecosistemas Costeros del Pacífico Panameño*.
- Simmonds, J. A., & Gómez, J. A. (2002). Parámetros físico-químicos y biológicos en aguas circundantes al Canal de Panamá. *Tecnociencia*, 4(1), 47-69.
- Smith, D. G. 1979. Guide to marine coastal plankton and marine invertebrate Larvae. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Smith, D. G. 1979. Guide to marine coastal plankton and marine invertebrate Larvae. Kendall/Hunt Publishing Company. IA. 161
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research* (3rd ed.). W.H. Freeman and Company.
- Suárez-Morales, E., & Gasca, R. (1989). Copépodos calanoides epipelágicos del Domo de Costa Rica (junio-agosto, 1982). *Ciencias Marinas*, 15, 89–102.
- Uye, S. (1994). *Relations between fecal pellet volume and body size for major zooplankton of the Inland Sea of Japan*. *Journal of Oceanography*, 50, 43–49.
- Vega, C. I. M. (2012). Dinámica del zooplancton con relación a factores fisicoquímicos en la parte interna del golfo de Montijo. *Universidad de Panamá, Tesis de Maestría*.
- Villalba, W., Marquez-Rojas, B., Troccoli, L., Alzolar, M., & López, J. (2017). *Composición y abundancia del zooplancton en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela*. Redalyc.org. [https://doi.org/Revistaperuanadebiología24\(4\):343-356\(2017\)](https://doi.org/Revistaperuanadebiología24(4):343-356(2017))
- Vineetha, G., Madhu, NV, Kusum, KK *et al.* Dinámica estacional de la comunidad de copépodos en un estuario monzónico tropical y el papel de la proporción sexual en su patrón de abundancia. *Zool. Stud.* 54 , 54 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40555-015-0131-x>
- Waldbusser, G. G., Hales, B., & Haley, B. A. (2015). Calcium carbonate saturation state: On myths and this or that stories. *ICES Journal of Marine Science*, 72(7), 2131–2140. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv174>
- Weiss, R. F. (1970). The solubility of oxygen in water and seawater. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 17(4), 721–735.
- Wickstead, J. H. (1965). *An Introduction to the Study of Tropical Plankton*
- World Register of Marine Species. (n.d.). *WoRMS*. <https://www.marinespecies.org>

Yanes, J. (2025, febrero 22). *No solo barcos: la ampliación del canal de Panamá también facilita el tránsito de peces invasores*. Ediciones EL PAÍS S.L.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). Pearson Education.

Zeebe, R. E., & Wolf-Gladrow, D. (2001). *CO₂ in seawater: Equilibrium, kinetics, isotopes*. Elsevier Science.

ANEXO

Parte I. Fotografías tomadas durante los meses de muestreo (agosto 2024-marzo 2025), las cuales abarcan los sitios de colecta, metodología e instrumentos utilizados.

PUNTO DE PARTIDA PARA EL SITIO DE COLECTA, LA BOCA - PANAMÁ



Fig 1. Puerto La Boca, Ciudad de Panamá.

Fig 2. Nicole Martínez (tesista).

Fig 3. Equipo de colecta compuesto por: Luz Cedeño (tesista), Nicole Martínez (tesista), Luis Sanjur (lanchero), Prof. Manuel Grimaldo (asesor principal) (de izquierda a derecha).

Fig 4. Sitios de colecta (mapa), página 9.

ESTACIONES DE COLECTA DE ZOOPLANCTON Y METODOLOGÍA



Fig 5. Estación n°1 - El Peñón de San José ($8^{\circ}54'08.0''N$; $79^{\circ}30'46.9''W$).

Fig 6. Estación n°2 - ubicado frente a Isla Naos, Amador ($8^{\circ}54'39.2''N$; $79^{\circ}32'02.6''W$).

Fig 7. Estación n°3 – ubicado frente a la calzada de Amador a un costado del Biomuseo ($8^{\circ}54'55.4''N$; $79^{\circ}32'27.8''W$).



Fig 8. Estación 4 - ubicada bajo el Puente de Las Américas ($8^{\circ}56'10.2''N$; $79^{\circ}33'27.0''W$).

Fig 9. Estación 5 – ubicada a 1.5 km de la Esclusa de Cocolí a un costado de la Estación de Prácticos del Canal ($8^{\circ}57'48.4''N$; $79^{\circ}34'23.0''W$).

Fig 10. Técnica de muestreo con la red de plancton.



Fig 11. Red de plancton de 75 micras utilizada para la colecta de zooplancton.

Fig 12. Metodología de muestreo, levantamiento de red luego de 10 minutos de arrastre a 3 nudos de velocidad.

Fig 13. Muestras de plancton siendo colectadas en un envase de plástico de 400 ml.



Fig 14. Anotación de coordenadas de los sitios de colecta

Fig 15. Asesor principal Manuel Grimaldo y colaborador Prof. Edilberto Aguilar.

Fig 16. Colaborador de muestreo Kevin Guardado (estudiante de biología marina), Prof. Manuel Grimaldo (de izquierda de derecha).

Cuadro N° 3. Analisis estadístico para la temperatura.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 4.95867 | 4 | 1.23 | 0.5912 | 0.6722 |
| Within groups: | 52.4238 | 25 | 2.09695 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 57.3824 | 29 | | | 0.6838 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | -0.142881 | Var (error): | 2.09695 | ICC: | -0.0731195 |
| Omega2: | 0 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.05227 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.326 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=0.6686, | df=12.2, | p=0.6258 |

Cuadro N° 5. ANOVA de una vía para la salinidad.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 267.667 | 4 | 66.9167 | 11.86 | 1.54E-05 |
| Within groups: | 141 | 25 | 5.64 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 408.667 | 29 | | | 4.00E-05 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 10.2128 | Var (error): | 5.64 | ICC: | 0.644226 |
| Omega2: | 0.5916 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.4132 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.842 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=15.06, | df=12.23, | p=0.0001145 |

Cuadro N° 6. Prueba de Kruskal-Wallis.

| Kruskal- Wallis test for equal meadians | |
|--|-----------|
| <i>H (chi2):</i> | 20.81 |
| <i>Hc (tie corrected):</i> | 21.09 |
| <i>p (same):</i> | 0.0003038 |
| There is a significant difference between sample medians | |

Cuadro N° 7. Prueba de Dunn.s post hoc.

| Dunn's post hoc | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 |
| Estación 1 | | 0.3999 | 0.01393 | 0.004082 | 4.91E-05 |
| Estación 2 | 0.3999 | | 0.1058 | 0.04235 | 0.001289 |
| Estación 3 | 0.01393 | 0.1058 | | 0.6799 | 0.1094 |
| Estación 4 | 0.004082 | 0.04235 | 0.6799 | | 0.2347 |
| Estación 5 | 4.91E-05 | 0.001289 | 0.1094 | 0.2347 | |

Cuadro N° 9. Análisis estadístico de pH.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 0.541333 | 4 | 0.135333 | 1.417 | 0.2575 |
| Within groups: | 2.38833 | 25 | 0.0955333 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 2.92967 | 29 | | | 0.2614 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 0.00663333 | Var (error): | 0.0955333 | ICC: | 0.0649266 |
| Omega2: | 0.05262 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.5711 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.8275 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=0.9834, | df=12.08, | p=0.4526 |

Cuadro N° 11 Análisis estadístico de Oxígeno disuelto.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 0.132 | 4 | 0.033 | 0.2197 | 0.9249 |
| Within groups: | 3.755 | 25 | 0.1502 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 3.887 | 29 | | | 0.9304 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | -0.0195333 | Var (error): | 0.1502 | ICC: | -0.14949 |
| Omega2: | 0 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.888 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.9577 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=0.2528, | df=12.35, | p=0.9025 |

IMÁGENES CORRESPONDIENTE A LA TAXONOMÍA ZOOPLANCTÓNICA.

Parte II. Las siguientes imágenes corresponden a los distintos taxones observados en el presente estudio, donde se incluyen fotografías originales y figuras extraídas de literatura científica debidamente citada, las cuales cuentan con las características distintivas de cada especie para su identificación.

Estas imágenes fueron capturadas con la cámara del móvil bajo un aumento de 10X y 40X dependiendo del tamaño del organismo visto bajo el microscopio.

ORDEN CALANOIDA

Paracalanus parvus (Claus, 1863).

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1086>

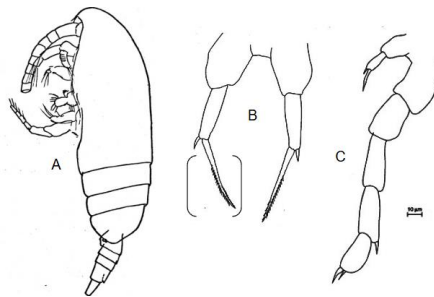


Fig 23. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

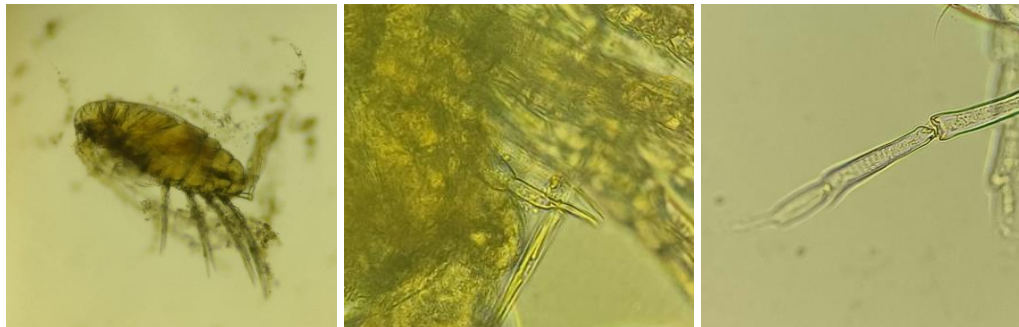


Fig 24-26. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

Paracalanus indicus (Wolfenden, 1905).

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1083>

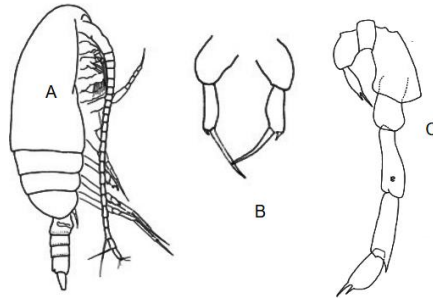


Fig 27. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (C), 5ta pata de macho (D).

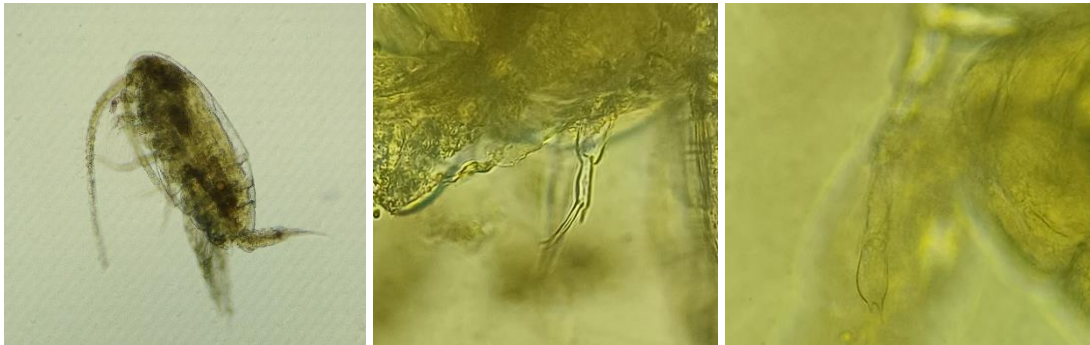


Fig 28-30. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (C), 5ta pata de macho (D).

