



Dinámica del plancton en la primera milla náutica de la costa ecuatoriana, provincia de Manabí

Plankton dynamics in the first nautical mile of the Ecuadorian coast, Manabí Province

Autores: Jessica Salcedo^{1,2}
Dialhy Coello^{1,3}

Dirección para correspondencia: dialhy.coellos@ug.edu.ec

Recibido: 2018-12-03

Aceptado: 2019-06-30

Resumen

El rol del plancton en el funcionamiento de los ecosistemas costeros y marinos ha sido poco estudiado en la costa ecuatoriana a pesar de su importancia ecológica y productiva. Entre junio y diciembre 2013, se realizó una investigación con el objetivo de establecer la dinámica de las comunidades del plancton en la primera milla náutica frente a la provincia de Manabí, para lo cual se obtuvieron muestras planctónicas a nivel superficial mediante botellas Niskin para el fitoplancton; mientras que para el zooplancton e ictioplancton se realizaron arrastres horizontales con redes simples de 200 y 300 μm , respectivamente. También, se determinó temperatura, salinidad, profundidad de la zona fótica, nutrientes y oxígeno disuelto. Se identificaron tres áreas: a) una costera que se extiende a lo largo de su línea de playa con bajas concentraciones de nutrientes, mayor profundidad de la zona eufótica y especies fitoplanctónicas cosmopolitas, oceánicas, neríticas y litorales; b) el estuario del río Chone, caracterizado por mayores concentraciones de silicato y nitrato, disminución de salinidad, del espesor de la capa fótica y de las abundancias zooplanctónicas, y dominancia de cianofitas, específicamente *Cylindrospermopsis raciborskii* considerada indicador biológico del deterioro de

¹ Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente, Instituto Nacional de Pesca, Letamendi 102 y la Ría, Guayaquil, Ecuador.

² Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, CENAIM, Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral. P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. E-mail: jsalcedo@espol.edu.ec

³ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo. Guayaquil, Ecuador. E-mail: dialhy.coellos@ug.edu.ec

la calidad del agua y c) estuario del río Cojimies donde los parámetros analizados fueron similares a otras zonas estuarinas del país (dominancia de diatomeas y copépodos calanoides). Temporalmente, las condiciones fisico-químicas fueron constantes, no así la comunidad fitoplanctónica resultado de floraciones en el estuario del río Chone, lo que también afectaría la abundancia del zooplancton en esta zona.

Palabras clave: *Cylindrospermopsis raciborskii*; Estuario de Cojimies; Estuario del Río Chone; variables físico-químicas.

Abstract

The role of the plankton in the functioning of the coastal and marine ecosystems has been little studied in the Ecuadorian coast despite its ecological and productive importance. Between June and December 2013, an investigation was carried out aimed at establishing the dynamics of the plankton communities in the first nautical mile in front of the Manabí province. Planktonic samples were obtained from the surface by means of Niskin bottles for phytoplankton; while for the zooplankton and ichthyoplankton, horizontal trawls were carried out with 200 and 300 µm simple nets, respectively. Also, temperature, salinity, depth of the photic zone, nutrients and dissolved oxygen were determined. Three areas were identified: a) a coastal zone that extends along the beach line in which low concentrations of nutrients, greater depth of the euphotic zone and cosmopolitan, oceanic, neritic and coastal phytoplanktonic species were registered; b) the estuary of the Chone River, characterized by higher concentrations of silicate and nitrate, decreased salinity, thickness of the photic layer and zooplankton abundances, as well as dominance of cyanophytes, specifically *Cylindrospermopsis raciborskii* considered a biological indicator water quality deterioration and c) estuary of the Cojimies river where the analyzed parameters were similar to other estuarine zones of the country, with dominance of diatoms and calanoid copepods. Temporarily, the physico-chemical conditions were constant, the phytoplanktonic communities showed variations due to blooms in the estuary of the Chone River, which in turn would also affect the abundance of zooplankton in the aforementioned area.

Keywords: *Cylindrospermopsis raciborskii*; Cojimies estuary; Río Chone estuary; Physical-chemical variables.

Introducción

La salud y el funcionamiento óptimo de los ecosistemas tanto costeros como marinos están determinados por tres elementos: a) la organización biológica o estructura de un ecosistema, que incluye no solamente las variables referidas a la diversidad biológica sino también la organización trófica y la distribución espacial de los componentes bióticos, b) el vigor del sistema (productividad, flujos de energía e interacción de sus componentes organizacionales) y c) las

propiedades geológicas, físicas y químicas del ecosistema que influyen en la organización y vigor del ecosistema (UNESCO, 2009a).

Específicamente, en la zona costera frente a la provincia de Manabí, estudios referentes a la salud y funcionamiento de los ecosistemas costeros son escasos, y la existente corresponde principalmente a los estuarios del río Cojimies y Chone, ecosistemas acuáticos que sostienen el desarrollo de distintas actividades productivas como pesca y acuicultura (Coello & Macías, 2006; EcoCostas, 2006).

Adicionalmente, pero en relación con las comunidades planctónicas en esta área se cuenta con las investigaciones realizadas por Álvarez y Castillo (2012), en el que se establece la abundancia del orden Foraminifera como indicadores de la salud del ecosistema marino de la parroquia de San Lorenzo; el de Naranjo y Tapia (2013), donde se analiza la variabilidad estacional del plancton en la bahía de Manta durante 2011, entre otros; es decir, se cuenta con pocos insumos que permitan entender la estructura y organización de esta zona de importancia desde el punto de vista pesquero, ecológico y turístico.

Esta tendencia se mantiene en relación a la primera milla náutica en la zona centro norte de Manabí, a pesar de haber sido considerada como “zona de reserva de reproducción de las especies bioacuáticas” mediante Acuerdo Ministerial 03316, y la importancia ecológica evidenciada por la existencia de tres áreas protegidas como son: Parque Nacional Machalilla, Refugio de Vida Silvestre y Marino Costero Pacoche y el Ecosistema de Manglar del Sistema Muisne-Cojimies.

Con este antecedente se desarrolló una investigación con el objetivo de establecer la dinámica de las comunidades planctónicas en la primera milla náutica de la zona centro norte de la provincia de Manabí durante junio a diciembre de 2013, en función de la variación mensual y espacial del fitoplancton, zooplancton y larvas de peces, así como también de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitrito, nitrato, fosfato, silicato y profundidad de la zona eufótica.

