

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA CARGA FITOPLANCTÓNICA EN LAS PARROQUIAS ROCAFUERTE Y PALESTINA DEL CANTÓN RIOVERDE

Yosua Mardela Garcés Mendoza, Helen Valesca Peña Mosquera, Kevin Darío Salazar Fernández y Emili Paulet Yépez Rendón *



Resumen

El fitoplancton son organismos acuáticos que se encuentran suspendidos en la zona fótica de la masa de agua que los convierte en los individuos encargados del 95% de la producción primaria que se genera en todo el planeta, posee un valor biológico importante en la cadena trófica, convirtiéndolos en un gran grupo de organismos fotosintéticos. Las alteraciones causadas por las actividades antrópicas sobre el medio marino pueden llegar a afectar de manera directa e indirecta a dichos organismos. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de agua en función de la carga fitoplanctónica en las parroquias Rocafuerte y Palestina del Cantón Rioverde, debido a que ambas caletas pesqueras son desembocadura del río Mate en la parroquia Rocafuerte y el Rioverde en la parroquia Palestina; dentro de ellas se desarrollan actividades tales como la acción doméstica, turismo y pesca que pueden alterar la calidad de agua. Los muestreos se llevaron a cabo durante los meses de junio y julio de 2018, en época de verano. Para la recolección de muestras se utilizó la técnica de lances de arrastre superficial. Se identificaron 19 géneros de fitoplancton en ambas parroquias, siendo los géneros más representativos *Nitzschia*, *Navicula*, *Rhizosolemia*, *Skeletonem* y *Bacteriastrum*, seguido de las clorofíceas, cianofíceas, criptofíceas y con una menor dominancia se encontró el grupo de dinoflagelados. Con respecto a la calidad de agua, no se puede inferir que las bajas concentraciones de estos organismos corresponden a ambientes alterados con una baja calidad de agua, debido a que existen otros factores naturales como la estacionalidad que limita su distribución, riqueza y diversidad.

Palabras Clave: Fitoplancton, concentración celular, estacionalidad, bioindicador.

Introducción

La franja costera ecuatoriana cuenta con alrededor de 950 km de costa, territorio que en gran porcentaje hace referencia a la presencia de playas. Dentro de este perfil se realizan actividades tales como acción doméstica, turismo y pesca, entre otras.⁽¹⁾

Según Suárez, Tejero y Jácome⁽²⁾ persistentemente las aguas residuales producto de las actividades humanas que se desarrollan en las costas utilizan como vertedero al mar. Espigares y Pérez⁽³⁾ afirman que la falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en zonas rurales ocasionan grandes desechos de aguas contaminadas generando impactos negativos al medio ambiente.

Por otro lado, las actividades agropecuarias desarrolladas aguas arriba en estas dos zonas rurales (Palestina y Rocafuerte) son otra fuente de contaminación del mar. Según INVEMAR y Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial⁽⁴⁾, los ríos constituyen otra vía de ingreso puesto que recogen en su trayecto sólidos en suspensión y sustancias químicas contaminantes como consecuencia principalmente de la ganadería y agricultura hasta desembocar en los ambientes costeros. Ambas caletas pesqueras son la desembocadura del río Mate en la parroquia Rocafuerte y

el río Verde en la parroquia Palestina, se encuentran afectados, debido a las actividades agrícolas realizadas en la zona.

La presión sobre el medio marino a su vez afecta ya sea de forma directa o indirecta a organismos acuáticos como el fitoplancton⁽¹⁾, que se constituye en un gran grupo de organismos fotosintéticos, los cuales se encuentran suspendidos en la zona fótica de la masa de agua⁽⁵⁾ que los convierte en los individuos encargados del 95% de la producción primaria que se genera en todo el planeta.⁽⁶⁾

Por otro lado, los individuos fitoplanctónicos son los indicadores más utilizados de calidad ambiental de los océanos, debido al nivel de respuesta que presentan ante las perturbaciones que se dan en su hábitat, siendo útiles dentro de los pronósticos de los cambios que se podrían generar en los niveles superiores de la cadena trófica.⁽⁷⁾ Estos desempeñan un papel significativo en los ciclos de los elementos bioquímicos del planeta, aportando con el dióxido de carbono en los océanos.⁽⁸⁾ Además, según Castro⁽⁸⁾, cuando éstos mueren se convierten en biomasa, la misma que baja al fondo oceánico acarreando el carbono de la superficie hasta las profundidades. Esta es la razón por la cual el océano se constituye como en el mayor sumidero de carbono de la Tierra.



