



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1427>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

*Abundancia, composición y diversidad del zooplancton en la zona de Cojimés –
Manabí, durante los meses de mayo a octubre del 2018*

*Abundance, composition and diversity of zooplankton in the Cojimés - Manabí
area, during the months of May to October 2018*

*Abundância, composição e diversidade do zooplâncton na área Cojimés -
Manabí, durante os meses de maio a outubro de 2018*

Luber Javier Quijije-López ^I
luber.quijije@uleam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4153-7261>

Juan Pablo Napa-España ^{III}
juan.napa@uleam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0531-9048>

José Javier Alió-Mingo ^{II}
josealio@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2210-6802>

Dario Del Valle-Olivo ^{IV}
dalobebito12@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8879-4914>

Correspondencia: luber.quijije@uleam.edu.ec

***Recibido:** 20 de julio de 2020 ***Aceptado:** 20 de agosto de 2020 *** Publicado:** 15 de septiembre de 2020

- I. Magíster en Gerencia Educativa, Especialista en Diseño Curricular por Competencias, Biólogo Pesquero, Proyecto Evaluación de Parámetros Biológicos y Dinámica Poblacional para Ordenación y Gestión de los Recursos Marinos, Grupo IPEACUA, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador.
- II. Máster of Arts In Biology, Licenciado en Biología, Proyecto Evaluación de Parámetros Biológicos y Dinámica Poblacional para Ordenación y Gestión de los Recursos Marinos, Grupo IPEACUA, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador.
- III. Magíster en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorecursos y Medio Ambiente, Diploma Superior en Pedagogías Innovadoras, Especialista en Gestión y Liderazgo Educativo, Biólogo Pesquero, Proyecto Evaluación de Parámetros Biológicos y Dinámica Poblacional para Ordenación y Gestión de los Recursos Marinos, Grupo IPEACUA, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador.
- IV. Proyecto evaluación de parámetros biológicos y dinámica poblacional para ordenación y gestión de los recursos marinos, grupo IPEACUA, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador.

Resumen

El zooplancton ocupa el segundo lugar en la red trófica acuática marina, transfiriendo energía entre productores, nano y fitoplancton, hacia los niveles superiores de consumidores, por su capacidad de filtrar partículas microscópicas. Por ser un indicador de productividad, es importante conocer la relación de su abundancia, composición y diversidad, con parámetros ambientales. Se realizaron estudios en la zona costera frente al estuario de Cojimíes durante mayo a octubre 2018, realizando arrastres quincenales diurnos (07:00) y nocturnos (20:00) con red de 300 μm . Se midió la temperatura superficial del mar (TSM) así como la transparencia de Secchi y el pH. La TSM tuvo un período poco variable en junio y sep-octubre, con promedio de $24,9 \pm 0,2$ °C, y pulsos de corta duración que alcanzaron $26,0 \pm 0,9$ °C en mayo, julio y septiembre. Se observó una sincronía entre las variaciones de TSM con la abundancia del zooplancton en la zona de estudio, que pudieran estar asociadas con florecimientos de fitoplancton. La diversidad (H') 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%, otros crustáceos representaron 24%, larvas de bivalvos 7,0% y huevos de peces 5,1%. La abundancia zooplanctónica nocturna mantuvo similitud con la diurna, sin evidenciarse un efecto significativo de las fases lunares. Se identificaron 9 familias de zooplancton siendo Paracalanidae, Oithonidae y Acartidiidae las más representativas entre los copépodos. Entre los 11 géneros identificados, Arcatia sp., Paracalanus sp, Oithona sp. Y el cladóceros Evadne sp. Fueron los más abundantes. La comunidad zooplanctónica mostró una respuesta rápida a los aportes de las masas de agua que pudieron proceder del estuario cercano, lo que sugiere que el ambiente costero estuviera limitado por nutrientes.

Palabras Claves: copepoda; crustacea; fases lunares; parámetros ambientales; diversidad; abundancia.

