

ABUNDANCIA, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DEL ZOOPLANCTON EN LA ZONA DE COJIMÍES – MANABÍ, DURANTE LOS MESES DE MAYO-OCTUBRE DEL 2018

ABUNDANCE, COMPOSITION AND DIVERSITY OF ZOOPLANKTON IN THE AREA OF COJIMÍES - MANABÍ, DURING THE MONTHS OF MAY-OCTOBER 2018

Ramos-Centeno Jimmy ^{1*}; Napa-España Juan ²

¹ Investigador independiente. Manta, Ecuador.

² Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM. Manta, Ecuador.

*Correo: cjsxavi1994@hotmail.com

Resumen

El zooplancton ocupa el segundo lugar en la red trófica acuática marina, transfiriendo energía entre productores, como el nano y fitoplancton, hacia los niveles superiores de consumidores, por su capacidad de filtrar partículas microscópicas, por tanto, una mayor abundancia de zooplancton en el medio marino es un indicador de alta productividad. Se realizaron estudios en la zona costera frente al estuario de Cojimíes durante mayo a octubre 2018, realizando arrastres quincenales diurnos y nocturnos con red de 300 μm , con el objetivo de determinar la abundancia, composición y diversidad del zooplancton y su asociación con parámetros ambientales. Se recolectaron muestras diurnas (07:00) y nocturnas (20:00) para el análisis del zooplancton. Se midió la temperatura superficial del mar (TSM) así como la transparencia de Secchi y el pH. La TSM tuvo un periodo poco variable entre mayo – junio y septiembre-octubre, con promedio de $24,9 \pm 0,2$ °C, y pulsos de corta duración que alcanzaron $26,0 \pm 0,9$ °C en julio. Se observó una sincronía entre las variaciones de TSM con la abundancia del zooplancton y fitoplancton en la zona de estudio. La diversidad no varió entre el día y la noche, presentando los mayores valores en julio, septiembre y octubre y los más bajos durante agosto, cuando la abundancia fue menor. Los copépodos dominaron la comunidad zooplanctónica con 54,7% mientras que otros crustáceos representaron 24%. La abundancia zooplanctónica nocturna mantuvo similitud con la diurna. Se identificaron 14 familias de zooplancton siendo *Paracalanidae*, *Oithonidae* y *Acartiidiidae* las más representativas entre los copépodos. Entre los 17 géneros identificados, *Acartia* sp., *Paracalanus* sp., *Oithona* sp. y el cladócerpo *Evadne* sp. fueron los más abundantes.

Palabras claves: parámetros ambientales, diversidad, abundancia.

Abstract

Zooplankton occupies the second level in the marine aquatic food web, transferring energy between producers, like the nano- and phytoplankton, towards higher consumer levels, for their ability to filter out microscopic particles. A greater abundance of zooplankton in the marine environment is an indicator of high productivity, as a result, it is important know the abundance, composition and diversity, and their association with environmental parameters. Studies were conducted in the coastal area facing the estuary of Cojimíes during May to October 2018. Day and night biweekly trawls were made in the first meter of the water column with a net of 300 μm mesh, with the objective of determining the abundance, composition, and diversity of the zooplankton and its association with environmental parameters. Samples were collected during daytime (07:00) and evening (20:00) and sea surface temperature (SST) as well as the Secchi depth and pH were measured. The SST showed small variation between June and Sep.-October, with average of 24.9 ± 0.2 °C, and short duration pulses of 26.0 ± 0.9 °C in May and July. A synchrony was

observed between SST variations, zooplankton and phytoplankton abundance in the study area. A Diversity (H') was similar in day and night samples, and showed greater values in July, September and October, and a decrease during August when abundance was the lowest. Copepods dominated the zooplankton community (54.7%) while other crustaceans accounted for other 24%. The night zooplankton abundance maintained similarity with the daytime. Fourteen families of zooplankton were found being *Paracalanidae*, *Oithonidae* and *Acartiidae* the most representative among the copepods. Among the 17 genera identified, *Acartia* sp., *Paracalanus* sp., *Oithona* sp. and the cladoceran *Evadne* sp. were the most abundant.

Keywords: environmental parameters, diversity, abundance.

1. Introducción

Las poblaciones zooplanctónicas desempeñan un papel fundamental a nivel de los ecosistemas acuáticos, pues en ellas se inicia en mayor proporción la transferencia de energía desde los productores (nano- y fitoplancton) hacia el resto de los consumidores. En particular, los copépodos son el componente más numeroso de la producción secundaria en el océano y lagos (Giesecke & González, 2004). Los copépodos en el Pacífico Ecuatorial, aportan más del 90% de la abundancia de zooplancton (Roman & Gauzens, 1997) y por ello, la importancia del mesozooplancton en la dinámica trófica (Bernard, 2002) ya que son la vía hacia gran parte del flujo trófico del carbono (González y Giesecke, 2010).

La disponibilidad del plancton marino varía de acuerdo al tiempo y espacio, así como, también se relaciona con las características físicas, químicas y biológicas del medio donde habita

(Spinelli, 2016). Una zona enriquecida de nutrientes o con alta surgencias podría representar un aumento en la abundancia zooplanctónica, lo cual se da en periodos donde la temperatura es alta, volviendo el ambiente cálido y productivo (Palma & Apablaza, 2004).

Ocupando el segundo lugar en la red trófica, el zooplancton es aquel que da continuidad a la transferencia de energía y por ende es el estabilizador secuencial de un medio marino acuático (Giraldo & Gutiérrez, 2007). La mayoría de zonas estuarinas y costeras están dominadas por copépodos, cuyo grupo tolera un amplio rango de salinidades y distintas variaciones ambientales. Su diversidad es baja en estas zonas, pero su dominancia lo convierte en uno de los principales consumidores primarios e indicador de cambios a distintas escalas (Ruíz-Pineda et al., 2016), aunque en épocas reproductivas algunos elementos del meroplancton (decápodos bentónicos, poliquetos,

etc.) pueden dominar por un lapso de tiempo (De Silva-Dávila et al., 2006).

