

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

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

Cabrera-Carreño Carlos ^{1*}; Alió-Mingo José ²

¹Investigador independiente. Manta, Ecuador.

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

Correo: carlosfabricio-27@hotmail.com

Resumen

El fitoplancton es el principal componente de la base de las cadenas tróficas de muchos ecosistemas acuáticos y su composición y abundancia son susceptibles a cambios ambientales provocados por fenómenos biológicos, físicos o químicos. Así, el estudio de los parámetros que potencialmente pueden afectar al fitoplancton ayudará a un mejor control de las actividades económicas susceptibles de verse afectadas por las variaciones fitoplanctónicas, como la pesca. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar la abundancia, composición, y diversidad del fitoplancton y su asociación con la variación en parámetros ambientales. Se midió la temperatura superficial del mar (TSM), el pH y la transparencia con el disco de Secchi. La TSM presentó pulsos máximos de corta duración en mayo, julio y septiembre, con valores entre 25.1 y 26,5 °C, con niveles más estables entre 24,5 y 25 °C el resto del período. Se observó que la abundancia del fitoplancton fue mayor durante el día, mientras que la diversidad no presentó diferencias en los arrastres diurnos y nocturnos. Se identificaron 2 familias de dinoflagelados con 6 especies y 7 familias de diatomeas con 16 especies. Las familias y especies más representativas de dinoflagelados fueron *Ceratiaceae* con *Ceratium tripos*, *C. masiliense* y *C. macroceros*, y de diatomeas, *Chaetocerotaceae* con *Chaetoceros coarctatus*. Se observó que masas de aguas calientes y enriquecidas en nutrientes del estuario de Cojimíes pudieran estar afectando los pulsos térmicos de la TSM y de la abundancia de fitoplancton en las inmediaciones al norte de la boca del estuario de Cojimíes, pero de manera ocasional.

Palabras claves: Fitoplancton, temperatura, abundancia, familias, especies.

Abstract

Phytoplankton is the main component of the base of trophic chains of many aquatic ecosystems and is susceptible to environmental changes caused by biological, physical, or chemical phenomena. Hence, the study of the parameters that can potentially affect phytoplankton will help to better control the economic activities susceptible to being affected by the phytoplankton variations, such as fishing. In this sense, the objective of this study was to determine the abundance, composition and diversity of phytoplankton and their association with the variation in environmental parameters. The study was performed during May-October 2018, making superficial daytime and nocturnal trawls in the northern zone of Cojimíes-Manabí with a net of 55 µm mesh size. Sea surface temperature (SST), pH and transparency with a Secchi disc were measured. The SST showed pulses of maximum values during May, July and September, with values between 25.2 and 26.6 °C, and smaller variation, between 24.6 – 25.1 °C, the remaining period. The months with pulses of greatest phytoplankton abundance were May, July, September and October, coinciding with those of higher temperatures. Diatoms dominated the phytoplankton community followed by the

dinoflagellates during the study, maintaining both groups the same pattern of variability. It was observed that abundance of phytoplankton was higher during the day, while diversity showed no difference in daytime and nocturnal trawls. Two families of dinoflagellates with 6 species and 7 families of diatoms with 16 species were identified. The most representative families and species of dinoflagellates were *Ceratiaceae* with *Ceratium tripos*, *C. masiliense* y *C. macroceros*; and in diatoms was *Chaetocerotaceae* with *Chaetoceros coarctatus*. It was observed that masses of estuarine water hot and rich in nutrients could be affecting the pulses of high SST and phytoplankton abundance in the northern vicinity of the mouth of Cojimíes estuary, but in an occasional manner.

Keywords: Phytoplankton, temperature, abundance, families, species.

1. Introducción

El plancton está formado por organismos que viven suspendidos en cuerpos de agua marinos y lagos continentales, y que por su diminuto tamaño son arrastrados por los movimientos de las corrientes (Lemus, Torres-García, & Mondragón, 2003; Nybakken y Bertness, 2004). Por otra parte, se ha determinado que, en áreas de alta productividad pesquera, el plancton es muy abundante. Por ello, es necesario conocer la distribución y composición planctónicas para entender la relación entre los consumidores y productores en las comunidades sometidas a explotación pesquera (Naranjo & Tapia, 2013).

El fitoplancton es un importante indicador asociado al nivel de productividad de un ecosistema marino. Su importancia radica en que comprende una porción destacada de organismos productores primarios del

océano y es el alimento básico para consumidores primarios, como copépodos, cladóceros, larvas de peces, y puede llegar a determinar la riqueza específica de los niveles tróficos superiores (Ramírez, Giraldo, & Tovar, 2006). La abundancia y diversidad marina de especies dependen del tiempo, espacio y de las condiciones óptimas para su proliferación (Molina-Astudillo *et al.*, 2005). Es así, que estos organismos fitoplanctónicos están compuestos principalmente por un gran número de diatomeas y dinoflagelados (Borbor & Esther, 2007), aunque también pueden estar presentes otros grupos en menor proporción como ejemplares de *Haptophyta* y *Chlorophyta* (Caicedo, 2018).

En los océanos existen cambios químicos como es el bióxido de carbono que al reaccionar químicamente con el agua de mar forma carbonatos y bicarbonatos, los mismos que son

aprovechados por organismos marinos en la formación de su estructura calcárea (Lemus et al., 2003).