Paracalanus aculeatus (Giesbrecht, 1888).

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1079>

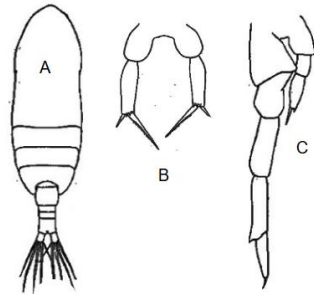


Fig 31. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

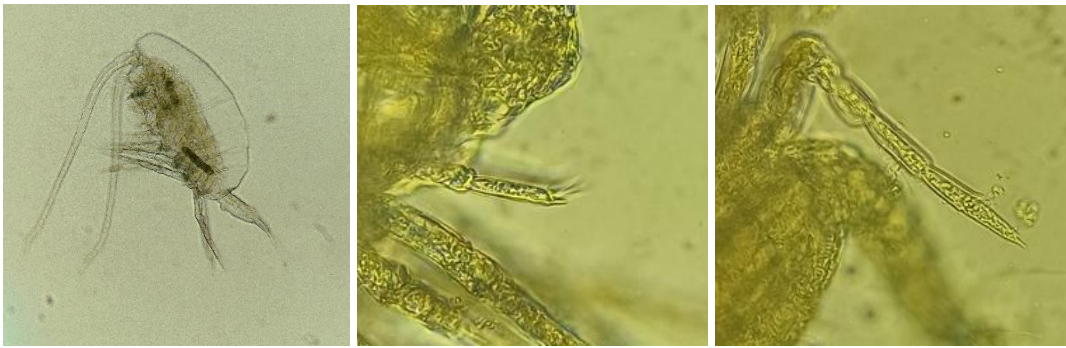


Fig 32-34. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

Parvocalanus crassirostris (F, Dahl, 1894).

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N.,
2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1090>

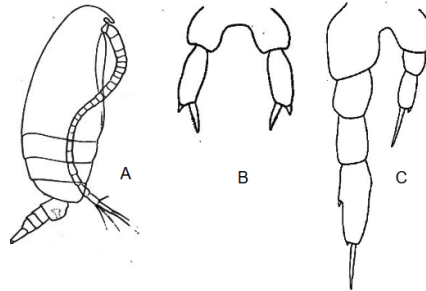


Fig 35. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

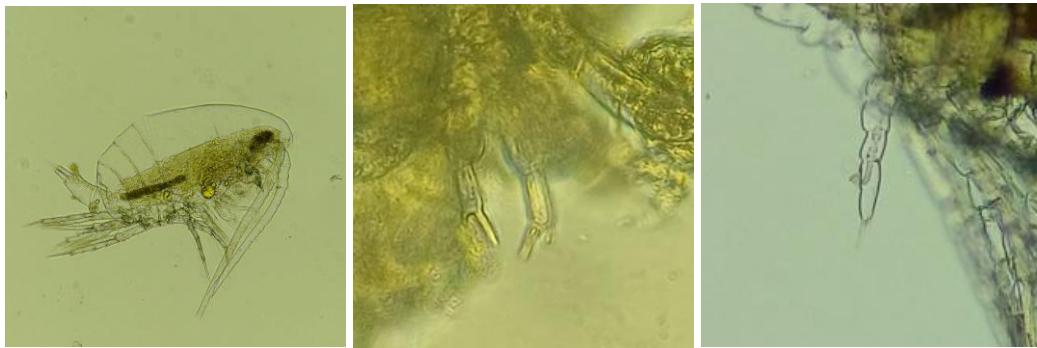


Fig 36-38. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

Pseudodiaptomus panamensis (Walter, 1989)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2330>

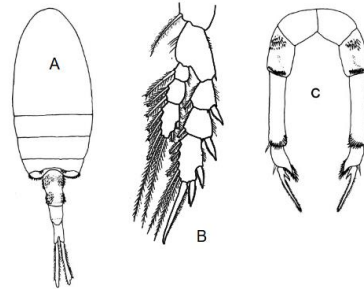


Fig 39. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).

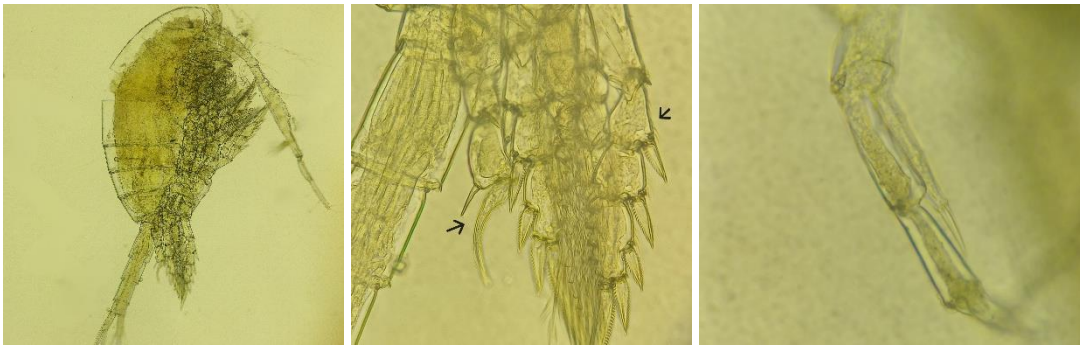


Fig 40-42. Espécimen completo (A), 4ta pata, flecha derecha y 5ta pata del macho, flecha izquierda (B), 5ta pata de hembra (C)

Pseudodiaptomus wrighti (Johnson, 1964)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2348>

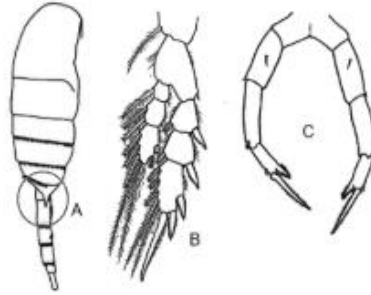


Fig 43. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).

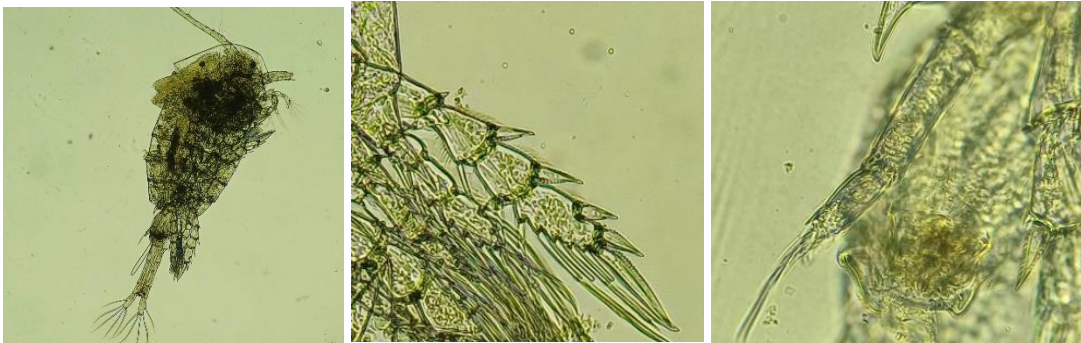


Fig 44-46. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).

Centropages furcatus (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=573>

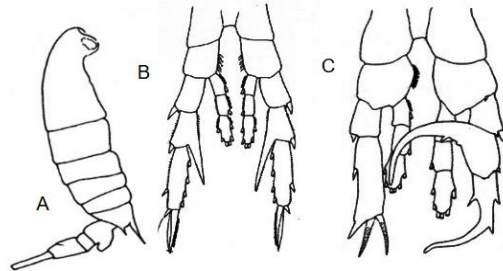


Fig 47. Espécimen completo (A), 4ta pata, hembra (B), 5ta pata de macho (prensil) (C).



Fig 48-50. Espécimen completo, hembra (A), 4ta pata, hembra (B), 5ta pata de macho (prensil) (C).

Eucalanus elongatus (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=696>

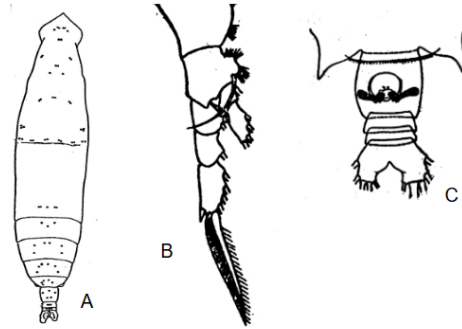


Fig 51. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), urosoma (C).

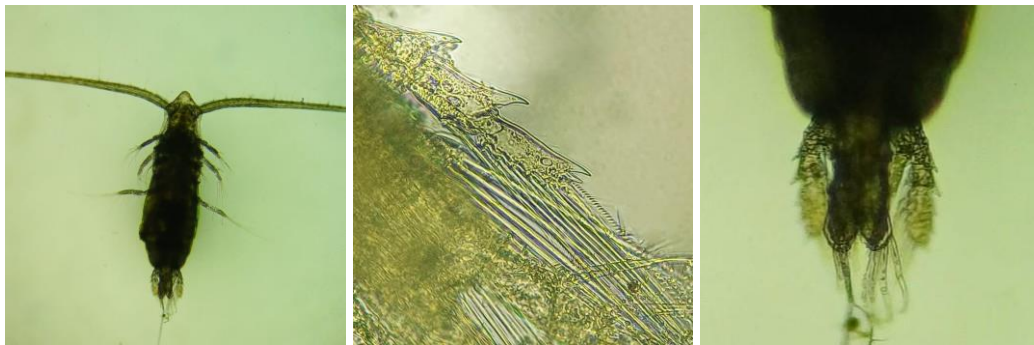


Fig 52-54. Espécimen completo, hembra (A), 4ta pata (B), urosoma (C).

Eucalanus hyalinus (Claus, 1866)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=697>

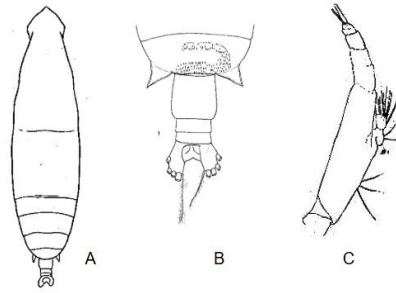


Fig 55. Espécimen completo (A), urosoma (B), mandíbula anterior (C).

