

Parámetros abióticos y su relación con la abundancia del fitoplancton frente a Puerto López-Ecuador (2011-2012), Provincia de Manabí, Ecuador

Abiotic parameters and its relationship with phytoplankton abundance
off Puerto López (2011-2012), Province of Manabí, Ecuador

David García Asencio^{1,*}, Dialhy Coello Salazar²
& Beatriz Pernía Santos²

¹ Postgradista de la Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de
Guayaquil. +593043080777

² Docente de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. +593043080777

Recibido 7 de octubre 2015; recibido en forma revisada 27 de octubre 2015, aceptado 14 de noviembre 2015
Disponible en línea 31 de diciembre 2015

Resumen

El presente estudio evaluó la incidencia de los parámetros abióticos en la abundancia del fitoplancton a profundidades estándares de la columna de agua, en una estación ubicada 10 millas costa afuera frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012. Para lo cual se realizó la identificación y cuantificación del fitoplancton, así como determinación de temperatura y nutrientes inorgánicos. El fitoplancton presentó variaciones en la abundancia y distribución, siendo sus valores inferiores a lo establecido como promedio para esta zona, con mayor actividad celular entre la superficie y 10 m de profundidad, siendo *Nitzschia longissima* y *Cylindrotheca closterium*, las que tipificaron a la comunidad en función de las abundancias registradas. Los resultados obtenidos fueron validados estadísticamente mediante: Prueba no paramétrica (Kruskal Wallis), análisis de correspondencia canónica y rangos de correlación de Spearman. Las relaciones entre el fitoplancton y las condiciones oceanográficas determinaron que las siguientes especies: *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* y *Leptocylindrus danicus* tuvieron una correlación fuerte con los nutrientes (nitrito, nitrato y silicato), siendo el segundo y tercer nutriente quienes intervinieron positivamente en la concentración de *L. danicus* durante 2011, mientras que para 2012 *Cylindrotheca closterium* y *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* tuvieron correlaciones fuertes e inversas con la temperatura y directa con los nutrientes, es decir, las variables ambientales influyeron en la abundancia del fitoplanctónica durante la estación seca.

Palabras claves: estacionalidad, columna de agua, La Niña, diatomeas, *Nitzschia longissima*.

Abstract

This study evaluated the impact of abiotic parameters in phytoplankton abundance at standard depths of the water column at a station located 10 miles off Puerto López in 2011 and 2012. A taxonomic identification and quantification of phytoplankton species were performed as well as the temperature and inorganic nutrients were recorded. Phytoplankton featured variations in abundance and distribution, being its values the lower registered for this area with increased cell activity between the surface and 10 m depth, being *Nitzschia longissima* and *Cylindrotheca closterium*, typify the phytoplankton community in terms of abundance and permanence registered. The results were validated statistically by: Kruskal-Wallis nonparametric test, canonical correspondence analysis and Spearman rank correlation. The relationships between the phytoplankton and existing oceanographic conditions determined that species *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia seriata* complex and *Leptocylindrus danicus* had a strong correlation with the nutrients (nitrite, nitrate and silicate), the second and third nutrient showed positive influence in the growth of *L. danicus* in 2011, while for 2012 *Cylindrotheca closterium* and *Pseudo-nitzschia seriata* complex and showed strong inverse correlation with temperature and direct with nutrients, specifically strong with nitrite and strong with nutrients, that's to say, that environmental variables influenced the abundance of phytoplankton.

Keywords: seasonality, water column, La Niña, diatoms, *Nitzschia longissima*.

* Correspondencia del autor:
E-mail: cosomateo@gmail.com



Introducción

Los ecosistemas marinos costeros tropicales están considerados como los más ricos desde el punto de vista de la producción primaria, debido al fitoplancton presente y a su vez son los menos conocidos del planeta, debido a la gran diversidad de la vida que albergan (Burford y Rothlisberg, 1999).

Por su capacidad fotosintética, el fitoplancton es el responsable de la entrada de energía en el mar, produciendo a partir del dióxido de carbono diferentes sustancias como azúcares, oxígeno y otras moléculas orgánicas simples, las cuales en combinación con los nutrientes inorgánicos y elementos traza se convierten en moléculas complejas como las proteínas (Rojas y Ortíz, 2007). En ambientes costeros y oceánicos, el fitoplancton consume rápidamente los nutrientes disponibles en la parte superficial del mar, por lo que su distribución espacial estaría estrechamente asociada a la disponibilidad de éstos (Ramírez y Giraldo, 2006).

La distribución biogeográfica de los organismos planctónicos es discontinua y está determinada principalmente por la temperatura y la salinidad, parámetros que son irregulares entre 0 y 150 m, pero que se hacen más estables a partir de 200 m de profundidad; sin embargo, el fitoplancton requiere de condiciones de luz óptima para fotosintetizar, por lo que su distribución vertical generalmente está asociada a la zona fótica (Ramírez y Giraldo, 2006).

En resumen, la estructura poblacional fitoplanctónica varía de acuerdo a los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua en que se desarrollen, siendo la predación por parte del zooplancton y ciertas larvas de peces, elementos que pueden llegar a limitar en gran medida a las poblaciones, lo que tiene una implicación aún mayor si consideramos que la transferencia de energía entre un nivel trófico y otro es limitada, afectando finalmente hasta a el hombre en función de la disponibilidad de los recursos pesqueros (Ochoa y Tarazona, 2003).

En Ecuador, el conocimiento referente al fitoplancton es limitado tanto espacial como temporalmente y puede ser considerado como investigación básica, situación que ha sido expuesta por varios autores (Prado y Cajas, 2010 a y b; Coello et al., 2010; García, 2010; Torres, 2010; Jiménez, 2008; Tapia, 2006; Jiménez y Bonilla, 1980); por tanto, es prioritario desarrollar investigaciones que interrelacionen a este grupo con los parámetros bióticos y abióticos en el tiempo y espacio en función de la importancia que tiene desde el punto de vista productivo y ecosistémico.

Las investigaciones fitoplanctónicas frente a la provincia de Manabí son escasas, pero estudios realizados entre el 2004 y 2009, permiten su caracterización como un área con dominancia de

diatomeas (*Cylindrotheca closterium*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia styliformis*, *Dactyliosolen fragilissimus* y *Planktoniella sol*), acompañadas por copépodos (*Paracalanus indicus*, *Oncaea media*, *Canthocalanus pauper* y *Acrocalanus longicornis*). También es evidente la relación existente con las masas de agua presentes como sucedió en el último trimestre del año 2008, cuando *Chaetoceros radicans* y los cladóceros fueron las especies más representativas favorecidas por las anomalías frías registradas (Coello et al., 2010; Prado y Cajas, 2010 a y b; Prado y Cajas, 2009).

En relación a las abundancias celulares registradas, los autores mencionados (op cit.) establecieron que éstas son inferiores a las determinadas frente a Esmeraldas y Salinas, a pesar de lo cual, la productividad en esta zona es evidente por la actividad pesquera desarrollada por la flota artesanal asentada en Puerto López (Herrera et al., 2013).

Considerando este antecedente se realizó la presente investigación que tiene como objetivo evaluar la incidencia de los parámetros abióticos en la abundancia del fitoplancton a distintas profundidades frente a Puerto López, teniendo como hipótesis que la dinámica oceanográfica de la región de estudio en función de la temperatura, nitrato, nitrato, fosfato y silicato, favorece a las densidades fitoplanctónicas durante la época seca.

Materiales y métodos

Área de estudio

Los datos utilizados corresponden al programa "Seguimiento de las variables ambientales a 10 millas de la costa", desarrollado por personal del Instituto Nacional de Pesca durante los años 2011 y 2012. Éstos fueron obtenidos en una estación ubicada 10 millas costa afuera en el océano Pacífico, frente a Puerto López, entre las coordenadas 1°35.4'S-80°59.4' W, la cual se monitoreó con una periodicidad mensual (Figura 1). Es necesario mencionar que por motivos de logística no fue posible obtener la información durante los meses de enero, marzo y diciembre del 2011 y enero, marzo, mayo y junio del 2012.