La costa ecuatoriana tiene una extensión de alrededor de 950 km lineales de playa (Basilio, 2013), de los cuales Manabí cuenta con 350 km del total calculado (EcuRed, 2005). Además, esta provincia tiene 38 desembarcaderos de pesca artesanal entre puertos y caletas pesqueras (La Geogua, 2014). Uno de estos desembarcaderos para la pesca artesanal se encuentra en Cojimíes (0,34342 N, -80,04277 W), que es una parroquia rural del Cantón Pedernales situada en el extremo norte de la costa de Manabí, al límite con la Provincia de Esmeraldas. La playa tiene una extensión de 2 km aproximadamente. En esta parroquia se encuentra el estuario del río Cojimíes, el cual cuenta con abundantes manglares, donde se lleva a cabo principalmente la pesca deportiva (Candelario & Elizabeth, 2017). Esta zona pertenece a una región húmeda tropical y presenta una temperatura media anual que varía entre 23 y 25,5 °C (Muñoz Bazurto, 2017). En la zona de Cojimíes se evidencia una limitada información

sobre estudios realizados referentes al fitoplancton, por lo tanto, se estudiaron los cambios en la abundancia, composición y diversidad de fitoplancton, en relación con parámetros ambientales durante los meses de mayo-octubre del 2018.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se efectuó en la zona costera norte de Cojimíes (0° 25' 15" N 80° 04' 48" O), durante los meses de mayo y octubre de 2018. Se realizaron 24 arrastres planctónicos, distribuidos en 12 nocturnos (20:00-21:00) y 12 diurnos (07:00-08:00), los cuales se ejecutaron en 3 transeptos paralelos a la costa (A, B, y C) a una distancia media de 2,25 km tomada desde la zona supra – litoral, siendo el transepto C el más cercano a la costa a una distancia de 1.8 km mientras que el transepto B y A estuvieron a una distancia de 2,25 km y 2,7 km, respectivamente (Figura 1). Esta zona presenta un clima húmedo tropical y se trata de un pequeño puerto donde sus habitantes se dedican principalmente a la pesca, la agricultura, la ganadería y el cultivo de camarón (La Geogua, 2014).

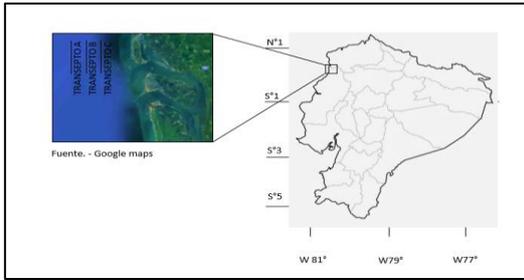


Figura 1. Localización del área de estudio.
Fuente: Google Maps (2019)
(www.googlemaps.com).

2.2. Fase de campo

Los arrastres superficiales se realizaron durante 5 minutos a una velocidad constante de 3,6km/h. Para ello, se utilizó una red cónica simple de malla con luz de 55 μ con un diámetro de boca de red de 14,5 cm y 150 cm de longitud. Se colocó un flujómetro en la boca de la red para determinar el volumen de agua filtrado. Para el recorrido, se utilizó una lancha de eslora de 6.60 m con motor fuera de borda de 40 Hp.

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

Se obtuvieron parámetros ambientales como temperatura ($^{\circ}$ C) utilizando un termómetro digital de ± 0.1 de precisión. Para el pH se usó el multiparámetro marca "Consort" modelo C6020. La

transparencia del agua se midió usando un disco Secchi. Para evaluar la influencia de factores físicos que pudieran causar perturbaciones a la transparencia y a la comunidad fitoplanctónica, como la esorrentía y los aportes costeros debidos a las mareas y olas, se obtuvieron datos de la altura máxima de la marea del INOCAR (2018) y sobre precipitaciones en zonas cercanas al área de estudio (río Esmeraldas) en la página web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2018).

Las muestras fitoplanctónicas recolectadas fueron envasadas en frascos de policarbonato de 500 ml, y se fijaron con formaldehído al 4%. Se recolectó en un frasco agua de mar para el análisis en el laboratorio de carbonatos, bicarbonatos y el pH. El tratamiento de las muestras se efectuó en el laboratorio de Biología de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, de la Facultad Ciencias del Mar en Manta.

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. Para cuantificar

los organismos fitoplanctónicos se usó una cámara de recuento Sedgewick-Rafter (Soler *et al.*, 2012), contando los organismos planctónicos y las celdas, de izquierda a derecha, hasta alcanzar un total de 100 organismos, obteniendo así la abundancia (org/ml) de la alícuota. Con este valor y el volumen de la muestra se obtuvo el número de organismos en la muestra. Este dato dividido por el volumen filtrado, estimado con el flujómetro, permitió estimar la abundancia de organismos en el mar (org/m³) al momento del muestreo en la zona de estudio. Para la identificación de organismos se colocó 1 ml de la muestra en un portaobjeto y se observó usando un microscopio compuesto, marca Labomed, modelo LX400. Para identificar las especies de fitoplancton se utilizó la clave de Jiménez (1983).

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 fitoplancton por diferencia. Este valor se dividió entre el volumen de agua filtrada. Para la determinación de carbonatos y bicarbonatos se utilizó el método de Baird *et al.* (2017) que

permite estimar el nivel de alcalinidad de aguas. Los carbonatos se obtuvieron 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:

$$meq/L CO_3 = \frac{2 V1 x N x 1000}{ml muestra} \quad (1)$$

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

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 con el índice H' (Shannon *et al.*, 1951) en base a la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^s pi LN(pi) \quad (3)$$

Donde:

H'= índice de diversidad,

p_i = 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 son igualmente abundantes (Magurran, 1988). Este parámetro se estimó mediante la ecuación:

$$J' = H' / H_{max}$$

(4)

Donde: $H_{max} = LN(S)$

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

3. Resultados

3.1. Parámetros físicos

Durante mayo a octubre 2018 se observó una temperatura media del agua en la superficie del mar de $25,1 \pm 2$ °C ($24,5 - 26,5$ °C) (Fig.2). La temperatura superficial del mar en la zona mostró un patrón estable en la mayor parte del estudio, salvo en mayo y julio, cuando se elevó considerablemente con aumentos

de 2 y 1,8 °C, respectivamente, durante 15 días.

