

Fitoplancton en la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, Guayaquil-Ecuador

Phytoplankton in the El Salado Mangrove Fauna Production Reserve, Guayaquil- Ecuador

María Elena Tapia

Máster en Ciencias en Manejo de recursos bioacuáticos y ambiente
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.
Guayaquil, Ecuador
maria.tapia@inocar.mil.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1988-5940>

Luis Troccoli-Ghinaglia

PhD en Ecología Marina
Profesor jubilado de la Universidad de Oriente, Venezuela.
Boca de Río, Isla Margarita-Venezuela
luis.troccoli@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8684-6741>

Richard Narea

Químico
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.
Guayaquil, Ecuador
richard.narea@inocar.mil.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3516-1384>

Christian Naranjo

Máster en Ciencias en Manejo de recursos bioacuáticos y ambiente
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada
Guayaquil, Ecuador
christian.naranjo@inocar.mil.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4283-2783>

Artículo

Acta Oceanográfica del Pacífico
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Acta Oceanográfica del Pacífico
DOI: <https://doi.org/10.54140/raop.v3i2.67>
Recibido 11 de noviembre, 2022
Aceptado 08 de diciembre, 2022
Vol 5. No. 1. 2023
ISSN: 1390-129X
ISSN: 2806-5522
Pg. 84-100

Resumen

El fitoplancton es un indicador de los procesos en los cuerpos de agua. Desde mayo a noviembre de 2018, en el estero Salado de Guayaquil, se efectuaron muestreos superficiales de fitoplancton, clorofila *a*, mediciones de temperatura, salinidad y pH superficial. Así también se recolectaron muestras de agua para los análisis de nutrientes inorgánicos (Fosfatos y Silicatos). Las variables biológicas y ambientales fueron realizadas durante los dos estados de mareas en cuatro zonas ubicadas dentro de la Reserva de producción Faunística Manglares de El Salado. Se determinó la mayor concentración de clorofila (18.7 mg/m^3) en la zona suroeste (Puente Portete), en flujo durante septiembre y caracterizando como la concentración más alta de toda el área de estudio. La composición de la comunidad de fitoplancton en muestras de red presentó similitud similitud entre las zonas 2, 3 y 4, en tanto que en la zona 1 ubicadas al norte (Estaciones Miraflores y Bellavista) fue diferente en un 73 % su composición en comparación a las otras tres zonas de estudio. Las variables ambientales salinidad, pH, nutrientes y clorofila no presentaron diferencias significativas en función a las diferentes zonas, estados de mareas y meses durante la época seca de 2018, a excepción de la variable temperatura presentó diferencias significativas observadas en la zona 1

ubicada al norte del área de estudio debido a la mayor temperatura superficial registrado en mayo en comparación a las zonas noroeste, suroeste y sur. Mediante un análisis de correspondencia canónica (ACC), se determinaron relaciones de correspondencia ortogonal de las especies dominantes de cada sector y las variables ambientales, se presentaron fuertes correlaciones entre *Chorococcus limneticus* y la temperatura, favorecido por la alta disponibilidad de fosfatos y silicatos durante la época seca, noviembre de 2018 en la zona norte del área de estudio. Además otras especies de fitoplancton mostraron una relación de correspondencia con otras variables ambientales en otras zonas de estudio de la reserva de producción faunística El Salado.

Palabras clave: Fitoplancton, área protegida, clorofila, abundancia, especies.

Abstract

Phytoplankton is indicator of processes in aquatic environments. During may to november 2018 in the Salado de Guayaquil estuary, surface sampling of phytoplankton, chlorophyll a, temperature, salinity and surface pH measurements were carried out. Water samples were also collected for analysis of inorganic nutrients (phosphates and silicates). The biological and environmental variables were carried out during the two tidal states in four zones located within the Manglares de El Salado Faunal Production Reserve. The highest chlorophyll concentration was determined in the southwest zone (Puente Portete), in flow with a core of 18.7 mg/m³ at surface level during september and characterized as the highest concentration in the entire study area. The composition of the phytoplankton community in net samples showed similarity between zones 2, 3 and 4 by means of the similarity index, while in zone 1 located to the north (Miraflores and Bellavista Stations) its composition was 73% different compared to the other three study zones. The environmental variables salinity, pH, nutrients and chlorophyll did not present significant differences according to the different zones, tidal states and months during the 2018 dry season, except for the temperature variable, which presented significant differences observed in zone 1 located to the north of the study area due to the higher surface temperature recorded in May compared to the northwest, southwest and south zones. By means of a canonical correspondence analysis (CCA), orthogonal correspondence relationships of the dominant species in each sector and environmental variables were determined, strong correlations were presented between *Chorococcus limneticus* and temperature, favored by the high availability of phosphates and silicates during the dry season, november 2018 in the northern zone of the study area. So also other phytoplankton species showed a correspondence relationship with other environmental variables in other study areas of the El Salado faunal production reserve.

Key words: Phytoplankton, protected area, chlorophyll, abundance, species.

Introducción

El Golfo de Guayaquil, es el estuario más grande y productivo del Pacífico Sur, concentrando aproximadamente el 81% del sistema de manglares del Ecuador, y alberga en su área interna el estero Salado catalogado como Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS), parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) y está localizada al noroeste del estuario del Golfo de Guayaquil y al suroeste del puerto principal.

El papel de los estuarios en cuanto a aportes de nutrientes a la zona costera ha sido ampliamente estudiado debido a la importancia que representa en la transferencia de energía y en la producción pesquera (Alpine & Cloern, 1992). Esta carga de nutrientes se genera principalmente por el incremento de las poblaciones humanas y sus actividades en las zonas costeras, el cual cuando es excesivo puede conducir a la eutrofización afectando la calidad y uso de los recursos de estos ecosistemas (Nixon, 1995).

En Ecuador el 70 % de los cuerpos de agua continentales desembocan en la zona costera (Rendón *et al.*, 1983), destacándose el Golfo de Guayaquil, donde se concentra la mayor parte de la actividad pesquera y acuícola del país (San Martín, 2009). Sin embargo, la carga de nutrientes que proviene de las aguas residuales sin tratamiento de origen agrícola, pecuario, doméstico, industrial y de acuicultura, le otorgaría características tróficas que podrían afectar la calidad del agua y la diversidad de recursos que en él se desarrollan.