Abstract

Zooplankton ranks second in the marine aquatic food web, transferring energy between producers, nano and phytoplankton, towards higher levels of consumers, due to its ability to filter microscopic particles. As it is an indicator of productivity, it is important to know the relationship of its abundance, composition and diversity, with environmental parameters. Studies were carried out in

the coastal area in front of the Cojímies estuary during May to October 2018, carrying out biweekly trawls during the day (07:00) and at night (20:00) with a 300 μm net. Sea surface temperature (SST) as well as Secchi transparency and pH were measured. The SST had a slightly variable period in June and September-October, with an average of 24.9 ± 0.2 ° C, and short-duration pulses that reached 26.0 ± 0.9 ° C in May, July and September. A synchrony was observed between the SST variations with the abundance of zooplankton in the study area, which could be associated with phytoplankton blooms. The diversity (H') did not vary between day and night, presenting the highest values in July, September and October and the lowest during August, when abundance was lower. Copepods dominated the zooplankton community with 54.7%, other crustaceans represented 24%, bivalve larvae 7.0% and fish eggs 5.1%. The nocturnal zooplankton abundance maintained similarity to the diurnal one, without showing a significant effect of the lunar phases. 9 families of zooplankton were identified, being Paracalanidae, Oithonidae and Acartidiidae the most representative among the copepods. Among the 11 genera identified, Arcatia sp., Paracalanus sp, Oithona sp. and the cladocero Evadne sp. they were the most abundant. The zooplankton community showed a rapid response to the contributions of the water bodies that could have come from the nearby estuary, suggesting that the coastal environment was limited by nutrients.

Keywords: copepoda; crustacea; Moon phases; environmental parameters; diversity; abundance.

Resumo

O zooplâncton ocupa o segundo lugar na cadeia alimentar aquática marinha, transferindo energia entre produtores, nano e fitoplâncton, para níveis mais elevados de consumidores, devido à sua capacidade de filtrar partículas microscópicas. Por ser um indicador de produtividade, é importante conhecer a relação de sua abundância, composição e diversidade, com os parâmetros ambientais. Os estudos foram realizados na zona costeira em frente ao estuário dos Cojímies durante os meses de maio a outubro de 2018, realizando-se arrasto quinzenal durante o dia (07:00) e à noite (20:00) com rede de 300 μm . A temperatura da superfície do mar (SST), bem como a transparência de Secchi e o pH foram medidos. A TSM teve período ligeiramente variável nos meses de junho e setembro-outubro, com média de $24,9 \pm 0,2$ ° C, e pulsos de curta duração que atingiram $26,0 \pm 0,9$ ° C em maio, julho e setembro. Observou-se uma sincronia entre as variações da SST com a abundância de zooplâncton na área de estudo, o que pode estar associado ao florescimento do

fitoplâncton. A diversidade (H') não variou entre o dia e a noite, apresentando os maiores valores nos meses de julho, setembro e outubro e os menores nos meses de agosto, quando a abundância foi menor. Copépodes dominaram a comunidade zooplanctônica com 54,7%, outros crustáceos representaram 24%, larvas de bivalves 7,0% e ovos de peixes 5,1%. A abundância do zooplâncton noturno manteve semelhança com a diurna, sem mostrar efeito significativo das fases lunares. Foram identificadas 9 famílias de zooplâncton, sendo Paracalanidae, Oithonidae e Acartidiidae as mais representativas entre os copépodes. Entre os 11 gêneros identificados, Arcatia sp., Paracalanus sp, Oithona sp. e o cladocero Evadne sp. eles eram os mais abundantes. A comunidade zooplanctônica mostrou uma resposta rápida às contribuições dos corpos d'água que poderiam ter vindo do estuário próximo, sugerindo que o ambiente costeiro era limitado por nutrientes.

Palavras-chave: copépodes; crustáceos; Fases da lua; parâmetros ambientais; diversidade; abundância.

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 y Gonzalez, 2004). Los copépodos en el Pacífico Ecuatorial, aportan más del 90% de la abundancia de zooplancton (Roman y 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 (Gonzalez 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 continua con la transferencia de energía y por ende es el estabilizador secuencial de un medio marino acuático (Giraldo & Gutiérrez, 2007). En su gran mayoría, las 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 convierte a este 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, & 2000). La zona posee un estuario que debido a la intervención humana ha perdido gran parte de su diversidad micro y macrofaúnica, dejándolo en una posición poco favorable para la reproducción inicial de las especies marinas que allí habitan (Rafael Elao & Guerdy 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-Cojimies, al desembocar directamente al mar, influyen directamente en el aporte de nutrientes provenientes del continente. Además, de poseer zonas con influencias de precipitaciones cercanas a la zona de estudio (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.