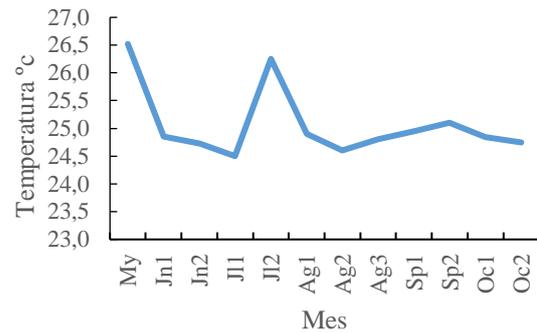


Figura 2. Temperatura superficial del mar en la zona Cojimies-Manabí durante los meses mayo - octubre 2018.

La transparencia mostró valores poco variables, alrededor de 21 m, entre mayo y junio, pero fuertes variaciones cíclicas entre julio y octubre, alcanzando 1,7 m con intervalos de 15 días (Fig. 3). La magnitud de las variaciones aumentó con la altura que alcanzaba la marea en pleamar, pero no se encontró una correlación significativa entre estos factores.

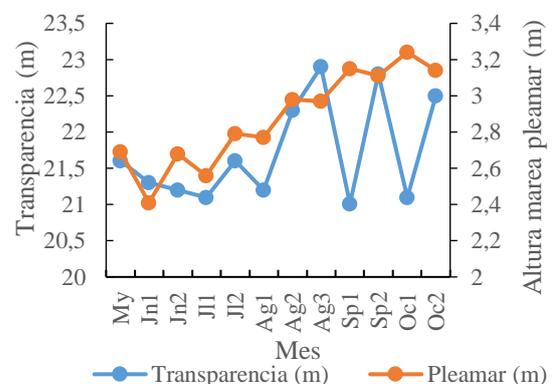


Figura 3. Transparencia del agua y altura máxima de la marea durante la pleamar en la zona de Cojimies-Manabí durante los meses de mayo – octubre 2018.

Las precipitaciones en la cuenca del río Esmeraldas, el cual desemboca en el océano Pacífico a unos 105 km al norte del estuario de Cojimíes, alcanzaron un valor de 600 mm entre diciembre 2017 y mayo 2018 (Fig. 4). Entre junio y agosto 2018 no se reportó precipitación y desde septiembre a octubre, la precipitación alcanzó unos 20 mm (INAMHI, 2018).

3.2. Parámetros químicos

El pH presentó una media de $8,2 \pm 0,1$ (8 – 8,3) Los valores de pH mostraron variaciones oscilantes con ciclos de 1,5 a 2 meses. Los periodos con el menor pH fueron finales de julio y agosto (Fig. 5).

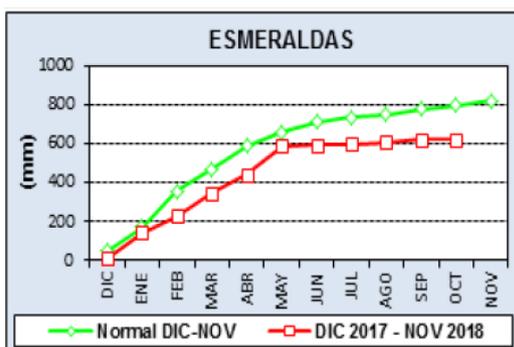


Figura 4. Precipitaciones del río Esmeraldas. Fuente: INAMHI (2018).

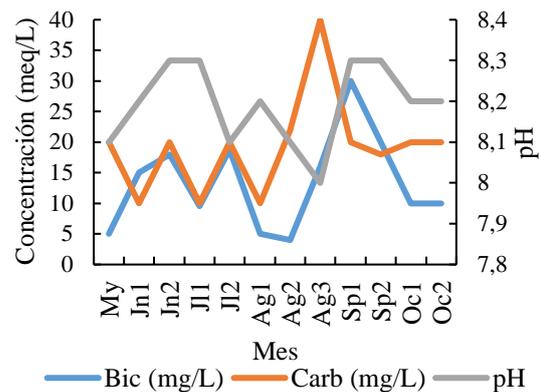


Figura 5. Variación en el pH, carbonatos y bicarbonatos en la superficie del mar de la zona frente a Cojimíes-Manabí, durante mayo-octubre 2018.

El análisis de compuestos carbonados inorgánicos reflejó valores con un patrón cíclico en carbonatos y bicarbonatos, con ciclos de 15 días, aproximadamente (Fig. 5). 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

correlación significativa entre las variaciones de carbonatos con los bicarbonatos.

Las variaciones en el pH no mostraron correlación significativa con los bicarbonatos, pero se registró una correlación negativa con los carbonatos ($p < 0,05$) (Fig. 6).

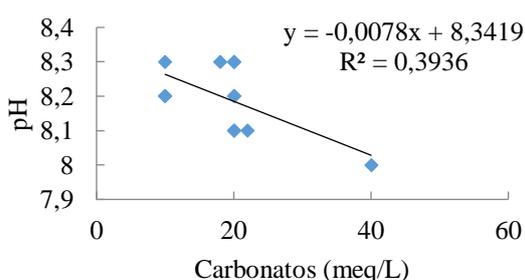


Figura 6. Variación en el pH, carbonatos en la superficie del mar de la zona frente a Cojimíes-Manabí, durante mayo-octubre 2018.