Cojimíes es la parte fronteriza que limita las provincias de Manabí y Esmeraldas, ubicada entre los grados 0° y 1° norte y 80° - 81° oeste. Esta zona se destaca por su biodiversidad marina y productividad camaronera (Cajas et al., 2000). La zona posee un estuario que debido a la intervención humana ha perdido gran parte de su diversidad micro y macro faúnica, dejándolo en una posición poco favorable para la reproducción inicial de las especies marinas que allí habitan (Elao & Guevara, 2006).

Como actividad económica principal, Cojimíes se fundamenta en la pesca. La presencia de manglares y zonas estratégicas para la pesca, lo convierten en zona de alta diversidad de recursos como la concha (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*), cangrejos, peces, moluscos, entre otros (Vázquez, 2007). Los ríos Muisne-Cojimíes, al desembocar directamente al mar, influyen en el aporte de nutrientes provenientes del continente. Además, se registran precipitaciones anuales en la zona de Esmeraldas cercanas a 800 mm durante los meses de enero a mayo (INAMHI, 2018).

La presente investigación estudia las variaciones en la composición, abundancia y diversidad del zooplancton en la zona costera marina frente a Cojimíes, durante los meses de mayo a octubre de 2018, y su relación con parámetros ambientales.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de Estudio

El estudio se desarrolló en la costa al norte de la desembocadura del río Cojimíes (0° 25' 15" N, 80° 4' 48" O).

La zona se destaca por ser un sector pesquero altamente productivo y poseer un estuario considerado como zona de crianza de diversas especies de peces e invertebrados (Candelario & Elizabeth, 2017).

2.2. Fase de campo

Durante la investigación se realizaron 24 arrastres superficiales entre mayo y octubre 2018, a razón de 12 arrastres diurnos (07:00 a 08:00) y 12 arrastres nocturnos (20:00 a 21:00).

Para esto, se establecieron 3 transeptos paralelos a la costa, con 800 metros (m) de longitud, aproximadamente.

Los mismos estuvieron ubicados a 2,7 km de la costa (A); 2,3 km (B) y 1,8 km (C) (Fig. 1).

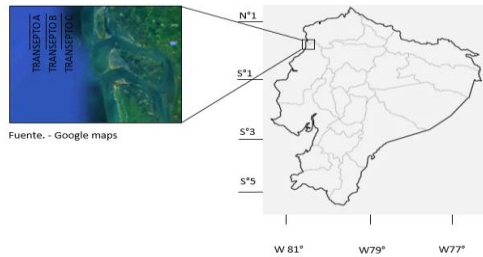


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

La red se arrastró desde un bote de 6,6 m de eslora con motor 40 HP. Los arrastres fueron horizontales con duración de 10 minutos (min) a una velocidad de 3,6 km/h, aproximadamente, en el primer metro de la columna de agua. La red cónica tenía una luz de malla de 200 μ m con un diámetro de boca de red de 51cm y 200 cm de longitud.

La distancia y coordenadas de la recolecta se obtuvo utilizando Google Maps la cual corroboraba los puntos de inicio y fin del arrastre. Así mismo, permitió el cálculo de la distancia durante los arrastres.

Las muestras del zooplancton recolectadas fueron envasadas en frascos de policarbonato de 500 ml, y preservadas con una solución de formaldehído al 4%. Luego se

conservaban en refrigeración hasta que se trasladaron en recipientes isotérmicos hasta el Laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar de la ULEAM en Manta para su respectivo análisis. Se recolectaron muestras de agua de mar para el análisis del pH, carbonatos y bicarbonatos, y se trasladaron al laboratorio para ser analizadas.

Los parámetros ambientales medidos fueron: temperatura superficial del mar, utilizando un termómetro digital de ± 0.1 °C de precisión, el pH con un equipo multiparámetro marca Consort modelo C6020 y la transparencia con un disco Secchi. Para relacionar la influencia de la descarga de los ríos con la abundancia zooplanctónica, se obtuvieron datos de precipitación de la estación meteorológica más próxima, Aeropuerto de Esmeraldas, situada a unos 104 km del sitio de muestreo. Los datos provinieron de la página web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2018). La página no ofrece datos del río Cojimíes.

El efecto de las fases lunares sobre la abundancia del zooplancton durante la noche se midió comparando la

abundancia promedio en cada fase por medio de un análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis (Zar, 2010). Las fases lunares de los días de muestreo se obtuvieron de INOCAR (2018).

2.3. Fase de laboratorio

Para estimar la abundancia de organismos, se agitó cada muestra, para luego extraer alícuotas con una pipeta de 1 ml de capacidad. La cuantificación del zooplancton se la realizó usando una placa petri cuadrículada, contando todos los organismos zooplanctónicos y los cuadros secuenciales de izquierda a derecha, hasta alcanzar 100 organismos zooplanctónicos (Iannacone & Alvarino, 2006). La abundancia en la alícuota (org/ml) se estimó con la siguiente ecuación.

$$Aa = No \times Np / Nc \quad (1)$$

Donde:

Aa = abundancia de organismos en la alícuota

No = cantidad de ejemplares encontradas

Np = número de casillas en la cápsula de Petri

Nc = número de cuadros contados.

La densidad global de organismos en el mar (n/m^3) se estimó usando la siguiente ecuación:

$$D = Aa \times Vm / Vf \quad (2)$$

Donde:

D = densidad de organismos (n/m^3)

Vm = Volumen de la muestra

Vf = Volumen filtrado con la red.

Para la identificación de organismos se colocó 1 ml de la muestra en un portaobjeto y se observó usando un microscopio estereoscópico, marca Labomed, modelo Luxeo 4D. Para identificar las especies zooplanctónicas se empleó el libro digital de Johnson y Allen (2012) (Worms), junto con el acta oceanográfica del pacífico vol. 2 publicada por el Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada (Inocar), además de utilizar como referencia el navegador web.