Materiales y métodos

Área de Estudio

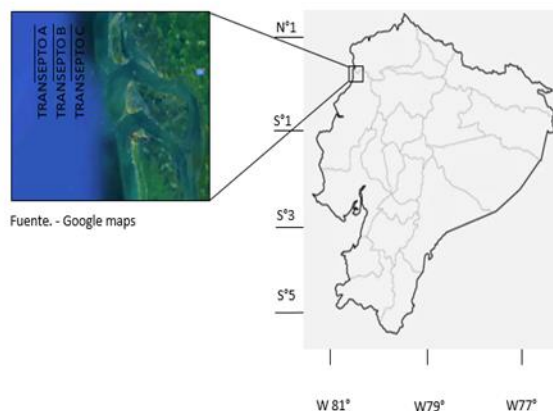
El estudio se desarrolló en la costa al norte de la desembocadura del río Cojimíes (0° 25' 15" N, 80° 4' 48" O). La zona se destaca por ser un sector pesquero altamente productivo y poseer un estuario considerado como zona de crianza de diversas especies de peces e invertebrados (Candelario & Elizabeth, 2017).

Fase de campo

Durante la investigación se realizaron 24 arrastres superficiales entre mayo a 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 como referencia del lugar de muestreo, con 800 m de longitud, aproximadamente. Los mismos estuvieron ubicados a 2,5 km de la costa (A); a 2 km (B) y a 1,4 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 10 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: la 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 Cojimés.

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).

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 los organismos zooplanctónicos y los cuadros secuenciales de izquierda a derecha, hasta alcanzar 100 organismos zooplanctónicos (Iannacone & Alvariano, 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/m³) se estimó usando la siguiente ecuación:

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

Donde:

D= densidad de organismos (n/m³)

Vm = Volumen de la muestra

Vf = Volumen filtrado con la red.

Para la identificación de organismos se colocó 1 ml de la muestra en una porta objeto 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 pacifico 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/m³, 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) para estimar el nivel de alcalinidad de aguas. 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

$$meq/L CO_3 = \frac{2 V1 \times N \times 1000}{ml \text{ muestra}} \quad (3)$$

$$meq/L HCO_3 = \frac{2 V2 \times N \times 1000}{ml \text{ muestra}} \quad (4)$$

Dónde:

V1= ml de HCL gastados con fenolftaleína

V2= ml de HCL gastados con verde bromocresol

N= normalidad de HCL usado.

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 $H_{\max} = \text{LN}(S)$

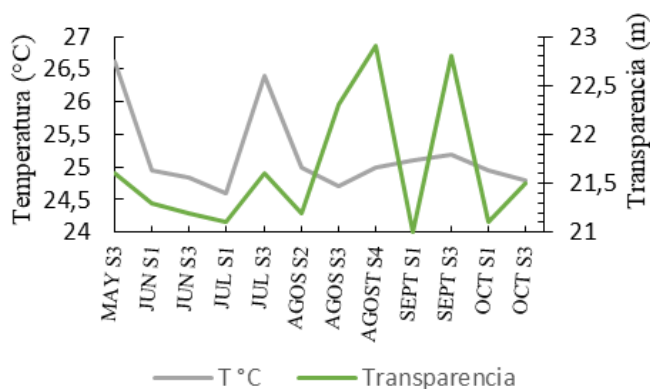
Para el procesamiento de los datos se utilizó el software Excel 2013.

Resultados

Parámetros físicos

La temperatura superficial del mar (TSM) tuvo un promedio general de $25,2 \pm 0,6$ °C (24,6 – 26,6) durante el período 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).

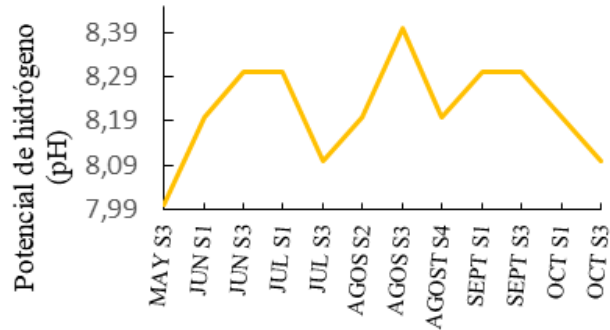
Figura 2: Variación de la temperatura superficial del mar y de la transparencia en la zona marina frente a Cojimíes durante mayo-octubre 2018.