La determinación de la diversidad y riqueza de fitoplancton sirve para realizar inferencias en la calidad de agua de los océanos. Según Mafla⁽⁹⁾ la alta diversidad y riqueza de individuos entre las especies y una moderada o alta cantidad de individuos es característico de ambientes no alterados. Sin embargo, es característico de ambientes alterados, un descenso de diversidad con pérdidas de organismos sensibles y una mayor abundancia de organismos tolerables en ambientes contaminados con desechos orgánicos, por lo que tienen un exceso de nutrientes provocando un descenso de la equitatividad.

Las actividades antropogénicas generadas en las cuencas de los ríos Mate y Rioverde podrían ser las causantes de la liberación de contaminantes en la zona costera, por tal razón el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de agua en función de la carga fitoplanctónica en las parroquias Rocafuerte y Palestina del Cantón Rioverde debido a que el fitoplancton es un indicador importante en la calidad del agua de los océanos.

Metodología

Área de Estudio

El presente estudio se realizó en la franja costera situadas frente a las parroquias Rocafuerte y Palestina pertenecientes al Cantón Rioverde de la provincia de Esmeraldas (Figura 1). Las principales actividades económicas en estas parroquias están basadas en la pesca, la agricultura y la ganadería. Según CEGESPU⁽¹⁰⁾, la parroquia Rocafuerte cuenta con una población total de 4.488 habitantes y una extensión territorial del casco urbano de 782.841m, y se ubica en el extremo noroccidental del cantón Rioverde. Cifuentes⁽¹¹⁾, indica que el sector de Palestina se encuentra ubicado muy cerca de la cabecera cantonal de Rioverde a unos 50 km noroeste de la capital de la provincia de Esmeraldas, este sector cuenta con 3.901 ciudadanos aproximadamente. Estas parroquias se caracterizan por mantener un clima cálido - húmedo con temperaturas de 25°C.

Recolección de Muestras

Se realizó la caracterización de la comunidad fitoplanctónica en la franja costera situadas frente a las parroquias Rocafuerte y Palestina del Cantón Rioverde en tres puntos de muestreo con tres réplicas en cada caleta pesquera, durante los meses de junio y julio de 2018. Las coordenadas de los puntos de muestreo se registraron mediante la utilización del GPS marca Garmin ETREX (Tabla 1).