Metodología

El área de estudio comprendió la primera milla náutica del perfil continental en la zona centro norte de la provincia de Manabí, donde además del frente costero se encuentran los estuarios de los ríos Chone y Cojimies; el primero de 35 Km de longitud y que presenta dos islas localizadas cerca de su desembocadura, mientras que el segundo está ubicado hacia el norte de la provincia, con una extensión de 25 km y posee una isla ubicada en la desembocadura y otra en la parte interior, que determinan en ambos casos el patrón de distribución y circulación del agua (EcoCostas, 2006; Hurtado *et al.* 2010).

La obtención de muestras se realizó de junio a diciembre de 2013, que involucra la estación considerada como seca en el Ecuador, considerándose a junio y diciembre como transición entre periodos estacionales (Cucalón, 1996).

Se establecieron 21 estaciones de monitoreo para la determinación de parámetros físicos, químicos y planctónicos a nivel superficial (Fig. 1), según el siguiente detalle: temperatura y salinidad mediante perfiladores (CTD) (Seabird 19 y 19). La zona fótica (Zeu), fue calculada en base a la profundidad del disco Secchi empleando la fórmula descrita por Kirk (1994).

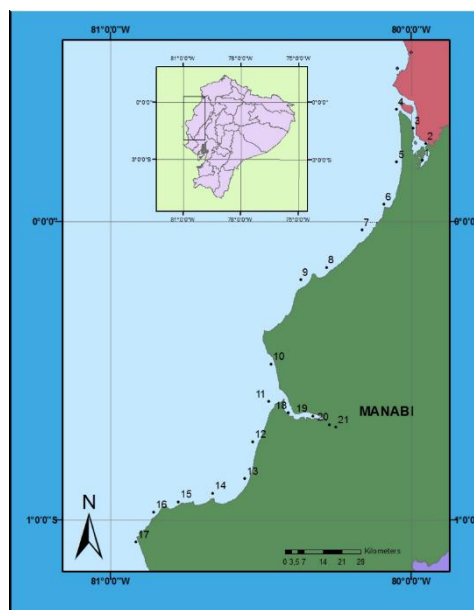


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones en la primera milla náutica frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013).

Se utilizó una botella muestreadora Niskin de cinco litros para la obtención de las muestras de agua para el análisis de fitoplancton y variables químicas, es así que el oxígeno disuelto fue determinado empleando el método de Winkler modificado por Carpenter (1965); mientras que para nitrito, nitrato, fosfato y silicato disueltos se utilizaron las metodologías descritas en Standard Methods (Rice *et al.* 2012).

En relación al fitoplancton, se preservó *in situ* con una solución de Lugol y posteriormente se la cuantifico a partir de una submuestra mediante el método de Utermöhl (Reguera *et al.* 2011), obteniéndose los resultados en cel.L^{-1} . Para el zooplancton y larvas de peces se realizaron arrastres superficiales a dos nudos de velocidad y cinco minutos de duración con redes planctónicas WP2 de 200 y 300 μm de apertura de malla, respectivamente; la preservación de estas muestras se realizó mediante una solución de formol al 4.0% (Boltovskoy, 1981). Su cuantificación se realizó con cámaras de Dolfus en el caso de zooplancton con resultados en org.m^{-3} , y la metodología de Smith y Richardson (1979) para el ictioplancton, este valor fue estandarizado al número de larvas por arrastre, respecto una unidad de medida, es decir, larvas.10 m^{-2} de superficie de mar.

La identificación taxonómica de los organismos planctónicos se efectuó al menor nivel taxonómico posible, es así que en el caso del fitoplancton se utilizó

de Al-Kandari, Al-Yamani y Al-Rifaie (2009); Rodríguez, Hernández y Lizárraga (2008); Siqueiros-Beltrones (2002); Tomas, (1996); Moreno, Licea y Santoyo (1996); Licea *et al.* (1995). Para el zooplancton, se empleó Suárez-Morales, (1996); Suárez-Morales, (1995); Björnberg, (1981); Boltovskoy, (1981), mientras que para el ictioplancton, se consideró los caracteres merísticos descritos en las claves de Calderón, (2011), Beltrán-León y Ríos, (2000); Ahlstrom, (1972).

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando los programas R (R Core TEAM 2014) y PRIMER v6 package (Clarke & Gorley, 2005). Previo al análisis de los datos, los valores de las variables físicas (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y profundidad de la zona eufótica) y químicas (nitrito, nitrato, fosfato, silicato) fueron transformados mediante una función logarítmica y estandarizados para poner todas las variables dentro de la misma escala. Los datos planctónicos fueron transformados con una función de raíz cuadrada, para disminuir el peso de las especies cuantitativamente dominantes en los análisis (Clarke & Gorley, 2005).

Para identificar patrones espaciales y temporales en la distribución y composición de especies, así como en los parámetros abióticos, se aplicó un análisis de conglomerados (CLUSTER) basado en el método del promedio de grupo. La matriz de semejanzas se calculó en base al coeficiente de semejanza de Bray-Curtis para los datos bióticos y la distancia euclidiana para los datos abióticos. Para determinar diferencias estadísticas en los conglomerados, se aplicó un test de permutación de perfiles de semejanza (SIMPROF, $P < 0.05$), los resultados obtenidos se representaron mediante análisis de ordenamiento multidimensional (MDS) (Clarke & Gorley, 2005).

Para determinar si existieron variaciones espaciales y temporales significativas en las variables estudiadas, se aplicó la prueba estadística de Anova de una vía, con comparación múltiple de Tukey, y en el caso de no cumplir con los requisitos de normalidad (Shapiro-wilcoxon, $\alpha = 0,05$) y de homogeneidad de varianzas (Levene, $\alpha = 0,05$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Zar, 2009).

Se debe mencionar que en el caso del fitoplancton y larvas de peces los análisis fueron realizados a nivel de especie, mientras que para el zooplancton debido a que el 34.8 % de organismos fueron identificados a este nivel taxonómico se empleó la información correspondiente a órdenes.