Los datos de temperatura fueron obtenidos con un sensor CTD seabird 19 Mod. Seacat y posteriormente fueron procesados con el software Seasave; para los nutrientes inorgánicos disueltos y fitoplancton se colectaron muestras de agua con botellas Niskin, a 0, 10, 30 y 50 m de profundidad; en el caso del fitoplancton las muestras fueron fijadas con lugol.

La metodología de laboratorio utilizada fue la siguiente:

El análisis de la estructura térmica de la columna de agua fue realizado mediante el uso de métodos gráficos de una transecta paralela a la costa (82°W) y otra perpendicular a ella (3°20'S).

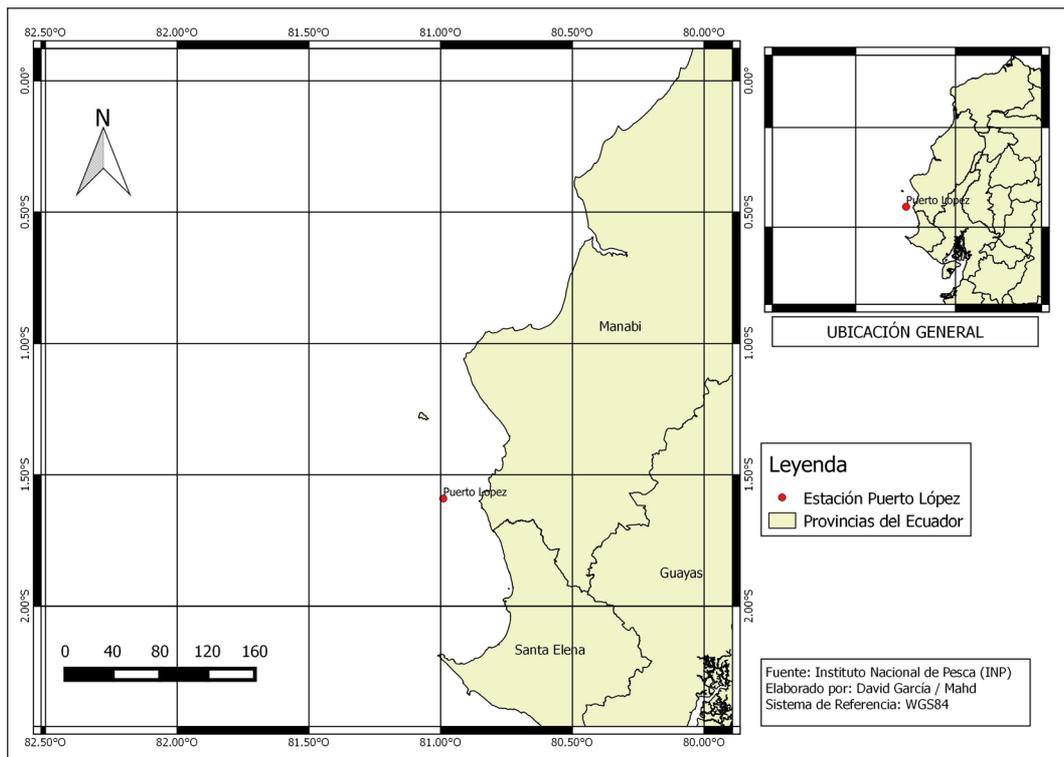


Figura 1. Ubicación geográfica de la estación ubicada 10 millas costa afuera frente a Puerto López.

El nitrito y nitrato se determinaron empleando el método colorimétrico de diazotización, utilizando columnas reductoras de cadmio; el fosfato se obtuvo mediante el método de cloruro estañoso y el silicato se determinó a través de la formación del complejo de Silicomolibdato (Parsons et al., 1984; Solórzano, 1989, Eaton et al., 2005 y Astor et al., 2013). Posteriormente, todas las muestras fueron leídas por espectrofotometría a una longitud de onda específica para cada nutriente: nitrito y nitrato 543 nm, fosfato 885 nm y silicato 810 nm (Solórzano, 1984).

Para el análisis cuantitativo de fitoplancton se utilizó un microscopio invertido mediante el método Utermöhl, para lo cual se emplearon cámaras de sedimentación de 10 ml que fueron sedimentadas durante 8 horas. La magnificación utilizada fue de 320 aumentos con un nivel de precisión del conteo celular de $\pm 500-315 \text{ cel.L}^{-1}$ y un límite de confianza del 63.0 % (Hasle, 1978, Edler y Elbrächter, 2010 y UNESCO, 2011). La clasificación de los taxones se efectuó con las directrices establecidas por el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRNS) y la identificación taxonómica utilizando las claves de: Fuerte et al. (2010), Al-Kandari et al. (2009), Rodríguez et al. (2008), Siqueiros-Beltrones (2002), Soler et al. (2003), Tomas (1996), Moreno et al. (1996), Licea et al. (1995), Balech (1988); Pesantes (1983) y Jiménez (1983).

Además, se realizaron perfiles de temperatura, nutrientes inorgánicos y fitoplancton en la columna de agua empleando el software libre Ocean Data View (ODV). De manera general, se consideró al periodo comprendido entre junio a noviembre como época seca o verano y a los meses de enero a abril como época lluviosa o invierno (Cucalón, 1996).

En lo referente a los análisis estadísticos, el muestreo se realizó de manera aleatoria y se determinó la normalidad de los datos empleando una prueba de Anderson-Darling (Zar, 1996).

Para comparar las medianas de las variables ambientales y abundancia del fitoplancton se realizó un análisis no paramétrico Kruskal-Wallis tomando $p < 0.05$ como valor significativo, los mismos que son expresados en cajas y bigotes, de acuerdo a las recomendaciones de Boyer et al. (1997), utilizando el software Statgraphics Plus 5.1.

Debido a que el tamaño de la muestra para la época lluviosa de los años de estudio no es estadísticamente representativo, estos datos no fueron incluidos en el tratamiento de la estacionalidad antes mencionada y se consideró únicamente los datos de la estación seca.

Se realizó un test "ANOSIM" para detectar diferencias significativas entre las comunidades fitoplanctónicas

entre año y profundidad siguiendo las recomendaciones Clarke (1993), así como también se determinó la dispersión de la abundancia del fitoplancton realizando gráficas (MDS), empleando el software Primer 6 (Clarke y Gorley, 2006). También se hizo el análisis de clasificación "Cluster" basado en el algoritmo de Bray Curtis y nivel de jerarquía del vecino más cercano para las profundidades de estudio previo análisis exploratorio SIMPROF (Legendre y Legendre, 1998).

Finalmente, se realizó un análisis SIMPER para determinar la contribución de las especies en el sistema (Clarke y Warwick, 2001), tomando en cuenta solamente las especies que representan por lo menos el 10.0 % del total.

Para correlacionar las variables ambientales con la abundancia de fitoplancton se efectuó un análisis de correspondencia canónica (Ter Braak y Šmilauer, 1998) y se estableció una correlación simple no paramétrica (Spearman), la cual evalúa la intensidad de asociación entre las variables, empleando el software Canoco 4.5.

Los rangos absolutos obtenidos fueron interpretados considerando los rangos establecidos por Evans (1996; Tabla 1).

Tabla 1. Rangos absolutos de la correlación de Spearman.

Rangos		Interpretación
0	0,19	muy débil
0,20	0,39	Débil
0,40	0,59	Moderado
0,60	0,79	fuerte
0,80	1	muy fuerte

Resultados

Temperatura

Durante los dos años de estudio no se observó una estacionalidad definida, sin embargo, se registraron procesos de surgencia marcados de enero a marzo. Posteriormente, se estabilizó la columna de agua y la isoterma de 20 °C se ubicó aproximadamente a 45 m de profundidad. Este patrón se mantuvo desde finales de marzo hasta diciembre (Figura 2).

Existen diferencias estadísticamente significativas para cada una de las profundidades analizadas (KW=55.87; p=0.000), con promedios de 55.3, 47.1, 26.0 y 9.6 durante los dos años de estudio.