Debido a la importancia de esta reserva que radica no solamente en ser el espacio vital para la flora y fauna nativa del golfo interior, sino también por el gran valor paisajístico, estético y recreativo, más aún al estar dentro de la ciudad más grande y poblada del país.

El objetivo de este estudio fue determinar la composición de las especies del fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en los esteros ubicados en la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado del cantón Guayaquil.

Materiales y métodos

El estero Salado está localizado al noroeste del estuario del Golfo de Guayaquil y al suroeste del puerto de la ciudad, se encuentra compuesto por áreas salitrales, remantes del bosque seco tropical, el bosque de manglares y los esteros; Plano Seco, Salado y Mogollón según (Carvajal *et al.*, 2005). Está dividido por una barrera natural de islas y diferentes canales que separa el estero Salado del río Guayas, lo que hace que las aguas marinas ingresen directo al canal del Morro hacia el estero, recibiendo el aporte de agua dulce del río mediante el canal de Cascajal y las corrientes de marea.

Comprende los distintos esteros que conforman la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, dentro de esta área se monitorearon 7 estaciones, las mismas que se establecieron en cuatro zonas y que se muestran en la (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación de las áreas y estaciones de estudio localizadas en la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado de Guayaquil, durante la época seca de 2018.

Zona	Estación	Ubicación	Latitud	Longitud	Marea
Norte	1	Miraflores	620392	9760839	Flujo - reflujo
Norte	2	Bellavista	620914	9757914	Flujo - reflujo
Noroeste	3	Puerto Hondo	609002	9757448	Flujo - reflujo
Suroeste	4	Puente Portete	618210	9757288	Flujo - reflujo
Sur	5	Estero Palanqueado	619817	9754106	Flujo - reflujo
Sur	6	Puerto Lisa	620684	9754123	Flujo - reflujo
Sur	7	Estero del Muerto	621030	9750885	Flujo - reflujo

Los muestreos en el estero Salado se realizaron a bordo de la lancha hidrográfica en las estaciones indicadas en la (Tabla 1), a excepción de la estación 2 ubicada en la zona norte que se efectuó el muestreo por vía terrestre y el posicionamiento de las estaciones de muestreo se la obtuvo empleando un GPS a fin de coleccionar las muestras de agua para las variables fisicoquímicas y biológicas.

Las variables fisicoquímicas fueron colectadas empleando una botella Van Dorn y las muestras de agua fueron analizadas siguiendo los descritos en los protocolos APHA (2005), método estándar para la medición de aguas y aguas residuales.

Para el análisis de muestras de clorofila se recolectó 1 litro de agua y se empleó el método de Fluorometría descrito en el Manual Scor-Unesco Working Group 17 (1966).

Para la recolección de las muestras de fitoplancton se efectuaron lances superficiales, empleando una red cilindro cónica simple de 30 cm de diámetro de la boca de red, provista de flujómetro, con una abertura de malla de 50 μ m para recolectar muestras de fitoplancton durante los dos estados de mareas. Las muestras fueron preservadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizado con tetraborato de sodio.

Resultados

Zona Norte del estero Salado

Las variables ambientales mostraron durante la época seca de 2018, en la reserva de Manglares del estero Salado, que la salinidad tiene patrón de incremento durante la época seca, a partir de agosto hasta noviembre, en tanto que la temperatura mostró una diferencia significativa, presentando su máximo de 29.9°C en mayo, disminuyendo su promedio a partir de junio hasta noviembre de 2018. La concentración de fosfatos presentó sus máximos valores promedios

de 20 $\mu\text{mol/L}$ en junio y septiembre de 2018, en tanto que los silicatos presentó el máximo de 350 $\mu\text{mol/L}$ en agosto de 2018. Con relación a la clorofila *a* no mostraron diferencias significativas durante el período de estudio, presentado los máximos valores promedios durante los meses junio y septiembre, disminuyendo en octubre y noviembre de 2018.

Los valores de potencial de hidrógeno estuvieron ligeramente alcalinos en el

período de estudio. Sin embargo, los mayores valores de salinidad se presentaron en octubre y noviembre de 2018.

Las variables ambientales registradas en las estaciones ubicadas en el sector norte no mostraron diferencias significativas, a excepción de la temperatura que presentó diferencias significativas durante mayo en comparación a los siguientes meses del periodo de estudio (Figura 1).