Resultados

Variación espacial

El nitrito registró concentraciones mínimas ($0,001 \pm 0,000$ mg.L⁻¹) en las estaciones del margen costero (5 a 17) y valores más elevados en las estaciones estuarinas, con un valor máximo la estación 2 ($0,199 \pm 0,127$ mg.L⁻¹); el nitrato mostró el mismo comportamiento y sus concentraciones fluctuaron entre $0,003 \pm 0,004$ y $0,299 \pm 0,139$ mg.L⁻¹ (Tabla 1).

Tabla 1. Promedios (\pm desviaciones estándares) por estación, de las variables abióticas en la primera milla náutica frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013).

Est.	Zona	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SiO ₄ (mg/L)	OD (mg/L)	T (°C)	S (UPS)	
1	Estuario río Cojimies	0,177 \pm 0,197	0,253 \pm 0,167	0,137 \pm 0,043	4,08 \pm 3,16	4,03 \pm 1,19	25,98 \pm 0,47	28,54 \pm 4,18	
2		0,199 \pm 0,127	0,299 \pm 0,139	0,138 \pm 0,054	4,96 \pm 3,32	4,89 \pm 1,74	26,06 \pm 0,53	27,53 \pm 3,75	
3		0,070 \pm 0,062	0,152 \pm 0,094	0,096 \pm 0,023	1,79 \pm 1,39	6,01 \pm 1,00	25,81 \pm 0,34	30,86 \pm 1,88	
4		0,011 \pm 0,012	0,034 \pm 0,037	0,054 \pm 0,026	0,86 \pm 0,47	6,49 \pm 1,07	25,75 \pm 0,36	32,83 \pm 0,23	
5	Costa	0,001 \pm 0,001	0,021 \pm 0,029	0,040 \pm 0,008	0,55 \pm 0,32	7,03 \pm 0,42	25,62 \pm 0,78	33,29 \pm 0,40	
6		0,001 \pm 0,001	0,011 \pm 0,012	0,038 \pm 0,018	0,75 \pm 0,38	6,94 \pm 0,26	25,74 \pm 0,26	33,22 \pm 0,29	
7		0,001 \pm 0,000	0,013 \pm 0,018	0,038 \pm 0,020	0,34 \pm 0,30	7,00 \pm 0,35	25,76 \pm 0,28	33,17 \pm 0,43	
8		0,001 \pm 0,001	0,020 \pm 0,031	0,032 \pm 0,025	0,48 \pm 0,32	7,00 \pm 0,40	25,56 \pm 0,51	33,25 \pm 0,43	
9		0,001 \pm 0,000	0,025 \pm 0,045	0,040 \pm 0,016	0,45 \pm 0,50	7,03 \pm 0,35	25,45 \pm 0,58	32,82 \pm 1,21	
10		0,002 \pm 0,000	0,003 \pm 0,004	0,048 \pm 0,012	0,40 \pm 0,10	7,06 \pm 0,36	25,64 \pm 0,30	33,30 \pm 0,36	
11		0,001 \pm 0,001	0,011 \pm 0,011	0,052 \pm 0,020	0,37 \pm 0,20	7,02 \pm 0,31	25,42 \pm 0,63	33,30 \pm 0,38	
12		0,001 \pm 0,001	0,007 \pm 0,008	0,049 \pm 0,022	0,33 \pm 0,20	7,12 \pm 0,42	25,46 \pm 0,37	33,29 \pm 0,36	
13		0,001 \pm 0,001	0,007 \pm 0,006	0,041 \pm 0,015	0,30 \pm 0,08	7,14 \pm 0,46	25,51 \pm 0,41	33,25 \pm 0,25	
14		0,001 \pm 0,001	0,011 \pm 0,011	0,047 \pm 0,011	0,23 \pm 0,09	7,14 \pm 0,46	25,23 \pm 0,32	25,47 \pm 9,52	
15		0,001 \pm 0,001	0,009 \pm 0,006	0,045 \pm 0,021	0,19 \pm 0,06	7,17 \pm 0,41	25,31 \pm 0,55	31,75 \pm 2,82	
16		0,001 \pm 0,000	0,007 \pm 0,010	0,043 \pm 0,016	0,17 \pm 0,06	7,12 \pm 0,40	25,11 \pm 0,18	25,51 \pm 8,35	
17		0,001 \pm 0,001	0,013 \pm 0,012	0,043 \pm 0,009	0,46 \pm 0,50	7,11 \pm 0,36	24,86 \pm 0,50	31,89 \pm 1,74	
18		Estuario río Chone	0,051 \pm 0,036	0,176 \pm 0,199	0,286 \pm 0,111	15,56 \pm 9,91	5,90 \pm 1,11	25,86 \pm 0,97	32,61 \pm 1,08
19			0,034 \pm 0,040	0,149 \pm 0,201	0,213 \pm 0,124	13,35 \pm 12,73	5,68 \pm 1,06	25,95 \pm 0,96	23,63 \pm 10,32
20			0,056 \pm 0,034	1,483 \pm 0,319	0,463 \pm 0,313	42,51 \pm 12,37	5,74 \pm 1,05	25,98 \pm 1,31	17,94 \pm 16,66
21			0,055 \pm 0,043	2,210 \pm 0,463	0,897 \pm 0,186	36,12 \pm 13,08	7,53 \pm 0,46	25,73 \pm 1,45	14,70 \pm 17,90

El fosfato registró concentraciones promedio entre 0,032 \pm 0,025 y 0,897 \pm 0,186 mg.L⁻¹, que correspondieron a las estaciones 8 y 21, respectivamente; el silicato varió de 0,17 \pm 0,06 mg.L⁻¹ (estación 16) a 42,51 \pm 12,37 mg.L⁻¹ (estación 20), siendo las estaciones del estuario del Río Chone en donde se observaron los mayores valores de estos parámetros. En relación al oxígeno disuelto, se registraron fluctuaciones con valores promedio entre 4,03 \pm 1,19 a 7,53 \pm 0,46 mg.L⁻¹, que corresponden a las estaciones 1 y 21, ubicadas en el estuario de Cojimies y del río Chone, respectivamente; pero en general la zona costera registró valores \geq 7,00 mg.L⁻¹ (Tabla 1).