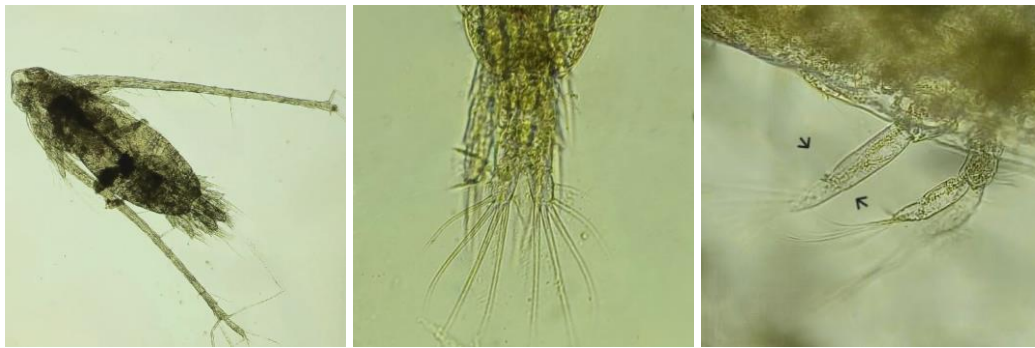


Fig 56-58. Espécimen completo (A), urosoma (B), mandíbula anterior (C).

Acartia tonsa (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=13>

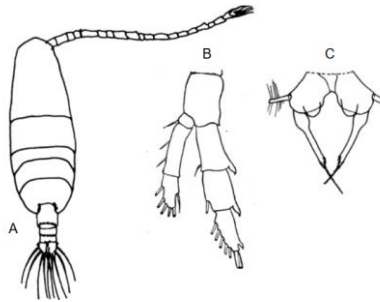


Fig 59. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).



Fig 60-62. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).

Acartia clausi (Giesbrecht, 1889)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=20>

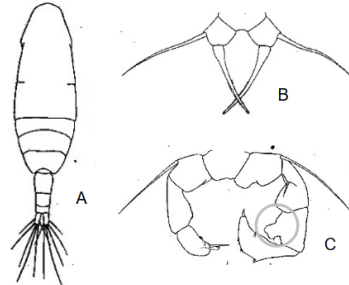


Fig 63. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), 5ta pata de macho (C).

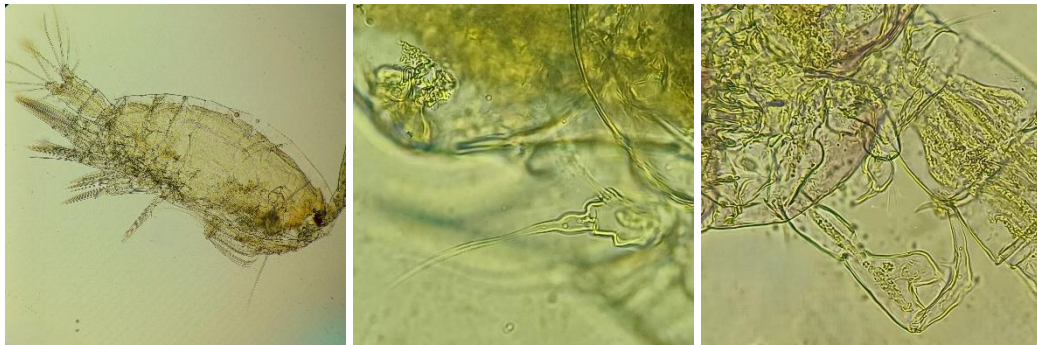


Fig 64-66. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (C), 5ta pata de macho (D)

Acartia longiremis (Lilljeborg, 1853)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=28>

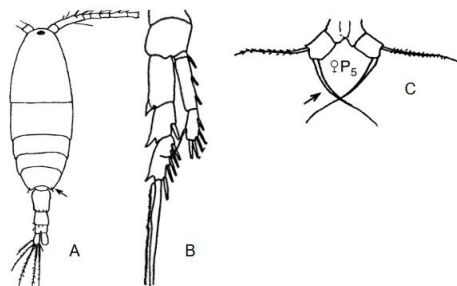


Fig 67. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).



Fig 68-70. Espécimen completo (A), 4ta pata (B), 5ta pata de hembra (C).

Labidocera pavo (Giesbrecht, 1889)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1242>

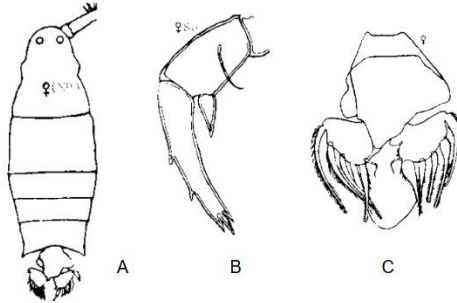


Fig 71. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), Urosoma (frontal) (C)

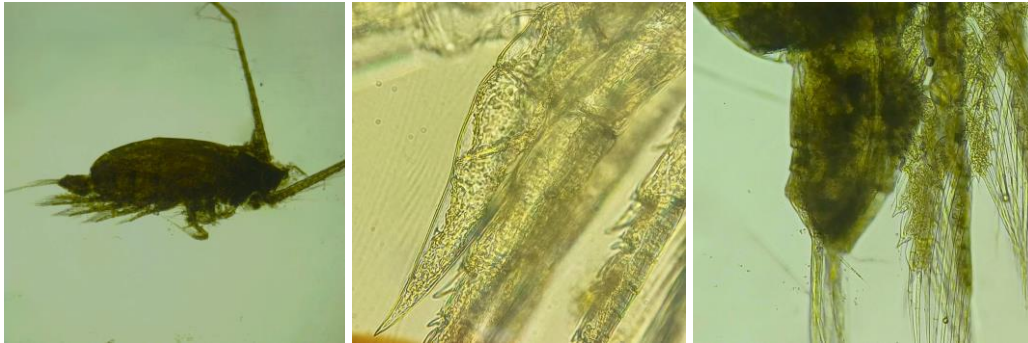


Fig 72-74. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (C), Urosoma (lateral) (C)

Labidocera acuta (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1201>

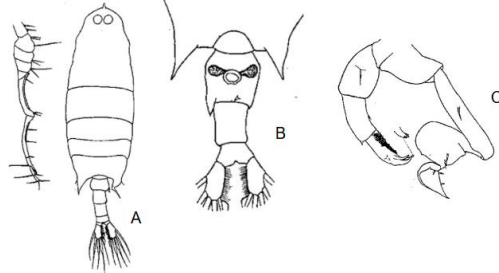


Fig 75. Espécimen completo (A), Urosoma (ventral) (B), 5ta pata de macho (C)



Fig 76-78. Espécimen completo (A), Urosoma (ventral) (B), 5ta pata de macho (C)

Temora discaudata (Giesbrecht, 1889)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1682>

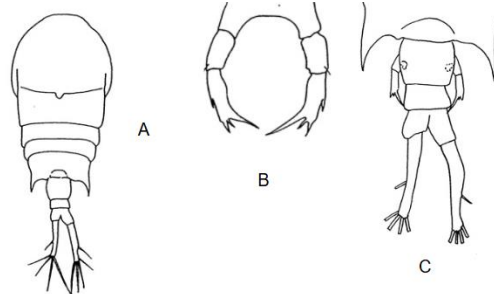


Fig 79. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), urosoma (C)

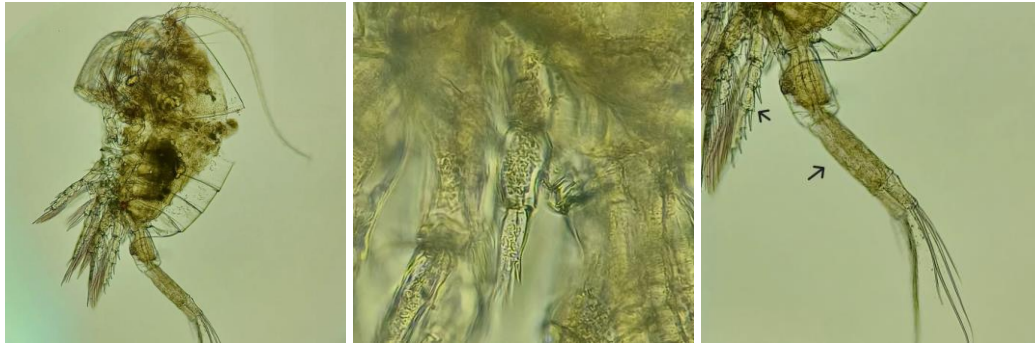


Fig 80-82. Espécimen completo (A), 5ta pata de hembra (B), urosoma (C)

Temora stylifera (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1685>

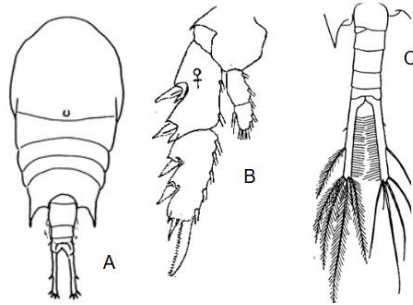


Fig 83. Espécimen completo (A), 2ta pata de hembra (B), urosoma (C)



Fig 84-86. Espécimen completo (A), 2ta pata de hembra (B), urosoma (C).

Nannocalanus minor (Claus, 1863)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=518>

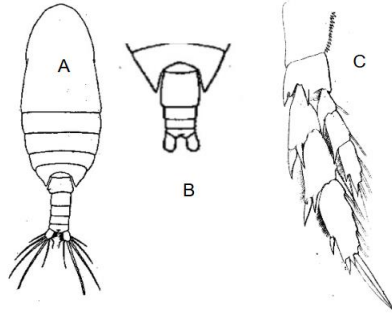


Fig 87. Espécimen completo (A), urosoma (B), 5ta pata, hembra (C)

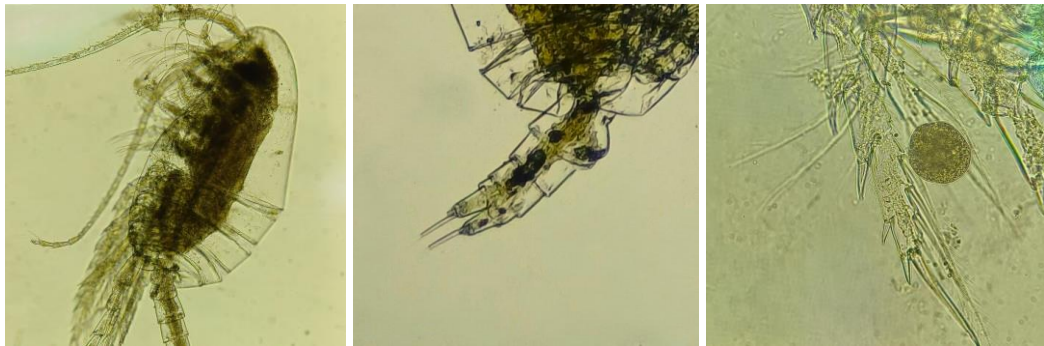


Fig 88-90. Espécimen completo (A), urosoma (B), 5ta pata, hembra (C)

ORDEN CYCLOPOIDA
FAMILIA SAPPHIRINIDAE

Copilia quadrata (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N.,
2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2146>

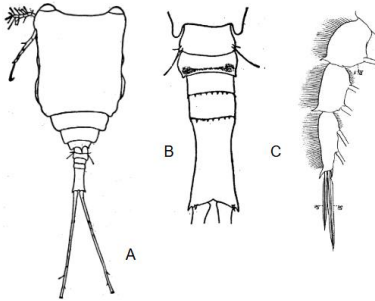


Fig 91. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 92-94. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

FAMILIA CORYCAEIDAE

Corycaeus (Onychocorycaeus) latus (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2014>