La biomasa fresca, expresada en g/m^3 , se estimó filtrando la muestra completa en una malla de 55 μm previamente pesada, y obteniendo el peso de la biomasa de zooplancton por diferencia. Este valor se dividió entre el volumen de agua filtrada, estimado con el flujómetro.

Para la determinación de carbonatos y bicarbonatos se utilizó el método de Baird et al. (2017) que permitió estimar la alcalinidad. Los carbonatos se obtienen titulando una muestra de agua de mar con una solución de HCl 0,1 N, usando como indicador fenolftaleína. Seguidamente, los bicarbonatos se estiman continuando con la titulación, pero usando como indicador verde bromocresol.

Cálculos de carbonatos y bicarbonatos:

$$\text{meq/L CO}_3 = \frac{2 V1 \times N \times 1000}{\text{ml muestra}} \quad (3)$$

$$\text{meq/L HCO}_3 = \frac{2 V2 \times N \times 1000}{\text{ml muestra}} \quad (4)$$

Dónde:

V1= ml de HCl gastados con fenolftaleína.

V2= ml de HCl gastados con verde bromocresol.

N= normalidad de HCl usado.

2.4. Análisis de datos

La diversidad se calculó de acuerdo al índice H' de Shannon-Weaner (Shannon et al., 1951), en base a la siguiente ecuación.

$$H' = -\sum_{i=1}^S pi \ln(pi) \quad (5)$$

Dónde:

H'= índice de diversidad,

pi= proporción de individuos de la especie *i*, respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie *i*),

LN= logaritmo neperiano.

S= Número de especies en la muestra

La Equidad (Pielou, 1975) estima la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies están igualmente representadas en la comunidad (Magurran, 1988). Este parámetro se estimó mediante la ecuación:

$$J' = H' / H_{\max} \quad (6)$$

Donde:

$$H_{\max} = \ln(S)$$

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software Excel 2013.

3. Resultados

3.1. Parámetros físicos

La temperatura superficial del mar (TSM) tuvo un promedio general de 25,2±0,6 °C (24,6 – 26,6) durante el periodo de estudio. En mayo S3 y julio S3 se registraron dos pulsos de altas temperaturas de corta duración, mientras que en julio S1 y agosto S3 se

registraron las menores temperaturas.

Desde finales de agosto hasta octubre, se mantuvo una temperatura poco variable, con un promedio de $25 \pm 0,2$ °C (Fig. 2).

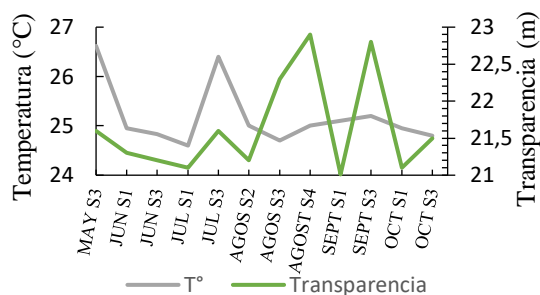


Figura 2. Variación de la temperatura superficial del mar y de la transparencia en la zona marina frente a Cojimíes durante mayo-octubre 2018.

La transparencia del agua de mar se mantuvo cercana a 21,5 m durante mayo y agosto, mostrando desde agosto a octubre fluctuaciones en un intervalo de ± 2 m. Los valores más altos se observaron en la última semana de agosto y la tercera semana de septiembre (22,9 m y 22,8 m, respectivamente), mientras que el valor más bajo se obtuvo en la primera semana de septiembre con 21 m.

Los valores de pH fluctuaron alrededor de un promedio de $8,22 \pm 0,4$ DE durante los meses de monitoreo. El valor más alto se observó en la tercera semana de agosto con 8,4 y el más bajo, 8,0 en mayo (Fig. 3).

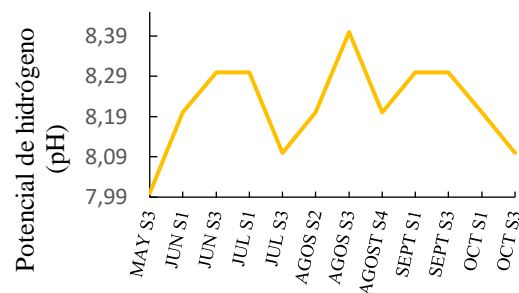


Figura 3. Variación del pH en la zona de Cojimíes durante mayo-octubre 2018.

Las precipitaciones en la zona de Esmeraldas alcanzaron un valor de 600 mm entre diciembre 2017 y mayo 2018, mientras que entre junio y agosto no se registró precipitación y desde septiembre a octubre 2018 la precipitación fue de 20 mm, alcanzando un acumulado para el período de estudio de 620 mm (INAMHI, 2018) (Fig. 4). Este valor es 180 mm menor al valor normal (promedio) para la zona, lo cual revela que el periodo de estudio fue particularmente seco.

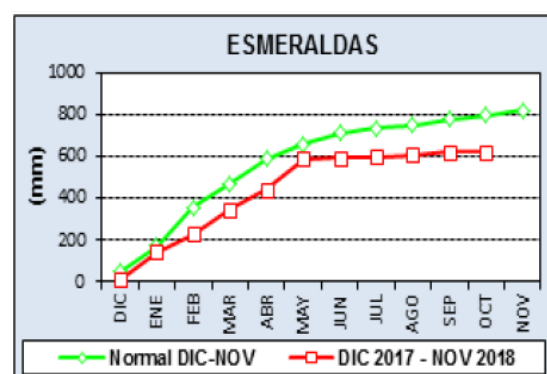


Figura 4. Precipitación registrada en la Estación Aeropuerto de la ciudad de Esmeraldas. Fuente: INAMHI (2018).

Considerando la abundancia nocturna promedio de zooplancton durante las

fases lunares, no se encontró diferencia significativa entre las fases ($p > 0,05$). La abundancia más alta y una de las menores se registraron durante el Cuarto Creciente (Fig. 5).