La transparencia del agua de mar se mantuvo cercana a 21,5 m durante mayo a agosto, mostrando desde agosto a octubre fluctuaciones en un intervalo de ± 2 m (Fig. 2). 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.

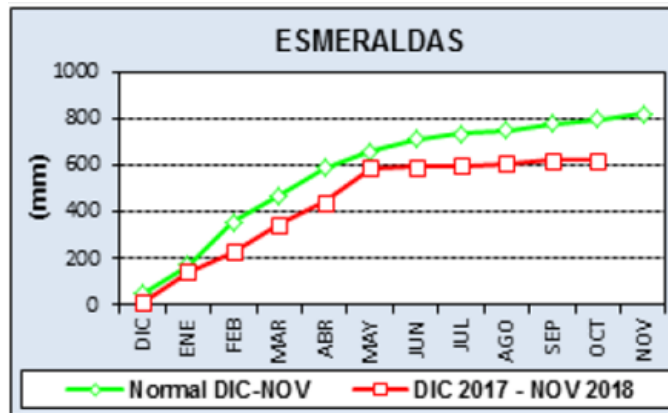
Los valores del pH fluctuaron alrededor de un promedio de $8,22 \pm 0,4$ DE durante los meses de monitoreo (Fig. 3). El valor más alto se observó en la tercera semana de agosto con 8,4 y el más bajo, 8,0 en mayo.

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



Las precipitaciones en la zona de Esmeraldas alcanzaron un valor de 600 mm entre dic 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.

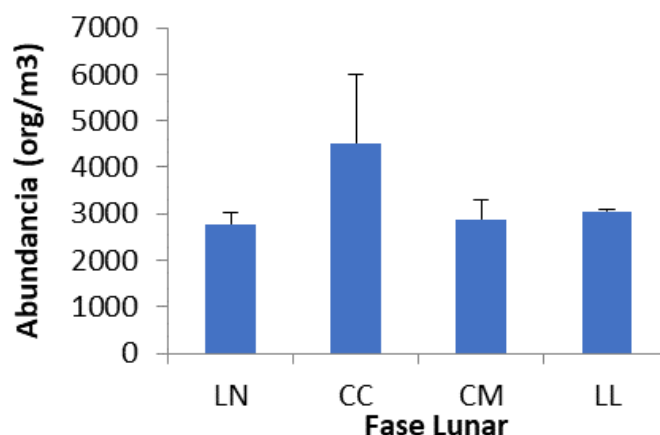
Figura 4: Precipitación registrada en la Estación Aeropuerto de la ciudad de Esmeraldas.



Fuente: INAMHI (2018).

Considerando la abundancia promedio de zooplancton nocturna 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 (+ EE) del zooplancton durante las fases lunares en la zona costera frente a Cojimíes entre mayo a octubre 2018.

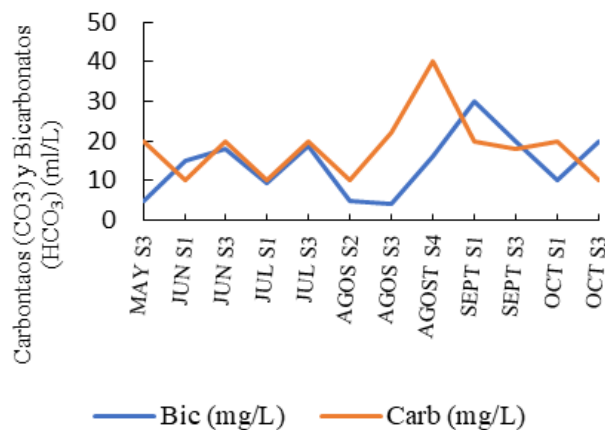


Parámetros químicos

El análisis de compuestos carbonados inorgánicos reflejó valores con un patrón cíclico en carbonatos y bicarbonatos, con ciclos 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, $p > 0,05$).

No se encontró una correlación significativa entre las variaciones en las concentraciones de carbonatos o bicarbonatos con la abundancia del zooplancton.

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



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). 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. (Anexo 1).

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, $p > 0,05$).

Se registró una tendencia sincrónica de la abundancia del zooplancton con la temperatura.