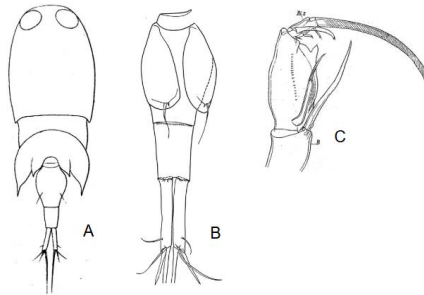


Fig 95. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)

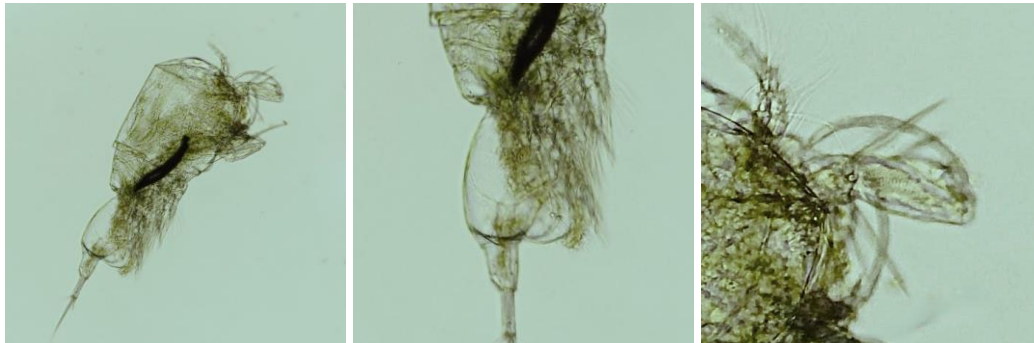


Fig 96-98. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)

Corycaeus (Onychocorycaeus) catus (Dahl, 1894)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2012>

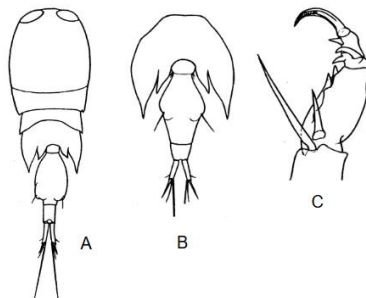


Fig 99. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)



Fig 100-102. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)

Corycaeus (Corycaeus) clausi (Dahl, 1894)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1989>

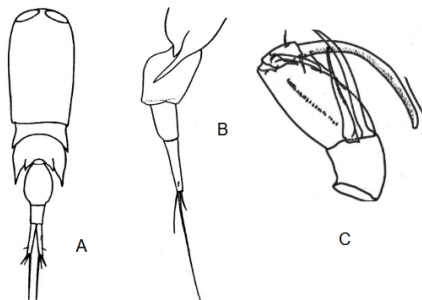


Fig 103. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)

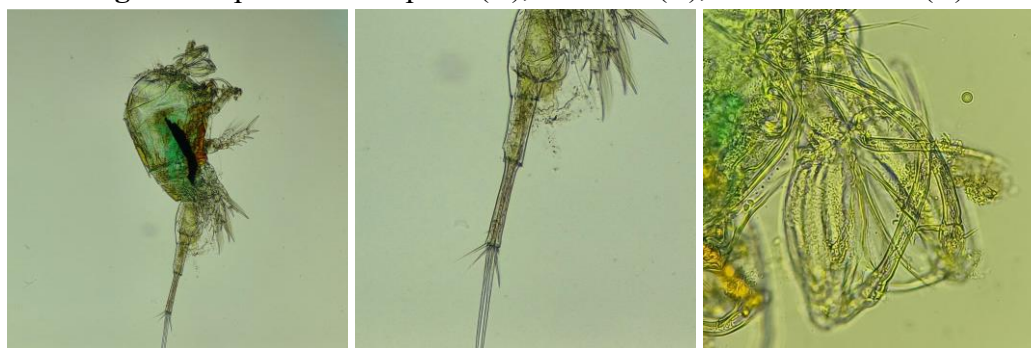


Fig 104-106. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena B-B' 2 (C)

Corycaeus (Agetus) flaccus Giesbrecht, 1891 (F,M)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1989>

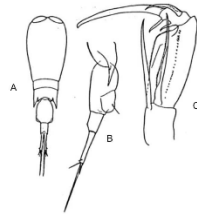


Fig 107. Espécimen completo (A), urosoma (B), antenula B-B' 2 (C)



Fig 108-109. Espécimen completo (A), urosoma (B)

Farranula rostrata (Claus, 1863)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2026>

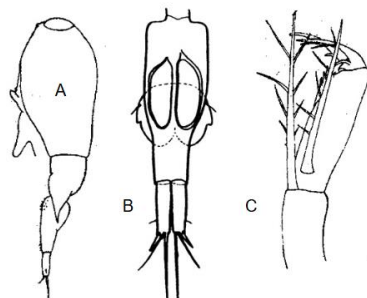


Fig 110. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)



Fig 111-113. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)

Farranula concinna (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2022>

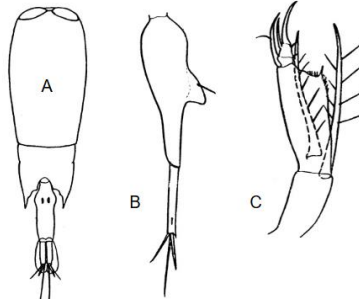


Fig 114. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)



Fig 115-117. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)

Farranula gracilis (Dana, 1849)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N.,
2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2025>

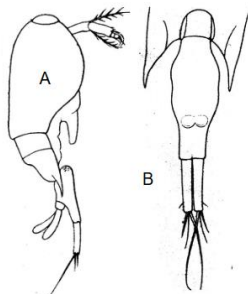


Fig 118. Espécimen completo (A), urosoma (B)

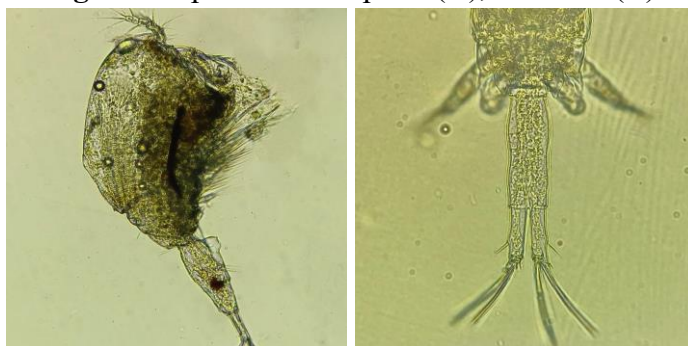


Fig 119-120. Espécimen completo (A), urosoma (B)

Farranula gibbula (Giesbrecht, 1891)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2024>

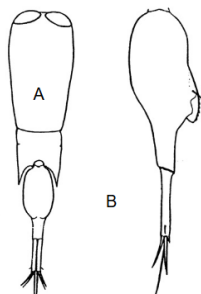


Fig 121. Espécimen completo (A), urosoma (B)

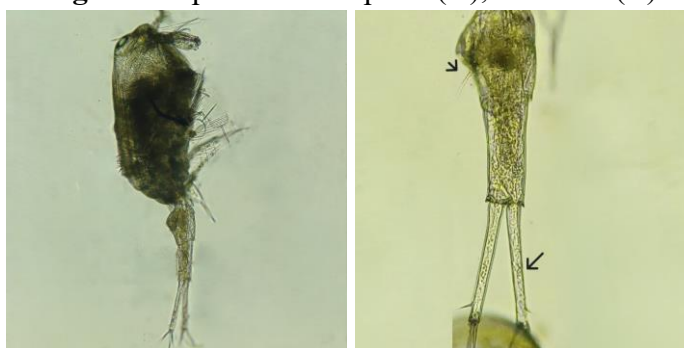


Fig 122-123. Espécimen completo (A), urosoma (B)

Farranula carinata (Giesbrecht, 1891)

World Copepod Database, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2021>

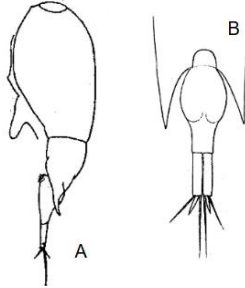


Fig 124. Espécimen completo (A), urosoma (B)

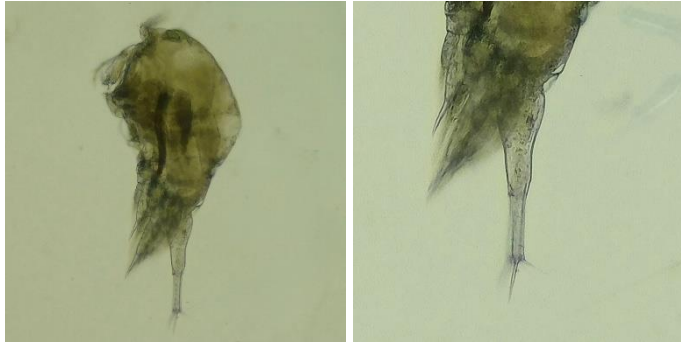


Fig 125-126. Espécimen completo (A), urosoma (B)

FAMILIA OITHONIDAE

Dioithona rigida (Giesbrecht, 1896)

Marine Planktonic Copepods, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2249>

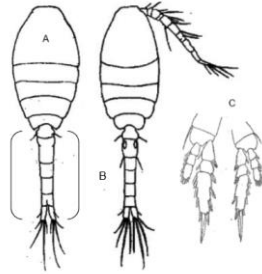


Fig 127. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 128-130. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

Dioithona oculata (Farran, 1913)

Marine Planktonic Copepods, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2023, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2248>

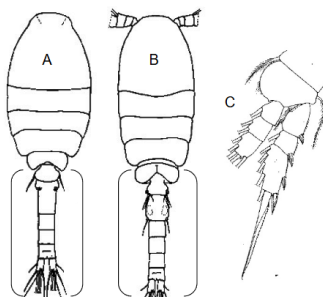


Fig 131. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 132-134. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona plumifera (Baird, 1843)

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1794>

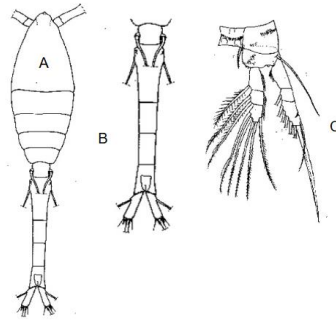


Fig 135. Espécimen completo (A), Urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 136-138. Espécimen completo (A), Urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona similis (Claus, 1866)

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1803>

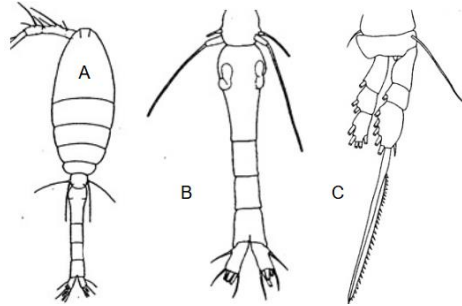


Fig 139. Espécimen completo (A), Urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 140-142. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona nana (Giesbrecht, 1892)

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1790>

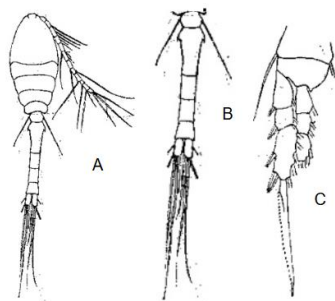


Fig 143. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 144-146. Espécimen completo (A), Urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona simplex (Farran, 1913)

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1804>

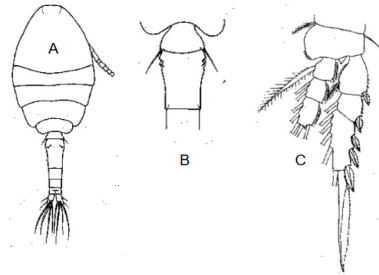


Fig 147. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 149-151. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona robusta (Giesbrecht, 1891)

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1799>

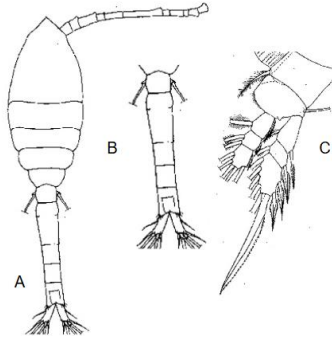


Fig 152. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 153-155. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

Oithona oswaldocruzii (Oliveira, 1945).

Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1793>

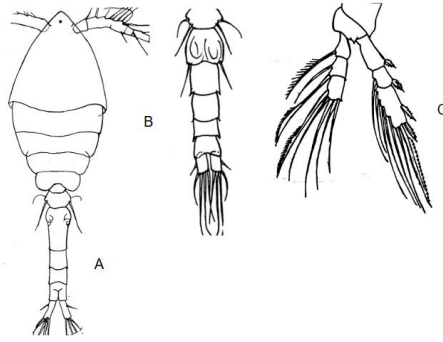


Fig 156. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)



Fig 157-159. Espécimen completo (A), urosoma (B), 4ta pata (C)

FAMILIA ONCAEIDAE

Oncaea venella (Farran, 1929).

Oncaea venella – *Species Card – Marine Planktonic Copepods*, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer.

Disponible en <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2192>

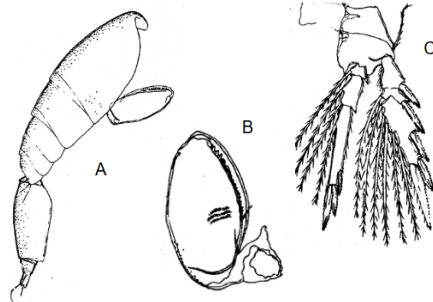


Fig 160. Espécimen completo (A), Antena 2 (B), 4ta pata (C)



Fig 161-163. Espécimen completo (A), Antena 2 (B), 4ta pata (C)

Oncaea venusta (Philippi, 1843)

“*Oncaea venusta* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J., y Desreumaux, N., 2020, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2112>

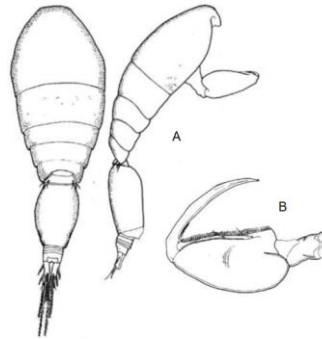


Fig 164. Espécimen completo (A), antena 2 (B)

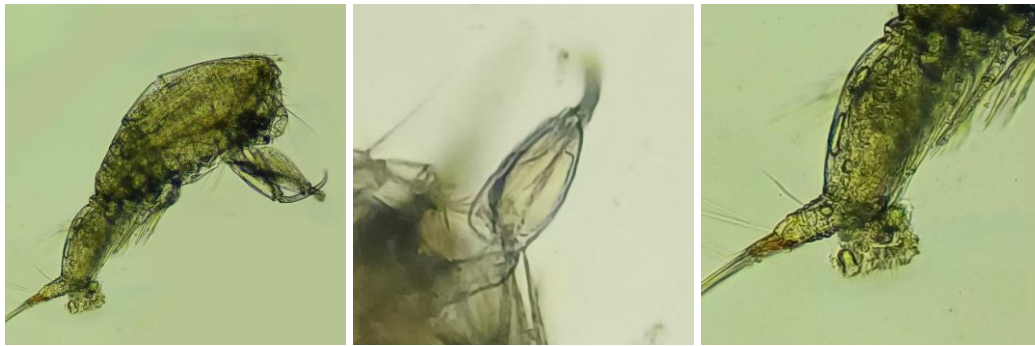


Fig 165-167. Espécimen completo (A), antena 2 (B), urosoma (C)

Oncaea curta (Sars, 1916)

“*Oncaea curta* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2064>

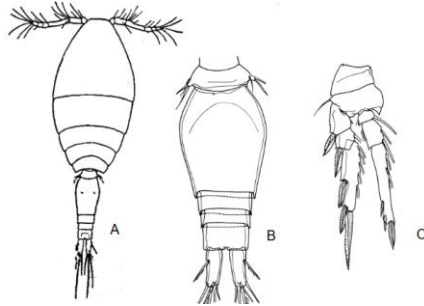


Fig 167. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)



Fig 168-170. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)

Oncaea media (Giesbrecht, 1891)

“*Oncaea media* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2081>

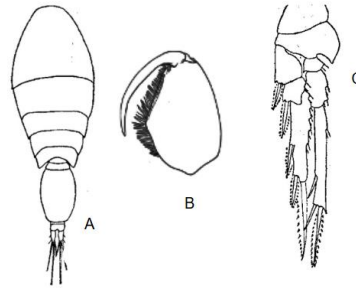


Fig 171. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)



Fig 172-174. Espécimen completo (A), antena 2 (B), urosoma con 4ta pata (C)

Triconia conifera (Giesbrecht, 1891)

“*Triconia conifera* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2122>

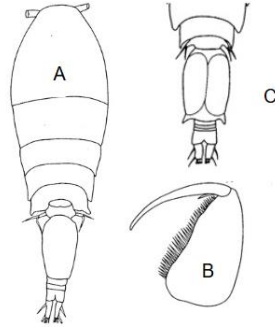


Fig 175. Espécimen completo (A), antena 2 (B), urosoma (C)

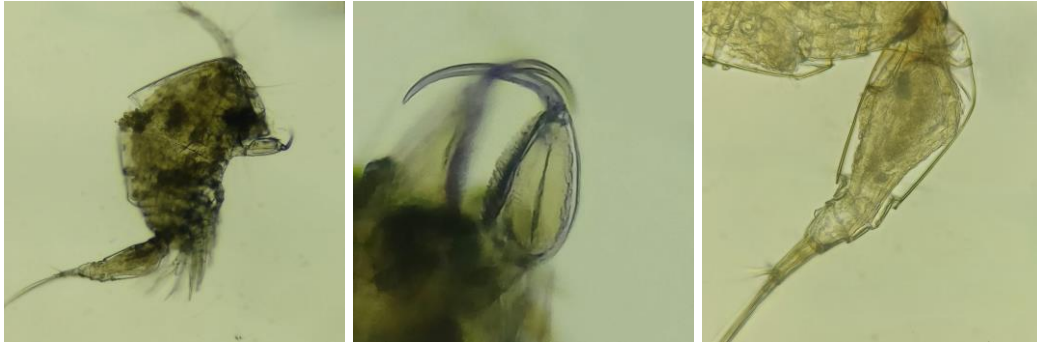


Fig 176-178. Espécimen completo (A), antena 2 (B), urosoma (C)

Triconia minuta (Giesbrecht, 1892)

“*Triconia minuta* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer.

<https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2131>

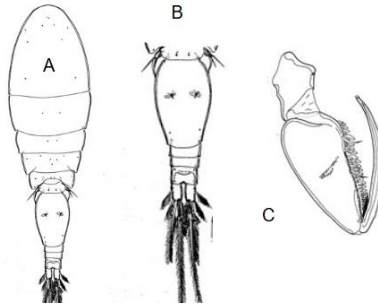


Fig 179. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)



Fig 180-182. Espécimen completo (A), urosoma (B), antena 2 (C)

Triconia similis (Sars, 1918)

“*Triconia conifera* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2021, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2122>

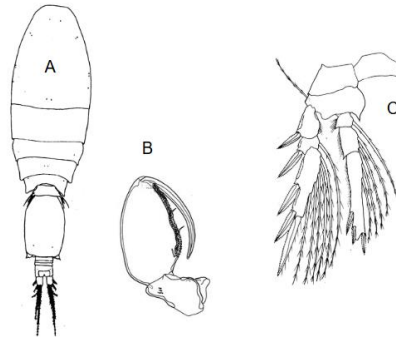


Fig 183. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)

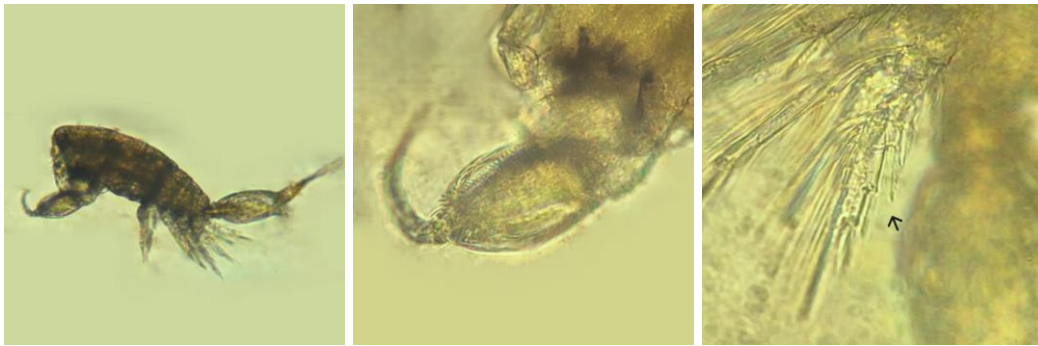


Fig 184-186. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)

Triconia dentipes (Giesbrecht, 1891)

Observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer. (2022). *Triconia dentipes*. Copepodes – Marine Planktonic Copepods. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2123>

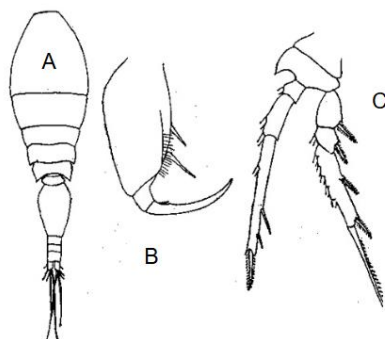


Fig 187. Espécimen completo (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)

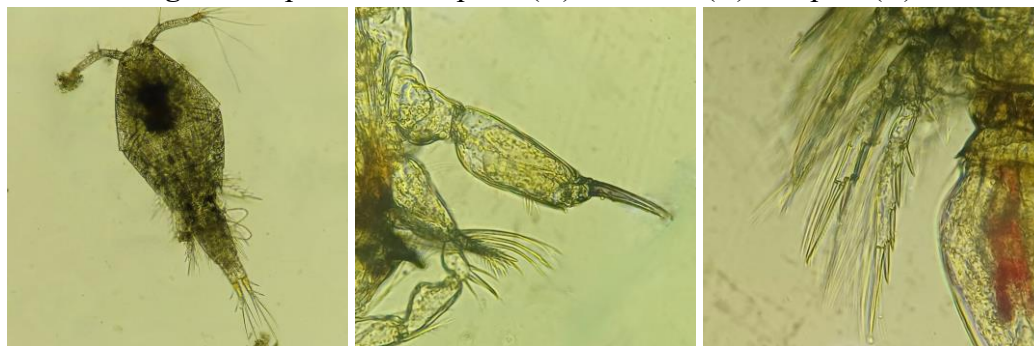


Fig 188-190. Espécimen (A), antena 2 (B), 4ta pata (C)