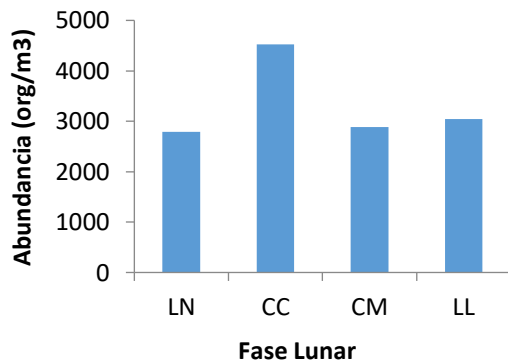


Figura 5. Abundancia nocturna promedio del zooplancton durante las fases lunares en la zona costera frente a Cojimíes entre mayo y octubre 2018.

3.2. Parámetros químicos

El análisis de compuestos inorgánicos carbonados reflejó valores con un patrón cíclico en carbonatos y bicarbonatos, en periodos de 15 días, aproximadamente (Fig. 6). Las concentraciones tuvieron menor variación entre mayo y julio, con promedios de $10,8 \pm 6,4$ (5 – 20 meq/L) en bicarbonatos y $16 \pm 5,7$ meq/L (10 – 20 meq/L) en carbonatos. Entre agosto y octubre la variación en las concentraciones fue mayor, con promedios de $17,2 \pm 8,3$ meq/L (5 – 30 meq/L) en bicarbonatos y $23,6 \pm 9,2$ meq/L (10 - 40 meq/L) en carbonatos. Sin embargo, las diferencias entre las

concentraciones de carbonatos o bicarbonatos entre los dos periodos no fueron significativas (Prueba t de Student, $p > 0,05$).

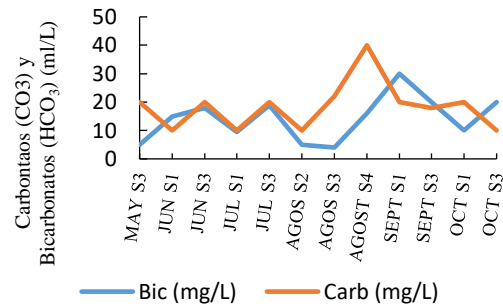


Figura 6. Carbonatos y bicarbonatos presentes en la zona de Cojimíes durante los meses de mayo a octubre de 2018.

3.3. Composición zooplanctónica

La comunidad zooplanctónica estuvo conformada por 10 grupos de organismos pertenecientes a 6 phylla: *Arthropoda* (*Copepoda*, *Cladocera*, *Ostracoda*, *Stomatopoda* y *Decapoda*), *Cnidaria* (*Siphonophora*), *Annelida* (*Polychaeta*), *Chaetognatha*, *Mollusca* (*Bivalvia*) y *Chordata* (*Pisces*). De ellos, se pudieron identificar al menos a nivel de género, 11 especies. Los copépodos fueron los más abundantes, con el 54,68% (31 – 85%) de los ejemplares, seguidos por las zoeas de crustáceos decápodos (8,9%), las larvas de *Bivalvia* (7,02%), los *Ostracoda* (6,6%) y *Cladocera* (6,38%) (Tabla 1).

Tabla 1. Total de grupos taxonómicos, familias y especies del zooplancton presentes en la zona de Cojimíes de mayo a octubre del 2018.

GRUPOS	FAMILIAS	ESPECIES	Total (org.L ⁻¹)	% grupos
Copepoda	Paracalanidae	<i>Paracalanus sp.</i>	3,01	54,68
		<i>Paracalanus sp.2</i>	2,22	
	Oithonidae	<i>Oithona sp.</i>	2,22	
		<i>Oithona sp.1</i>	2,57	
	Clausocalanidae	<i>Pseudocalanus sp.</i>	2,66	
	Acartiidae	<i>Acartia sp.</i>	6,29	
	Paracalanidae	<i>Calocalanus sp.</i>	1,86	
Scolecitrichidae	<i>Scolecithrix sp.</i>	1,95		
Decapoda	Zoea	Zoea N/I	3,72	8,94
Cladocera	Podonidae	<i>Evadne sp.</i>	2,66	6,38
Ostracoda	Cyprinidae	<i>Cypridina sp.</i>	2,75	6,60
Stomatopoda		Larva N/I	0,71	1,70
Bivalvia (larvas)		Larva N/I	2,93	7,02
Huevos de peces		Huevo de pez N/I	2,13	5,11
Polychaeta		Larva N/I	1,68	4,04
Siphonophora (larvas)		Larva N/I	1,33	3,19
Chaetognatha	Krohnittidae	<i>Krohnitta subtilis</i>	0,98	2,34
TOTAL			41,67	100

Abreviaturas: N/I, ejemplares no identificados a nivel de especie

Los grupos menos frecuentes fueron Chaetognatha, Siphonophora y Polychaeta. Los copépodos estuvieron representados por 6 familias y 8 especies, siendo las familias Paracalanidae, Oithonidae y Acartidiidae las que tuvieron mayor número de representantes. La especie más frecuente entre los copépodos fue *Acartia* sp., entre los Cladocera, fue *Evadne* sp. y entre los Ostracoda, fue *Cypridina* sp.

3.4. Abundancia zooplanctónica

Se encontró un patrón de variación de la abundancia durante el estudio, con una mayor estabilidad entre mayo-junio y agosto-octubre cuando se alcanzaron valores entre 3500 y 1500 org/m³, y un pulso máximo de corta duración observado en julio, alcanzando valores entre 6000 y 7200 org/m³ de día y noche, respectivamente (Fig. 7). No hubo diferencia significativa en las abundancias de día (3.256 ± 1343 org/m³) o de noche (3286 ± 1388 org/m³) (Prueba t de Student, $p > 0,05$).