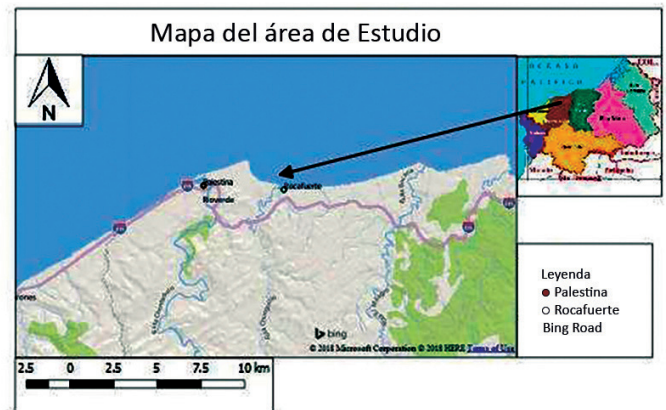


Figura 1. Mapa del área de estudio

Tabla 1. Georreferenciación de las estaciones de muestreo

Mes	Estación de muestreo	Punto de muestreo	Distancia	Coordenadas	
				x	y
Junio	Rocafuerte	Punto 1	100 m	17N0680766	118432
		Punto 2	1 milla	17N0680199	120210
		Punto 3	3 millas	17N0678379	123562
Julio	Rocafuerte	Punto 1	100 m	17N0680632	118453
		Punto 2	1 milla	17N0680293	120322
		Punto 3	3 millas	17N0679349	123568
Junio	Palestina	Punto 1	100 m	17N0675655	118565
		Punto 2	1 milla	17N0674737	120195
		Punto 3	3 millas	17N0672914	123418
Julio	Palestina	Punto 1	100 m	17N067553	118578
		Punto 2	1 milla	17N0674846	120233
		Punto 3	3 millas	17N0673203	123515

Fuente: Elaboración propia autores

Técnica de Recolección

Para la recolección de muestras, se utilizó la técnica de lances de arrastre superficial en el perfil costanero a 100 metros, a 1 milla y a 3 millas náuticas, con la utilización de una red de plancton de 55 micras durante 10 minutos. Todo el material filtrado fue depositado en botellas plásticas de 1 litro y trasladadas en una nevera portátil para su posterior refrigeración.⁽¹²⁾ Las muestras fueron fijadas en campo mediante la aplicación de formalina al 4% y alcohol al 95% a razón de 7 mm por cada litro, y analizadas posteriormente en el Laboratorio de Hidrología y Biodiversidad de la Escuela de Gestión Ambiental de la PUCESE.⁽¹³⁾



En el libro de Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton, Vicente, de Hoyos, Sánchez y Cambra⁽¹⁴⁾ expresan que todas las muestras deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifique un código de procedencia. Es decir, se colocaron en cada una de las muestras fecha de recolección, punto de muestreo, número de réplica y nombre de la materia (por ejemplo, mm/dd/año/; 1A-1B-1C; Proyecto III).

Análisis de laboratorio

La identificación y recuento de fitoplancton se llevó a cabo mediante el método de Utermöhl (1958) sometiendo a las muestras a sedimentación por gravedad.⁽¹⁵⁾ El análisis cuantitativo del fitoplancton se realizó mediante la sedimentación de la muestra en cámaras de Utermöhl, situando una proporción de 3 ml sobre la placa durante 24 horas previo a su análisis.

La identificación se realizó con un microscopio invertido marca Optika. Se examinó todo el fondo de la cámara con un aumento de 10x para enumerar los organismos de mayor tamaño, se examinó de uno a dos transeptos con el objetivo de 20x, y con el aumento de 40x se cuantificaron los organismos pequeños y de mayor abundancia.⁽¹⁴⁾

Identificación y Cuantificación

La identificación de las muestras hasta el nivel de género se llevó a cabo mediante la literatura del libro “Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos fitoplanctónica utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico, Madrid, 2012”.⁽¹⁶⁾

Para la cuantificación se aplicó el cálculo de concentración de fitoplancton, importante en la determinación de la biomasa de las muestras.

Análisis Estadístico

Se utilizó la estadística descriptiva para determinar el número con mayor frecuencia (moda) en la distribución de datos, asignándole a cada género identificado un número. Para inferir sobre la calidad de agua en los océanos, se utilizó los índices ecológicos de diversidad (Shannon – Wiener), riqueza específica (Margalef).

Resultados

Fitoplancton de Rocafuerte

La caracterización de comunidad fitoplanctónica en la caleta pesquera de la parroquia Rocafuerte registró 266 individuos, identificados en 19 géneros y distribuidos de la siguiente manera: diatomeas con un total de 122 individuos, siendo el grupo más abundante con 9 géneros destacando *Rhizosolenia*, *Skeletonema*, *Bacteriastrum*.

Seguido de las Clorofíceas con un total de 85 individuos identificados en 5 géneros, destacando el género *Dictyosphaerium* con un total de 43 individuos presentes en mayor cantidad en los puntos 1 y 2 correspondientes a 100 metros y 1 milla con la influencia de la desembocadura del río Mate. Esto es debido a que las especies de este género son cosmopolitas en el agua dulce, es decir, que estos organismos se pueden adaptar a cualquier tipo de ambiente. Por otro lado, las Cianofíceas tuvieron un total de 28 individuos identificados en 3 géneros, destacando el género *Limnothrix*, las Criptofíceas tuvieron un total de 26 individuos, identificados en un solo género *Cryptomas*.