3.3. Composición del fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica estuvo representada por 2 grupos taxonómicos: diatomeas, representadas por 7 familias que agruparon a 16 especies; y dinoflagelados, con 2 familias y 6 especies. Las familias y especies más representativas de dinoflagelados fueron Ceratiaceae con *Ceratium tripos*, *C. masiliense* y *C. macroceros* como especies más abundantes, y entre las diatomeas, Chaetocerotaceae, con *Chaetoceros coarctatus* como la especie más

abundante de todas las especies observadas, alcanzando una abundancia promedio de 560 ± 52 org/m³ (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos taxonómicos componentes del fitoplancton en la costa frente a Cojimíes-Manabí, entre mayo y octubre 2018.

Grupos	Familia	Especie	Abundancia (org/m3)	Error Estandar
Diatomeas	Coccinodiscaceae	<i>Coccinodiscus granii</i>	443	34
		<i>Coccinodiscus nitidus</i>	401	29
		<i>Coccinodiscus perforatus</i>	426	32
		<i>Coccinodiscus radiatus</i>	409	42
	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros affinis</i>	401	42
		<i>Chaetoceros coarctatus</i>	560	52
		<i>Chaetoceros compressus</i>	367	45
		<i>Chaetoceros cinctus</i>	276	39
		<i>Chaetoceros peruvianus</i>	167	47
		<i>Lithodesmium undulatum</i>	259	44
	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	276	45
		Aulacodiscaceae	<i>Aulacodiscus kittonii</i>	342
	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia alata</i>	301	26
		<i>Rhizosolenia setigera</i>	319	37
	Bacillariaceae	<i>Nitzschia longissima</i>	360	28
	Gossleriellaceae	<i>Gossleriella tropica</i>	110	48
Dinoflagelados	Ceratiaceae	<i>Ceratium masiliense</i>	443	30
		<i>Ceratium macroceros</i>	436	34
		<i>Ceratium tripos</i>	418	38
		<i>Ceratium declinatum</i>	384	35
		<i>Ceratium lunula</i>	293	53
	Dinophysaceae	<i>Ornithocercus magnificus</i>	350	38

La riqueza de especies varió por muestreos entre 16 y 22 especies registradas (Fig.7). La menor riqueza se observó en agosto2 y la mayor en sep1. Ya en el primer muestreo se registró la presencia de 21 de las 22 especies encontradas. La 22ª especie se registró en el 9º muestreo el sep1. No se evidenció una sucesión de especies en la comunidad, pues las 21 especies más regularmente observadas se registraron a lo largo de los muestreos sin una dominancia evidente de alguna de ellas. Tan solo la diatomea *Gossleriella tropica*

mostró una presencia restringida en el tiempo, observándose desde septiembre a octubre.

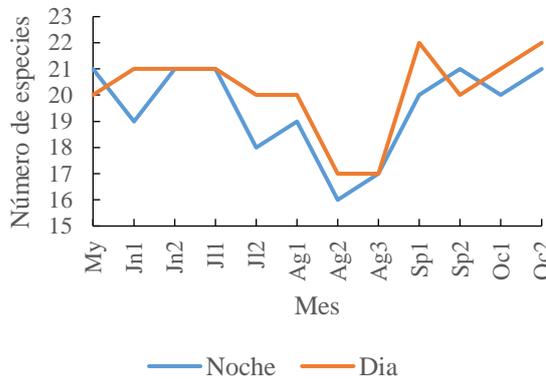


Figura 7. Variación del número de especies registradas en los diferentes muestreos en la zona frente a Cojimíes-Manabí, durante mayo a octubre 2018.

3.4. Biomasa fitoplanctónica

La biomasa del fitoplancton fue más elevada durante el día, con promedios de $1,99 \pm 0,40 \text{ g/m}^3$ y $1,59 \pm 0,42 \text{ g/m}^3$ de día y noche, respectivamente (prueba t de Student, $p < 0,05$) (Fig. 8). Los mayores valores de biomasa se observaron en junio1 ($2,48 \text{ g/m}^3$) y julio1 ($2,69 \text{ g/m}^3$) durante el día y los más bajos en agosto2 durante la noche ($0,84 \text{ g/m}^3$). Durante julio2 hasta agosto3 se registró una reducción continua de la biomasa, y una elevación de los carbonatos, tanto en el día como en la noche.

Se verificó la existencia de una correlación negativa entre la biomasa

fitoplanctónica de día y la concentración de carbonatos ($r = -0,69$; $p < 0,05$) durante todo el periodo de muestreo (Fig. 9).

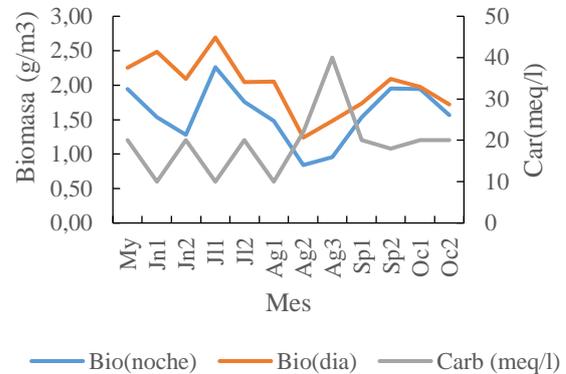


Figura 8. Variación de la biomasa fitoplanctónica y concentración de carbonatos en la zona frente a Cojimíes-Manabí, durante mayo a octubre 2018.