La temperatura fue ligeramente menor en la zona costera mientras que la salinidad y la profundidad de la zona eufótica fueron mayores en esta zona en comparación con los estuarios estudiados, con valores máximos y mínimos en las estaciones 17 (24,86 \pm 0,50 °C) y 2 (26,06 \pm 0,53 °C) para temperatura,

mientras que para la salinidad fueron las estaciones 21 ($14,70 \pm 17,90$ ups) y 11 ($33,30 \pm 0,38$ ups) y las estaciones 19 ($0,78 \pm 0,29$ m) y 18 ($27,39 \pm 64,91$ m) registraron el máximo y el mínimo de la profundidad de la zona fótica (Tabla 1).

El perfil de similitud identificó cinco grupos: el primero conformado por las estaciones 20 y 21 ubicadas en la parte interna del estuario del río Chone; el segundo integrado por las localidades 1-3 y 19 ubicadas en el estuario interior del río Cojimies, con excepción de la última que corresponde a la sección media del estuario del río Chone, Las estaciones 13 a 17 ubicadas al sur del área de estudio integraron el tercer grupo, mientras que otra agregación estuvo constituida por las estaciones 4, 6 y 8, y el último grupo lo conformaron las estaciones 5, 7, 9-12, ubicadas en aguas costeras, La estación 18 ubicada en la desembocadura del estuario del río Chone, no formó parte de ningún conglomerado, lo que se explicaría en función de que presentó mayores concentraciones de nutrientes en relación a las estaciones cercanas (Fig. 2 A).

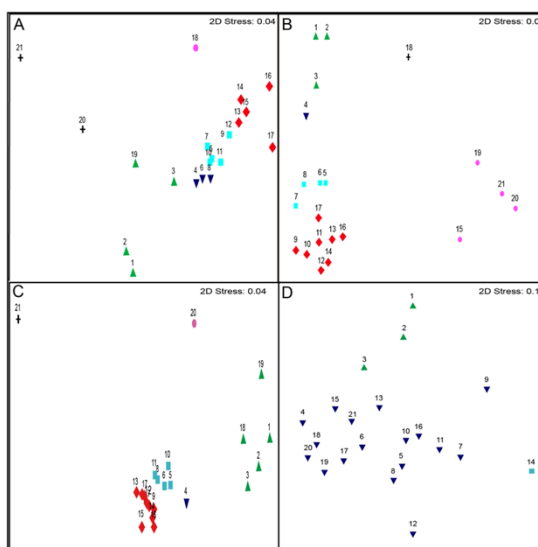


Figura 2. Ordenamiento multidimensional a escala espacial de las variables bióticas y abióticas en la primera milla frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013): A) Variables ambientales, B) abundancias fitoplanctónicas, C) abundancias zooplanctónicas y d) abundancias ictioplanctónicas.

Las abundancias promedio del fitoplancton fluctuaron entre $0,04 \pm 0,05$ y $2,53 \pm 13,40$ cel.L⁻¹ $\times 10^6$, correspondientes a las estaciones 17 y 20 ubicadas en la zona costera y parte interna del estuario del río Chone, respectivamente (Tabla 2). Las especies fitoplanctónicas más representativas en la zona costera y estuario del río Cojimies fueron las diatomeas *Nitzschia longissima*, *Guinardia striata*, *Dactylosolem fragilissimus* y *Cylindrotheca closterium*; mientras que en el estuario del río Chone la especie dominante fue la cianofita *Cylindrospermopsis raciborskii*, que registró floraciones durante todo el periodo de estudio, observándose una mayor presencia en la estación 20, le siguieron en abundancia *Oscillatoria* sp., *Anabaenopsis elenkinii* y *Dolichospermum spiroides*, en esta zona.

Tabla 2. Promedios (\pm desviaciones estándares) por estación, de las variables bióticas en la primera milla náutica frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013),

Est,	Zona	Fitoplancton	Zooplancton	Ictioplancton
		Cel.L ⁻¹ x10 ⁶	Org.m ⁻³ x10 ⁴	Larvasx10m ² x10 ³
1		0,06 \pm 0,10	0,06 \pm 0,06	0,71 \pm 0,47
2	Estuario río Cojimies	0,05 \pm 0,09	0,13 \pm 0,11	0,74 \pm 0,57
3		0,05 \pm 0,10	0,12 \pm 0,11	1,21 \pm 1,22
4		0,05 \pm 0,08	0,10 \pm 0,07	1,12 \pm 2,38
5		0,05 \pm 0,10	0,10 \pm 0,06	1,02 \pm 0,64
6		0,07 \pm 0,14	0,10 \pm 0,05	1,83 \pm 2,26
7		0,08 \pm 0,16	0,20 \pm 0,13	0,33 \pm 0,41
8		0,06 \pm 0,11	0,10 \pm 0,08	0,54 \pm 0,39
9		0,07 \pm 0,10	0,25 \pm 0,30	0,33 \pm 0,37
10		0,05 \pm 0,06	0,15 \pm 0,09	0,46 \pm 0,51
11	Costa	0,05 \pm 0,08	0,17 \pm 0,14	1,26 \pm 1,80
12		0,07 \pm 0,12	0,21 \pm 0,18	1,30 \pm 1,41
13		0,05 \pm 0,09	0,24 \pm 0,26	1,55 \pm 1,92
14		0,06 \pm 0,12	0,11 \pm 0,05	0,58 \pm 0,49
15		0,26 \pm 0,92	0,13 \pm 0,05	0,41 \pm 0,40
16		0,06 \pm 0,11	0,13 \pm 0,10	0,98 \pm 1,31
17		0,04 \pm 0,05	0,15 \pm 0,10	3,97 \pm 7,91
18		0,17 \pm 0,82	0,23 \pm 0,22	2,18 \pm 2,89
19	Estuario río Chone	0,48 \pm 2,33	0,10 \pm 0,15	3,49 \pm 4,96
20		2,53 \pm 13,40	0,02 \pm 0,01	0,96 \pm 1,60
21		0,41 \pm 2,37	0,10 \pm 0,22	0,34 \pm 0,38

Las abundancias fitoplanctónicas definieron varios grupos, el primero lo conforman las estaciones 1-3, el segundo y tercero las estaciones 4 y 18, respectivamente; el cuarto integrado por las localidades 15 y 19-21, mientras que el quinto incluye las estaciones 5-8 y finalmente el sexto que incluye las estaciones 9-14,16 y 17 (Fig. 2b).