El grupo de los Dinoflagelados presentó un total de 5 individuos siendo la más baja, identificados en un solo género *Gonyaulacales*.

La mayor concentración fitoplanctónica se presentó en el punto 1 a 100 m del perfil costanero, con un total de 2.300 cel./m³. La menor concentración fitoplanctónica se registró en el punto 2, situado a 1 milla, con un total de 1.440 cel./m³ (Figura 2).

Índices Ecológicos de la caleta Rocafuerte

Por lo general, el Índice de Shannon se representa con valores positivos, teniendo un rango de valor normal entre 2 y 3 refiriéndose a una diversidad normalizada, para valores menores a 2 se considera baja diversidad. Según los datos de los tres puntos de intervención en la caleta Pesquera de Rocafuerte fue de 2,50 el cual representa un valor normal en la diversidad. En cuanto al Índice

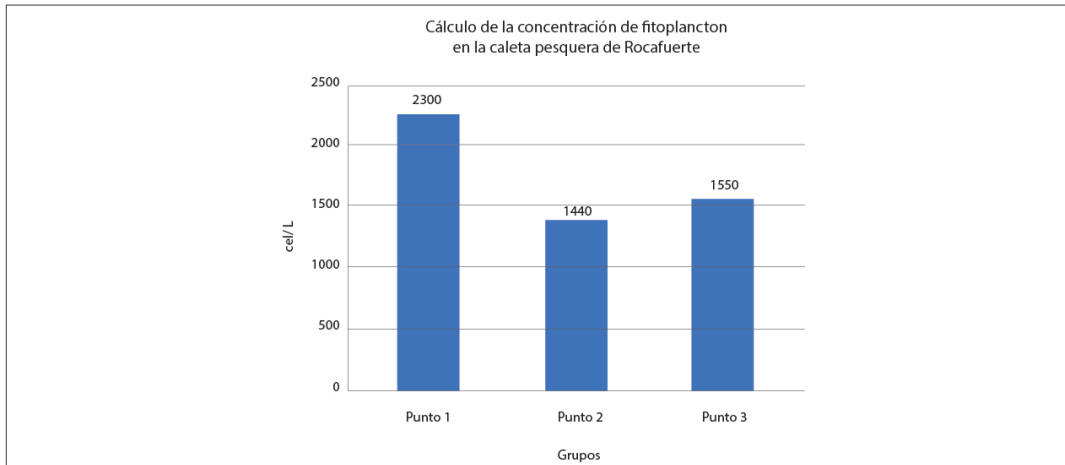


Figura 2. Cálculo de concentración de fitoplancton en la caleta Rocafuerte en la época de verano (junio-julio)