FAMILIA CLAUSIDIIDAE

***Hemicyclops columnaris*, (Humes, 1984)**

“Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical waters”, por Il-Hoi Kim (2009), figura 12

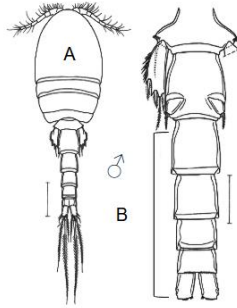


Fig 191. Espécimen completo (A), urosoma con 5ta pata (B)

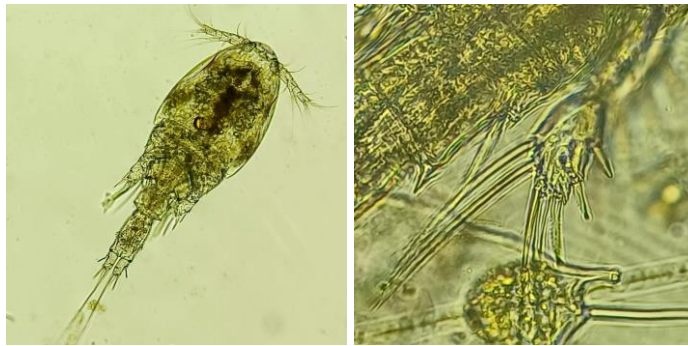


Fig 192-193. Espécimen completo (A), 5ta pata (B)

Hemicyclops tripartitus (Kim I.H., 2009)

“Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical waters”, por Il-Hoi Kim, 2009, figura 5.

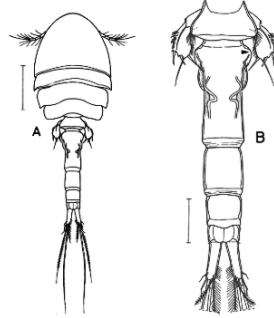


Fig 194. Espécimen completo (A), urosoma (B)



Fig 195-196. Espécimen completo (A), sección del urosoma y 5ta pata (en círculo) (B).

Hemicyclops humesi (Humes, 1984)

“*Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical waters*”, por I.-H. Kim (2009), figura 7.

https://www.researchgate.net/figure/Hemicyclops-humesi-n-sp-female-A-habitus-dorsal-B-urosome-dorsal-C-anal-somite_fig7_288347185

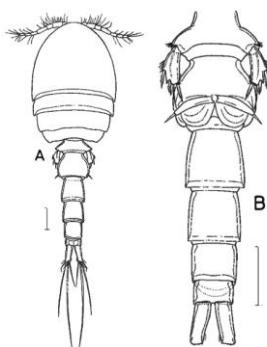


Fig 197. Espécimen completo (A), urosoma (B)



Fig 198-199. Espécimen completo (A), sección de urosoma con 5ta pata (B)

Hemicyclops magnus (Kim I.H., 2009)

“*Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical waters*”, por Il-Hoi Kim (2009), figura 9.

https://www.researchgate.net/figure/Hemicyclops-magnus-n-sp-female-A-maxilla-B-maxilliped-C-distal-part-of_fig9_288347185

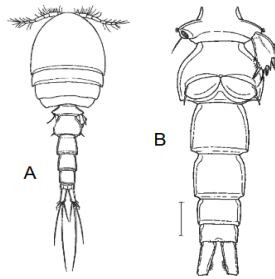


Fig 200. Espécimen completo (A), urosoma (B)

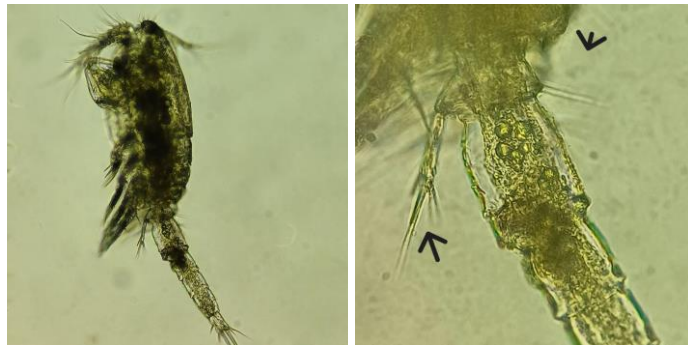


Fig 201-202. Espécimen completo (A), sección del urosoma con 5ta pata (B)

***Hemicyclops* spp 1.**

“Copepodid Stages of *Hemicyclops japonicus* Itoh and Nishida (*Poecilostomatoida: Clausidiidae*) Reared in the Laboratory”, por Itoh, H. & Nishida, S., 1995, *Journal of Crustacean Biology*, 15(1), pp. 134–155. <https://doi.org/10.2307/1549016>

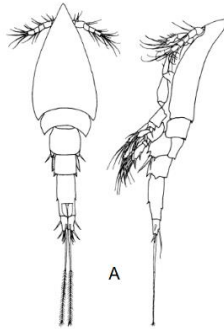


Fig 203. Espécimen completo (A)

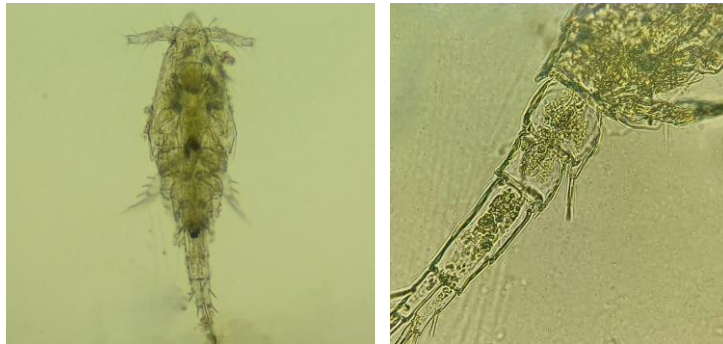


Fig. 204-205. Espécimen completo (A), urosoma (B).

ORDEN HARPATICOIDA

Euterpina acutifrons (Dana, 1848)

“*Euterpina acutifrons* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2022, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1833>

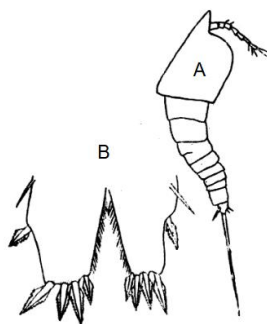


Fig 206. Espécimen (A) (lateral), 5ta pata, hembra (B)



Fig 207-209. Espécimen gravida (A) (lateral), 5ta pata, hembra (B)

Aegisthus mucronatus (Giesbrecht, 1891)

“*Aegisthus mucronatus* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2022, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=1823>

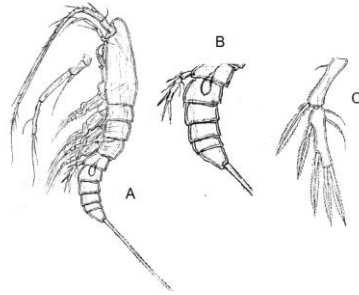


Fig 210. Espécimen (A), urosoma (B), 5ta pata (C)



Fig 211-213. Espécimen completo (A), urosoma (B), 5ta pata (C)

Microsetella rosea (Dana, 1848)

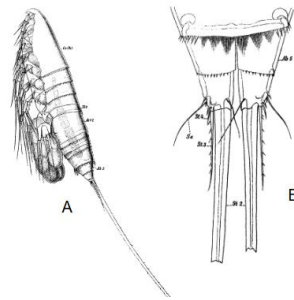


Fig 214. Espécimen completo (A), segmento anal y ramas caudales (B)

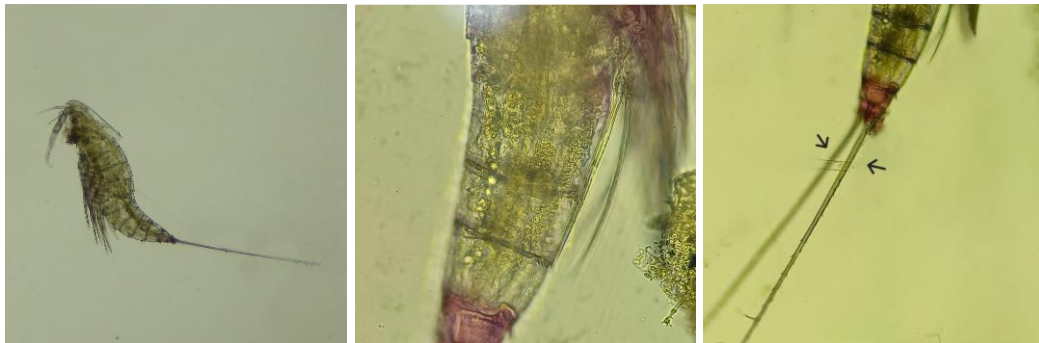


Fig 215-217. Espécimen completo (A), segmento anal y ramas caudales (B)

ORDEN MONSTRILLOIDA

Cymbasoma cocoense (Suarez-Morales & Morales-Ramirez, 2009)

“*Cymbasoma cocoense* – Species Card – Marine Planktonic Copepods”, por Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N., 2019, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=2490>

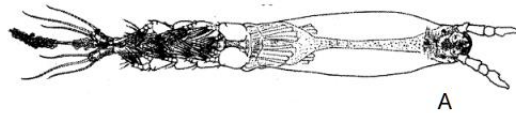


Fig 218. Espécimen completo (A)



Fig 219-220. Espécimen completo (A), patas traseras (B)

PHYLUM CHAETOGNATHA

***Flaccisagitta enflata* (Grassi, 1881)**

“*Flaccisagitta enflata* (Grassi, 1881)”, World Register of Marine Species.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=105434>

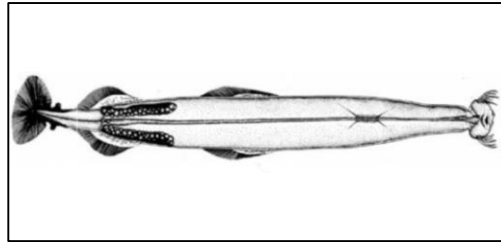


Fig 221. Espécimen completo (A)



Fig 222. Espécimen completo (A)

Krohnitta subtilis (Grassi, 1881)

“Taxonomic reassessment of chaetognaths (*Chaetognatha*, *Sagittoidea*, *Aphragmophora*) from Korean waters”, por S. Choo, M.-K. Jeong & H. Y. Soh, 2022, *ZooKeys* 1106, figura 18.