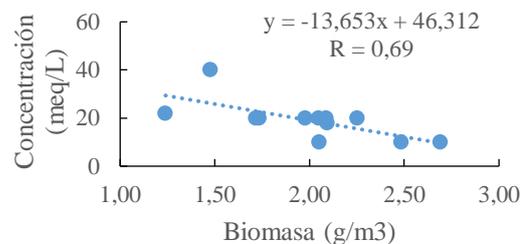


Figura 9. Variación de la concentración de carbonatos en relación con la biomasa fitoplanctónica en la superficie del mar, zona de Cojimíes, entre mayo y octubre.

Aunque esta tendencia se mantuvo durante la noche, no llegó a ser significativa. La concentración de bicarbonatos no mostró correlación con la biomasa fitoplanctónica.

3.5. Abundancia de fitoplancton

La abundancia de fitoplancton se vio diferenciada por los tiempos de

recolecta, observándose que fue mayor en el día durante todos los meses de muestreo (Prueba del signo, $p < 0,01$) (Fig.10). Sin embargo, la abundancia promedio no se diferencia significativamente entre el día ($160.632,1 \pm 23.611$; $117.700 - 187.800$ org/m³) y la noche ($152.418,1 \pm 23.202$; $110.700 - 181.800$ org/m³) (prueba t de Student, $p > 0,05$).

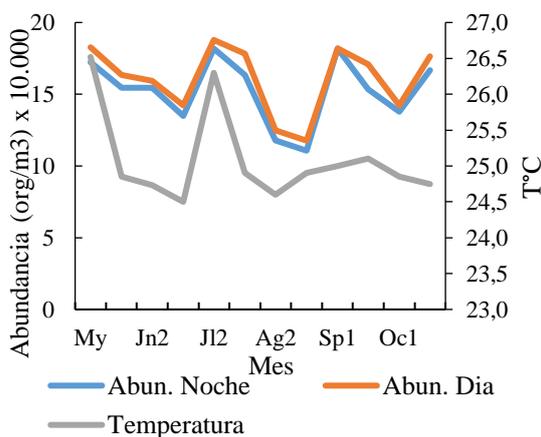


Figura 10. Variación de la temperatura con la abundancia de fitoplancton en el medio de la zona de Cojimíes-Manabí.

Se evidenció una tendencia sincrónica entre la temperatura y la abundancia de fitoplancton, pues los pulsos de alta abundancia de fitoplancton coincidieron con períodos de elevadas TSM en la zona. Sin embargo, la correlación entre la temperatura y las abundancias de día y noche no llegaron a ser significativas.

3.6. Diversidad del fitoplancton

La diversidad del fitoplancton mostró altos valores durante el estudio, con

variaciones sincrónicas de día y noche (Fig. 11). Los promedios de H' fueron $2,94 \pm 0,03$ bit.cel⁻¹ de día y $2,91 \pm 0,03$ bit.cel⁻¹ de noche. Se observó un patrón de variación del índice de diversidad en la comunidad fitoplanctónica, con valores más elevados al comienzo y fin del estudio, registrándose la diversidad más alta en octubre2 durante el día ($3,06$ bit.cel⁻¹). Entre julio y agosto se registraron los menores índices de diversidad, siendo el valor más bajo en la noche de agosto3 ($2,74$ bit.cel⁻¹).

Durante el estudio, la representación proporcional de las especies varió entre 4,9 y 1,1 en el día y entre 4,4 y 0,6 de noche. Esta variabilidad restringida en la representación de las especies se refleja en una baja dominancia y elevada equidad, con promedios de $0,975 \pm 0,01$ de día y $0,979 \pm 0,008$ de noche a lo largo del estudio.

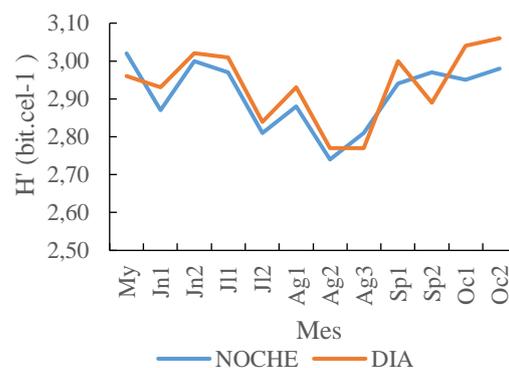


Figura 11. Diversidad (H') fitoplanctónica en la zona de estudio frente a Cojimíes-Manabí, durante mayo a octubre 2018.

4. Discusión

Existen pocos estudios de composición, abundancia y diversidad de fitoplancton realizados en la zona de Cojimíes-Pedernales. En esta zona, la temperatura promedio durante el estudio fue de 25,18°C (24,6 - 26,6 °C) mientras que el pH promedio fue 8,2 (8,0 - 8,4). La temperatura marítima en la capa superficial de la zona de estudio mostró pulsos de temperatura más elevada de corta duración, con variaciones de 2°C en intervalos de 15 días. Estos pulsos pudieran estar asociados a anomalías climáticas provocadas por masas de agua caliente que afectaron la zona de estudio. Una alternativa para explicar este fenómeno sería que durante el refluo (flujo de agua estuarina hacia el mar durante la marea baja) en el estuario de Cojimíes, masas de agua caliente del estuario logren alcanzar la zona norte de la boca estuarina. Si bien en la zona se presentan dos mareas bajas al día, la presencia ocasional de aguas cálidas al norte de la boca del estuario pudiera ser consecuencia de corrientes costeras particulares que no se presentan de manera regular. Una hipótesis alternativa, podría establecer que las

masas de agua cálida derivarían del efecto de pulsos de vientos provenientes del norte con corta duración, conocidos como "jet de Panamá" (W. Rentería, INOCAR, com. pers.). Sin embargo, el hecho de que tales masas de agua caliente observadas fueran además ricas en nutrientes, como se deduce de la mayor abundancia de fitoplancton que se registró en ese momento, soporta la hipótesis de ser aguas derivadas del estuario de Cojimíes.