Aptitud docente y el nivel de aprendizaje del inglés en estudiantes quechua en Perú, 2018

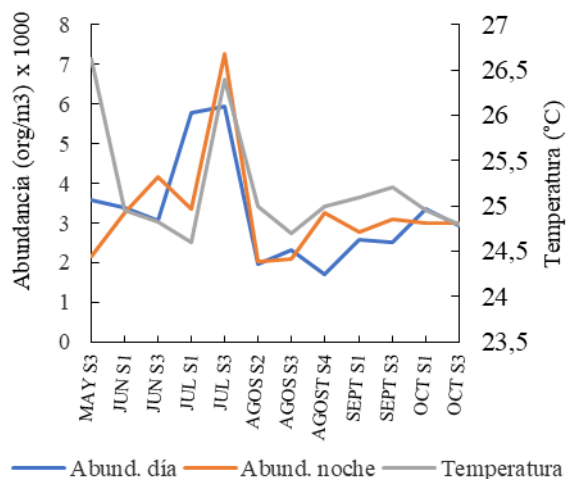
Tabla 1: total de grupos taxonómicos, familias y especies del zooplancton presentes en la zona de Cojimies de mayo a octubre del 2018

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

*N/I, ejemplares no identificados a nivel de especie

La correlación entre estos parámetros resultó altamente significativa cuando se excluye del análisis el valor de mayo 2018 ($p < 0,01$).

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



Diversidad zooplanctónica

Durante el estudio, se observó que la H' máxima mantuvo valores poco cambiantes durante dos períodos, entre mayo S4 y julio S3, registrándose la diversidad más alta de ese período durante el día en junio S3 ($H' 2,62$); y durante agosto S3 hasta octubre, registrándose la diversidad más alta en sep. 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 Cojimés fue elevada y con poca variabilidad entre muestreos, con valores promedio de $0,95 \pm 0,01$ ($J' 0,93 - 0,97$) durante el día y $0,96 \pm 0,02$ ($J' 0,93 - 0,98$) en la noche (Fig. 9).

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

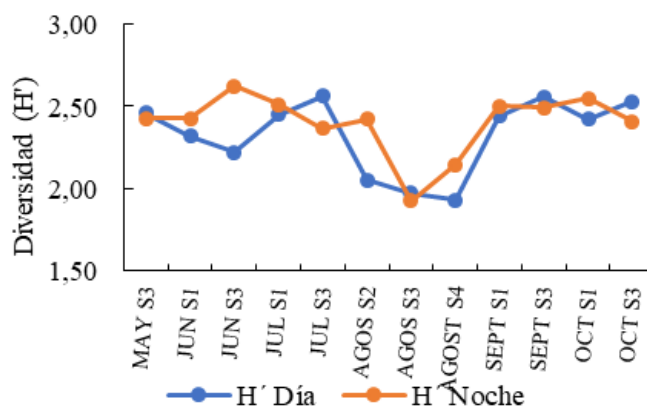
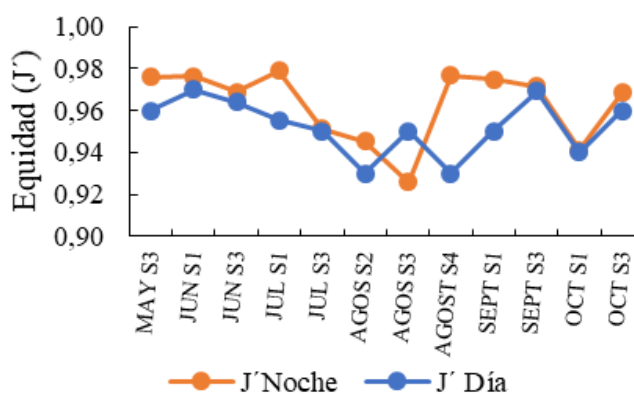


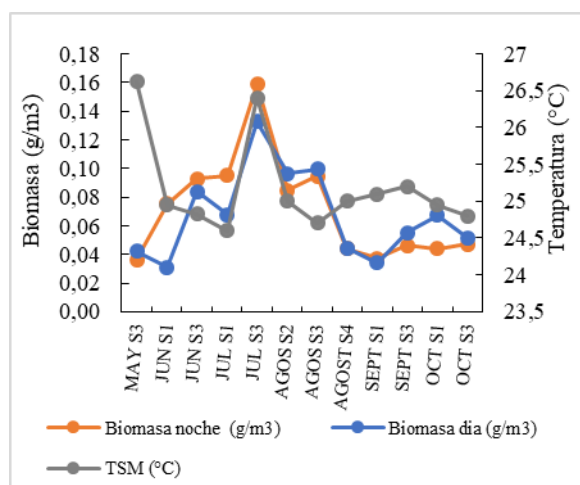
Figura 9: Equidad total de la diversidad zooplanctónica en la zona de Cojimíes, durante los meses de mayo a octubre de 2018.