<https://doi.org/10.3897/zookeys.1106.80184>

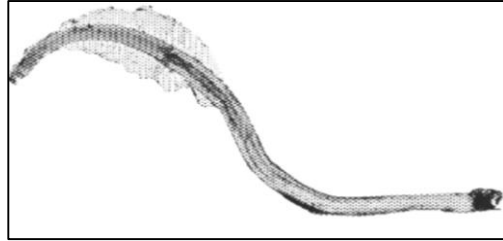


Fig 223. Espécimen completo (A)



Fig 224-225. Espécimen completo (A)

Zonosagitta bedoti (Béraneck, 1895)

“*Zonosagitta bedoti* (Béraneck, 1895)”, World Register of Marine Species.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=266884>

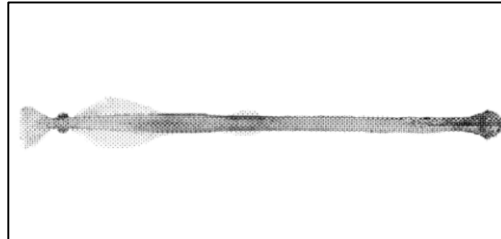


Fig 226. Espécimen completo (A)

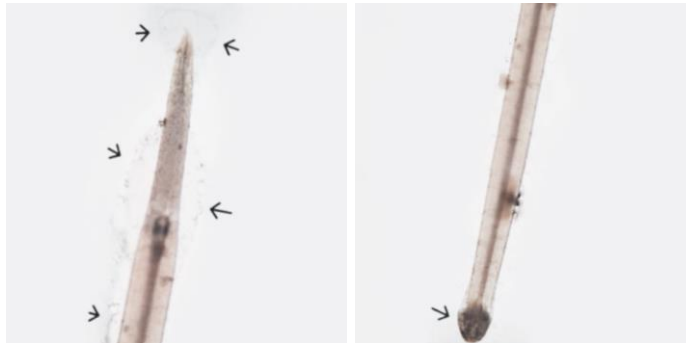


Fig 227-228. Espécimen completo (A)

Mesosagitta minima (Grassi, 1881)

World Register of Marine *Mesosagitta minima* (Grassi, 1881). <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=105437>

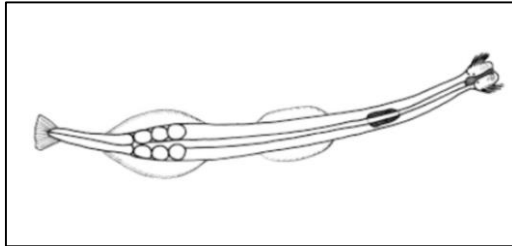


Fig 229. Espécimen completo



Fig 230. Espécimen completo (A)

Sagitta serratodentata f. pacifica (Tokioka, 1940)

“*Sagitta serratodentata f. pacifica*”, World Register of Marine Species. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=870418>

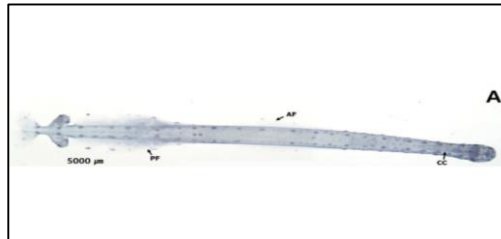


Fig 231. Espécimen completo (A)

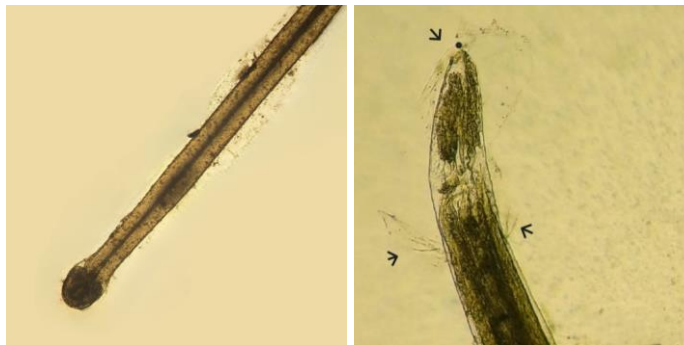


Fig 232-233. Espécimen completo (A)

FAMILIA CRESEIDAE

Creseis virgula. (Rang, 1828)

NOAA Fisheries. (2020, noviembre 15). *Creseis sp. / spp.* COPEPEDIA.

<https://www.st.nmfs.noaa.gov/nauplius/media/copepedia/taxa/T4000924/html/photoframe.htm>

↓

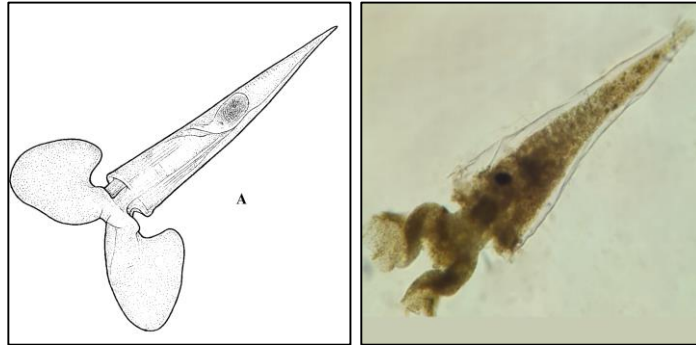


Fig 234-235. Espécimen completo (A)

CLASE APPENDICULARIA

Oikopleura sp. (Mertens, 1830)

Flores-Coto, C. (1974). [*Figura de Oikopleura gracilis: vista lateral y general del tronco*].
ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Oikopleura-gracilis-Trunk-A-lateral-view-B-general-view-Flores-Coto-1974_fig7_250373343



Fig 236-237. Espécimen completo (A)

SUB-ORDEN CLADOCERA

Penilia avirostris (Dana, 1849)

“*Penilia avirostris* Dana, 1849”, World Register of Marine Species.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=106272>



Fig 238-239. Espécimen completo (A)

Evadne tergestina (Claus, 1864)

“*Evadne tergestina* Claus, 1864”, World Register of Marine Species.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=220598>

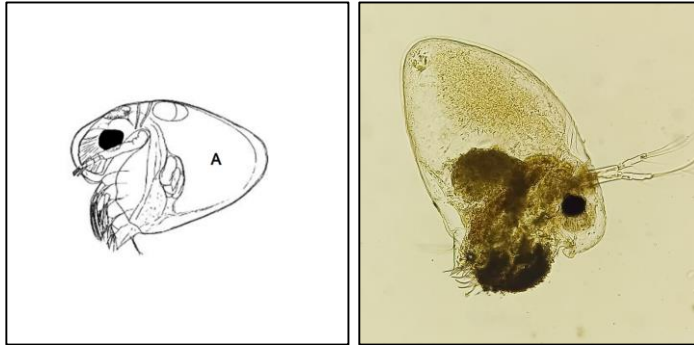


Fig 240-241. Espécimen completo (A)

ORDEN MYSIDA

Metamysidopsis insularis (Brattegard, 1970)

“*Metamysidopsis insularis* Brattegard, 1970”, World Register of Marine Species.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=226549>

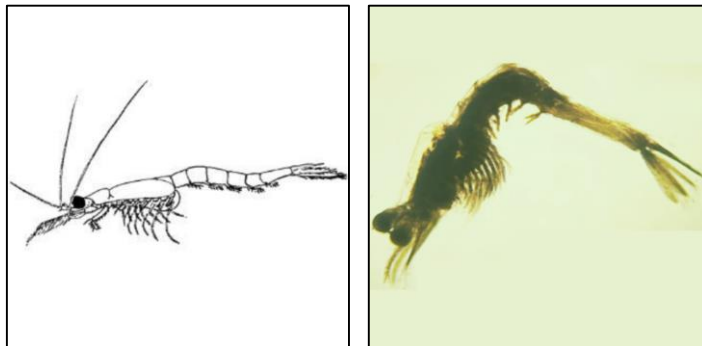
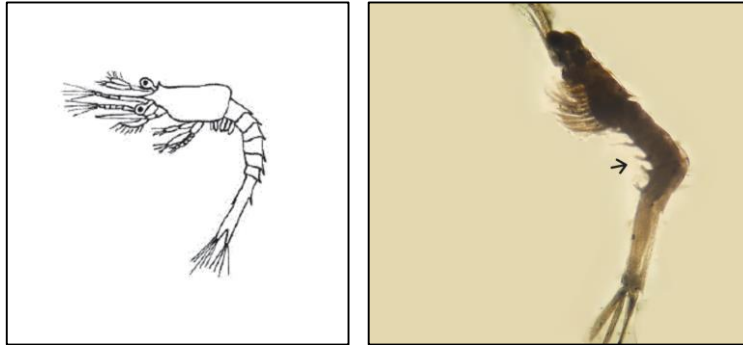


Fig 242-243. Espécimen completo (A)

Neomysis sp. (Smith, 1873)

“*Neomysis sp.* (S.I. Smith, 1873)”, World Register of Marine Species.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=157807>



244-245. Espécimen completo (A)

Petrolisthes sp. (Stimpson, 1858)

“*Morfología de la primera zoea de los cangrejos marinos Petrolisthes haigae y P. nobilii* (Decapoda: Porcellanidae)”, por Hernández, G., Bolaños, J., Magán, I. & Graterol, K. (2007), *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4), pp. 879–887.

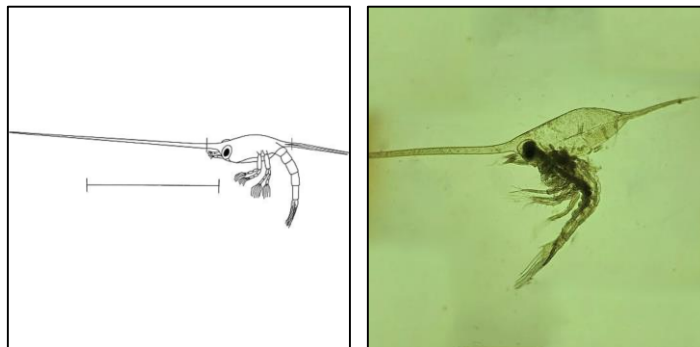


Fig 246-247. Espécimen completo (A)

ORDEN HALOCYPRIDA

Discoconchoecia sp. (Martens, 1979)

BOLD Systems: Taxonomy Browser - *Discoconchoecia* {genus}.
(2014). https://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=249211

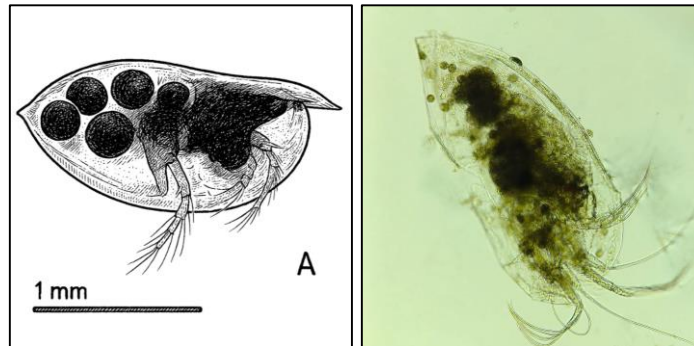


Fig 248- 249. Espécimen completo (A)

ORDEN BALANOMORPHA

Balanus sp.

“The cypris larva of *Balanus amphitrite* showing the two antennular appendages by which the larva ‘walks’...” (photograph courtesy of Dr A.S. Clare). Figura 5.