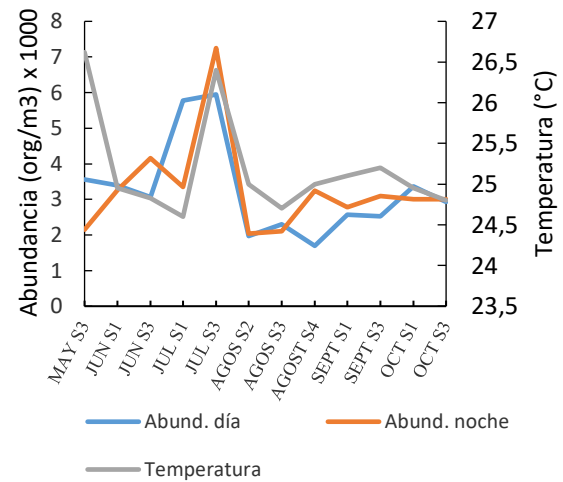


Figura 7. Abundancia zooplanctónica de la zona marina frente a Cojimíes, durante mayo a octubre 2018, y relación con la temperatura superficial del mar.

Se registró una tendencia sincrónica de la abundancia del zooplancton con la temperatura. La correlación entre estos parámetros resultó altamente significativa cuando se excluye del análisis el valor de mayo 2018 ($p < 0,01$).

3.5. Diversidad zooplanctónica

Durante el estudio, se observó que la H' mantuvo valores poco cambiantes durante dos periodos, entre mayo S4 y julio S3, registrándose la diversidad más alta de ese periodo durante el día en junio S3 (2,62) y durante agosto S3 hasta octubre, reportándose la diversidad más alta en septiembre S3 (H' 2,53) (Fig. 8). No se encontró diferencia significativa en la diversidad H' entre los muestreos de día y de noche (Prueba t de Student, $p > 0,05$). La diversidad promedio alcanzó

un valor de $2,36 \pm 0,28$. En el transcurso del periodo intermedio, julio S3 a agosto S3, se observaron cambios fuertes en la diversidad, con un descenso en julio S1 hasta el valor mínimo (H' 1,71) y una recuperación subsecuente. Este mínimo valor coincidió con el momento de menor abundancia zooplanctónica.

La equidad en la comunidad de zooplancton presente en la zona de Cojimíes fue elevada y con poca variabilidad entre muestreos, con valores promedio de $0,95 \pm 0,01$ ($0,93 - 0,97$) durante el día y $0,96 \pm 0,02$ ($0,93 - 0,98$) en la noche (Fig. 9).

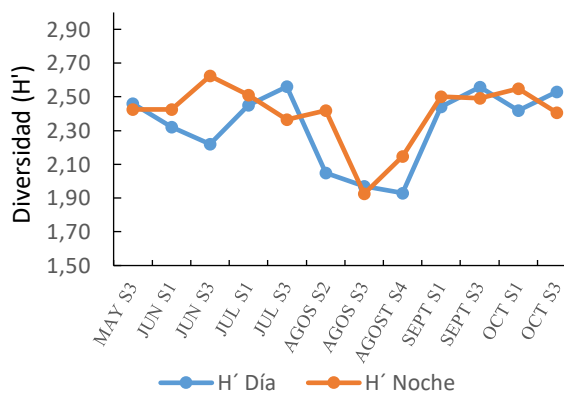


Figura 8. Variación de la diversidad del zooplancton en la zona marina frente a Cojimíes durante el periodo mayo-octubre 2018.

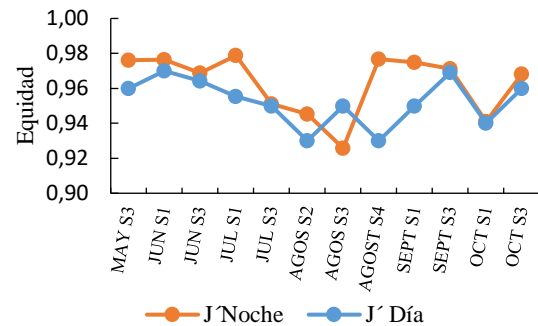


Figura 9. Equidad total de la diversidad zooplanctónica en la zona de Cojimíes, durante los meses de mayo a octubre de 2018.

3.6. Biomasa del zooplancton

La biomasa del zooplancton varió durante el estudio, con un patrón similar al de la abundancia, pero con cambios menos bruscos. No se observó diferencia significativa entre los muestreos de día o de noche (Prueba t de Student, $p > 0,05$) (Fig. 10). La biomasa ascendió de manera sostenida entre mayo y julio, desde un valor cercano al mínimo ($0,04 \text{ g/m}^3$) hasta un valor similar al máximo ($0,16 \text{ g/m}^3$), para luego descender hasta niveles mínimos registrados en Septiembre S1 ($0,03 \text{ g/m}^3$). Se observó un ligero repunte en la biomasa en Octubre S1, coincidente con el aumento en la abundancia registrada entre septiembre y octubre (Fig. 7).

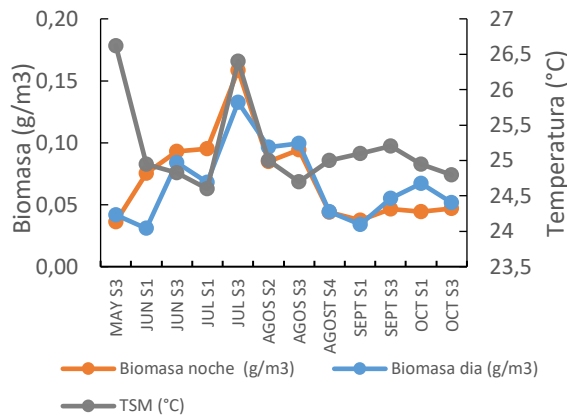


Figura 10. Variación en la biomasa zooplanktónica en la zona marina frente a Cojimies, durante mayo a octubre 2018.