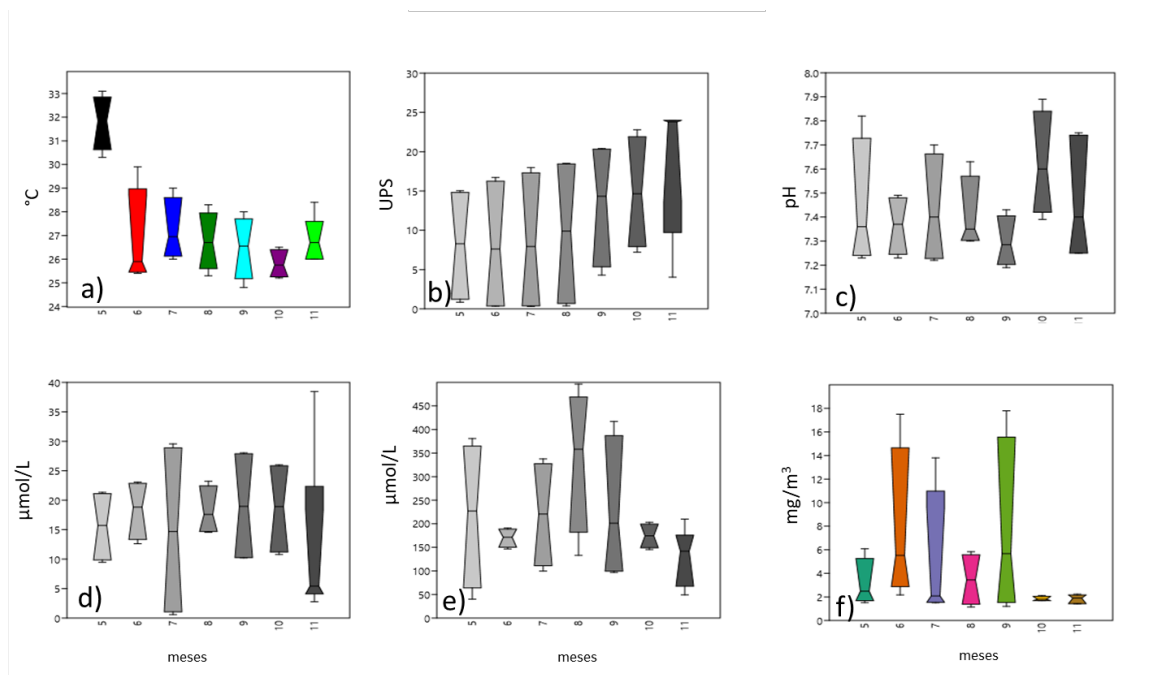


Figura 1. Variación mensual de las variables ambientales en el sector norte del estero Salado durante mayo a noviembre de 2018. a) Temperatura, b) Salinidad, c) pH, d) Fosfatos, e) Silicatos, f) Clorofila *a*

El análisis de correspondencia canónica mostró que *Chorococcus limneticus* presentó una fuerte relación con las variables temperatura superficial y presentó su mayor abundancia debido a la disponibilidad de los nutrientes fosfatos y silicatos observados en noviembre del 2018 y asociado a óptimos valores de alcalinidad en las estaciones localizadas en el sector norte.

En cuanto al comportamiento temporal de la especie *Coscinodiscus sp.* presentó su mayor abundancia en junio 2018 en flujo de la estación 2, en correlación con una alta concentración de clorofila *a*, asociada a una elevada disponibilidad de los nutrientes inorgánicos tales fosfatos y silicatos. (Figura. 2).

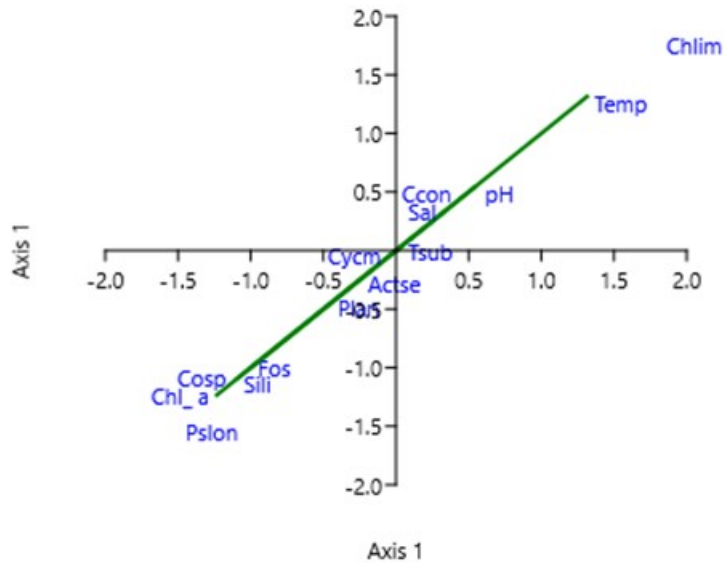


Figura 2. Proyección ortogonal de las dos primeras componentes del análisis de correspondencia canónica ACC, en el sector norte durante mayo-noviembre de 2018.

Zona Noroeste del Estero Salado

La temperatura superficial, en la estación 3 ubicada en Puerto Hondo mostró un patrón similar al observado en el sector norte y durante mayo se presentó el mayor valor de temperatura, en tanto que en junio disminuyó llegando a valores promedio de 25° en agosto y octubre de 2018. La salinidad mostró un patrón de distribución temporal y el menor valor de salinidad se registró en mayo y paulatinamente fue aumentando hasta alcanzar el máximo valor de 27 ups en los meses de octubre y noviembre de 2018 (Figura 3).

Las variables fosfatos y silicatos no presentaron diferencias significativas, determinándose el máximo valor de fosfato en junio y el menor valor se presentó en noviembre de 2018. Los silicatos presentaron su máximo valor en mayo y el menor valor en noviembre de 2018. La variable clorofila a presentó los máximos en los meses de junio y julio de 2018 y no presentaron diferencias significativas durante el período de estudio. Un patrón similar presentó la variable pH que no presentó diferencias significativas y el máximo valores de 7.7 de pH se registró en octubre de 2018.