Las condiciones generales de temperatura y pH en la zona de estudio se asemejan a las reportadas por EcoCostas (2007) en un estudio realizado en el interior del estuario del río Cojimíes, el cual detalla que la temperatura oscila alrededor de los 26 °C en noviembre en la boca del estuario y cercana a 30 °C en abril, mientras que el pH varía entre 8,07 y 9,5 en noviembre y abril, respectivamente. Estas condiciones son representativas de una zona costera tropical. Siendo los estuarios considerados entre las aguas más fértiles del mundo (Tapia, 2012), se estima que el estuario de Cojimíes aportaría nutrientes a la zona costera en

las cercanías de su desembocadura en el mar.

La precipitación reportada para la zona por el INAMI (2018) fue muy baja durante el período de estudio, por lo que se considera que es un factor con escasa influencia sobre las variaciones observadas en la transparencia y en la abundancia fitoplanctónica.

La transparencia del agua en la zona de estudio no parece estar asociada a cambios en la abundancia fitoplanctónica, sino a elementos inorgánicos, cuyo arrastre pudiera verse afectado por los flujos de marea. Margalef (1980) plantea que en sistemas marino-costeros, el enriquecimiento de nutrientes causa cambios en la transparencia del agua, al afectar el crecimiento y la distribución vertical del fitoplancton, este fenómeno está determinado por la cantidad de energía solar y por el coeficiente de extinción de luz. Sin embargo, el aporte de materiales inorgánicos parece ser más importante en la zona del estuario de Cojimías.

La biomasa fitoplanctónica mostró importantes variaciones durante el estudio, que parecen haber afectado el pH y la concentración de carbonatos en

la capa superficial del mar. La correlación negativa entre los carbonatos y la biomasa fitoplanctónica sugiere que una mayor actividad fotosintética remueve el CO₂ gaseoso disuelto en el agua y causa una elevación en los carbonatos, tal como observaron Merico et al., (2006) en aguas del mar de Bering y Talling (2010) en lagos ingleses. Esto revela la estrecha relación de los procesos biológicos con la química del carbono en los mares (Richier et al., 2014). Así mismo, la reducción del CO₂ gaseoso promovió una elevación del pH, tal como se observó durante junio-julio y septiembre en la zona de estudio (Figs. 5 y 8), similares resultados reportan (Riebesell, 2004) en su estudio sobre la interacción CO₂ y el fitoplancton marino.

La comunidad fitoplanctónica de la zona presentó una alta riqueza, registrándose la presencia de 22 especies, la mayoría de las cuales estuvieron presentes a lo largo del estudio. Las especies más representativas fueron, entre las diatomeas, *Chaetoceros coarctatus*, y entre los dinoflagelados, *Ceratium masiliense*, *C. tripos* y *C. macroceros*. En estudios previos se reporta una riqueza fitoplanctónica aún mayor en la costa

ecuatoriana. Naranjo y Tapia (2013) en la Playa Tarqui-Manta, a 143 km de Cojimíes, reportaron 75 especies de fitoplancton, siendo las principales especies encontradas *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus*, *Rhizosolenia imbricata*, y *Climacodium frauenfeldianum*. Por su parte, Caicedo (2018) reporta, también en Manta frente a la playa el Murciélago, la presencia de 31 familias de fitoplancton (22 diatomeas, 4 dinoflagelados, 4 haptofitas y 1 clorofita) y 11 familias frente a la comunidad de Los Esteros (10 diatomeas y 1 dinoflagelado).

El porcentaje de diatomeas en las comunidades fitoplanctónicas de las costas en el Pacífico oriental ecuatorial parece reflejar que cerca de un 70% de las especies encontradas son diatomeas, mientras que los dinoflagelados representan un 30% o menos de la composición de especies. En el presente estudio, el 70% de las especies registradas fueron diatomeas y el 30% en dinoflagelados. Caicedo (2018) encontró en su estudio que 71% de las familias fitoplanctónicas eran diatomeas, 13% dinoflagelados e igual proporción de haptofitas, y 3% clorofitas. Por su parte, Ramírez et al.,

(2006) en las costas del Pacífico de Colombia, encontraron que el 79,5% correspondió a diatomeas y el 20,5% a dinoflagelados.

Aunque las especies dominantes de diatomeas cambian según la zona de estudio, algunas especies tienden a ser abundantes en los diversos estudios realizados en el Pacífico oriental tropical. Así, en la costa frente a Cojimíes las especies más dominantes fueron *Chaetoceros coarctatus*, *Coscinodiscus granii gouh*, *Coscinodiscus perforatus* y *Chaetoceros affinis*. En un estudio realizado por Gualancañay et al., (2008) en Jaramijó, predominaron las especies de diatomeas: *Bacteriastrum hyalinum*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Chaetoceros curvisetus* y *Ch. affinis*, coincidiendo esta última con el presente estudio en Cojimíes.

La elevada riqueza de especies unido a una representatividad semejante entre muchas de ellas condujo a un alto índice de diversidad. El promedio del índice de Shannon-Weaver fue $2,9 \text{ bit.cel}^{-1}$ ($2,74 - 3,06 \text{ bit.cel}^{-1}$) entre los meses de mayo y octubre, alcanzando el valor más alto de diversidad en octubre² durante el día y el menor en agosto³ durante la noche.