4. Discusión

La TSM en la zona de Cojimies fue poco variable durante los meses de junio y agosto a octubre, con un promedio general de $25,2 \pm 0,6$ °C, en contraste con mayo y julio cuando se presentaron dos pulsos de alta temperatura 26,6 y 26,4 °C, respectivamente. Se destaca que después del mes de junio predominó la época seca (jul-oct), por lo que la incidencia de precipitaciones provenientes del estuario y la zona de estudio fue escasa (INAMHI, 2018). Investigaciones realizadas por Donet (2018), en las localidades de El Brujo y Cerro Negro, zona central de Perú, detallan que la TSM varió entre 16,58 y 17,74 en invierno, mientras que en primavera varía de 16,54 a 18,9; recalando para la zona, la incidencia directa de la corriente fría de Humboldt.

Debido a ello, se diferencia con la zona de Cojimies, la cual es predominada en su mayoría por corrientes cálidas provenientes de Panamá.

La transparencia en las costas de Cojimies se mantuvo cercana a los 22 m durante mayo y agosto, fluctuando de agosto a octubre en un intervalo de ± 2 m. Las mayores transparencias de la columna de agua se registraron en septiembre 2018 con un máximo de 22,9 m. Cabrera (2018), en un estudio sobre la dinámica del fitoplancton en la costa frente a Cojimies, concluye que las variaciones en la transparencia pueden estar asociadas al material inorgánico en suspensión que a los cambios en la abundancia de fitoplancton. Este autor además indica que la mayor amplitud de la marea puede provocar alteraciones en la transparencia por resuspensión de sedimentos en la costa, pues la escorrentía durante su estudio sería muy baja por la escasa precipitación registrada. La mayor transparencia costera contrasta con la escasa transparencia en el interior del estuario de Cojimies, donde Ecosostas (2007) reporta valores entre más de 1 m y 0,5 m, lo cual pudiera estar asociado a la mayor cantidad de materia orgánica e

inorgánica en la columna de agua del estuario, en parte proveniente de las descargas de ríos y de las numerosas empresas de cultivo de camarón en la zona. Salcedo y Coello (2018) destacan en la costa frente a El Oro, sur de Ecuador, la relación entre los nutrientes encontrados en el agua y la transparencia, siendo esta menor (1.6 ± 0.45 m) en las zonas próximas a la costa, producto de la mayor concentración de nutrientes derivados de actividades acuícolas y agrícolas, y máxima (17.4 ± 10.05 m) en las estaciones más oceánicas.

En la zona de estudio se logró registrar 10 grupos zooplanctónicos pertenecientes a 6 phylla (Arthropoda, Chaetognatha, Annelida, Cnidaria, Mollusca y Chordata) durante los meses de mayo a octubre. Al menos 17 géneros fueron identificados, siendo los copépodos el grupo dominante (54,7%), con *Acartia* sp. ($6,3 \text{ org.L}^{-1}$) y *Paracalanus* spp. ($5,23 \text{ org.L}^{-1}$) como géneros más representativos, seguidos por las zoeas de crustáceos ($3,7 \text{ org.L}^{-1}$). Esta riqueza de especies, coincidió en parte con lo reportado por Prado y Cajas (2017) quienes registran 13 taxa en la zona superior de la columna de agua a

10 mn frente a Esmeraldas, con una dominancia de los Copepoda (géneros *Paracalanus*, *Eucalanus*, *Acrocalanus* y *Oncaea*) y presencia importante de Chaetognatha, larvas de invertebrados y apendiculados (Chordata-Larvacea). Por otra parte, Donet (2018) en un trabajo realizado en la costa sur de Trujillo, Pacífico peruano, registra 11 phylla (Foraminífera, Arthropoda, Chordata, Annelida, Mollusca, Brachiopoda, Briozoa, Chaetognatha, Cnidaria, Ctenophora y Phoronida), siendo Foraminífera el más abundante con el 52% de los ejemplares, y cuya especie representativa fue *Bolivina* sp., seguido por los Arthropoda (Copepoda). De estos 11 phylla, 6 coinciden con los encontrados en el presente estudio en Cojimíes.

Es posible que la ausencia de Foraminífera en el trabajo de Prado y Cajas (2017) así como en el presente estudio, se deba a que en ambos se hicieron muestreos en la capa superficial de la columna de agua con red de 200 y 300 μm de luz de malla, respectivamente, donde estos organismos no suelen encontrarse. Por su parte, en el estudio de Donet (2018), los muestreos fueron verticales, desde

el fondo a la superficie, con red de 300 μm . Los Foraminífera suelen ser organismos bentónicos o vivir próximos al sustrato y la talla de los planctónicos puede variar de 140 a 450 μm , mientras que algunos sésiles pueden llegar a 2 cm (Barnes, 1987).

La abundancia zooplanctónica en la zona de Cojimíes durante el estudio mostró valores poco variables entre mayo - junio, y agosto - octubre, con promedios de $2700 \pm 630 \text{ org/m}^3$ y $2900 \pm 650 \text{ DE org/m}^3$, durante el día y la noche, respectivamente. Esta tendencia se interrumpe en julio, cuando se observó una elevación marcada y de corta duración, en la abundancia de zooplancton, alcanzando valores de 5850 ± 125 y $5300 \pm 2750 \text{ org/m}^3 \text{ DE}$ durante el día y la noche, respectivamente. La abundancia mantuvo una relación sincrónica con la TSM durante los meses de julio a septiembre, alcanzando la temperatura dos máximos, en julio y septiembre. El mismo patrón se observó entre la biomasa de zooplancton y la temperatura.

Los niveles observados de abundancia en Cojimíes son comparables a los reportados por otros autores en la costa

del océano Pacífico oriental. Así, Salcedo & Coello (2018) en su estudio en El Oro, describen que a 1 m de la costa, la abundancia de zooplancton registra valores promedio entre 3200 ± 2100 y $44400 \pm 70000 \text{ org/m}^3$, mientras que Prado y Cajas (2017) registran concentraciones mínimas ($1000 - 1835 \text{ org/m}^3$), y máximas de 19000 org/m^3 para la zona costera central y norte del Ecuador. En el Pacífico colombiano, Martínez Barragán (2017) registra bajas abundancias entre 0,01 y 4 org/m^3 , lo cual podría estar asociado a la baja productividad de las aguas en esa zona.