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 g/m³) al máximo (0,016 g/m³), para luego descender hasta niveles mínimos registrados en Septiembre S1 (0,03 g/m³). 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). Los aumentos en biomasa

Figura10: Variación en la biomasa zooplanctónica en la zona marina frente a Cojimíes, durante mayo a octubre 2018.



Discusión

La TSM en la zona de Cojimíes 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 mayo y 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, detalla TSM variables entre 16,58 y 17,74 en invierno, mientras que en primavera varia de 16,54 a 18,9 recalando para la zona la incidencia directa de la corriente fría de Humboldt. Así mismo, se contrasta la diferencia de zonas (centro de Perú y norte del Ecuador) la cual es variable debido a las corrientes costaneras.

La transparencia en las costas de Cojimíes se mantuvo cercana a los 22 m durante mayo a 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 Cojimíes, concluye que las variaciones en la transparencia pueden estar asociadas más al material inorgánico en suspensión que a los cambios en la abundancia de fitoplancton. Este autor 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 Cojimíes, donde Ecocostas (2007) reporta valores entre más de 1 m y 0,5 m, lo cual pudiera estar asociado a la mayor cantidad de materia orgánico e inorgánico 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 ($17,4 \pm 10,05$ 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 11 géneros fueron identificados, siendo los copépodos el grupo dominante (54,7%), con *Acartia* sp. (6,3 org.L-1) y *Paracalanus* spp. (5,23 org.L-1) como géneros más representativos, seguidos por las zoeas de crustáceos (3,7 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 μ m 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 μ m. Los Foraminífera suelen ser organismos bentónicos o vivir próximos al sustrato y la talla de los planctónicos pueden variar de 140 a 450 μ m, 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 ± 630 org/m³ y 2900 ± 650 DE org/m³, 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 ± 2750 org/m³ 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 mn de la costa, la abundancia de zooplancton registra valores promedio entre 3.200 ± 2100 y 44.400 ± 70.000 org/m³, mientras que Prado y Cajas (2017) registran concentraciones mínimas ($1000 - 1835$ org/m³), y máximas de 19.000 org/m³ 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/m³, 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 variar 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 Jun-Sep., 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) la mayor biomasa coincide o es consecutiva un mes después del mayor afloramiento del fitoplancton (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. Por otra parte, Cordova y Nicole (2018) detallan para la zona de Cerro negro y el Brujo-Perú, índices de diversidad máxima $H' 2,82$ y $2,20$ a 1 mn de la costa, observando valores no tan alejados en las distintas zonas con la zona de estudio.

Los valores de la biomasa zooplanctónica fluctuaron $0,03 \text{ g/m}^3 - 0,16 \text{ g/m}^3$ (bajo – alto) respectivamente, valores comparables a los obtenidos por Luzurlaga de Cruz M et al. (2016) en el golfo de Guayaquil y la puntilla de Santa Elena, quienes manifiestan biomásas máximas de entre $3-5,9 \text{ g/100m}^3$, algo similar en cuanto al lugar reportó Erika. A (2015) manifestando valores de biomasa en peso húmedo (ph) de $6,6 \text{ g/1000m}^3$ a $3,6 \text{ g/1000m}^3$ (alta-baja) en Santa Elena-Ecuador.

Conclusiones

La temperatura superficial del mar en frente del estuario de Cojimés estuvo condicionada por dos procesos: la corriente costera imperante del momento, El Niño en mayo y octubre 2018 y de Humboldt entre junio y septiembre; y los movimientos de masas de agua provenientes del estuario. A pesar de la regularidad del drenaje diario desde el estuario al mar durante la baja marea, el efecto de estas masas de agua caliente y potencialmente ricas en minerales parece ser ocasional y de gran impacto en la comunidad zooplanctónica de la zona.