En relación al zooplancton, las abundancias promedios oscilaron entre 0,02 \pm 0,01 y 0,25 \pm 0,30 org.m⁻³x10⁴, correspondientes a la parte interna del estuario del río Chone (estación 20) y frente al Matal (estación 9), respectivamente (Tabla 2). Los organismos con mayor representatividad correspondieron a las clases Hexanauplia (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida y Poecilostomatoida), Branchiopoda, Sagittoidea (Aphragmophora), Appendicularia y Gastropoda (Thecosomata). El perfil de similitud conformó seis grupos, los tres primeros integrados por las estaciones

4, 21 y 20; el cuarto formado por las localidades 5, 6, 8, 10 y 11; el quinto incluyó a las estaciones 7, 9, 12-17 y el sexto agrupó a las estaciones 1-3, 18 y 19 (Fig. 2c).

Las larvas de peces registraron abundancias que fluctuaron entre $0,33 \pm 0,37$ Larvasx10m²x10³ en la estación 9 y $3,97 \pm 7,91$ Larvasx10m²x10³ en la 17, ambas ubicadas en la zona costera. Las estaciones 18 y 19 correspondientes a la desembocadura del estuario del río Chone también registraron máximos de densidad con $2,18 \pm 2,89$ y $3,49 \pm 4,96$ Larvasx10m²x10³, respectivamente (Tabla 2); siendo las especies *Anchoa* spp., *Gobiidae* spp., *Gobiosoma* sp., *Cetengraulis mysticetus*, *Bairdiella* sp., *Haemulidae* spp., y *Eucinostomus gracilis*, las de mayor representatividad. El perfil de similitud entre estaciones conformó tres grupos, el primero integrado por las estaciones 1-3 (estuario del río Cojimies), el segundo conformado únicamente por la 14 y el tercero por las estaciones restantes (Fig. 2d).

Las variables abióticas con excepción de la salinidad y temperatura mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), mientras que para las variables bióticas, solo las abundancias relativas del zooplancton registraron diferencias significativas.

Variación temporal

Los valores promedio de los nutrientes inorgánicos mostraron variaciones temporales, registrándose en el caso del nitrito un mínimo de $0,009 \pm 0,01$ mg.L⁻¹ en diciembre y máximo de $0,067 \pm 0,14$ mg.L⁻¹ en junio; para el nitrato las concentraciones fluctuaron entre $0,178 \pm 0,40$ mg.L⁻¹ en septiembre y $0,292 \pm 0,68$ mg.L⁻¹ en octubre. El fosfato varió entre $0,106 \pm 0,11$ y $0,189 \pm 0,28$ mg.L⁻¹ en diciembre y junio, respectivamente; mientras, que el silicato registró su mayor valor en noviembre con $7,755 \pm 17,99$ mg.L⁻¹ y el menor fue $3,947 \pm 7,55$ mg.L⁻¹ en octubre. En el caso del oxígeno disuelto promedio, se registró su menor valor en octubre y el máximo en julio con $5,97 \pm 0,69$ y $7,20 \pm 0,33$ mg.L⁻¹, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Promedios (\pm desviaciones estándares) por mes, de las variables abióticas en la primera milla náutica frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013).

Mes	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SiO ₄ (mg/L)	OD (mg/L)	T (°C)	S (UPS)	Zeú (m)
Junio	0,067±0,14	0,235±0,48	0,189±0,28	6,556±12,42	6,74±1,14	25,64±0,50	30,55±5,60	10,10±10,11
Julio	0,022±0,04	0,228±0,62	0,142±0,28	5,395±11,95	7,20±0,33	25,64±0,50	30,55±5,60	7,99±6,76
Agosto	0,040±0,08	0,264±0,53	0,137±0,21	7,109±12,84	6,39±1,39	25,64±0,50	30,55±5,60	7,60±7,32
Septiembre	0,026±0,05	0,178±0,40	0,108±0,17	7,044±16,08	6,57±1,22	25,81±0,76	28,97±10,13	6,57±6,69
Octubre	0,026±0,04	0,292±0,68	0,125±0,20	3,947±7,55	5,97±0,69	24,97±0,4	28,85±10,86	7,66±6,34
Noviembre	0,033±0,07	0,242±0,66	0,145±0,19	7,755±17,99	6,77±0,92	26,07±0,76	28,70±9,98	7,11±5,24
Diciembre	0,009±0,01	0,211±0,56	0,106±0,11	3,956±8,24	6,38±1,46	25,40±0,90	28,72±8,70	17,04±33,86

En relación a la temperatura los valores promedio estuvieron en el rango de $24,97 \pm 0,4$ a $26,07 \pm 0,76$ °C en octubre y noviembre, respectivamente; la salinidad varió entre $28,70 \pm 9,98$ ups en noviembre a $30,55 \pm 5,60$ ups durante todo el primer trimestre de estudio, finalmente la profundidad de la zona fótica fluctuó entre $6,57 \pm 6,69$ a $17,04 \pm 33,86$ m en septiembre y diciembre, respectivamente (Tabla 3).

El perfil de similitud determinó que las variables abióticas conforman un solo grupo estacionalmente (Fig. 3a).

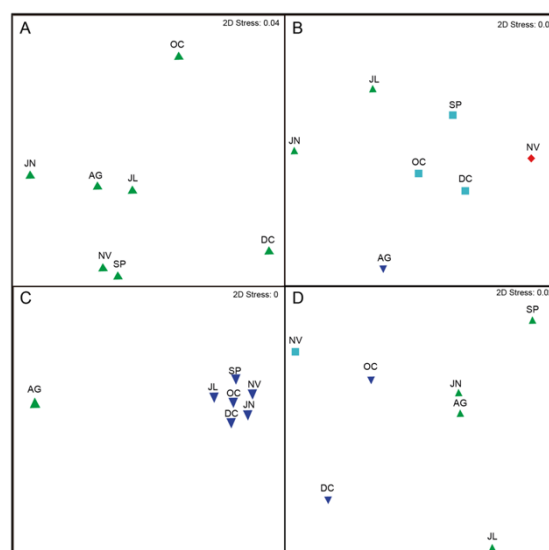


Figura 3. Ordenamiento multidimensional a escala temporal de las variables bióticas y abióticas en la primera milla frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013): A) Variables ambientales, B) abundancias fitoplanctónicas, C) abundancias zooplanctónicas y d) abundancias ictioplanctónicas.