La variabilidad observada en la abundancia de zooplancton en el presente estudio refleja sincronía con la temperatura. Si bien, una elevación en la temperatura del agua pudiera causar aumentos en la tasa de crecimiento del zooplancton y de esta manera en su abundancia, también sería posible que la relación entre temperatura y abundancia no fuera directa, sino que otro elemento condicionante del zooplancton estuviera afectando la abundancia cuando la TSM varía. En este sentido, Cabrera (2018) reportó para la misma zona y fecha del presente estudio, que la abundancia de

fitoplancton mostró igualmente sincronía con la temperatura, y sugirió que la llegada de aguas cálidas y enriquecidas en nutrientes provenientes del estuario de Cojimíes, serían las causantes de tal elevación en la abundancia de fitoplancton. De ser así, pudiera plantearse que el zooplancton respondería al pulso de fitoplancton, elevando su abundancia durante los afloramientos de fitoplancton.

A este respecto, Prado y Cajas (2017) estudiaron la abundancia de fito y zooplancton en tres localidades costeras de Ecuador: Esmeraldas, Puerto López y Salinas, encontrando que la abundancia de fito y zooplancton presentaba pulsos elevados por encima del promedio de las localidades que duraron entre 1 y 2 meses, pero solo en la zona más productiva, Esmeraldas, encontraron correlación significativa entre la abundancia de fito y de zooplancton. Por su parte, Dessier y Donguy (1985) encontraron en el Pacífico Ecuatorial (4°S-4°N) frente a Panamá, que durante junio-septiembre, la producción primaria y la biomasa zooplanctónica suelen intensificarse y los copépodos aumentan con los afloramientos de

fitoplancton en agosto y marzo-mayo. Por otra parte, Wolf (1996), encuentra en el Golfo Dulce (Costa Rica) que la mayor biomasa coincide o es consecutiva un mes después del mayor afloramiento del fitoplancton (*i. e.*, en septiembre) y en la parte más alejada de la costa provoca una disminución de nutrientes en la capa fótica de la columna de agua.

La evaluación de las variaciones en abundancia de zooplancton durante las fases lunares no evidenció diferencias significativas entre fases, aunque la mayor abundancia (y variabilidad) se registró durante el Cuarto Creciente. Así mismo, no se encontró diferencia significativa entre las abundancias de día o de noche. Sin embargo, en el Pacífico colombiano, López Peralta (2012) encuentra mayores abundancias de copépodos durante la noche y en el Cuarto Menguante. Así mismo, este autor cita que en las Islas Canarias, fito y zooplancton epipelágico aumentan al llegar el invierno y logran su máximo en cuarto menguante y luna llena. Por su parte, Torres et al., (2003) encuentran en el Golfo de Guayaquil una mayor abundancia de copépodos hacia las 17:00 h entre el Cuarto Creciente y la

Luna Llena. Se estima que existe una relación entre la luminosidad en la columna de agua y la depredación del zooplancton, por lo que los organismos tienden a minimizar su vulnerabilidad migrando entre capas de agua en la zona fótica.

La diversidad fluctuó con promedio de $H' 2,36 \pm 0,28$, y valores altos de $2,97 H'$, en contraste con Valencia & Giraldo (2009) quienes registran diversidades de $H' 0,84 \pm 0,42$ entre las más altas para el pacífico colombiano.

Los valores de la biomasa zooplanctónica fluctuaron entre $0,03 \text{ g/m}^3 - 0,16 \text{ g/m}^3$, respectivamente, mientras que, Cordova y Nicole (2018) en la zona de Cerro negro y el Brujo, Perú, detallan índices de diversidad $2,82$ y $2,20 \text{ bit's}$ en las costas ecuatorianas, Luzurlaga de Cruz et al., (2016) manifiestan biomazas máximas de entre $3 - 5,9 \text{ g/100m}^3$, por otra parte, en Santa Elena - Ecuador Erika A (2015) manifiesta valores de biomasa en peso húmedo (ph) de $6,6 \text{ g/1000m}^3$ a $3,6 \text{ g/1000m}^3$ (alta-baja).

Conclusiones

La temperatura superficial del mar en la zona de Cojimíes fluctuó durante los primeros tres meses de muestreo, manteniéndose hasta el mes de octubre, mientras que la transparencia fluctuó en los últimos meses de muestreo. Por otra parte, el potencial de hidrógeno (pH) fue constante durante toda la época de muestreo, presentando muy pocas variaciones.

Se identificaron 10 familias zooplanctónicas siendo Acartidiidae la más representativa.

Se registraron 10 grupos pertenecientes a 6 phylla, el grupo dominante durante la época de muestreo fue copepoda con *Acartia tonsa* como la especie más representativa.

El punto máximo de abundancia de zooplancton se presentó en el mes de julio, mientras que la mayor diversidad se registra en los meses de junio y octubre; la biomasa, por su parte mantuvo fluctuaciones a lo largo de todo el periodo de muestreo.