Fig 250-251. Espécimen completo (A)

CLASE BIVALVIA

Juvenil de bivalvo

Palma, S., Apablaza, P., & Rosales, S. (2014). Seasonal variation of zooplankton in the Reloncaví Fjord (41°30'S), southern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 321–336. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572014000200002

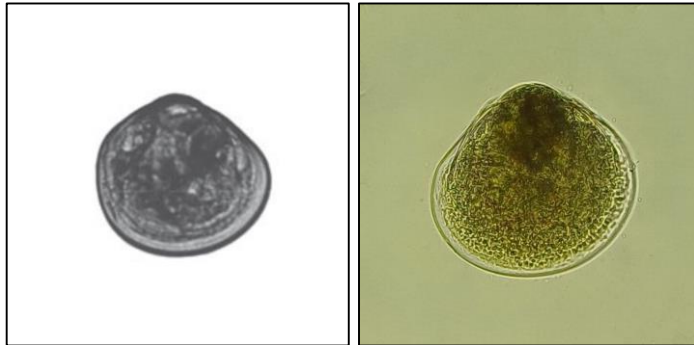


Fig 252-253. Espécimen completo (A)

CLASE GASTEROPODA

Juvenil de *Pomacea* sp. (Gasterópodo)

Identificado y confirmado por el Dr. Darío Córdoba y Msc. Russell Arnold



Fig 254. *Pomacea* sp.

CLASE POLYCHAETA

Larva de poliqueto

Evergreen State College. (2015). *Polychaete larvae: Identification guide*. https://sites-evergreen-edu.translate.google/vms/polychaete-larvae-eq/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=tc



Fig 255-257. Larva de poliqueto (A)

Larva pluteus

McEdward, L. R., & Miner, B. G. (2001). Echinoid larval ecology. En *Developments in aquaculture and fisheries science* (pp. 59-78). [https://doi.org/10.1016/s0167-9309\(01\)80006-5](https://doi.org/10.1016/s0167-9309(01)80006-5)

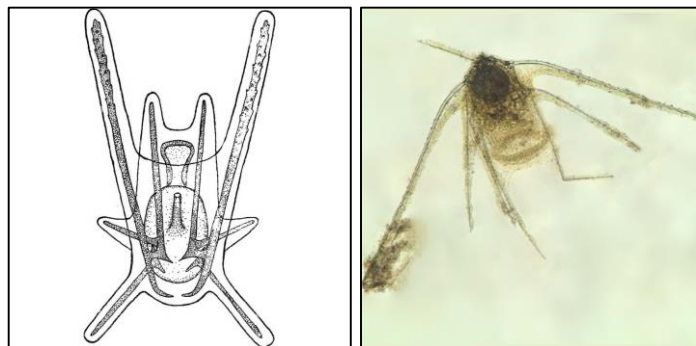


Fig 258- 259. Larva pluteus(A)

ICHTHYOPLANKTON

Larva de pez en estado de post-flexión, familia *Carangidae* Rafinesque, C. S. (1815).

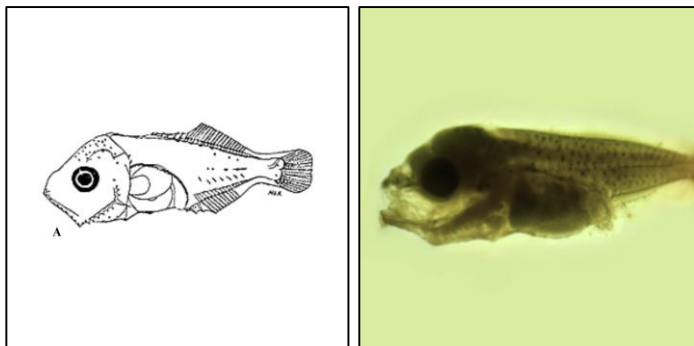


Fig 260-261. Espécimen completo (A)

Larva de pez, familia *Belonidae*

“Family Belonidae – agujas” publicada en la Revista de Biología Tropical en 2005 (vol. 53, suplementario 2, pp. 58–59)

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000400029

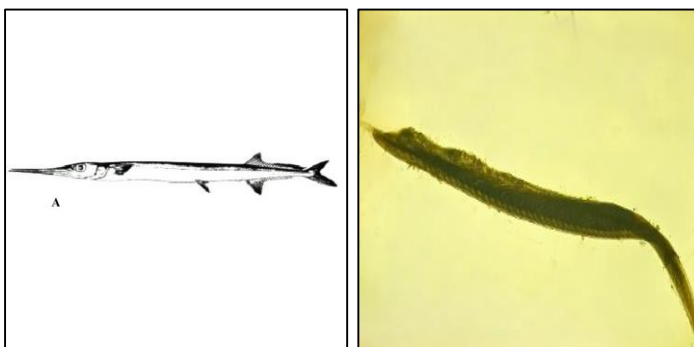


Fig 262-263. Espécimen completo (A)

HUEVOS DE PECES

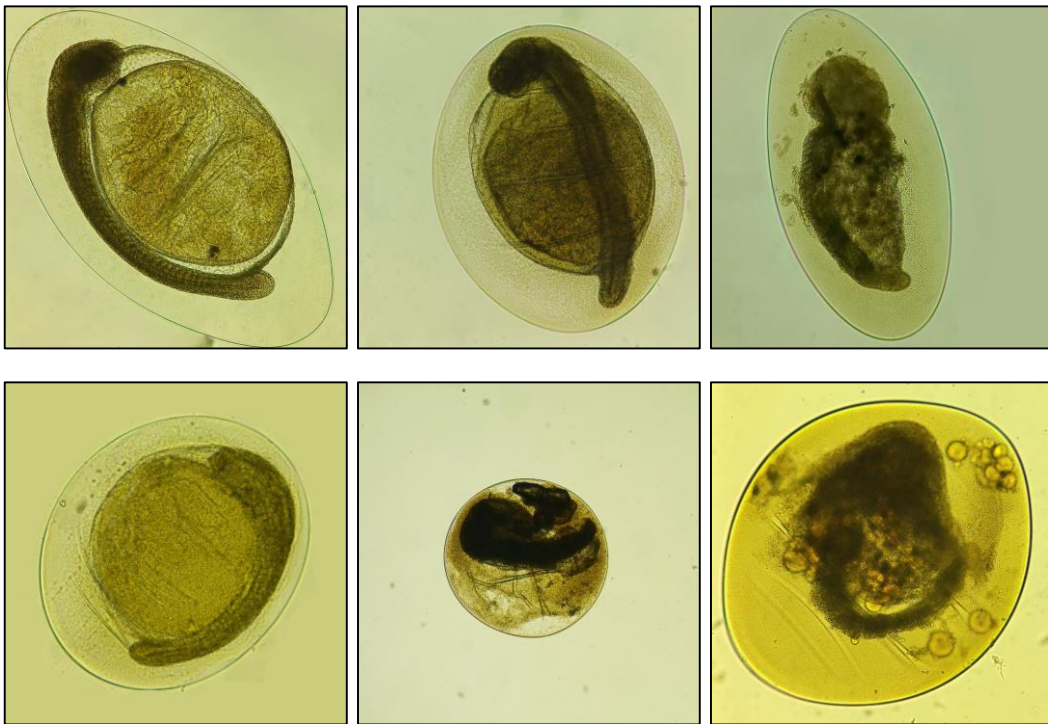


Fig 264-269. Huevos de peces, familia Engraulidae, entre otros.

JUVENILES DE PECES



Fig 270. Juvenil de la familia Carangidae.



Fig 271. Larva de la familia Sciaenidae en estado de flexión.



Fig 272. Larva en estado de pre-flexión

LARVA DE GASTERÓPODO



Fig 273. Fotografía de gasterópodo

Cuadro N° 15. ANOVA, prueba comparativa entre especies.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 6806.54 | 5 | 1361.31 | 1.67 | 0.14 |
| Within groups: | 425466 | 522 | 815.069 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 432272 | 527 | | | 0.1331 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 6.20726 | Var (error): | 815.069 | ICC: | 0.00755807 |
| Omega2: | 0.006306 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.001551 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.1432 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=2.15, | df=239.6, | p=0.06039 |

Cuadro N° 16. Comparación con la prueba Dunn's post hoc con correcciones.

| Dunn's post hoc | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|-----------|--------|---------|--------|
| | Agosto | Octubre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo |
| Agosto | | 0.07836 | 0.0401 | 0.07 | 0.01039 | 0.2481 |
| Octubre | 0.07836 | | 0.77 | 0.9588 | 0.4224 | 0.5449 |
| Diciembre | 0.0401 | 0.77 | | 0.8097 | 0.6101 | 0.3693 |
| Enero | 0.07 | 0.9588 | 0.8097 | | 0.4528 | 0.5112 |
| Febrero | 0.01039 | 0.4224 | 0.6101 | 0.4528 | | 0.1592 |
| Marzo | 0.2481 | 0.5449 | 0.3693 | 0.5112 | 0.1592 | |

Cuadro N° 20. Prueba estadística de Shapiro-Wilk W.

| Shapiro-Wilk W | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 |
| N | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| Shapiro-Wilk W | 0.6833 | 0.5753 | 0.5606 | 0.5488 | 0.4988 |
| P (normal) | 2.07E-09 | 3.85E-11 | 2.36E-11 | 1.61E-11 | 3.43E-12 |

Cuadro N° 21. Prueba estadística de kruskal-wallis.

| Kruskal- Wallis test for equal meadians | |
|---|--------|
| <i>H (chi2):</i> | 6.475 |
| <i>Hc (tie corrected):</i> | 6.486 |
| <i>p (same):</i> | 0.1657 |
| There is no significant difference between sample medians | |

Cuadro N° 22. Dunn's post hoc.

| Shapiro-Wilk W | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 |
| Estación 1 | | 0.5206 | 0.5751 | 0.538 | 0.1416 |
| Estación 2 | 0.5206 | | 0.9348 | 0.9788 | 0.03465 |
| Estación 3 | 0.5751 | 0.9348 | | 0.956 | 0.04229 |
| Estación 4 | 0.538 | 0.9788 | 0.956 | | 0.037 |
| Estación 5 | 0.1416 | 0.03465 | 0.04229 | 0.037 | |

Cuadro N° 26 Análisis estadístico de abundancia perteneciente al género Corycaeus.

| ANOVA DE UNA VÍA | | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 18680.3 | 4 | 4670.08 | 3.216 | 0.0429 |
| Within groups: | 21782.3 | 15 | 1452.15 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 40462.6 | 19 | | | 0.04565 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 804.481 | Var (error): | 1452.15 | ICC: | 0.356497 |
| Omega2: | 0.006306 | | | | |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.3262 |
| Levene's test homogeneity of variance, from means | | | p (same): | | 0.4309 |
| Welch F test in the case of unequal variances: | | | F=5.126, | df=7.387, | p=0.02747 |

Cuadro 30. Análisis estadístico de abundancia de *Pomacea* sp.

| One-way ANOVA | Residuals | Tukey's pairwise | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post hoc |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Test for equal means | | | | | |
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 324.867 | 4 | 81.2167 | 0.6414 | 0.638 |
| Within groups: | 3165.83 | 25 | 126.633 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 3490.7 | 29 | | | 0.6785 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | -7.56944 | Var(error): | 126.633 | ICC: | -0.0635746 |
| omega²: | 0 | | | | |
| Levene's test for homogeneity of variance, from means | | | | p (same): | 0.08108 |
| Levene's test, from medians | | | | p (same): | 0.6162 |
| Welch F test in the case of unequal variances: F=1.001, df=10.56, p=0.449 | | | | | |