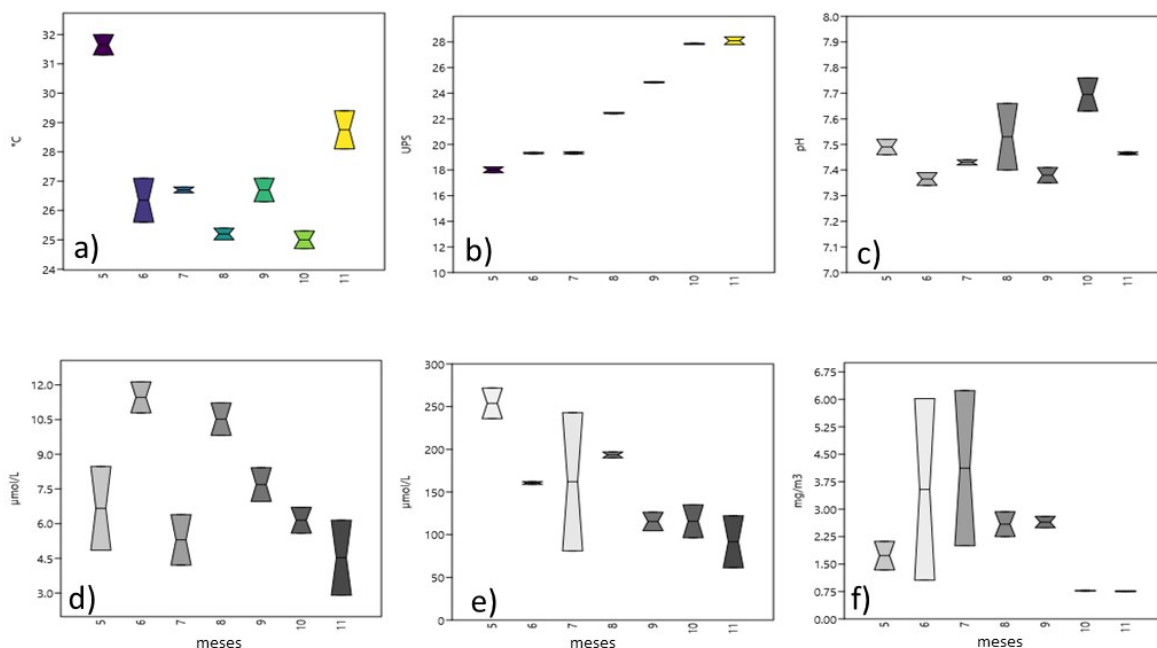


Figura 3. Variación mensual de las variables ambientales en el sector noroeste del estero Salado durante mayo a noviembre de 2018. a) Temperatura, b) Salinidad, c) pH, d) Fosfatos, e) Silicatos, f) Clorofila a .

La diatomea céntrica *Cyclotella meneghiana* mostró un grado de correlación con la temperatura superficial, debido a que aumenta la abundancia a medida que se presentan temperaturas entre rangos entre 25° a 26.5° C. La especie *Chaetoceros subtilis* mostró una

fuerte relación con la salinidad, la mayor abundancia de esta especie se presentó con valores de 24.8 ups. En tanto que esta zona la especie *Pleurosigma angulatum* mostró una fuerte correlación con las variables silicatos y Clorofila a (Figura 4).

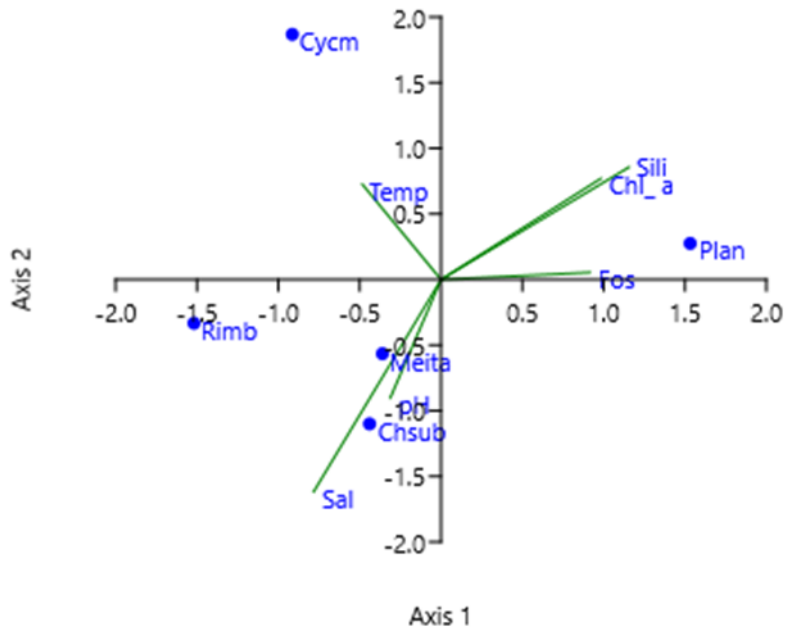


Figura 4. Proyección ortogonal de las dos primeras componentes del análisis de correspondencia canónica ACC, en la zona noroeste durante mayo-noviembre de 2018.

Zona Suroeste del estero Salado

Las variables ambientales registradas durante el período de estudio no presentaron diferencias significativas a excepción de la temperatura, que mostró su mayor de 32° C en mayo de 2018 y su tendencia a disminuir en los siguientes meses de la época seca. La salinidad mostró un patrón inverso a la temperatura, registrándose el menor valor de 15 ups en

mayo y aumentando en los meses siguientes de la época seca (Figura 5).

Los mayores promedios de clorofila *a* estuvieron relacionados con una alta disponibilidad de nutrientes, con promedios entre 8 y 145 $\mu\text{mol/L}$ de fosfatos y silicatos respectivamente, y el pH presentó valores promedios de 7.5 observados en septiembre de 2018.

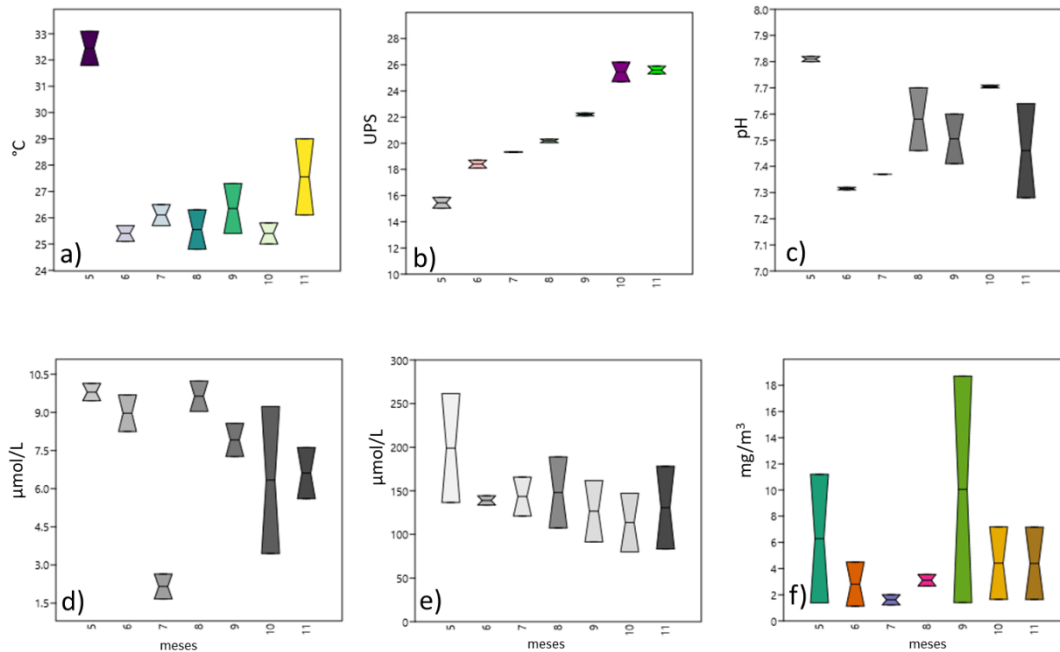


Figura 5. Variación mensual de las variables ambientales en el sector suroeste del estero Salado durante mayo a noviembre de 2018. a) Temperatura, b) Salinidad, c) pH, d) Fosfatos, e) Silicatos, f) Clorofila *a*.