Nitrato

La distribución de este nutriente fue variable entre 2011 y 2012, siendo en el nivel superficial, entre 0 a 10 m de profundidad, donde se detectó las menores concentraciones (0.1 μMNO_2) durante casi todo el periodo de estudio, con excepción de febrero y

abril del 2011, cuando se registraron valores de 0.25 μMNO_2 . Subsuperficialmente, se observaron valores de nitrato que oscilaron entre 0.25 y 0.5 μMNO_2 en toda la columna de agua para ambos años, registrándose el máximo de 1.0 μMNO_2 a 30 m de profundidad en Abril del 2012 (Figura 3).

Existen diferencias estadísticamente significativas (KW=21.43; p=0.000) para cada una de las profundidades analizadas con promedios de 21.2, 27.0, 49.6 y 40.1 durante los dos años de estudio; sin embargo, a nivel superficial (KW=0.97; p=0.326) y entre los 30 y 50 m no se reflejaron diferencias (KW=3.27; p=0.071).

Nitrato

Desde la superficie hasta los 10 m de profundidad se observaron concentraciones que oscilaron entre 2.5 y 5.0 μMNO_3 durante el 2011, mientras que durante el 2012 se registró una profundización con valores inferiores a 2.5 μMNO_3 a lo largo del año. Subsuperficialmente, las mayores concentraciones se encontraron entre 30 y 50 m de profundidad, con valores 15.0 μMNO_3 para la estacionalidad seca de ambos años de estudio, seguido de un segundo pulso representativo con 12.5 μMNO_3 entre febrero y mayo del 2011 y febrero, abril, octubre y noviembre del 2012 (Figura 4).

Existen diferencias estadísticamente significativas (KW=21.42; p=0.000) para cada una de las profundidades analizadas con promedios de 17.7, 22.0, 42.6 y 55.6 durante los dos años de estudio; sin embargo, no reflejaron diferencias a nivel superficial (KW=1.10; p=0.293).

Fosfato

Superficialmente, se registraron sus máximos con valores entre 0.5 y 1.25 μMPO_4 para el primer cuatrimestre del 2011, disminuyendo sus concentraciones hasta septiembre del 2012 con valores que fluctuaron entre 0.5 y 0.75 μMPO_4 , en tanto a nivel subsuperficial marcados ascensos (> 1.5 μMPO_4) fueron registrados a partir de los 50 m de profundidad, durante febrero, octubre y noviembre del 2011; mientras que entre julio a septiembre del 2012 existieron variaciones máximas, alcanzando este último mes 2.0 μMPO_4 a 30 m en la columna de agua (Figura 5).

Existen diferencias estadísticamente significativas (KW=44.47; p=0.000) para cada una de las profundidades analizadas con promedios de 16.4, 21.8, 44.5 y 55.3, durante los dos años de estudio, sin embargo a nivel superficial no reflejaron diferencias (KW=2.00; p=0.157).

Silicato

En el primer trimestre del 2011 se presentaron las mayores concentraciones (12.5 a 17.5 μMSiO_4) desde 10 a 50 m de profundidad, siendo constantes

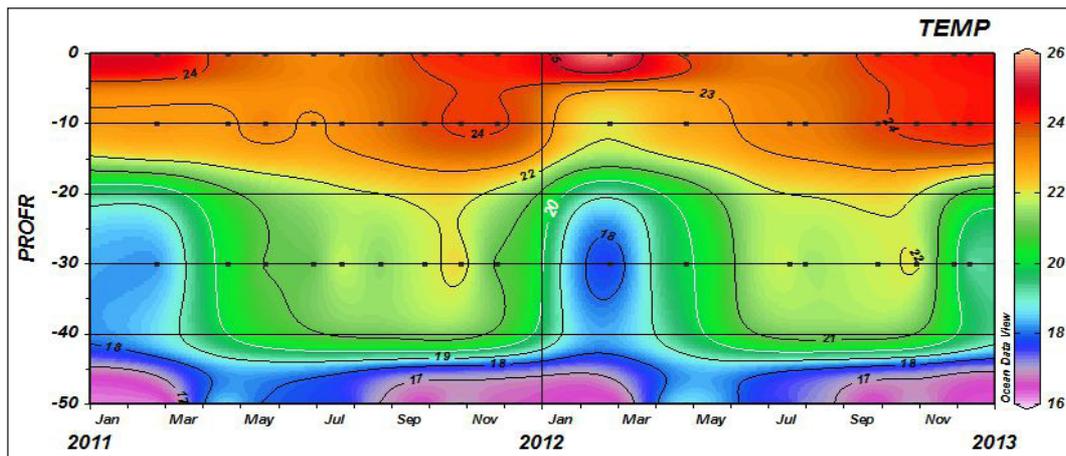


Figura 2. Variación temporal de la temperatura (°C) frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

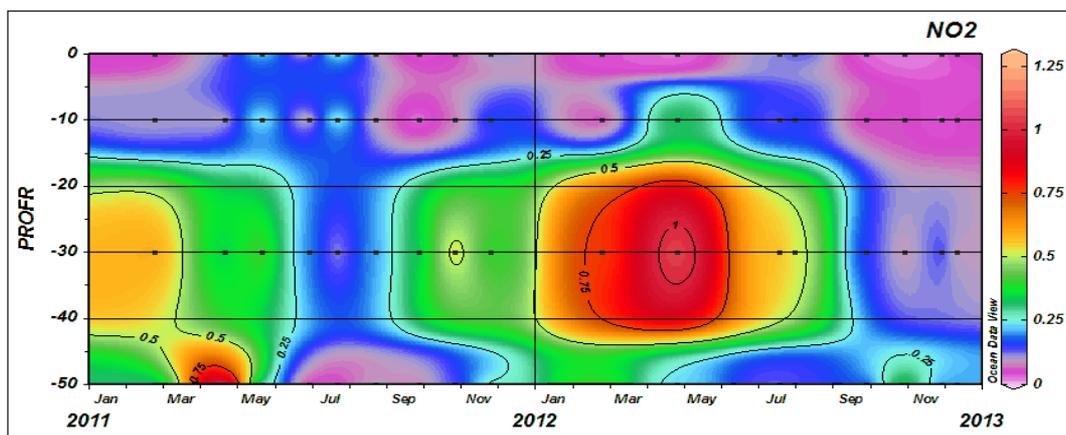


Figura 3. Variación temporal del nitrito (μMNO_2) frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

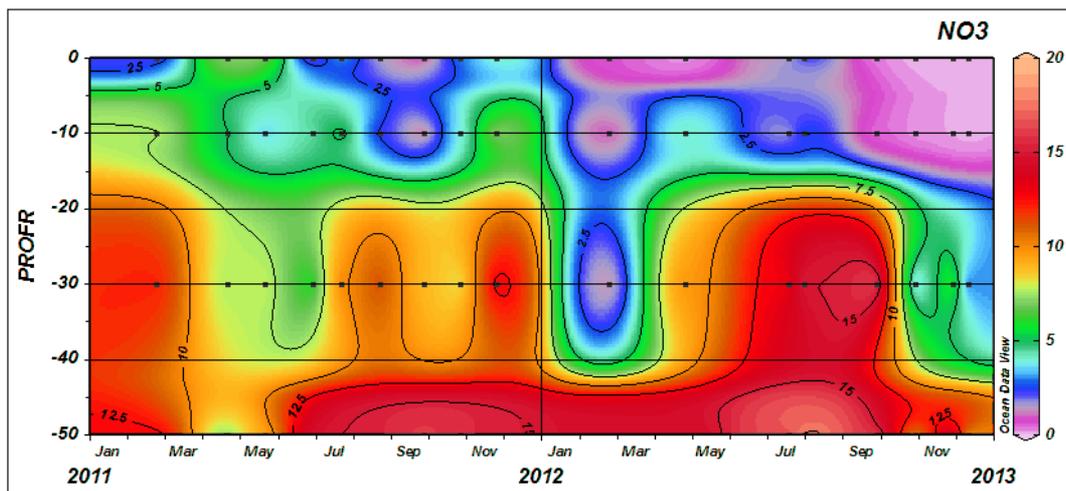


Figura 4. Variación temporal del nitrato (μMNO_3) frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