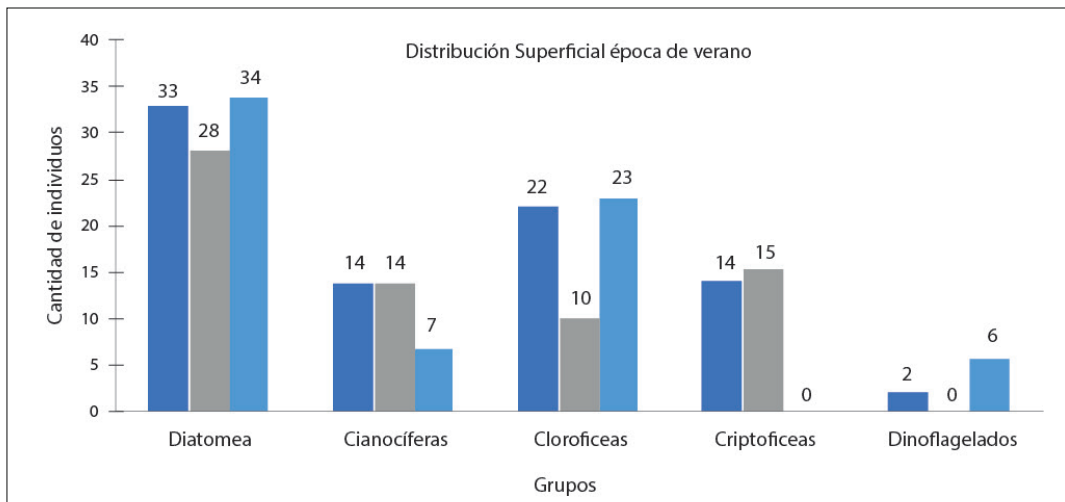


Figura 3. Distribución superficial del fitoplancton en la caleta Palestina en la época de verano (junio-julio)

de Margalef, o índice de biodiversidad de Margalef, los valores inferiores a 2 se consideran como zonas de baja biodiversidad, y valores superiores a 5 son indicativos de alta biodiversidad. Los datos reflejaron un valor de 3,44 lo que representa zonas con rangos normales de biodiversidad.

Fitoplancton de Palestina

La caracterización de comunidad fitoplanctónica en la caleta pesquera de la parroquia Palestina registró 222 individuos, identificados en 19 géneros, distribuidos de la siguiente manera (Figura 3): Diatomeas con un total de 95 individuos siendo el grupo más abundante con 9 géneros destacando *Nitzschia*, *Navicula*, *Rhizosolenia*. Las Clorofíceas tuvieron un total de 55 individuos identificados en 5 géneros, destacando el género *Sphaeroplea* con un total de 18 individuos cosmopolitas en el agua dulce.

El grupo de las Cianofíceas tuvieron un total de 35 individuos identificados en 3 géneros, destacando al igual que en la caleta de Rocafuerte el género *Limnothrix*. Las Criptofíceas tuvieron un total de 29 individuos, identificados en un solo género *Cryptomas*. El grupo de los Dinoflagelados presentó un total de 8 individuos identificados en un solo género *Gonyaulacales*.

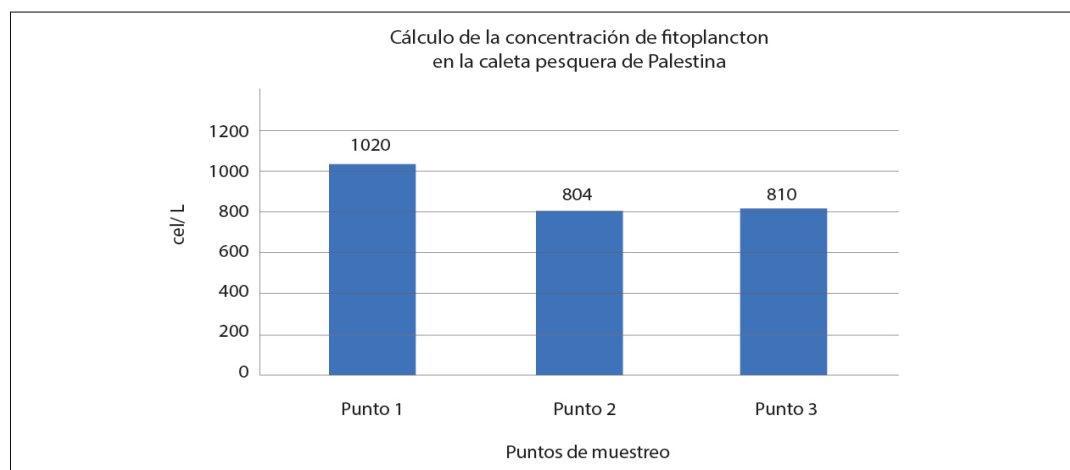


Figura 4. Cálculo de concentración de fitoplancton en la caleta Palestina en la época de verano (junio-julio)

Al igual que en la caleta pesquera de la parroquia Rocafuerte la mayor concentración fitoplanctónica se presentó en el punto 1 a 100 m del perfil costanero con un total de 1.020 cel./m³.