Se registraron 10 grupos de organismos en la comunidad zooplanctónica de la zona, pertenecientes a 6 phylla. La comunidad zooplanctónica estuvo dominada por los crustáceos (78,3%) y en particular por los copépodos (54,7%), siendo *Acartia* sp. la especie más representativa. Estos grupos parecen mostrar una amplia distribución en el Pacífico oriental tropical.

El punto máximo de abundancia de zooplancton se presentó en el mes de julio en relación sincrónica con la TSM, y este fenómeno parece estar asociado con movimiento de masas de agua procedentes del estuario.

La abundancia del zooplancton no difirió significativamente durante el día o la noche. La abundancia nocturna no se vio afectada por las fases lunares.

La diversidad H' estuvo cercana a 2,5 durante la mayor parte del estudio, reduciéndose a valores cercanos a 2 en agosto. La equidad fue alta (0,92-0,98) durante todo el estudio, resultante de una abundancia poco variable entre especies (0,7 a 6,3 org.L⁻¹).

Referencias

1. Baird, R., A. Eaton, E. Rice & S. Posavec. 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> (consultado 15 ene 2019)
2. Barragán, M. & M. Pilar. 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>
3. Barnes, R. 1987 Invertebrate Zoology. 4ta Ed. Saunderrs, NY.

4. Bernard, K.S. 2002. Mesozooplankton community structure and grazing impact in the polar frontal zone of the southern ocean. Tesis M. Sc. Rhodes University, Grahamstown, 92 p.
5. Cajas, J. & M. Prado 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>
6. Cajas, L., Prado, M., Coello Salazar, D. & J. Cajas. 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.
7. Candelario, O. & D. Elizabeth. 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 ene 2019).
8. 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 ene 2019)
9. De Silva-Dávila, R., R. Palomares-García, R. Zavala-Norzagaray & D.E. Escobedo. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa (pp. 25-39).
10. Dossier, A. & J.R. Donguy. 1985. Planktonic copepods and environmental properties of the eastern equatorial Pacific: seasonal and spatial variations. *Deep Sea Research*, 32(9): 1117-1133.
11. El-Sabawi, 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.
12. Elao, R. & G. Guevara. 2006. Poblaciones de moluscos en el estuario cojimies. Recuperado de: http://success.ecocostas.org/success/images/documentos/1236093259_Moluscos_Cojimies.pdf (consultado 15 ene 2019)
13. Erika, A.T. 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.

14. Giesecke R y H.E. González. 2004. Feeding of *Sagitta enflata* and vertical distribution of chaetognaths in relation to low oxygen concentrations. *Journal of Plankton Research*, 26(4): 475-486.
15. González HE y R. Giesecke. 2010. Los carnívoros dominantes del zooplancton del océano Austral. *Boletín Antártico Chileno*, 29(1): 18-20.
16. 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>
17. 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>
18. Iannacone, J., & L. Alvariano. 2006. Diversidad del zooplancton en la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 175-181.
19. 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>
20. Johnson, W.S. y D.M. Allen. 2012. *Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts. A Guide to Their Identification and Ecology*. 2nd Ed. Johns Hopking Univ Press.
21. 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.
22. 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.
23. Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
24. Nybakken, J.W. y M.D. Bertness 2004. *Marine biology, an ecological approach*. 6ta Ed. Pearson Educ., Inc. San Francisco
25. 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>
26. Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc., New York, 165 pp.
27. Prado, M. & J. Cajas. 2017. Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a las costa ecuatoriana durante 2009. Revista Ciencias del Mar y Limnología, 43: 23-31.
28. Roman, MR y A.L. Gauzens. 1997. Copepod grazing in the equatorial Pacific. Limnology and Oceanography, 42(4): 623-634.
29. 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>
30. Salcedo, J. & D. Coello. 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>
31. Spinelli, M.L. 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>
32. Torres G, T. Calderón, M. Mero & V. Franco. 2004. Procesos planctónicos en el Golfo de Guayaquil (Campo Amistad) julio-agosto/2001. Acta Oceanográfica del Pacífico, 12: 81-90.
33. Valencia, B. & A. Giraldo. 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>
34. Vázquez B., I. 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.
35. 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 (Supl. 3): 187-214.
36. Zar, J. 2010. Biostatistical analysis. 5ta Ed. Prentice Hall, NY.