La especie *Coscinodiscus concinnus* presentó un grado de correspondencia con las variables temperatura y fosfatos, es decir aumenta su abundancia cuando aumenta la temperatura y se presenta una óptima concentración de fosfatos. En tanto

que la especie *Coscinodiscus excentricus* disminuye su abundancia cuando se presentan valores promedios inferior a 25°C (Figura. 6).

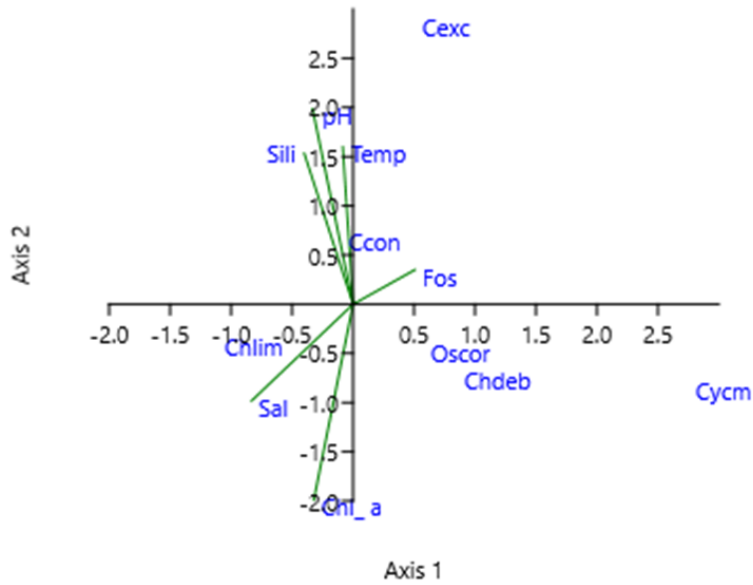


Figura 6. Proyección ortogonal de las dos primeras componentes del análisis de correspondencia canónica ACC, en la zona suroeste durante mayo-noviembre de 2018.

Zona Sur del estero Salado

En las estaciones muestreadas en la zona sur, no se mostraron diferencias significativas en la variación del promedio mensual de las variables ambientales. La temperatura superficial del mar presentó su máximo valor en mayo y su tendencia a disminuir en los meses siguientes. En tanto que la salinidad registró promedios bajos en mayo y a partir de julio presentó una tendencia a subir conforme transcurren los

meses de la época seca, llegando a su máximo valor de 26 ups en octubre de 2018. En este sector los máximos valores de silicatos se asociaron con los mayores valores de clorofila *a* en mayo y caracterizado con un pH ligeramente alcalino con valor promedio de 7.44. Otro máximo valor se presentó en junio de 2022, sin embargo, los promedios de silicatos fueron menores al observado en mayo (Figura. 7).

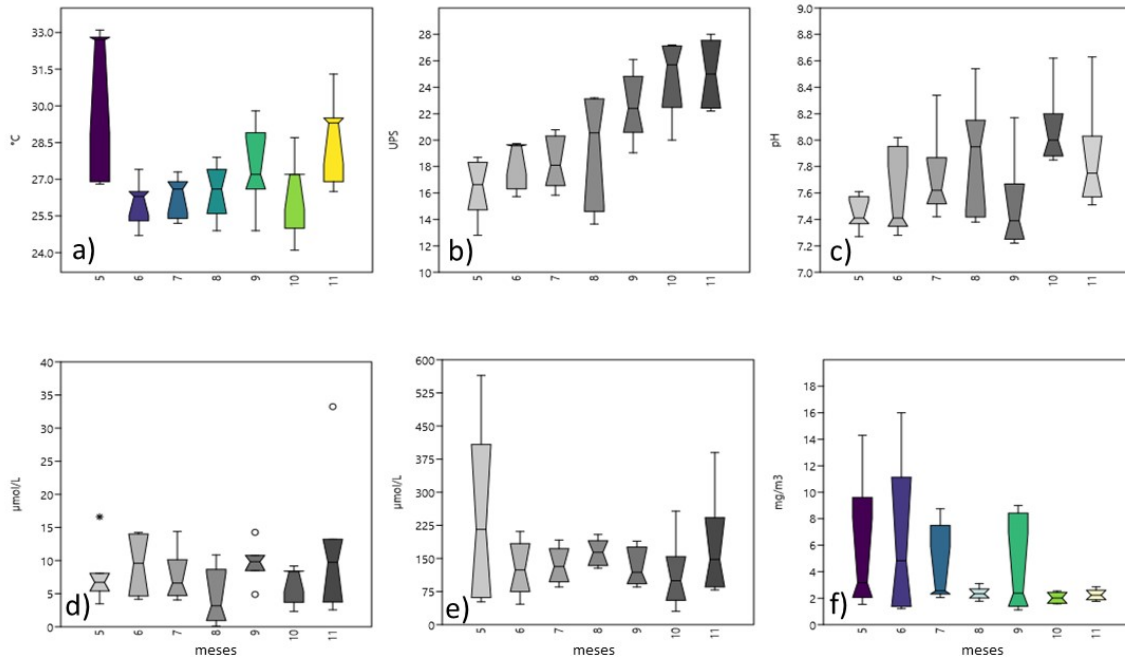


Figura 7. Variación mensual de las variables ambientales en el sector sur del estero Salado durante mayo a noviembre de 2018. a) Temperatura, b) Salinidad, c) pH, d) Fosfatos, e) Silicatos, f) Clorofila a

La diatomea *Chaetoceros subtilis* mostró una moderada relación con la clorofila con valores promedios entre 1,9 y 2,5 mg/m³ con una excelente disponibilidad en las concentraciones de silicatos y fosfatos.