La menor concentración fitoplanctónica se registró en el punto 2 situado a 1 milla con un total de 804 cel./m³ (Figura 4).

Índices Ecológicos de la caleta Palestina

Los valores del Índice de Shannon se mantuvieron dentro del rango normal en cuanto a la diversidad en los tres puntos de intervención en la caleta Pesquera de Palestina siendo de 2,46. De igual forma los valores del Índice de Margalef, reflejaron rangos normales de biodiversidad con un valor de 3,38.

Discusión y conclusiones

Según Salvador⁽¹⁷⁾, se puede inferir acerca de la calidad de las masas de agua de los ecosistemas marinos mediante bioindicadores. Éstos se caracterizan por ser sensibles o tolerantes a cambios en el ambiente permitiendo demostrar la existencia de algún factor ya sea natural o antrópico que altere su ciclo natural.⁽¹⁸⁾

El fitoplancton es un tipo de bioindicador de la calidad de agua de los océanos. Al norte de la provincia de Esmeraldas existen pocos estudios relacionados a la carga fitoplanctónica. Sin embargo, se considera pertinente la recopilación de una mayor información acerca de la diversidad y riqueza de estos organismos lo cual permitirá inferir sobre la calidad de agua de las costas esmeraldeñas.

En los tres puntos de muestreo de ambas caletas pesqueras se identificaron un total de 19 géneros en su mayoría diatomeas, siendo los géneros más representativos *Nitzschia*, *Navicula*, *Rhizosolenia*, *Skeletonema*, *Bacteriastrum*, seguido de las clorofíceas, cianofíceas, criptofíceas y con una menor dominancia se encontró el grupo de dinoflagelados en el periodo de junio y julio de 2018. Mientras que en el estudio de Tapia⁽¹³⁾ realizado en toda las regiones de la costa ecuatoriana, los valores registrados para la Región Norte en la sección 1 comprendida en las costas de Esmeraldas, el grupo



que predominaba fue el de las diatomeas destacando los géneros *Bacteryastrum*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia* y *Corethron* en 2008, por lo que se observó que tanto en el presente estudio como en el realizado por Tapia⁽¹³⁾ los resultados son similares en cuanto al grupo de las diatomeas, que son especies de fácil identificación, además de que son propias de ambientes costeros y cosmopolitas, por lo que su abundancia se considera normal para la época.⁽¹⁹⁾

Según Naranjo y Tapia⁽¹⁹⁾, durante los meses de enero y abril se registra el enfriamiento de las aguas debido a la acción de las corrientes. Este proceso natural se repite en los meses de septiembre a diciembre, lo que se lo considera como época húmeda (lluvias), lo que significa que durante los meses de mayo a agosto corresponde a la época seca o de verano.

Según las Actas Oceanográficas del Pacífico se espera que la concentración fitoplanctónica varíe según la estacionalidad. Se tomó como referencia el estudio de la “Composición y abundancia del plancton de la zona costera del Ecuador”. En mayo de 2013, se obtuvo una concentración máxima celular de 5.179 cel./m³ y una mínima concentración de 711 cel./m³; mientras que, en diciembre de 2008, la máxima concentración fue de 32.068 cel./m³ y la mínima concentración de 1.678 cel./m³.⁽¹⁹⁾

El presente trabajo se realizó durante los meses de junio y julio, correspondientes a la época seca, con concentraciones celulares máximas de 2.300 cel./m³ para la parroquia Rocafuerte y de 1.020 cel./m³ para la parroquia Palestina. En cuanto a las concentraciones mínimas, fueron de 1.440 cel./m³ en la parroquia Rocafuerte y de 804 cel./m³ en la parroquia de Palestina.

Se concluye que las bajas concentraciones de fitoplancton en ambas caletas fueron influenciadas por la estacionalidad, por lo que no se puede inferir que las bajas concentraciones corresponden a ambientes alterados con una baja calidad de agua, debido a que existen otros factores naturales como la estacionalidad que limitan su distribución, riqueza y diversidad.⁽¹⁷⁾ Las bajas concentraciones fitoplanctónicas en las épocas de verano (época seca) podría deberse a el aumento de la temperatura debido a las influencias locales de la radiación solar.⁽²⁰⁾

**Estudiantes de la carrera de Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas*

Referencias

- (1) Basilio-Soria VL. Distribución y Abundancia Del Fitoplancton (Diatomeas y Dinoflagelados) en la Bahía de Santa Elena (Salinas-Ecuador) de julio-diciembre del 2013. 2014.
- (2) Suárez-López J, Tejero-Monzón I, Jácome-Burgos A. Vertido al mar de aguas residuales urbanas. 1997.
- (3) Espigares-García M, Pérez-López JA. Aguas residuales. Composición.
- (4) Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia –REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC C y C. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. 2018.
- (5) Oliva-martínez MG, Godínez-Ortega JL, Zuñiga-Ramos CA. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México Biodiversity of inland water phytoplankton in Mexico. Rev Mex Biodivers. 2014;85:54-61.
- (6) Reyes-Suárez FJ Evaluación de la abundancia y distribución espacio-temporal de opistobranquios con relación al tipo de sustrato en la zona rocosa intermareal de Ayangué y la entrada provincia de Santa Elena. 2014.



- (7) Carmentate M, Arriaza L, Busutil L, Durán A, García C, García I. *Calidad del agua marina en un tramo costero con uso industrial de la provincia la habana*. 2013;(18406):1-12.
- (8) Castro L, Escribano R. *Plancton y productividad*. 2010;
- (9) Mafla-Arboleda EF. *Comparación de la distribución y abundancia de las especies de fitoplancton en las estaciones fijas 10 millas costa afuera de La Libertad y Manta en relación a la turbidez y temperatura superficial del mar, durante el año 2014*. 2015.
- (10) CEGESPU. *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rocafuerte*. Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rocafuerte. 2015.
- (11) Instituto de Altos Estudios Nacionales, Cifuentes del Castillo L-H. *Estudios definitivos del sistema de alcantarillado pluvial del sector de Palestina, Cantón Rioverde, Provincia de Esmeraldas*. 2011.
- (12) Chávez-Rodríguez NF. *Caracterización de la comunidad fitoplanctónica y potencialmente tóxica de las parroquias Camarones y Limones de la provincia de Esmeraldas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas; 2017.
- (13) Tapia ME. *Composición y distribución del fitoplancton durante la prospección sísmica en la costa ecuatoriana, Diciembre de 2008*. *Acta Oceanogr del pacífico*. 2013;18(1):75-89.
- (14) Vicente E, de Hoyos C, Sánchez P, Cambria J. *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*. Ministerio de Medio Ambiente (España). 2015.
- (15) Seguí Chapuis I. *Estimación de la tasa de crecimiento del fitoplancton y su mortalidad por herbivoría en la Bahía dels Alfacs*. 2010.
- (16) Garrido J, João C, Pérez A. *Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Vol. 53, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2012. 225 p.
- (17) Salvador-López LS. *Evaluación del impacto humano sobre el estado de salud ecológica de tres ambientes marinos en Esmeraldas utilizando fitoplancton como bioindicador*. 2016.
- (18) Echeverría-Chávez M. *Estudio de la comunidad de fitoplancton en el río Atacames provincia de Esmeraldas en el periodo enero – abril del 2015* [Internet]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. 2016. Disponible en: https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf http://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India_globalisation%2C_society_and_inequalities%28sero%29.pdf <https://www.quora.com/What-is-the>
- (19) Naranjo C, Tapia ME. *Composición y abundancia del plancton en la zona costera del Ecuador, en mayo de 2013*. *Acta Ocean del Pacífico* [Internet]. 2017;21(1):27-45. Disponible en: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta21/OCE21_3.pdf
- (20) Hellmuth A, Sievers C. *Circulación en el Océano Pacífico Sur*. *Rev Mar*. 1970;