El fitoplancton registró valores promedios que fluctuaron durante el periodo de estudio, desde $0,18 \pm 0,74$ a $0,55 \pm 3,91$ $\text{cel.l}^{-1} \times 10^6$, en julio y diciembre, respectivamente (Tabla 4). Se mantienen como especies dominantes y representativas las mismas que se mencionaron en el análisis espacial, pero en relación a las cianofitas *C. raciborskii*, *Oscillatoria sp.*, *A. elenkinii* y *D. spiroides*, todas registraron valores $>1,0$ $\text{cel.L}^{-1} \times 10^6$ en junio, sin que se determinará dominancia. Estas abundancias fitoplanctónicas determinaron que junio y julio formaran un conglomerado, mientras que septiembre, octubre y diciembre conformaron un segundo grupo, y agosto y noviembre mostraron diferencias con el resto del periodo de muestreo (Fig. 3b).

Tabla 4. Promedios (\pm desviaciones estándares) por mes, de las variables bióticas en la primera milla náutica frente a la zona centro norte de la Provincia de Manabí (junio-diciembre 2013).

Mes	Fitoplancton	Zooplancton	Ictioplancton
	$\text{Cel.L}^{-1} \times 10^6$	$\text{Org.m}^{-3} \times 10^4$	$\text{Larvas} \times 10 \text{m}^2 \times 10^3$
Junio	$0,28 \pm 0,55$	$0,24 \pm 0,22$	$1,33 \pm 3,89$
Julio	$0,18 \pm 0,74$	$0,08 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,34$

Agosto	0,30±1,50	0,06±0,05	0,69±1,02
Septiembre	0,34±2,04	0,23±0,20	0,57±0,45
Octubre	0,27±1,62	0,11±0,07	2,40±2,87
Noviembre	0,44±3,23	0,09±0,06	0,62±0,75
Diciembre	0,55±3,91	0,15±0,12	1,72±1,89

Las abundancias promedio del zooplancton registraron un mínimo de $0,06\pm 0,05$ en agosto y un máximo en junio con $0,24\pm 0,22 \text{ Org.m}^{-3}\times 10^4$ (Tabla 4), estas variaciones determinaron que agosto se diferencie del resto del periodo de estudio (Fig. 3c). Las clases zooplanctónicas con mayor abundancia fueron Hexanuplia (Calanoida, Poecilostomatoida, Harpacticoida y Cyclopoida), Branchiopoda, Sagittoidea (Aphragmophora) y Appendicularia.

Las larvas de peces registraron en julio su menor abundancia promedio ($0,32\pm 0,34 \text{ larvas}\times 10\text{m}^2\times 10^3$), y su máximo se registró en octubre con $2,40\pm 2,87 \text{ larvas}\times 10\text{m}^2\times 10^3$ (Tabla 4). El perfil de similitud formó tres conglomerados, el primero comprendió de junio a septiembre, en tanto que octubre y diciembre correspondieron al segundo grupo y el último estuvo constituido solamente por noviembre (Fig. 3d).

Las mayores abundancias de larvas de peces correspondieron a las especies *Anchoa* spp., *Haemulidae* spp., *Haemulon* sp., *Gobiidae* spp., y *Gobiosoma* sp., *Eucinostomus gracilis*, *Cetengraulis mysticetus* y *Achirus mazatlanus*.

Las variables oxígeno, temperatura y nitrito presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre los meses de estudio, al igual que los componentes bióticos, ya que las abundancias relativas del fitoplancton y el zooplancton mostraron diferencias temporales.

Discusión y conclusiones

Espacialmente, en la zona de estudio es evidente la presencia un ecosistema costero que se extiende a lo largo de su línea de playa, interrumpido por dos sistemas estuarinos correspondientes a los ríos Chone y Cojimies, como resultado de condiciones físicas, químicas y planctónicas específicas de cada área. Es así que, el estuario del río Chone se caracterizó por mayores concentraciones de silicato y nitrato, descenso de salinidad, disminución de capa fótica, dominancia de cianofitas (*Cylindrospermopsis raciborskii*) y menores densidades zooplanctónicas,

La abundancia de *C. raciborskii*, se convierte en un indicativo de alteración en el ecosistema, puesto que la dominancia de cianofitas en términos generales está asociada a zonas eutrofizadas, más aun cuando esta especie es considerada como de sistemas someros eutróficos mezclados, invasora en diferentes hábitats de agua dulce y en algunos lugares del mundo está asociada a toxicidad por producción de citotoxinas y hepatotoxinas (*Cylindrospermopsina* y *Saxitoxina*), lo que puede provocar un impacto negativo

sobre los otros organismos presentes e incluso para el ser humano, especialmente en lo referente a salud pública (Burford & Davis, 2011).

Este mismo autor, señala que entre los factores que le permiten proliferar a *C. raciborskii* se encuentran menores requerimientos de luz, amplia tolerancia a cambios de temperatura, y estrategias adaptativas ante cambios en las concentraciones de fósforo y nitrógeno, algunas de estas condiciones fueron registradas en el estuario del río Chone, especialmente en su área interna, específicamente en las estaciones 19, 20 y 21 correspondientes a la isla Corazón, Barquero y Simbocal, respectivamente.

Hurtado *et al.* (2010); Coello *et al.* (2009); Coello y Macías, (2006), describen el grave deterioro ambiental del estuario del río Chone y sus cuencas aportantes, debido a actividades antrópicas, entre las que destacan: altas tasas de erosión y sedimentación, descargas industriales de las camaroneras que aportan altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica, recepción de aguas servidas de las poblaciones circundantes y de aguas arriba, así como también de los agroquímicos empleados en la agricultura, entre otras,

Es importante mencionar que en la desembocadura del estuario del Río Chone, se registró un cambio en la composición fitoplanctónica, puesto que *Oscillatoria* sp., fue dominante y *C. racivorskii* desaparece, posiblemente como resultado del incremento en la salinidad promedio desde 14,70 ups en su parte interna hasta 32,61 ups en su desembocadura, considerando que esta última es una especie de agua dulce (UNESCO, 2009b).