La especie *Euglena sp.* mostró una fuerte correlación con la temperatura y salinidad,

principalmente con valores promedios de 26°C y 18 ups respectivamente, en las estaciones ubicadas en la zona sur durante la época seca (Figura 8).

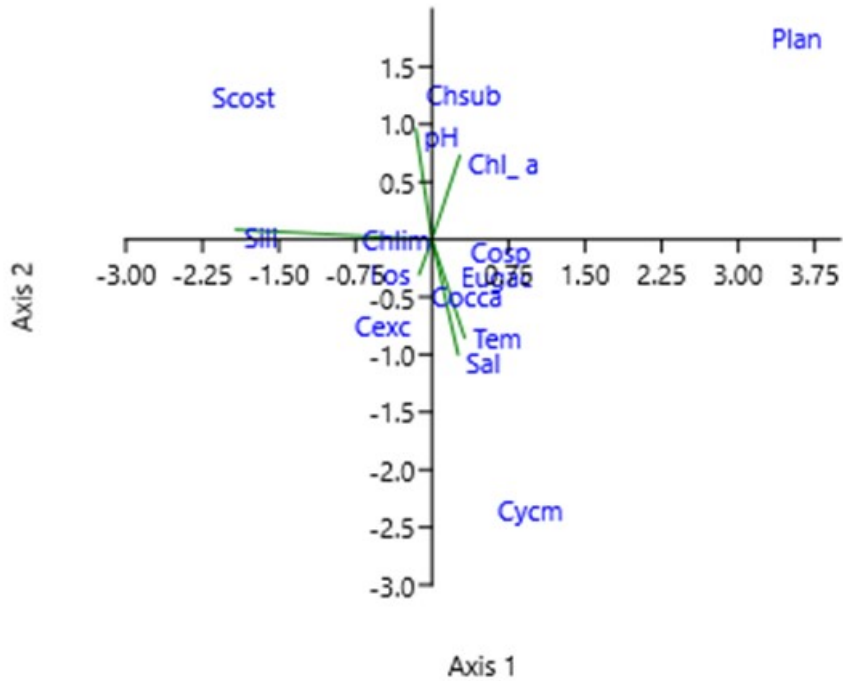


Figura 8. Proyección ortogonal de las dos primeras componentes del análisis de correspondencia canónica ACC, en la zona sur durante mayo-noviembre de 2018.

La distribución de las especies de fitoplancton, empleando el índice de similitud de Bray Curtis en cada una de las zonas de estudio, mostró una fuerte similitud en las estaciones localizadas en la zona sur, suroeste y noroeste durante el período de estudio representada en la (Figura 9) que lo representan los números cardinales desde el 67 al 98 con un 0.9, que representa un 90% de composición similar durante la época seca de 2018. Sin embargo, en la estación 1 correspondiente a mayo de 2018, durante flujo representa

0.33, que guardan similitud con las estaciones 1 y 2 ubicadas en la zona norte.

El primer clúster que corresponde a los números cardinales 1 al 10 presentó una composición de especies que representa una baja similitud de 0.33 en comparación a las otras zonas de estudio, es decir que existe un 77% de diferencia en cuanto a la composición y riqueza del fitoplancton en comparación a las zonas 2, 3 y 4 durante el período de estudio; (Figura 9).

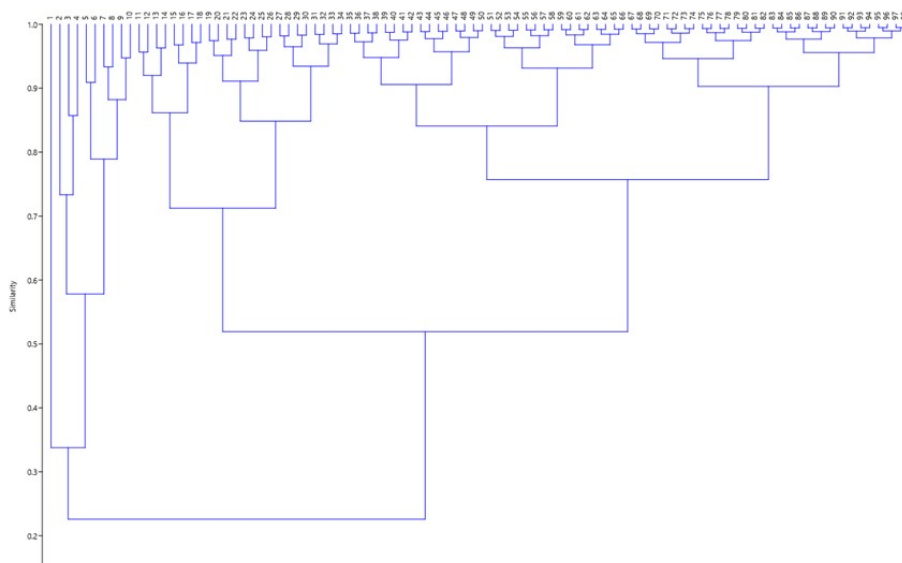


Figura 9. Índice de similaridad de Bray-Curtis aplicado a las especies de fitoplancton en las cuatro zonas ubicadas en el estero Salado durante la época seca de 2018.

Discusión

La expansión de la ciudad de Guayaquil puede ocasionar un detrimento de los ecosistemas naturales que lo rodean, debido al crecimiento de parroquias y asentamientos de empresas y fábricas de diferente naturaleza comercial ubicadas en zonas circundantes a la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado.

Por esta razón se desarrolló el estudio para establecer la composición del fitoplancton y su relación con las variables ambientales presentes en la reserva ubicada en la zona interior del estuario, constituido por varios esteros, canales y bosques de manglar que se encuentran al oeste de la ciudad Guayaquil, e incluye los esteros ubicados dentro de la urbe, los barrios Miraflores, Bellavista y Kennedy.