Trabajos realizados por Prado & Cajas (2010) en estaciones fijas frente a las costas ecuatorianas reflejaron valores aún más altos de diversidad, alcanzando 3.9 a 4.2 bits.cel⁻¹ durante marzo-diciembre en la estación de Esmeraldas. Por su parte, Caicedo (2018) reportó valores de 3,27 bits.cel⁻¹ en la Playa El Murciélago, Manta, un ambiente considerado de baja contaminación, y 3,10 bits.cel⁻¹ en la playa contigua de Los Esteros, considerada un ambiente expuesto a la contaminación por los ríos que allí drenan.

En el presente trabajo realizado en la costa frente a Cojimíes se registró un índice de diversidad de 2,74 – 3,06 bit.cel⁻¹ (entre 16 a 22 especies durante todo el estudio) y con una elevada equidad entre 0,975 y 0,979 durante el estudio. Por su parte, Peña & Pinilla (2002) en el Pacífico colombiano reportan que el índice de Shannon osciló entre 3,5 y 5,3 bits.cel⁻¹ (equivalente a tener 11 a 39 especies con mayor probabilidad de salir en los muestreos) mientras que la equidad fluctuó entre 0,63 y 0,83. Estos índices revelan una comunidad fitoplanctónica muy diversa y de alta equidad, es decir con baja dominancia de especies.

Las abundancias promedio del fitoplancton en el presente estudio alcanzaron 160.632,1 org/m³ (117.700 – 187.800) durante el día y 152.418 org/m³ (110.700 – 181.800) en la noche. En un estudio realizado en la bahía de Santa Elena entre julio y diciembre 2013, Soria & Liseth (2014) reportan valores mucho más bajos de fitoplancton, 50.378,5 org/m³ en las estaciones cercanas a la costa y 49.473,7 org/m³ costa fuera. En contraste con estos bajos valores de abundancia fitoplanctónica, Caicedo (2018) reporta valores elevados, que alcanzaron 610*10⁶ org /m³ en la Playa El Murciélago y 13,6 10⁶ org /m³ en Los Esteros. Estas diferencias en abundancia pudieran estar asociadas a la concentración de nutrientes en las zonas de muestreo. Así, tanto las costas de Cojimíes como Santa Elena tendrían concentraciones de nutrientes mucho menores a las que se pudieron observar en Manta, donde una serie de ríos contaminados con aguas servidas descargan a la bahía de dicha ciudad (Caicedo, 2018).

En la costa frente a Cojimíes se observó una tendencia sincrónica entre la temperatura y la abundancia pues ante

los incrementos térmicos la abundancia fitoplanctónica se elevaba. Similares resultados encontraron Ochoa & Tarazona (2003) y Caicedo (2018) en la bahía Independencia, Perú, y la bahía Manta, respectivamente. Así mismo, en un estudio realizado por Rojas & Ortiz (2007) en la cuenca del Pacífico colombiano, se observa una correlación directa entre la TSM y la abundancia de fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados), ya que esta última tiende a aumentar cuando la temperatura del mar incrementa, manteniéndose este comportamiento tanto en la región costera como en la región oceánica.

La costa cercana al estuario de Cojimíes pudiera verse afectada por las aguas cálidas y potencialmente ricas en nutrientes que drenan durante las mareas bajas (reflujos). Estos flujos de agua estuarina pudieran haber causado los episodios de alta TSM y abundancia de fitoplancton en la zona de estudio. Queda aún por estudiarse la naturaleza de su corta duración.

Conclusiones

Se registró un total de 9 familias de organismos fitoplanctónicos, de las cuales 2 fueron dinoflagelados y 7 diatomeas. Así mismo, se identificaron 22 especies, 16 de diatomeas y 6 de dinoflagelados.

Las familias y especies más representativas de dinoflagelados fueron Ceratiaceae con *Ceratium tripos*, *C. masiliense* y *C. macroceros*, mientras que, entre las diatomeas, fue *Chaetocerotaceae* y *Chaetoceros coarctatus*.

La composición de especies de la comunidad fitoplanctónica se mantuvo a lo largo de los meses, excepto la especie *Gosleriella tropica* que estuvo presente desde septiembre a octubre.

La abundancia fitoplanctónica fue diferenciada por el tiempo de recolecta (día/noche) observándose una prevalencia bien marcada en el día, durante todos los meses de estudio.

La diversidad del fitoplancton no presentó cambios notorios durante el día y la noche observándose un promedio de 2,94 bit.cel⁻¹ en el día y 2,91 bit.cel⁻¹ en la noche. Así mismo no

mostró una correlación significativa con la abundancia, aunque en agosto se registraron los menores valores de ambos parámetros.

Durante los meses de estudio se observó una asociación directamente proporcional de la temperatura superficial del mar con la abundancia fitoplanctónica, aunque de carácter ocasional. La misma pudiera estar asociada al enriquecimiento de las aguas costeras con masas de agua provenientes del estuario de Cojimíes.

Se registró una relación directamente proporcional entre los carbonatos de la capa superficial del mar con la biomasa fitoplanctónica, la cual se asoció a una reducción del CO₂ gaseoso disuelto en el agua durante los periodos de más intensa actividad fotosintética.