En el estuario del río Cojimies, se registró un comportamiento diferente al descrito anteriormente, principalmente en relación a la composición planctónica (dominancia de diatomeas y de copépodos calanoides), menores valores de silicato y fosfato e incremento de salinidad, lo cual es similar a lo reportado en la primera milla náutica de otras zonas estuarinas como las del Archipiélago de Jambelí en el Golfo de Guayaquil (Salcedo & Coello, 2018).

La zona costera por el contrario se caracterizó por bajas concentraciones de nutrientes y mayor profundidad de la zona eufótica, sin embargo, en las estaciones cercanas a los estuarios es evidente la influencia de los mismos en las condiciones químicas. Los estuarios poseen características físico-químicas y biológicas particulares, resultado entre otra cosas de sedimentos ricos en nutrientes provenientes de sus cuencas aportantes, lo que se evidencia en alta productividad primaria y biota diversa (Sandoval-Huerta *et al.* 2014).

En esta área, en relación al fitoplancton dominan especies cosmopolitas, oceánicas, neríticas y litorales como: *Nitzschia longissima* y *Cylindrotheca closterium*, acompañadas por *Guinardia striata* y *Hemiulus sinensis*, entre otras; mientras que en el zooplancton los copépodos calanoides y poecilostomatoides, así también como los cladóceros fueron los más representativos, composición que corresponde a lo registrado anteriormente en la zona costera ecuatoriana (Valle & Fuentes, 2014; Jiménez, 2008).

En relación a larvas de peces, las familias Gobiidae, Engraulidae y Gerridae representadas por *Gobiosoma* sp., *Gobiidae* sp., *Anchoa* spp., y *Eucinostomus gracilis*, respectivamente, determinaron las diferencias observadas en composición y abundancia, como resultado de sus preferencias alimentarias y de hábitats (D'Aguillo, Harold & Darben, 2014; Whitehead, Nelson & Wongratana, 1988).

Temporalmente, las condiciones físico-químicas se mantuvieron relativamente constantes durante todo el periodo de muestreo, no así el fitoplancton debido a floraciones causadas por las cianofitas *C. raciborskii*, *Anabaena helenkinii*, *Oscillatoria* sp., y *Dolichospermum spiroides*, en el estuario del río Chone, que en la mayoría de los meses superan el valor establecido para floraciones algales ($1,0 \times 10^6$ cel.L⁻¹) (Reguera *et al.* 2011), especialmente en la estación 20 ubicada en la parte interna del mismo.

En relación al zooplancton, únicamente se observaron diferencias durante agosto debido a una disminución en la abundancia, que podría estar relacionada con la baja disponibilidad de alimento (fitoplancton-diatomeas) y los efectos negativos que las proliferaciones de cianofitas tienen sobre ellos como son: obstrucción del aparato filtrador, reducción del crecimiento y la reproducción, así como otras afectaciones por producción de toxinas (Zhu *et al.* 2013; Haney, 1987).

Estas condiciones se deberían, a que si bien es cierto este ecosistema acuático es considerado como uno de los ecosistemas estuarinos más ricos en biodiversidad del país por estar relacionado ecológicamente con la cordillera MachoChindul (Herrera *et al.* 2013; Hurtado *et al.* 2010; EcoCostas, 2006), ha estado sometido durante los últimos años a cambios drásticos en cuanto al uso del suelo y su morfología, con el consecuente deterioro de la calidad de agua, esto en parte debido a que a pesar de que la principal actividad comercial es la pesca artesanal, se ha desarrollado una importante actividad de producción acuícola en el estuario del río Chone, principalmente.

Lo anteriormente expuesto permite establecer que en la primera milla náutica frente a la zona centro-norte de la provincia de Manabí, considerando la dinámica de las comunidades planctónicas se definen dos zonas: una costera y otra estuarina, siendo la última mencionada la que incluye los estuarios de los ríos Chone y Cojimies; sin embargo, estos ecosistemas estuarinos se diferencian entre sí como resultado de la permanencia e intensidad de los impactos originados en las actividades antrópicas que en ellos se realizan, y que se evidencian especialmente en el Estuario del río Chone con la dominancia de *Cylindrospermopsis raciborskii*, que en este caso se convierte en un indicador biológico del deterioro de la calidad del agua del mismo.

Agradecimiento

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los directivos del Instituto Nacional de Pesca (INP) y de la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), por el apoyo brindado

a la ejecución del Proyecto “Condiciones Biológicas-Pesqueras y Artes de Pesca en la franja Marino Costera dentro la Primera Milla Náutica de la Costa Ecuatoriana”, así como también a todos y cada uno de los profesionales del INP que participaron en la colecta, análisis e ingreso de datos correspondientes a las variables, físicas, químicas y planctónicas.

Referencias bibliográficas

- Ahlstrom, E. H. (1972). Kinds and abundance of fish larvae in the Easter Tropical Pacific on the second multivessel EASTROPAC survey, and observations on the annual cycle of larval abundance. *Fisheries Bulletin*. U. S., 70(4), 1153-1242.
- Al-Kandari, Al-Yamani, F. & Al-Rifaie, K. (2009). *Marine Phytoplankton Atlas of Kuwait's waters*. Kuwait: Institute for Scientific Research.
- Álvarez, G. & Castillo, L. (2012). *Índice de abundancia del orden Foraminifera D'Orbigny, 1826 como un indicador de la salud del ecosistema marino de la parroquia de San Lorenzo*. Tesis previa a la obtención de título de Biólogo pesquero. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manta. Ecuador.
- Beltrán-León, B. & Ríos, R. (2000). Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano Tomo 2. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura-Colombia. 360-727.
- Björnberg, T. A. (1981). Copepoda. En D. Boltovskoy (Ed.). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino (pp. 587-679). Mar del Plata. Publicación especial del Instituto Nacional de Investigaciones y Desarrollo Pesquero (INIDEP).
- Boltovskoy, D. (1981). *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo para el zooplancton marino*. Mar del Plata, Argentina Publicación Especial Instituto Nacional de Investigación Pesquera.
- Burford, M. & Davis, T. (2011). Physical and chemical processes promoting dominance of the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis reciborskii*. *Chinese Journal of Oceanography and Limnology*. 29(4), 883-891.
- Calderón, G. (2011). Catálogo de huevos y larvas de peces colectadas en aguas ecuatorianas. *Boletín Especial*. Instituto Nacional de Pesca. 02(4), 118.
- Carpenter, J. H. (1965). The Accuracy of the Winkler Method for Dissolved Oxygen Analysis. *Limnol. Oceanogr*, (10), 135-140.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2005). PRIMER v.6: User Manual / Tutorial. PRIMER-E Ltda., Plymouth, UK.
- Coello, S. y Macías, R. (2006). Estudio de Zonificación y Manejo de Conflictos de la Pesca Artesanal en la UCV Bahía de Caráquez. Informe de Consultoría para el PHI-LAC, N° 16. Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
- Coello, S., Vinueza, D., Echeverría, M. F., Cisneros, F., Astudillo, Herrera, J., Cervantes, E., Andrade, G., Pérez, J., Soccola, J., Bravo, S., Real B., Cárdenas, M., Triviño, M. & Vera, J. J. (2009). Diagnóstico ambiental de las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo. Informe preparado para el Ministerio del Ambiente. Ecobiotec del Ecuador.