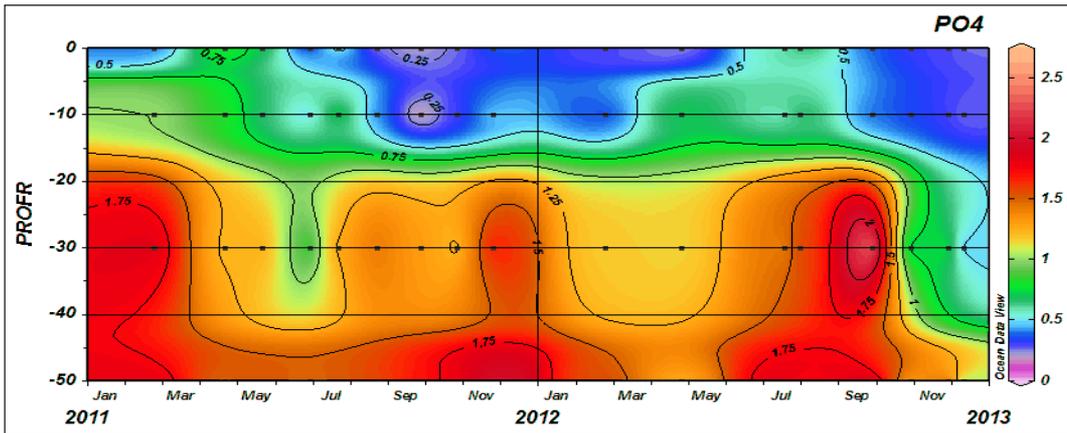


Figura 5. Variación temporal del fosfato (μMPO_4) frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

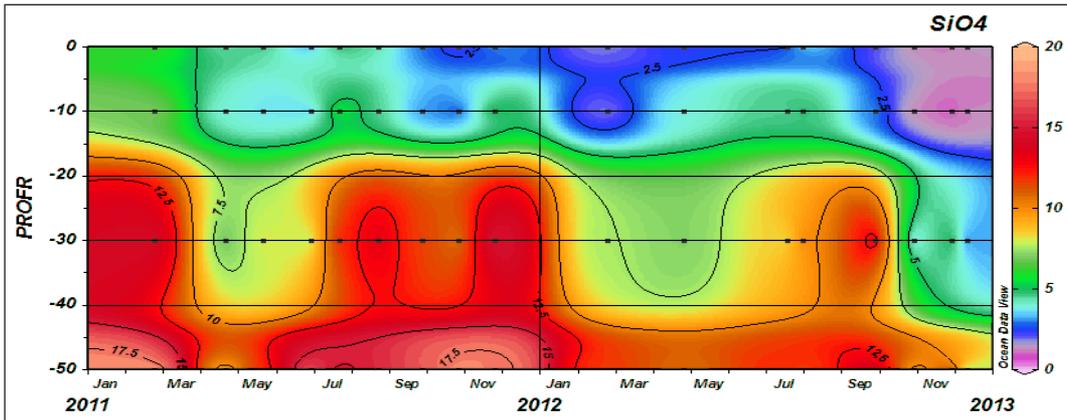


Figura 6. Variación temporal del silicato (μMSiO_4) frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

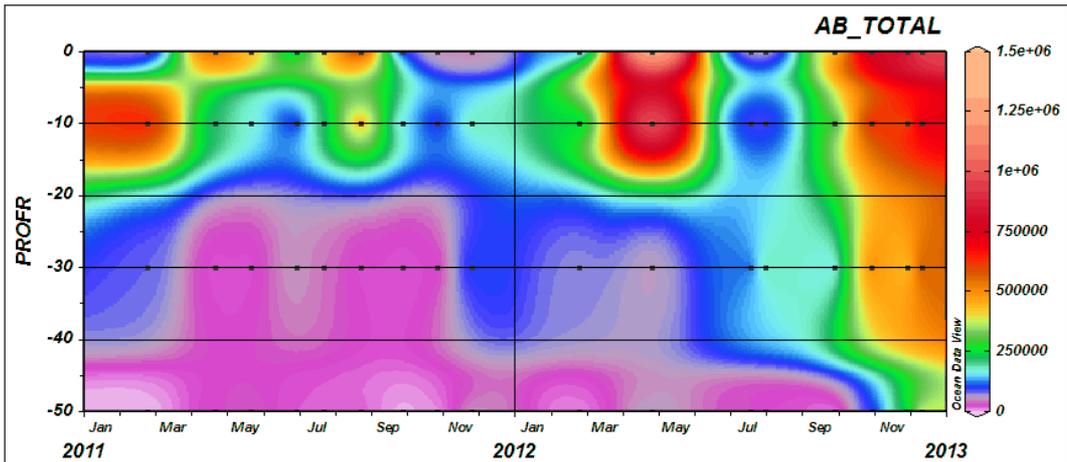


Figura 7. Variación mensual de la abundancia del fitoplancton (cel.L^{-1}) en la columna de agua frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

estas altas concentraciones desde mayo a diciembre del mismo año y en septiembre del 2012, mínimas concentraciones son evidentes en las capas superficiales durante todo el período de estudio (2.5 y $5.0 \mu\text{MSiO}_4$) (Figura 6). Existen diferencias estadísticamente

significativas ($\text{KW}=43.48$; $p=0.469$) para cada una de las profundidades analizadas con promedios de 17.7 , 20.9 , 43.8 y 55.6 , durante los dos años de estudio; sin embargo, a nivel superficial no reflejaron diferencias ($\text{KW}=0.52$; $p=0.469$).

Fitoplancton

Cualitativamente se registraron 80 especies fitoplanctónicas pertenecientes a la clase Bacillariophyceae con tres familias y 15 especies; Coscinodiscophyceae con 10 familias y 48 especies; Fragilariophyceae con una familia y tres especies; Dinophyceae con 6 familias y 13 especies y Dictyochophyceae con una familia y una especie.

Las concentraciones celulares mostraron la misma tendencia durante los dos años analizados, es decir, dominancia de Bacillariophyceae (diatomeas pennadas con rafe), seguidas por las Coscinodiscophyceae (diatomeas céntricas), mientras que las otras clases tuvieron menor representatividad.

De manera general el fitoplancton tuvo mayor representatividad hasta los 10 m de profundidad en ambos años de estudio, registrándose dos pulsos de mayor abundancia en el 2012, específicamente, el primero en abril con 134.0 y 103.0 $\text{cel.L}^{-1} \times 10^4$ a 0 y 10 m de profundidad respectivamente, y el otro en diciembre, a nivel superficial, con 106.0 $\text{cel.L}^{-1} \times 10^4$, observándose mayor estratificación en la distribución de las especies fitoplanctónicas hasta los 40 m de profundidad (Figura 7).

Existen diferencias estadísticamente significativas ($KW=23.66$; $p=0.000$) para cada una de las profundidades analizadas con promedios de 43.6, 46.9, 29.8 y 17.6, durante los dos años de estudio; sin embargo, no reflejaron diferencias a nivel superficial ($KW=0.10$; $p=0.756$).

Mensualmente, la mayor abundancia fitoplanctónica se registró en diciembre del 2012 con 37.75 $\text{cel.L}^{-1} \times 10^4$, mientras que para octubre del 2011 se observó la menor densidad algal con 1.75 $\text{cel.L}^{-1} \times 10^4$ (Figura 8), mostrando diferencias significativas entre los años estudiados ($KW 8.36$; $p= 0.004$).

El fitoplancton estuvo dominado principalmente por diatomeas, siendo las especies más abundantes *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* y *Leptocylindrus danicus* en el periodo de lluvias y *N. longissima*, *D. fragilissimus*, *C. closterium*, *Pseudo-nitzschia* complejo *delicatissima*, *Guinardia striata* y *Cerataulina pelágica* en la estación seca, acompañadas durante todo el periodo analizado por dinoflagelados, especialmente por *Gymnodinium* sp., y silicoflagelados, representados por *Dictyocha fibula*.