Bibliografía

- Baird, R., Eaton, A., Rice, E., & Posavec, S. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd Edition. Recuperado 8 de enero de 2019, de <https://store.awwa.org/store/productdetail.aspx?productId=65266295>
- Barnes, R. (1987) *Invertebrate Zoology*. 4ta Ed. Saunders, NY.
- Barragán, M., & Pilar, M. (2017). Composición y abundancia del zooplancton marino, de las islas de Providencia y Santa Catalina, (Caribe Colombiano) durante la época climática lluviosa (octubre-noviembre) de 2005. *reponame: Exeditio Repositorio Institucional UJTL*. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1182>
- Bernard, K. (2002). Mesozooplankton community structure and grazing impact in the polar frontal zone of the southern ocean. Tesis M. Sc. Rhodes University, Grahamstown, 92 p.
- Cajas, J. & Prado, M. (2017). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente al Ecuador durante 2012, Boletín Científico y Técn, noviembre de 2009. *Instituto Nacional de pesca* 20(5):24-43. <https://doi.org/10.31876/rcm.v11i2.48>
- Cajas, L., Prado, M., Coello Salazar, D. & Cajas, J. (2000). Fitoplancton y mesozooplancton en piscinas camaroneras en la costa ecuatoriana durante el evento del síndrome de la mancha blanca. *Boletín Especial del Instituto Nacional de Pesca*.
- Candelario, O. & Elizabeth, D. (2017). Dinámica de la flota de pesca deportiva de Corvina (*Cynoscion albus*) en el estuario del Río Cojimíes, Provincia de Manabí, Ecuador, de enero a diciembre del 2013. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28476>. Consultado: 15 de enero del 2019.
- De Silva-Dávila, R., Palomares-García, R., Zavala-Norzagaray, R., & Escobedo, D. (2006). Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa (pp. 25-39).
- Donet, C. (2018). Composición y abundancia de zooplancton en el ecosistema marino de Cerro Negro y El Brujo - La Libertad 2017. *Universidad Nacional de Trujillo*. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10849>. Consultado: 15 de enero del 2019.
- Dossier, A. & Donguy, JR. (1985). Planktonic copepods and environmental properties of the eastern equatorial Pacific: seasonal and spatial variations.

- Deep Sea Research*, 32(9): 1117-1133.
- El-Sabaawi, R. (2010). Deciphering the seasonal cycle of copepod trophic dynamics in the Strait of Georgia, Canada, using stable isotopes and fatty acids. *Estuaries and Coasts*, 33: 738-752.
- Elao, R. & Guevara, G. (2006). Poblaciones de moluscos en el estuario Cojimíes. Recuperado de http://success.ecocostas.org/success/images/documentos/1236093259_Moluscos_Cojimies.pdf
- Erika, A. (2015). Estimación de la biomasa zooplanctónica frente a la provincia de santa elena durante marzo del 2015. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Biología, 60-78.
- Giesecke, R. & González, H. (2004). Feeding of *Sagitta enflata* and vertical distribution of chaetognaths in relation to low oxygen concentrations. *Journal of Plankton Research*, 26(4): 475-486.
- Giraldo, A., & Gutiérrez, E. (2007). Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones marinas*, 35(1), 117-122. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782007000100012>
- 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(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=44932442008>
- González, H. & Giesecke, R. (2010). Los carnívoros dominantes del zooplancton del océano Austral. *Boletín Antártico Chileno*, 29(1): 18-20.
- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2006). Diversidad del zooplancton en la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 175-181.
- INAMHI. (2018). Análisis climatológico para octubre 2018. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador. *Boletín Meteorológico*, 42(524). Recuperado 14 de diciembre de 2018, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>
- Johnson, W. S. & Allen, D. M. (2012). Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts. A Guide to Their Identification and Ecology. 2nd Ed. Johns Hopkins Univ Press.
- López Peralta, R.H. (2012). Distribución y abundancia de copépodos pelágicos en el Pacífico colombiano. *Revista Facultad de*

- Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia*, 8(1): 108-131.
- Luzurlaga de Cruz, M. (2016). Interrelación entre el ictioplancton y el zooplancton marino durante septiembre - octubre 2003. *Revista Ciencias del mar y limnología*, 45-57.
- Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Nybakken, J. W. & Bertness, M. D. (2004). Marine biology, an ecological approach. 6ta Ed. Pearson Educ., Inc. San Francisco
- Palma, S., & Apablaza, P. (2004). Abundancia estacional y distribución vertical del zooplancton gelatinoso carnívoro en un área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Investigaciones marinas*, 32(1), 49-70.
<https://doi.org/10.4067/S0717-71782004000100005>
- Pielou, E. (1975). Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc., New York, 165 pp.
- Prado, M. & Cajas, J. (2017). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a las costa ecuatoriana durante 2009. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 43: 23-31.
- Roman, M. & Gauzens, A. (1997). Copepod grazing in the equatorial Pacific. *Limnology and Oceanography*, 42(4): 623-634.
- Ruíz-Pineda, C., Suárez-Morales, E., & Gasca, R. (2016). Copépodos planctónicos de la Bahía de Chetumal, Caribe Mexicano: variaciones estacionales durante un ciclo anual. *Revista de biología marina y oceanografía*, 51(2), 301-316.
<https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000200008>
- Salcedo, J., & Coello, D. (2018). Dinámica del plancton en la primera milla náutica frente a la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 836-847.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33417>
- Spinelli, M. (2016). Diversity of copepods in Atlantic Patagonian coastal waters throughout an annual cycle. *Ciencias Marinas*, 42(1), 31-47.
<https://doi.org/10.7773/cm.v42i1.2585>
- Torres, G., Calderón, T., Mero, M. & Franco, V. (2003-2004). Procesos planctónicos en el Golfo de Guayaquil (Campo Amistad) julio-agosto/2001. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 12: 81-90.
- Valencia, B. & Giraldo, A. (2009). Hipéridos (Crustacea: Amphipoda) en el sector norte

del Pacífico oriental tropical colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(2), 265-273.
<https://doi.org/10.4067/S0718-560X2009000200014>

Vázquez, B. (2005). Propuesta de zonificación para la conservación del ecosistema manglar y el desarrollo sostenible en el refugio de vida silvestre del Estuario del río Muisne, Esmeraldas, Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía, España.

Wolff, M. (1996). Demersal fish assemblages along the Pacific coast of Costa Rica: a quantitative and multivariate assessment based on the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Revista de Biología Tropical*, 44 (3): 187-214.

Zar, J. 2010. Biostatistical analysis. 5ta Ed. Prentice Hall, NY.