Cullen, Reid & Stewart, (1982) consideran a la clorofila *a*, como un indicador de la biomasa fitoplanctónica, utilizada para definir zonas potencialmente productivas, a pesar de aquello no todos los casos existen una alta correlación entre clorofila *a* y el número de células fitoplanctónicas. Sin

embargo, en ocasiones cuando se detecta alta concentraciones de clorofila como las observadas en el interior de los ramales ubicados en el estero Salado puede atribuirse en algunos casos a una elevada concentración de clorofila *a* y disponibilidad de nutrientes inorgánicos, patrón que fue registrado en la estación localizada en el Puente Portete durante la época seca de 2018.

La producción primaria en los océanos varía en respuesta a estresores ambientales y otros factores como la estacionalidad. La variación en la estacionalidad de la temperatura, disponibilidad de la radiación solar y nutrientes son factores claves en la productividad primaria en el océano (Henson *et al.*, 2013) y por ende también se pueden considerar la temperatura, salinidad y los nutrientes inorgánicos influyen en la presencia o dominancia de las especies de fitoplancton registrados en el estero Salado y sus canales localizados hacia la zona urbana de Guayaquil.

Durante la época seca de 2018 de las variables analizadas, la temperatura registrada en la zona norte presentó diferencias significativas, durante mayo y fue disminuyendo el valor a medida que transcurrían los meses de la época seca, en tanto que la salinidad mostró un patrón inverso a la temperatura.

En el estuario interno del Golfo de Guayaquil, Jiménez (1998), reportó a *Skeletonema costatum* como una diatomea pequeña que forma cadenas y juega un rol importante en la cadena trófica del estuario; por su parte Prado-España, et al., (2017), mencionan que las especies *Nitzschia longissima*, *Chaetoceros decipiens*, y *Skeletonema costatum* se correlacionaron positivamente con la temperatura y en forma inversa con los fosfatos y nitratos. En el presente estudio efectuado en el estero Salado se encontró que la especie *Coscinodiscus concinnus* presentó un grado de correspondencia positiva con las variables temperatura y fosfatos, en forma inversa con la clorofila observados en la zona ubicada al suroeste.

De tal manera que existen otras variables ambientales que están influyendo en los máximos valores de clorofila *a* reportados en la estación Puente Portete ubicada en la zona suroeste.

En las estaciones localizadas en la zona sur, la especie *Euglena sp.* mostró una fuerte correlación con la temperatura y salinidad, principalmente con valores promedios de 26°C y 18 ups respectivamente. La presencia de Euglenas caracteriza una zona con inicio de problemas ambientales, sumado a las altas concentraciones de nutrientes, lo que puede generar una amenaza para el desarrollo de un proceso de eutrofización principalmente en sitios donde los estados de marea no contribuyen a mejorar la oxigenación y un recambio en la columna de agua de las condiciones fisicoquímicas.

Existen estudios previos entre ellos se cita a Solórzano (1989), indicó que las aguas del estero Salado estaban eutrofizadas

para aquella fecha. Cuando el estuario interior está sometido a alta turbulencia, por lo tanto, las especies están limitadas en intensidad lumínica y adaptadas a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, por lo que *Paralia sulcata*, *Skeletonema costatum* y *T. nitzschioides*, han sido registradas como indicadores de aguas eutróficas (Huisman et al., 2004; Garmendia et al., 2013). Por ello se sugiere desarrollar un seguimiento temporal mediante futuras salidas para establecer y confirmar que las especies antes mencionadas podrían ser consideradas como indicadores de aguas eutróficas en la zona interna del estero Salado.

Las concentraciones de clorofila *a* en comparación a estudios previos, se encontró durante marzo de 2002 aguas productivas en el Estero Salado con 1.32 mg/m³ y en zona ubicada en el área de los puentes de la urbe de Guayaquil valores de 3.74 mg/m³ (Gualancañay, Tapia & Naranjo, 2003-2004) considerado normales para aquella época y año de estudio. Comparando con el 2018, cerca de dos décadas después, se reporta actualmente que en las zonas sur (Estero Palanqueado, Puerto Lisa y Estero El Muerto), zona suroeste (Estación Puente Portete) altos valores de clorofila *a* y siendo mucho mayor durante el proceso en marea de flujo cuando avanza la marea hacia la zona norte (frente a Bellavista), lo que permite realizar una hipótesis a considerar que existen muchos aportes provenientes de los asentamientos urbanos, producto del aporte de aguas residuales y domésticas cerca de la riberas del estero Salado. Estas están contribuyendo a una elevada concentración de micronutrientes, lo que a futuro provocará procesos de eutrofización en alguna de las estaciones y zonas antes mencionadas y que se encuentran en el importante ecosistema estuarino de la Reserva de Producción Faunística El Salado.

Se observó durante reflujos las mayores concentraciones de clorofila *a* nivel

superficial ubicado en la Zona 1 con un núcleo muy productivo de 12.1 mg/m³ durante mayo E-20 (Estero Salado Tramo A), tanto que la menor concentración de clorofila fue en la Zona 4 (Puerto Hondo), con 0.78 mg/m³ durante los meses de octubre y noviembre de 2018.

Conclusiones

Durante el período de estudio se identificaron un total de 73 especies de fitoplancton caracterizando una composición similar en las zonas sur y suroeste en base al Índice de Similaridad de Bray-Curtis. Las especies dominantes *Cyclotella meneghiniana*, *Chaetoceros decipiens*, *Ch. subtile*, *Nitzschia longissima*, *Pleurosigma angulatum* y *Chroococcus limneticus* en agosto de 2018 y en menor densidad celular se registraron *Melosira italica* y *Euglena acus*, especies típicas del ambiente estuarino.

Las estaciones Miraflores y Bellavista ubicadas en la zona norte, comparten una similaridad de 33 %, comparado con las estaciones ubicadas en las tres zonas en estudio, de acuerdo con el Índice de Bray Curtis.