Al analizar individualmente los tres grupos fitoplanctónicos, se determinó que las diatomeas fueron las únicas en presentar diferencias estadísticamente significativas ($KW 8,20$; $P=0.004$); mientras que los dinoflagelados y silicoflagelados no mostraron diferencias entre sus abundancias.

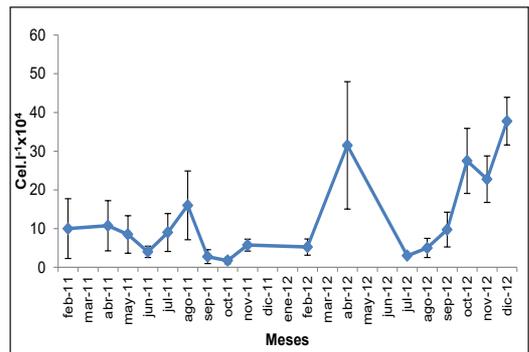


Figura 8. Variación mensual de la abundancia fitoplanctónica frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012, los resultados se muestran como medias \pm error estándar.

El test de ANOSIM de una vía mostró diferencias significativas solamente entre los años de estudio ($R=0.038$; $P=0.03$) con un stress de 0.01. De manera general, las abundancias fitoplanctónicas determinaron la formación de un conglomerado homogéneo durante la mayor parte de los meses estudiados, a excepción de febrero, septiembre de ambos años y octubre de 2011 a 50 m de profundidad (Figuras 9 y 10).

El SIMPER mostró el grado de similitud entre las especies para los dos años de estudio, obteniendo un 5.47% de similaridad para el 2011, representado por: *Nitzschia longissima*, *Chaetoceros* sp. *Cylindrotheca closterium*, *Gymnodinium* sp., y *Thalassiosira* sp., mientras que el 2012 presentó una mayor similaridad con 9.12 %, siendo las especies dominantes *N. longissima*, *C. closterium*, *Pseudo-nitzschia* complejo *delicatissima*, *Guinardia striata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata*, *Leptocylindrus danicus* y *Cerataulina pelágica*.

Adicionalmente, se estableció una disimilaridad de 84.66 % entre los dos años, siendo *N. longissima* y *C. closterium* las especies que mayormente contribuyen a este resultado (Tabla 2).

Si bien es cierto que no se detectaron diferencias significativas según los resultados del ANOSIM, se realizó un análisis exploratorio (SIMPROF), el cual mostró que entre 0 y 10 m de profundidad no hay diferencia, con un 80 % de similitud entre las especies, mientras que entre 30 y 50 m, es donde se observaron diferencias significativas con un 50.0 y 35.0 %, respectivamente (Figura 11).

Para la estacionalidad seca del 2011 se registraron correlaciones positivas (0,89 y 0,84) en los ejes canónicos 1 y 2, respectivamente. En el componente 1, las especies: *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cylindrotheca closterium* y *Leptocylindrus danicus* mostraron una correlación positiva con los nutrientes; en tanto la temperatura

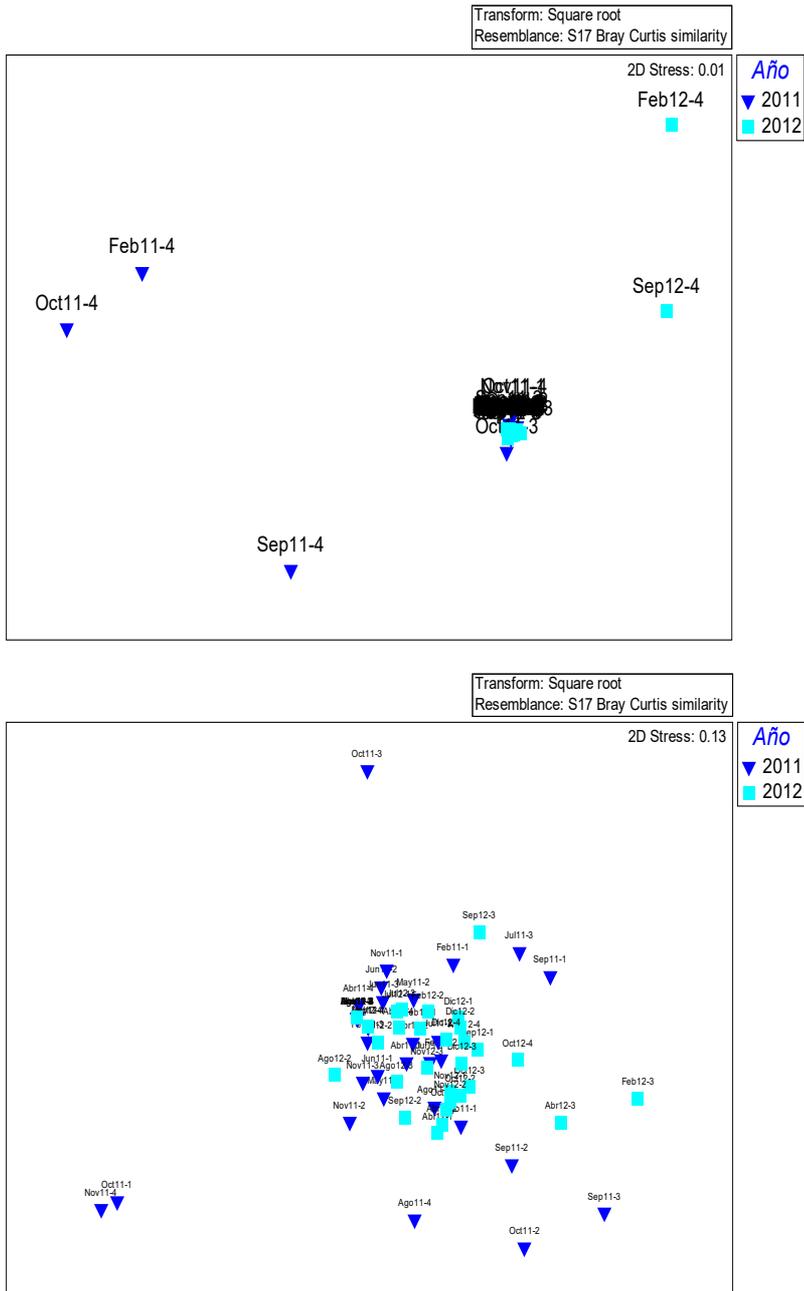


Figura 10. Diagrama MDS (Ampliado) de la estructura del fitoplancton frente a Puerto López durante 2011 y 2012.

mostró una correlación inversa con las especies: *Guinardia striata*, *Gymnodinium* sp. y *Pseudonitzschia complejo delicatissima*. En relación al componente 2, las especies *P. complejo seriata*, *C. closterium* y *L. danicus* mostraron una correlación negativa con los nutrientes analizados y positiva entre la temperatura y *G. striata* (Figura 12).