Bibliografía

- Baird, R.B., Eaton, A., Rice, E. & Posavec, S. (2017). Standard Methods for the Examination of water and wastewater. American Public Health Association.
- Borbor, V. & Esther, E. (2007). Distribución y abundancia del fitoplancton diatomeas y dinoflagelados en la bahía de Santa Elena, La Libertad – Ecuador durante octubre 2004 – octubre 2005. Tesis Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Caicedo, L. (2018). Composición y diversidad de la comunidad de fitoplancton en dos sectores contiguos de la bahía de Manta, Ecuador. Tesis pregrado, Biología Pesquera. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- Cifuentes, J.L., Torres-García, P. & Frías, M. (2003). El océano y sus recursos, V. Plancton. Sep. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/35/htm/oceano5.htm> (consultado 11 dic 2018)
- Ecocostas. (2007). Caracterización de la Calidad de Agua del Estuario de Cojimíes, entre las Provincias de Esmeraldas y Manabí, Ecuador. Fundación Centro Regional para el Manejo de Ecosistemas Costero – EcoCostas. Informe Técnico. Programa DE Manejo de Recursos Costeros, Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Caracterizacion%20de%20estudio%20de%20agua%20del%20Estuario%20de%20%20Cojimies.pdf> (consultado 22 ene. 2019).
- Ecured. (2005). Provincia de Manabí (Ecuador) - Ecured. Recuperado de:

- https://www.ecured.cu/Provincia_de_Manab%C3%AD_Ecuador. Consultado 15 diciembre del 2018
- Gualancañay, E., Tapia, M., Naranjo, C., Cruz, M., & Villamar, F. (2008). Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana. *Acta Oceanogr. Pac.*, 18: 33-52.
- INAMHI. (2018). Análisis climatológico para octubre 2018. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador. Boletín Meteorológico, 42(524). Recuperado, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>. Consultado: 14 de diciembre de 2018.
- Jiménez, R. (1983). Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanogr. Pac.*, 2(2): 193-282.
- La Geoguaia. (2018). Cojimies / Manabí / Ecuador. Recuperado de: <http://www.lageoguaia.org/cojimies-manabiecuador/#16/0.3187/-80.0341>. Consultado: 14 de diciembre del 2018.
- Margalef, R. (1980.) *Ecology*. Editorial Omega. Barcelona, 95 pp.
- Merico, A., Tyrrell, T. & Cokacar, T. (2006). Is there any relationship between phytoplankton seasonal dynamics and the carbonate system? *Journal of Marine Systems*, 59(1), 120-142.
- <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2005.11.004>
- Molina-Astudillo, F.I., Quiroz-Castelán, H., García-Rodríguez, J., & Díaz-Vargas, M. (2005). Distribución vertical del plancton en un estanque rústico de producción piscícola en el municipio de Cuautla, Morelos, México. *Redvet. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(4).
- Muñoz Bazurto, J.G. (2017). Evaluación de la calidad del agua y sedimento de piscinas camaroneras durante un ciclo productivo del cultivo se intensivo en la parroquia Cojimíes, cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador. Tesis Pregrado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.
- Naranjo, C. & Tapia, M.E. (2013). Variabilidad estacional del plancton en la bahía de Manta en la costa ecuatoriana, durante el 2011. *Acta Oceanogr. Pac*, 18(1): 65-67.
- Nybakken, J.W. & Bertness, M. D. (2004). *Marine biology, an ecological approach*. 6ta Ed. Pearson Educ., Inc. San Francisco.
- Ochoa, N & Tarazona, J. (2003). Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía

- Independencia, Pisco, Perú. *Rev. Peru. Biol.*, 10(1): 59-66.
- Otero Candelario, D.E. (2017). Dinámica de la flota de pesca deportiva de Corvina (*Cynoscion albus*) en el estuario del Río Cojimés, Provincia de Manabí, Ecuador, de enero a diciembre del 2013. Tesis Pregrado, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Peña, V. & Pinilla, G. (2002). Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Mar Oceanogr.*, 37(1): 67-81.
- Pielou, J. (1969). An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley-Interscience.
- Prado, M. & Cajas, J. (2010). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante el 2007. *Rev. Cienc. Mar. Limnol*, 4(3): 1-11.
- Ramírez, D.G., Giraldo, A. & Tovar, J. (2006). Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). *Investigaciones Marinas*, 34(2): 211-216. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782006000200023>
- Richier, S., Achterberg, E., Dumousseaud, C., Poulton, A., Suggett, D., Tyrrell, T., & Moore, C. (2014). Carbon cycling and phytoplankton responses within highly-replicated shipboard carbonate chemistry manipulation experiments conducted around Northwest European Shelf Seas. *Biogeosciences Discuss*, 11, 3489–3534. <https://doi.org/10.5194/bgd-11-3489-2014>
- Riebesell, U. (2004). Effects of CO₂ Enrichment on Marine Phytoplankton. *Journal of Oceanography*, 60(4), 719-729. <https://doi.org/10.1007/s10872-004-5764-z>
- Rojas Higuera, P.J. & Ortiz, R. (2007). Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el océano Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 6: 5-15.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). The mathematic theory of communication. University Illinois press.
- Soler, C., Fuentes, M. C. & Sancho, M. (2012). Efecto de la cámara de recuento utilizada sobre los parámetros espermáticos, analizados con el isasv1®. *Rev. Int. Androl.*, 10(4): 132-138. [https://doi.org/10.1016/s1698-031x\(12\)70069-9](https://doi.org/10.1016/s1698-031x(12)70069-9)
- Soria, B & Liseth, V. (2014). Distribución y abundancia del fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) en

la Bahía de Santa Elena (Salinas - Ecuador) de julio – diciembre del 2013. Tesis Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

Talling, J. F. (2010). pH, the CO₂ System and Freshwater Science. *Freshwater Reviews*, 3(2), 133-147.
<https://doi.org/10.1608/FRJ-3.2.156>

Tapia, M. (2012). Variabilidad estacional del fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en el estuario interior de Esmeraldas durante los años 2004 – 2005. *Acta Oceanogr. Pac.*, 17(1): 41-46.