Cucalón, E. (1996). Primera Parte: Oceanografía y Sistemas Físicos. *En Sistemas Biofísicos del Golfo de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador: Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador. 1-109.

D'Aguillo, M. C., Harold, A. S. & Darden, T. L. (2014). Diet composition and feeding ecology of the naked goby *Gobiosoma bosc* (Gobiidae) from four western Atlantic estuaries. *Journal of Fish Biology*. 85(2), 355-373.

EcoCostas. (2006). Perfil para la zona del Estuario de Cojimies. Centro Regional para el Manejo de Ecosistemas Costeros, EcoCostas. Ecuador.

Haney, J. (1987). Field studies on zooplankton-cyanobacteria interactions. *Journal of Marine and Freshwater Research*, 21(3), 467-475.

Herrera, M., Castro, R., Coello, D., Saa, I. & Elias, E. (2013). *Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador*. Boletín Especial. Instituto Nacional de Pesca. Tomo II. Guayaquil-Ecuador. 160 pp.

Hurtado, M., Hurtado-Domínguez, M., Hurtado-Domínguez, L., Soto, L. & Merizalde, M. (2010). *Áreas Costeras Y Marinas Protegidas Del Ecuador*. Ministerio del Ambiente MAE-Fundación Natura. Ecuador. Terrescal.

Jiménez, R. (2008). Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales-Centro de Biodiversidad CENBIO. Guayaquil-Ecuador.

Kirk, J. T. O. (1994). *Light and photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. United States of American. Cambridge University Press.

Licea, S., Moreno, J. L., Santoyo, H., & Gigueroa, G. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. (1st ed.) México. Universidad Autónoma De Baja California Sur.

Moreno, J. L., Licea, S. & Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. (1st ed.) México. Universidad Autónoma De Baja California Sur.

Naranjo, C. & Tapia, M. E. (2013). Variabilidad estacional del plancton en la bahía de Manta en la costa ecuatoriana, durante 2011. *Acta Oceanográfica de la Armada*. 18 (1), 65-74.

Reguera, B., Alonso, R., Moreira, A. & Méndez, S. (2011). *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas*. COI UNESCO y OIEA, Paris y Viena 2011. Manuales y Guías de la COI, 59.

Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D. & Clesceri, L. S. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation.

Rodríguez, A., Hernández, R., D. & Lizárraga, I. G. (2008). *Catálogo de Microalgas de las Lagunas Costeras de Sinaloa*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Salcedo, J. & Coello, D. (2018). Dinámica y estructura del plancton en la primera milla náutica de la costa ecuatoriana: Provincia de El Oro. *Revista Biología Tropical*. 66(2): 836-847.

Sandoval-Huerta, E., Madrigal-Guridi, X., Escalera-Vázquez, L., Medina-Nava, M. & Domínguez-Domínguez, O. (2014). Estructura de la comunidad de peces en cuatro

estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 1184-1196.

Siqueiros-Beltrones, D. (2002). *Diatomeas Bentónicas de la península de Baja California; Diversidad y Potencial Ecológico*, México, Playa Palo de Sta. Rita.

Smith E. & Richardson, S. (1979). Técnicas Modelo para las Prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *Documento Técnico de Pesca FAO N° 175*.

Suárez-Morales, E. (1995). Clave ilustrada para la identificación de los copépodos plánticos de la Bahía de Chetumal, México. *Avances Científicos*, 12, 16-24.

Suárez-Morales, E. (1996). Clave de identificación ilustrada de los copépodos plánticos (Crustacea) de la Bahía de la Ascensión, Chetumal, *Avances Científicos*, 17: 25-39.

Tomas, C. (Ed). (1996). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. *Academic Press*. New York, USA. 598.

UNESCO. (2009a). Manual para la medición del progreso y de los efectos directos del manejo integrado de costas y océanos. Manuales y Guías de la COI., 46; Dossier ICAM, 2. Paris.

UNESCO. (2009b). Cianobacterias Planctónicas de Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Sylvia Bonilla (editora). Documento Técnico PHILAC, N° 16.

Valle, P. & Fuentes, L. (2014). Estudio 4: Distribución y variación de los valores de productividad primaria (fitoplancton) y secundaria (zooplancton), a dos profundidades (superficial y media agua), en el mar territorial y en aguas interiores de la plataforma continental del Ecuador. En Estudios de caracterización del mar territorial continental del Ecuador, bases para lograr la zonificación marina. Secretaria Técnica del Mar. Manta-Ecuador. Recuperado de <http://www.oceandocs.org/handle/1834/5462>

Whitehead, P.J., Nelson G.J. & Wongratana, T. (1988). FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *FAO Fish. Synop.* 125(7/2), 305-579. Rome.

Zar, J. H. (2009). *Biostatistical Analysis*. New Jersey, United States of American. Prentice Hall.

Zhu, J., Lu, K., Sun, S. & Zhang, K. (2013). Foraging inhibition in two cladocerans feeding on *Mycrocystis aeruginosa*. *Clean-Soil, Air, Water*. 00 (0), 1-6.