Ambos componentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas para la época seca del 2011 ($p = 0,09$), en tanto los rangos de Spearman mostraron una escala de muy débil a moderado de manera general, con excepción de las especies: *Dactyliosolen fragilissimus* y *Pseudonitzschia complejo seriata*, que lograron una

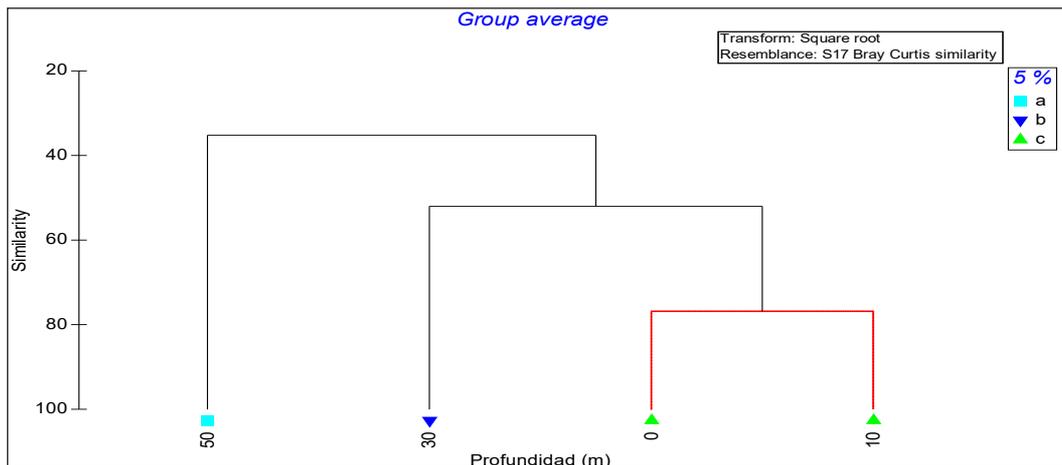


Figura 11. Agrupamiento de similitud de Bray-Curtis de las profundidades registradas frente a puerto López durante los años 2011 y 2012.

correlación fuerte con el nitrato y *Leptocylindrus danicus* con el nitrato, fosfato y silicato (Tabla 3).

Para la estacionalidad seca del 2012 se registraron correlaciones positivas (0,89 y 0,78) en los componentes 1 y 2, respectivamente. En el componente 1 los nutrientes muestran correlación positiva con las especies: *Nitzschia longissima*, *Pseudo-nitzschia complejo seriata*, *Leptocylindrus danicus* y *Gymnodinium sp.*, mientras que la temperatura obtuvo correlación inversa con *Dactyliosolen fragilissimus*. En el componente 2 los nutrientes (fosfato, silicato y nitrato) mostraron correlación positiva con las especies *Gymnodinium sp.*, y *N. longissima* y *D. fragilissimus*; mientras que las especies: *L. danicus*, *P. complejo seriata* y *N. longissima* presentaron una correlación inversa con el nitrato (Figura 13).

Presentándose diferencias estadísticamente significativas para la estacionalidad seca 2012 ($p = 0,02$), en tanto los rangos de Spearman mostraron una escala débil a muy débil en términos generales a excepción de las especies: *Cylindrotheca closterium* y *Pseudo-nitzschia complejo seriata* quienes obtuvieron una correlación fuerte e inversa a la temperatura y positiva a los nutrientes con rangos de muy fuerte (nitrato) y fuerte (nitrato, fosfato y silicato) (Tabla 4).

Discusión

Las condiciones del océano frente al Ecuador según el Boletín de Alerta Climático (BAC), fueron definidas como de desarrollo de “La Niña” en el 2011, mientras que el 2012 fue considerado como un año de condiciones cercanas a lo normal, con ausencia de evento cálido (El Niño) o frío (La Niña) (CPPS 2011, 2012 y ERFEN, 2012).

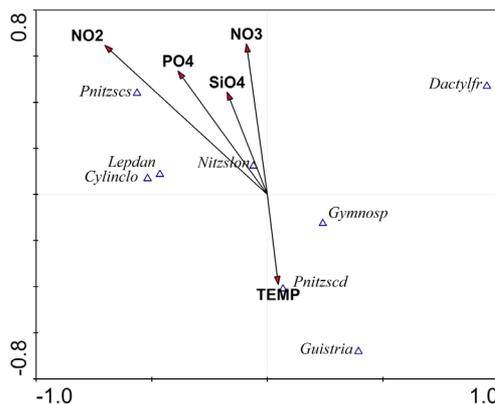


Figura 12. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del análisis de correspondencia canónica ACC, durante la estacionalidad seca del año 2011.

Tabla 2. Porcentajes de disimilitud SIMPER de las especies presentes frente a Puerto López durante los años 2011 y 2012.

Especies	Abundancia promedio		Contribución (%)
	2011	2012	
<i>Nitzschia longissima</i>	118.11	126.04	14.7
<i>Cylindrotheca closterium</i>	33.96	129.85	11.15
<i>Pseudo-nitzschia complejo seriata</i>	18.47	41.1	4.17
<i>Pseudo-nitzschia complejo delicatissima</i>	17.07	58.8	3.85
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	14.54	45.25	3.82
<i>Guinardia striata</i>	14.54	48.53	3.68
<i>Gymnodinium sp.</i>	13.41	15.63	2.88
<i>Leptocylindrus danicus</i>	11.11	30.61	2.46

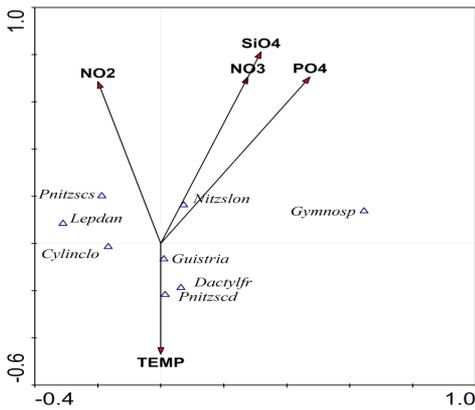


Figura 13. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del análisis de correspondencia canónica ACC durante la estacionalidad seca del año 2012.

Las condiciones locales de temperatura registradas para este estudio en toda la columna de agua mostraron una estratificación con procesos de surgencia definidos para el primer trimestre del 2011 y 2012, además de la profundización de la isoterma de 20.0°C desde finales de marzo a diciembre, éste es un patrón persistente en ambos años.

En este contexto, se observó que el nitrito en general se presentó en concentraciones > 0.1 µMNO₂ a nivel superficial, mientras que subsuperficialmente en abril de ambos años y mayo del 2012 se registraron pulsos altos de 1.0 µMNO₂ entre 30 y 50 m de profundidad, lo cual indicaría procesos de oxidación del amonio en aguas profundas con bajas concentraciones de oxígeno.

En cuanto al nitrato, éste tuvo una distribución más homogénea durante el 2011 con respecto al 2012, con valores más representativos a nivel subsuperficial en julio y diciembre del primer año y de mayo a septiembre del segundo año con 15 µMNO₃ lo cual coincide con la profundización de la termoclina de 20.0°C.

El fosfato presentó concentraciones de 0.5-1.25 µMPO₄ a nivel superficial para el primer trimestre del 2011 (época lluviosa), registrándose valores bajos hasta aproximadamente los 20 m de profundidad, con 0.5 y 0.75 µMPO₄ desde mayo del 2011 a septiembre del 2012, respectivamente, mientras que para noviembre y diciembre se observó un incremento en las concentraciones de nutrientes. Valores de 0.01 µMPO₄ son suficientes para mantener el crecimiento fitoplanctónico en función de este biolimitante (Roldán y Ramírez, 2008).

Las concentraciones de silicato fueron superiores a 50 m de profundidad, especialmente durante el periodo seco de 2011 con valores entre 15.0 y 17.5 µMSiO₄, mientras que en 2012 las mayores concentraciones se registraron desde agosto hasta septiembre, lo que coincidiría con la acción de masas de agua con mayor disponibilidad de nutrientes en la zona costera y procesos de afloramientos locales que provocan la redistribución de estos compuestos en la columna de agua (García, 2013).

Este comportamiento de los nutrientes a nivel local (frente a Puerto López), ha sido previamente reportado (Macías y León, 2009), aunque con valores superiores (20 µMNO₃, 2.25 µMPO₄ y 20.33 µMSiO₄), lo cual sería

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Spearman de las variables ambientales versus las especies más abundantes del fitoplancton frente a Puerto López durante la época seca del año 2011.

	Nitzslong	Cylinclos	Guistria	Pnitzscd	Dactylfrag	Pnitzscs	Lepdan	Gymnosp
TEMP	-0.012	-0.293	-0.147	-0.263	-0.013	-0.346	-0.244	-0.445
NO2	-0.588	0.538	0.081	-0.221	-0.658	0.635	0.135	-0.375
NO3	-0.047	0.506	0.397	0.202	-0.053	0.597	0.660	0.343
PO4	-0.315	0.428	0.362	0.195	-0.352	0.505	0.603	0.329
SiO4	-0.126	0.313	0.407	0.170	-0.141	0.370	0.678	0.288

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Spearman de las variables ambientales versus las especies más abundantes del fitoplancton frente a Puerto López durante la época seca del año 2012.