Las zonas y estaciones muestreadas con mayor concentración de clorofila fueron las zonas sur (Estero Palanqueado, Puerto Lisa y Estero El Muerto), suroeste (Puente Portete) y norte (Frente a Bellavista), lo que permite sugerir que por procesos antropogénicos y sumado a los factores ambientales están ocasionado elevadas concentraciones de clorofila *a*, con tendencia a eutrofización. Esto muestra una fuerte correspondencia canónica observado entre las especies de fitoplancton y las variables ambientales en cada una de las zonas de estudio durante la época seca de 2018.

Se registró la mayor concentración de clorofila en el estrato de fondo ubicado en la Zona 1 en la E-5 (Puente Calle 17), durante septiembre de 2018 con 12.5 mg/m³.

Se sugiere a la Dirección de Ambiente del Municipio de Guayaquil, continuar con los controles permanentes a las empresas

ubicadas a las riberas del estero Salado, que descargan sus efluentes y residuos sólidos incumpliendo la normativa ambiental, a fin de precautelar y evitar el deterioro de este importante ecosistema del estuario interno de la Reserva de producción faunística del Estero El Salado.

Reconocimiento

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. CPNV-EM Carlos Zapata Director del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada y al TNNV-SU José Alcívar Director de Oceanografía y Meteorología Marina, por brindar todas las facilidades para la publicación de la presente investigación.

Referencias

- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Alpine, A. & J.E. Cloern. 1992. Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnol.Oceanogr.*, 37: 946-955.

- Carvajal, R. I., Saavedra, M. & Alava, J. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la "Reserva de producción de fauna manglares El Salado" del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40:141-150. — Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía.
- Cullen, Reid & Stewart. 1982. Phytoplankton in the surface and chlorophyll maximum of southern. California in august, 1978. *Res.* 4:665-694.
- Cupp, E., 1943. Marine plankton diatoms of west coast. *Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California*. Eds H. Sverdrup, R. Fleming, L. Miller, 5(1): 1-238.
- Dziengo-Czaja, M., Koss, J. & Matuszak, A. 2008. Teratological forms of diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water pollution in the western part of Puck Bay (Southern Baltic Sea). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 37, 119–132.
- ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, Darwin Net, IGM. Quito, Ecuador.
- Garmendia, M., A. Borja, J. Franco and M. Revilla. 2013. Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: present state and challenges within the European directives. *Mar. Pollut. Bull.*, 661: 7-16.
- Gualancañay, E, M. Tapia & C. Naranjo. 2003-2004. Composición y variación estacional del Fitoplancton, Zooplancton y Microbentos en el estuario interior del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Ecuador, 12 (1): 103-128.
- Henson, S., Cole, H., Beaulieu, C., Yool, A., 2013. The impact of global warming on seasonality of ocean primary production. *Biogeosciences* 10. 4357-4369.
- Huisman, J., J. Sharples, J. Stroom, P. Visser, W. Kardinaal and J. Verspagen. 2004. Changes in turbulent mixing shift competition for light between phytoplankton species. *Ecology*, 85: 2960-2970.
- Jiménez R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Vol. 2(2): 193-282.
- Lawrence. Keith. 1996. *Compilation of EPA'S. Sampling and Analysis Methods*. Second Edition. Lewis Publishers.
- Moreno, J., S. Licea & H. Santoyo. 1996. Diatoms del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur: 1-280.
- Nixon, S.W. 1995. Coastal eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41: 199-220.
- Pesantes, F. 1983. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR. Vol. 1(1): 91-208.
- Prado, M., L, Troccoli., & J, Cajas. 2017. Análisis del estado trófico y microfitoplancton de la zona costera de la provincia del Guayas, Ecuador. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, Colombia, 46 (2): 91-114.
- Rendón, M., N. de Padilla & E. Pérez. 1983. Estudio preliminar de los ríos de la región litoral de Ecuador. *Rev. Cienc. Mar Limnol. INP*. Ecuador, 21:179-222.

- Rodríguez, A. 2003. Estudio de Impacto Ambiental que la Ciudad de Guayaquil ocasiona a la cabecera Norte del Estero Salado. Universidad de Guayaquil. Tesis de Grado.
- Romero, J. 1996. Factores Físicoquímicos y Bacteriológicos de los Ecosistemas Acuáticos. https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_coello/diagnostico/I211.pdf. Recuperado 23 de febrero 2019.
- San Martín, V. 2009. Golfo de Guayaquil. Capítulo 3. Zona de estudio. Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL. DSpace en ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5234/3/8719.pdf>. 01/10/2016.
- SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigment in the sea water. Monographs on oceanographic methodology 1, UNESCO: 8-9.
- Semina G., 1967. Phytoplankton: In the Biology of the Pacific Ocean: party I, Plankton. Ed. Bogorov V. 7: 27-85.
- Shannon, C. & W. Weaver. 1964. The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana: 117.
- Solórzano L., 1989. Estado de la calidad del agua costera en el Ecuador. A sustainable shrimp mariculture for Ecuador. Technical report. Series YR-E-6. International Coastal Resources Management Project: 163-177.
- Strickland, J., and T, Parson. 1972. A practical Handbook of Sea Water Analysis.
- Tapia, M., 2002. Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero Salado. Acta Oceanográfica, Vol. 11. (1): 35-47.
- Tapia, M., 2013. Composición y distribución del Fitoplancton durante la Prospección Sísmica en la costa ecuatoriana, diciembre de 2008. Acta Oceanográfica, Vol. 18. (1): 75-89.
- Tapia M., & C. Naranjo. 2014. Fitoplancton en el Golfo de Guayaquil externo, durante enero de 2014. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 21(1):49-60.
- Tsirsis, G. & M. Karydis. 1998. Evaluation of phytoplankton community indices for detecting eutrophic trends in the marine environment. Environ. Monit. Assess, 50: 255-269.
- Tomas, C. 1997. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, New York: 265.
- Twilley, R. R., W. Cárdenas, V. H. Rivera-Monroy, J. Espinoza, R. Suescum, M. M. Armijos y L. Solórzano. 2001. The Gulf of Guayaquil and the Guayas River estuary, Ecuador. Pp. 245-263. In: Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer Berlin Heidelberg.
- Zambrano, I, 1983. Pesantes, F. 1983. Tintinnidos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. Vol. 1(1): 251-317.