	Nitzslong	Cylinclos	Guistria	Pnitzscd	Dactylfrag	Pnitzscs	Lepdan	Gymnosp
TEMP	0.007	-0.687	-0.028	-0.194	0.008	-0.875	-0.047	-0.276
NO2	0.022	0.667	0.078	0.108	0.025	0.849	0.127	0.153
NO3	0.277	0.613	0.118	0.356	0.308	0.781	0.192	0.507
PO4	0.445	0.606	0.087	0.261	0.496	0.772	0.143	0.372
SiO4	0.341	0.627	0.182	0.239	0.379	0.798	0.297	0.341

resultado de la variabilidad oceanográfica interanual existente entre 2008 y los años 2011 y 2012, analizados en este estudio.

Durante el mencionado estudio (op. cit.), el fitoplancton, de manera general mostró variaciones en relación a su abundancia y distribución en la columna de agua, es así que las concentraciones celulares fueron inferiores a 1.0 cel. L⁻¹×10⁶, que es el valor máximo celular en las zonas costeras del Ecuador al sur de la latitud ecuatorial (0° y 82° O) hasta el Golfo de Guayaquil (3° 30' S; Jiménez, 2008); mientras que las máximas concentraciones se localizaron entre 0 y 10 m de profundidad, coincidiendo con reportes previos (Coello et al., 2010; Prado y Cajas, 2010 a, b) y a la vez difiriendo con lo reportado por Jiménez, (2008), quien determinó que la mayor actividad celular se presenta hasta los 25 m.

La reproducción fitoplanctónica y por ende su abundancia está determinada principalmente por la interacción de la luz, temperatura y nutrientes, variables que durante este estudio habrían creado las condiciones adecuadas para los procesos fisiológicos especialmente a 0 y 10 m de profundidad, favorecidos por los procesos de surgencia observados en periodos específicos (inicios de 2011 y 2012), comportamiento evidente en el análisis de similaridad que incluye en un mismo grupo a estas dos profundidades y diferencia los niveles restantes (30 y 50 m).

Así también, debe considerarse que durante el primer año de estudio se presentaron anomalías frías que favorecieron el incremento de nutrientes a nivel subsuperficial, este enriquecimiento no fue aprovechado por las algas debido a la poca presencia de ellas en esas profundidades; mientras que para el segundo año se observó mayor asimilación de nutrientes por parte de las poblaciones de fitoplancton que se incrementaron, dando lugar a una mayor estratificación del fitoplancton en la columna de agua.

De manera general, el nitrato y fosfato en sus diferentes formas químicas son los biolimitantes por excelencia del fitoplancton, siendo las diatomeas como resultado de la composición de su membrana celular, las que pueden adicionalmente llegar a ser limitadas en su crecimiento por el silicato, nutrientes que en función de los valores registrados estuvieron disponibles para su utilización, especialmente por parte de *Cylindrotheca closterium* y *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* y *Leptocylindrus danicus*, considerando los valores de correlación obtenidos que son considerados como fuertes, según la clasificación de Evans (1996).

El análisis de correspondencia canónica (ACC) determinó que el fitoplancton durante el periodo seco del 2011 y 2012 mostró comportamientos diferentes, es así que durante el primer año no se registraron diferencias significativas entre los meses de junio

a noviembre, mientras que en el segundo año, las condiciones fueron cercanas a la normalidad, lo que determinó que algunas especies fueran favorecidas por la disponibilidad de nutrientes, como sucedió con *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* y *Leptocylindrus danicus* y una correlación inversa con la temperatura en un rango de muy débil a débil en 2011 y *Cylindrotheca closterium* y *P.* complejo *seriata* presentaron una correlación inversa a la temperatura y positivamente con los nutrientes en 2012, aunque sin dejar de considerar que en ninguno de los años se registró un Frente Ecuatorial definido.

Es necesario mencionar que frente a la zona costera ecuatoriana, la característica oceanográfica más importante es el Frente Ecuatorial, el cual está influenciado por procesos persistentes del afloramiento ecuatorial en áreas oceánicas y afloramientos costeros, los cuales determinan altos contenidos de nutrientes en la zona eufótica o zona iluminada (Jiménez, 2008).

Históricamente (1999-2009), la zona costera frente a Puerto López se ha caracterizado por poseer un fitoplancton menor que el registrado en Salinas, Punta Galera y Esmeraldas, asociando esta condición al aporte de aguas oceánicas de menor disponibilidad de nutrientes y procesos activos de predación, registrándose como especies dominantes y representativas a *Cylindrotheca closterium*, *Dactyliosolen fragilissimus* y *Guinardia striata*, *Nitzschia longissima* y *Rhizosolenia styliformis*, con máximos a 10 m de profundidad (Coello et al., 2010 y Prado y Cajas, 2010 a y b).

En el estudio realizado en 2013-2014 (Fuentes y Valle, 2014), las abundancias fitoplanctónicas establecidas en el periodo seco también son inferiores a las de la estacionalidad lluviosa en esta área y mencionan a las especies *Rh. imbricata*, *G. striata* y *L. danicus*, como las que contribuyen en mayor grado a la densidad registrada durante el primer periodo mencionado. Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en el presente estudio, por lo que se estima que esta tendencia se mantiene en el tiempo.

Conclusiones

El fitoplancton frente a Puerto López presentó variaciones en la abundancia y distribución, siendo sus valores inferiores a lo establecido como promedio para esta zona del mar ecuatoriano, con mayor actividad celular entre la superficie y 10 m de profundidad. *Nitzschia longissima* y *Cylindrotheca closterium*, son las especies que tipifican a la comunidad fitoplanctónica en función de las abundancias registradas y permanencia en el periodo analizado.

Desde el punto de vista estadístico, se determinó que en base a la abundancia del fitoplancton hay diferencias significativas entre los años de estudio y las profundidades analizadas, así como también

al correlacionar las variables ambientales versus la abundancia del fitoplancton, el test de significancia del análisis de correspondencia canónica ACC determinó que la estación seca del 2012 es diferente con respecto a la misma época del 2011, siendo mayor la abundancia en el segundo año de análisis.

El análisis exploratorio SIMPROF y el agrupamiento de similitud de Bray Curtis (CLUSTER), estableció tres zonas en la columna de agua con un 80.0 % de similitud entre las especies: a) 0 a 10 m de profundidad, b) 30 m y c) 50 m de profundidad, lo que habría sido resultado de las condiciones oceanográficas presentes en los años analizados que determinaron variaciones en las concentraciones de nutrientes y temperatura, así como también presencia de afloramientos, sin dejar de considerar los procesos de transferencia de energía entre el primer y segundo nivel trófico, no analizados en este estudio.

Las relaciones entre el fitoplancton y las condiciones oceanográficas existentes determinaron que las especies: *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* y *Leptocylindrus danicus* tuvieron una correlación fuerte con los nutrientes (nitrito, nitrato y silicato), siendo el segundo y tercer nutriente quienes intervinieron positivamente en el crecimiento de *L. danicus* durante el 2011, mientras que para el segundo año las especies *Cylindrotheca closterium* y *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata* obtuvieron una correlación fuerte e inversa a la temperatura y directa muy fuerte con el nitrito y fuerte con nitrato, fosfato y silicato.

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis de la investigación al observar que la dinámica oceanográfica en función los nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato y silicato) y la temperatura favorecieron a la abundancia del fitoplancton durante la estación seca.

Bibliografía

Al-Kandari, M., Faiza, Y. y K. Al.Rifale. (2009). *Marine phytoplankton Atlas of Kuwait's Waters*, Kuwait: Kuwait Institute for Scientific Research.

Astor, Y. M., Lorenzoni, L., Thunell, R., Varela, R., Muller-Karger, F., Troccoli, L., & Rueda, D. (2013). Interannual variability in sea surface temperature and fCO₂ changes in the Cariaco Basin. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* (93), 33-43.

Balech, E. (1988). *Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental*. Madrid: Instituto Español de Oceanografía.

Boyer, J. N., Fourqurean, J. W., & Jones, R. D. (1997). Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries*, 20(4), 743-758.

Burford, M. A., & Rothlisberg, P. C. (1999). Factors limiting phytoplankton production in a tropical continental shelf ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48(5), 541-549.

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). An approach to statistical analysis and interpretation. *Change in Marine Communities*, 2.

Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User manual/tutorial*. PRIMER-E: Plymouth UK.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, (18), 117-117.

Coello, D., Prado, M., Cajas, J., & Leonor de Cajas. (2010). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 4, (2): p. 23-43.

CPPS. (2011 a). *Boletín de Alerta Climática N° 251 (Agosto 2011)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>

CPPS. (2011 b). *Boletín de Alerta Climática N° 252 (Septiembre 2011)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>

CPPS. (2011 c). *Boletín de Alerta Climática N° 253 (Octubre 2011)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>

CPPS. (2011 d). *Boletín de Alerta Climática N° 254 (Noviembre 2011)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>

CPPS. (2011 e). *Boletín de Alerta Climática N° 255 (Diciembre 2011)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>

CPPS. (2012). *Boletín de Alerta Climática N° 265 (Noviembre 2012)*. Recuperado: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/bac>.

Cucalón, E. (1996). *Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil*. Guayaquil: Comisión Asesoría Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador.

Eaton Andrew D., L. Clesceri., E. Rice., y A. Greenberg. (2005). *Inorganic Nonmetals*. In: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition (4000). Washington: American Public Health Association (APHA).

Elder, L., & Elbrächter, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*, 110.

ERFEN. (2012). Informe Técnico. No. 13. IMARPE-PERÚ. Recuperado: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infcto_inf_tecnico_diciemb_2012.pdf

Evans, J.D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Brooks/Cole.

Fuentes, M., & Valle, M. (2014). Estudios de Caracterización del Mar Territorial Continental del Ecuador, Bases para lograr la zonificación marina. Estudio 4: Distribución y Variación de los valores de productividad primaria (fitoplancton) y secundaria (zooplancton), a dos profundidades, en el mar territorial y aguas interiores de la Plataforma Continental del Ecuador. Recuperado: <http://www.oceandocs.org/handle/1834/5462>

Fuentes, L., Siqueiros B., y Navarro J. (2010). *Benthic Diatoms Associated With Mangrove Environments In The Northwest Region of México*. La Paz: Conabio-UABCS-IPN.

García, A. (2013). *La valoración ambiental como método para determinar espacios que sean factibles para maricultura sustentable*. (Tesis de pregrado). FIMCBOR, Guayaquil-Ecuador.

García, D. (2010). *Composición, distribución y abundancia de los dinoflagelados en la costa ecuatoriana durante febrero 2001*. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.

Hasle, S. (1978). *The inverted microscope method*. In Sournia 1978. *Phytoplankton manual*. Paris: SCOR-UNESCO.

Herrera, M., Castro, R., Coello, D., Saa, I., y E. Elías. (2013). *Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador. Puertos, Caletas y Asentamientos Pesqueros Artesanales del Ecuador. (Tomo 1.- Provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena)*. Guayaquil-Ecuador: Boletín Especial del Instituto Nacional de Pesca.

Jiménez, R. (1983). Diatomeas y Silicoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 2 (2), p. 193-281.

Jiménez, R. (2008). *Aspectos biológicos de El Niño en*

- el Pacífico Ecuatorial. Guayaquil-Ecuador: Centro de Biodiversidad CENBIO.
- Jiménez, R. y D. Bonilla. (1980). Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente ecuatorial. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 1(1), p. 19-64.
- Legendre, P., L. Legendre. (1998). *Numerical Ecology*. Elsevier: Amsterdam.
- Licea, S., Moreno, J., Santoyo, H., y G. Figueroa. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. La Paz: Universidad Autónoma de Baja California.
- Macías, P y León J. (2009). Condiciones hidroquímicas en estaciones 10 millas frente a la costa ecuatoriana, durante el periodo 2008. *Boletín Científico y Técnico (2009)*.20, (5), p. 17-23.
- Moreno, J., Licea, S., y Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. La Paz: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Ochoa, N. y Tarazona, J. (2003). Variabilidad Temporal de Pequeña Escala en el Fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Revista Biológica de Perú*. 10 (1), p. 59 - 66.
- Parsons, T., Maita, Y., y Lally, C. (1984). *A manual of chemical and biological methods of seawater analysis*. Oxford, Pergamon Press.
- Pesantes, F. (1983). Los Dinoflagelados como indicadores de El Niño en el mar ecuatoriano. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 2 (1), p. 85 -117.
- Prado, M y Cajas J. (2009). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana, durante el 2008. *Boletín Científico y Técnico*. 20, (5), p. 24-43.
- Prado, M., Cajas, J. (2010 a). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2009. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 4, (3), p. 23-32.
- Prado, M., Cajas, J. (2010 b). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2007. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 4, (3), p.59-70.
- Ramírez, D y Giraldo, A. (2006). Estructura Comunitaria del fitoplancton de la cuenca Pacífica colombiana durante la campaña oceanográfica pacífico XXXIX ERFEN XXXVII. (Boletín Científico CCCP. No. 13) Recuperado: <http://www.cccp.org.co/index.php/descargas/category/38bolc-ccp13?download=108%3Abol13065-0842006>
- Rodríguez, R., Becerril, D., Lizárraga, I. (2008). *Catálogo de Microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa*. Sinaloa: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rojas, P y Ortiz, J. (2007). Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el océano Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (6), p. 5-15.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical 2da. edición*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Siqueiros-Beltrones, D.A. (2002). *Diatomeas Bentónicas de la Península de Baja California; Diversidad y Potencial Ecológico*. Instituto Politécnico Nacional y Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz-México.
- Soler, B. A., Pérez, A.M., Aguilar, G.E. (2003). *Diatomeas de las Costas del Pacífico de Panamá*. Universidad de Panamá.
- Solórzano, L. (1984). Métodos de Análisis en el curso latinoamericano de post-grado: "Instrumentación y análisis químicos de agentes contaminantes en el mar". *Bol. Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca*. (1) p. 7.
- Solórzano, L. (1989). Flujo de nutrientes en aguas costeras del Pacífico Ecuatoriano. *Bol. Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca*, p 15.
- Tapia, M. (2006). *Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento "La Niña 1999-2000"*. (Tesis doctoral). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Ter Braak, C. & P. Smilauer. (1998). CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer power. Ithaca, N. Y., U. S. A.
- Tomas, C. (1996). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. USA.
- Torres M, G. (2010). *Composición y distribución del fitoplancton en aguas costeras ecuatorianas durante la niña (septiembre 2001)*. (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Ecuador.
- Solórzano, L. (1984). Métodos de Análisis en el curso latinoamericano de post-grado: "Instrumentación y análisis químicos de agentes contaminantes en el mar". *Bol. Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca*. (1) p. 7.
- Solórzano, L. (1989). Flujo de nutrientes en aguas costeras del Pacífico Ecuatoriano. *Bol. Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca*, p 15.
- Tapia, M. (2006). *Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento "La Niña 1999-2000"*. (Tesis doctoral). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Ter Braak, C. & P. Smilauer. (1998). CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer power. Ithaca, N. Y., U. S. A.
- Tomas, C. (1996). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. USA.
- Torres M, G. (2010). *Composición y distribución del fitoplancton en aguas costeras ecuatorianas durante la niña (septiembre 2001)*. (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Ecuador.
- UNESCO (2011). Manual para la medición del progreso y de los efectos directos del manejo de costas y océanos. Manual y Guías de la COI, 46; Dossier ICAM, 2. París.
- Zar, J. (1996). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall.