



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

Microalgas como bioindicadores de contaminación en las zonas de Punta Carnero (Salinas) y Escollera (La Libertad) de la Provincia de Santa Elena

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:

Biólogo Marino

Autor:

Anabel Fray Valencia

Tutor:

Ph.D María Herminia Cornejo

La Libertad- Ecuador

2021

Tribunal de Graduación



Firmado digitalmente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgt
Decana
Facultad Ciencias del Mar



Firmado digitalmente por:
JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO

Ing. Jimmy Villón Moreno, Msc
Director
Facultad Ciencias del Mar

MARIA HERMINIA
CORNEJO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente
por MARIA HERMINIA
CORNEJO RODRIGUEZ
Fecha: 2021.11.24
21:46:35 -05'00'

Blga. Ma. Herminia Cornejo-R; Ph D.
Docente Tutor



Firmado digitalmente por:
DOUGLAS
FRANKLIN VERA
IZURIETA

Blgo. Douglas Vera Izurieta, Msc
Docente de Área

AGRADECIMIENTO

A la primera persona que deseo agradecerle por ayudarme es a mi padre Gonzalo, quien siempre ha dado su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, siendo el pilar fundamental. Por enseñarme a ser un excelente ser humano y sobre todo por darme tu tiempo, paciencia y amor.

A mi madre Giovanna, que con su dulce voz me ha apoyado en esta travesía denominada vida, por inculcarme a ser fuerte y siempre darme alas para seguir mis sueños y poder lograrlos.

A mis hermanas Giovanna, Renata y Anahí, que son los motores de mi vida, las que me inspira a ser mi mejor versión sin importar lo que pase, son ellas las que me dan la fuerza para seguir adelante y las que me impulsaron durante toda mi carrera universitaria para dar lo mejor de mí, las amo demasiado y gracias por todo.

A cada uno de los docentes de la facultad de Ciencias del Mar, que me brindaron su conocimiento en las áreas afines de mi carrera. Gracias por su dedicación, esfuerzo, paciencia y saberes.

A mi tutora la Ph.D María Herminia Cornejo Rod, por brindarme su apoyo y conocimiento durante el desarrollo del presente trabajo.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos Específicos:	4
MARCO TEÓRICO.....	5
Bioindicadores	7
Fitoplancton como bioindicador.....	7
Fitoplancton asociado a la calidad de agua	9
Géneros empleados como bioindicadores.....	10
Cyanophytas	10
Diatomeas	11
METODOLOGÍA.....	14
Metodología de campo	15
Metodología de Laboratorio.....	16
RESULTADOS	17
Biodiversidad : Shannon-Weaver.....	21
Comparación entre Punta Carnero y La Escollera	25
Temperatura y pH.....	25
CONCLUSIONES.....	28
Bibliografía	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Interpretación de los valores de diversidad de Shannon-Weaver	13
Tabla 2: Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon-Weaver.....	13
Tabla 3: Especies identificadas en la zona de Punta Carnero en los diferentes muestreos..	18
Tabla 4: Especies identificadas en la zona de La Escollera en los diferentes muestreos	19
Tabla 5: Parámetros registrados por muestreo y estación Punta Carnero	26
Tabla 6: Parámetros registrados por muestreo estación La Escollera	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica estación de muestreo La Escollera Fuente: Google Maps, 2021	14
Figura 2 Ubicación geográfica estación Punta Carnero	15
Figura 3 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver por punto de muestreo Punta	21
Figura 4 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver por punto de muestreo La.....	24
Escollera	24
Figura 5 Comparativo del índice de Diversidad entre Punta Carnero y La Escollera	25

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en los sectores de Punta Carnero y La Escollera de la provincia de Santa Elena. Se analizó las asociaciones y diversidad de las microalgas presentes como bioindicadores del posible grado de contaminación utilizando el índice de Shannon-Weaver. El valor del índice de diversidad para La Escollera fue de 2,77 bits/cel con las siguientes especies representativas *Chaetoceros costatus*, *C. lorenzianus*, *C. affinis*, *Leptocylindrus mediterraneus* y *Thalassiothrix* sp. En el caso de Punta Carnero el valor obtenido fue de 1,63 bits/cel. las especies de microalgas más representativas fueron *Nitzschia closterium*, seguida de la cianobacteria *Oscillatoria limosa* y posteriormente las diatomeas *Navicula circulooides* y *N. incertata*. La baja diversidad es un indicativo de contaminación de tipo Ligera en La Escollera asociado a la diversidad de especies presentes, lo que contrasta con Punta Carnero con contaminación de grado moderado.

Palabras Clave: microalgas, bioindicadores, contaminación, diversidad

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos pueden ser evaluados con el empleo de bioindicadores. De acuerdo a Vásquez *et al.* (2006), son organismos que ayuda a determinar los cambios producidos en un ecosistema determinado, debido a su sensibilidad o tolerancia frente a los distintos cambios que pueden producirse en un ambiente, permitiendo así comprobar si existe algún efecto por acción de la intervención humana o por fenómenos naturales o aquellos como consecuencia de cambios estacionales dentro de los ecosistemas (Hawkins *et al.*, 2000).

Dentro de estos ecosistemas, están los marinos en los que, para su evaluación es necesario tomar en consideración las características físicas, químicas y biológicas que los conforman. La evaluación de masas de aguas en zonas específicas nos brinda una importante información de cómo se encuentra el hábitat y si este puede afectar o no al humano y por lo tanto a los organismos que viven en ella (Levine *et al.*, 2008).

Dentro de los indicadores biológicos destaca el fitoplancton, debido a su respuesta rápida a cambios producidos en el ambiente, porque posee un ciclo de vida corto además de que su muestreo es sencillo y rápido (Streble & Krauter, 2007). Por otro lado, al ser organismo que en su gran mayoría suelen ser cosmopolitas su estudio es primordial (Vásquez *et al. Op. cit.*). El fitoplancton comprende comunidades de microorganismos fotosintéticos, entre las que están las cianobacterias, además de organismos flagelados heterótrofos y otros grupos ausentes de clorofila, los cuales suelen ser encontrados en la columna de agua marina (Cifuentes *et al.*, 2007).

A partir de la observación de las microalgas, de cambios de composición y abundancias de especies que suelen ocurrir en las comunidades acuáticas en el tiempo y espacio, se puede deducir el grado de contaminación de un ecosistema (Yucra & Tapia, 2008).

Por lo descrito anteriormente el objetivo de este trabajo es analizar las asociaciones de microalgas presentes en las zonas Punta Carnero y La Escollera a través de una evaluación de la biodiversidad y de la información bibliográfica relacionada, para determinar su posible grado de contaminación.

JUSTIFICACIÓN

El océano posee recursos naturales de gran importancia, en los diversos aspectos económico, cultural y científico. Actualmente este ecosistema está experimentando cambios en sus características físicas y químicas, lo que afecta de manera directa a su biodiversidad y a la calidad de agua, cambios asociados a acciones antropogénicas (Lobo, 2014).

Para el desarrollo del presente estudio se caracteriza La Escollera de La Libertad del área localizada cercana al muelle, en el que principalmente se considera esta de manera indirecta con actividades antropogénicas entre las que está el tráfico de cabotaje de productos limpios (SUINLI,2020). A su vez, en Punta Carnero se evaluó el estado de calidad ambiental de una zona influenciada por efluentes previamente tratados (GADSALINAS,2020) de la industria acuícola.

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el uso de las microalgas, como instrumento de evaluación de la calidad de agua y por ende el posible grado de contaminación que puede ser descrito a partir del empleo de índice como es el caso del índice de Shannon-Weaver (1949), que ha sido ampliamente empleado para comprender la ecología de diferentes zonas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar a través de la revisión bibliográfica las asociaciones de microalgas presentes en Punta Carnero y La Escollera de la provincia de Santa Elena empleando el índice de Shannon-Weaver para determinar el grado de contaminación.

Objetivos Específicos:

- Describir las comunidades de microalgas descritas para las zonas de Punta Carnero y La Escollera de La Libertad
- Comparar la biodiversidad de las microalgas registradas en las zonas de Punta Carnero y La Escollera utilizando del índice de Shannon- Weaver.
- Determinar las microalgas representativas para las zonas evaluadas.

MARCO TEÓRICO

Muchos microorganismos viven en condiciones variadas de agua, estrechamente relacionados con el ambiente, algunos de ellos han sido empleados como bioindicadores de cambios en estas condiciones ambientales y/o del grado de contaminación de una zona en específica; asociando su supervivencia con la capacidad de adaptarse a la presencia de residuos en dicho medio, o la variabilidad de oxígeno, en presencia de sustancias en descomposición que puedan estar afectando su sobrevivencia (Streble & Krauter ,2007).

Según Liebmann (2004) específicamente lo citado en el trabajo realizado por Streble y Krauter (op. cit.) los ambientes pueden ser clasificados en cuatro clases que denotan contaminación es así que en la primera clase (Clase I) se describen las siguientes características: agua rica en oxígeno, con escasez de materia orgánica en proceso de descomposición, agua con pocas sustancias teniendo a su vez pocos microorganismos. Estas pueden ubicarse en arroyos cercanos a la fuente, o ríos pequeños de montaña. Mientras que en la clase II se puede observar una predominancia de agua rica en oxígeno un tanto turbia por el crecimiento de algas, siendo las algas azules (lagos), diatomeas, Xantoficeas, clorofíceas, rodofíceas, amebas, heliozoos, organismos ciliados, anélidos y rotíferos. Dichos organismos son sensibles a la disminución de oxígeno debido a materia orgánica en descomposición que suelen generar cambios en el pH. Estas aguas pueden ser aptas para la obtención de agua potable, en este caso los organismos suelen emplearlo y ayudan a los procesos de saneamiento de las fuentes de agua.

Para la clase III, estos autores Streble y Kauter (op.. cit.) indican que

en estas zonas de autodepuración existen procesos de oxidación y demanda de oxígeno dado por las bacterias presentes, los organismos que pueden encontrarse en esta clase suelen ser algas azules, diatomeas, crisofíceas, auglenofitos, criptomonadales, clorofíceas, hongos, zooflagelados entre otros. Estos organismos son propios de aguas un poco estancadas pudiendo obtenerse agua potable a través de procesos químicos (Pinilla, 2010). Finalmente, la clase IV, se refiere a que son zonas con mayor presencia de contaminantes, poseen bajas concentraciones de oxígeno, una cantidad elevada de bacterias, algas azules, euglenófitos, clorofíceas, zooflagelados, amebas, ciliados, representativamente suelen hallarse en ríos o lagos que reciben aguas residuales sin algún tipo de tratamiento previo a su expulsión con grandes residuos vegetal y animal.

La cantidad de nutrientes que posea el agua puede generar un aumento o disminución en el fitoplancton, en niveles altos de nutrientes denominándose aguas eutróficas y al contrario aguas oligotróficas. La contaminación por empleo de fertilizantes agrícolas ha generado cambios en el ecosistema a su vez una fuente directa de vertientes hacia humedales son los desechos generados por piscícolas o lugares de producción de larvas de camarón debido a los excesos de nitrógeno y fósforo. La presencia de microorganismos determina los niveles tróficos; los niveles oligotróficos comprenden aguas con bajas concentraciones de nutrientes, saturación de oxígeno mayor o igual a 70%. Para el caso de aguas mesotróficas, estas poseen niveles moderados de nutrientes, con presencia de plancton y nivel de Oxígeno (O) 30- 100 (Franco *et al.* 2010).

Las microalgas que suelen presentarse en este tipo de ambientes descritos previamente suelen ser de varias divisiones como es el caso de las Cyanophytas y Chrysophytas, mismas que se

caracterizan por la formación de compuestos similares a almidones y la formación de aceites. Las Euglenophytas que poseen grasas como sustancias de reserva, aceites, paramilo y manchas oculares, suelen tener una alimentación heterótrofa empleando alimentos orgánicos pre sintetizados (Streuble & Krauter, 2007).

Bioindicadores

El término agregado “bioindicador” hace referencia a todas la fuentes bióticas y abióticas que poseen reacciones y cambios. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica, sin que ello impida utilizarlos en tales circunstancias (Mason, 2004). Los cambios en la morfología (taxa), fisiología o comportamiento de estos organismos, así como la ausencia o cambio en el número de individuos, indican que las variables físico- químicas de su hábitat están fuera de los “límites preferidos” (Gamboa *et al.*, 2008). De esta manera, los bioindicadores pueden servir para determinar el nivel de contaminación o detectar alteraciones del medio. Por el contrario, los bioindicadores con tolerancias ambientales amplias, se consideran indicadores pobres, ya que son poco afectados por las variaciones que llegue a tener el medio (Zuñiga, 2016).

Fitoplancton como bioindicador

El fitoplancton ha sido ampliamente empleado para la observación de aguas contaminadas y en general es una herramienta muy útil como indicador de calidad de agua (Fjerdingsstad 2004; Williams 2004; Viterí *et al.* 2010; Yusaff,2020). Harrison (2006) describió la relación entre la tasa de crecimiento algal, la fotosíntesis y la

concentración de nutrientes en un cuerpo de agua; las contaminaciones pueden influir entre la tasa de crecimiento y cada una de estas variables. Como es el caso de la presencia de un efluente industrial coloreado o que contiene sólidos en suspensión, la luz puede filtrarse o absorberse provocando una reducción en la tasa de crecimiento; así mismo, la disminución de luz baja proporcionalmente la tasa de absorción de amoníaco y nitrato en el fitoplancton marino (Walsh, 1978).

Es así, que los cambios en las condiciones físico-químicas del agua pueden ser detectados de manera temprana a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Vasquez *et al.*, 2006). A su vez Perez *et al.* (2009) comentan que las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son la iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y sobre todo la disponibilidad de nutrientes y, que la variabilidad de dichas condiciones influye de manera directa en la composición específica de microalgas. De esta manera, debido a esta peculiaridad se ha logrado determinar el estado trófico de dichos sistemas acuáticos, a partir de la ecología del fitoplancton.

Dentro de este mismo contexto, ha determinado que los florecimientos algales pueden aparecer por estímulos ambientales como las precipitaciones y el afloramiento de aguas ricas en nutrientes o por elevadas temperaturas (Rissik *et al.*, 2009). Por ende, la contaminación del agua provocada por actividades antropogénicas propicia el desarrollo excesivo de algunas especies hasta generar dichos florecimientos (Paerl *et al.*, 2016).

Por otro lado, el fitoplancton también es una importante fuente de transferencia de contaminantes presentes en el agua hacia niveles tróficos superiores, es así que las algas son

incapaces de descomponer pesticidas los que serán consumidos por organismos superiores (Nannavecchia, 2016). La ingesta y colección de sustancias juega un rol importante en la dinámica de contaminación del plancton. Por tal motivo si existe una obstrucción de luz se genera una obstaculización en la ingesta de amoníaco y nitrato por el fitoplancton tal como lo demostró Parmar (2016), especialmente cuando los desechos son industriales y presentan sólidos suspendidos, los mismos que pueden acumularse en la superficie del agua resultado en una reducción en la tasa de crecimiento, filtración y absorción de luz.

Fitoplancton asociado a la calidad de agua

Las poblaciones fitoplanctónicas sufren fluctuaciones cualitativas y cuantitativas a lo largo del año, evidentes en diferentes escalas espacio temporales asociadas a cambios en los factores ambientales, estacional, interanual, variación dentro y entre los lagos, lagunas, estuario. En términos generales, puede decirse que, en las zonas templadas, el número de individuos y biomasa del fitoplancton son bajos en la época fría, cuando las temperaturas e intensidades de luz también son bajas; contrario a lo que ocurre en los trópicos, donde se tienen temperatura y luminosidad relativamente constantes a lo largo de todo el año (García,2007; Currie, 2016).

Webstler y Hutchinson (2014) y Seip y Reynolds (2015), afirman que las microalgas responden a los gradientes tróficos y térmicos, a los efectos del viento y a los procesos de mezcla; además de la temperatura y de los niveles de luz, la abundancia del fitoplancton puede estar influenciada por la disponibilidad de nutrientes, herbivoría, interacciones con las bacterias, hundimiento, parasitismo, alelopatía, intervención antrópica y la física de la columna de agua. Así mismo, la variabilidad en la abundancia del

fitoplancton en lagos y estuarios ha sido relacionada a las variaciones en la concentración de fósforo, recordando que este nutriente, con frecuencia limita su crecimiento (Currie,2016) y revelan que *in situ*, el fitoplancton puede ser sensible a la relación de nitrógeno:fósforo (Suttle *et al.*, 2018).

Algunos de estos grupos fitoplanctónicos están asociados a condiciones oligotróficas (Desmidias), eutróficas (Clorofíceas Clorococales), turbulentas (diatomeas), enriquecidas con materia orgánica (Euglenofitas y Crisofitas) o con tendencia a la mezcla como los dinoflagelados (Duque y Donato, 2012; Roldan, 1992; Pinilla, 2018). Por ello el fitoplancton ha tenido un amplio uso como indicador biológico de diversos eventos ecológicos y de contaminación, pues responde relativamente rápido a los cambios físico-químicos que ocurren en la columna de agua (Marquez y Guilloot, 2008; Duque y Donato, 2012).

Géneros empleados como bioindicadores

Cyanophytas

Su calificativo común es algas verdeazules o azulado verdosas. Entre sus pigmentos figuran clorofila a, carotenoides y ficobiliproteínas (C-ficocianina, aloficocianina, C-ficoeritrina, ficoeritrocianina); pueden considerarse como poseedoras de un extenso rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a circunstancias difíciles (Roldan y Ramírez, 2008).

La Cyanophytas se desarrollan en agua dulce y marina, estando menos representados en el ámbito marino (Roldan y Ramirez op. cit.). Presentan niveles de organización de tipo unicelular, colonial o filamentoso (Arocena y Conde,2009), siendo la forma filamentosa la más predominante. Algunos filamentos suelen presentar heterocistos y acinetos, células especiales cuya forma, número y posición son importantes caracteres taxonómicos (Parra &

Bicudo,2015). Estos heterocistos son células especializadas para la fijación de nitrógeno atmosférico, mientras tanto que los acinetos son células de resistencia que se forman cuando las condiciones ambientales no son favorables (Arocena y Conde, 2009). Este tipo de microalgas se desarrollan cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de los parámetros habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación de nitrógeno-fosforo (Ramirez, 2018).

En referencia a parámetros como la temperatura óptima de dichas micro algas, esta oscila entre los 35 y 40°C (Palmer, 2012), en base a lo cual se considera que abundan en los meses más calientes del año y en aguas de pH neutro o ligeramente básico por cuanto utilizan el ion bicarbonato como fuente de carbono para poder realizar la fotosíntesis (Hutchinson, 2017).

Diatomeas

Es una clase ampliamente diversificada tanto en medio dulce como en ambientes salobre y marino. Comprende formas unicelulares y coloniales desprovistas de flagelos y presentan, una pared celular rígida con sílice, llamado frústulo la que consta de dos valvas una sobre la otra (epiteca) (Hipoteca) en la región de la banda de conexión o frústulo (Roldán y Ramirez, 2008).

Estas algas contienen clorofila a y c, β -caroteno, xantofilas y diatoxantina. Las células vegetativas carecen de flagelo, aunque presentan cierta movilidad gracias al flujo de agua que pasa a través de perforaciones en sus paredes celulares (Arocena y Conde, 2009).

Hawell (2016) asegura que las microalgas son ampliamente recomendados como parámetros en los índices de calidad de agua

debido a que son organismos ubicuos y por tanto pueden ser afectados por el ambiente en muchos sistemas acuáticos, además de que su naturaleza permite desviar los efectos perturbadores sobre la distribución espacial de las especies. Mientras que Round (2017), señala entre las razones para el empleo de diatomeas como bioindicadores las siguientes:

- Son organismos cosmopolitas, se encuentran adheridos a sustrato como rocas o sedimentos, desde la naciente en los ríos y las desembocaduras de sistemas acuáticos.
- Algunas especies de diatomeas son muy sensibles a factores ambientales como la contaminación, mientras que otras especies son muy tolerantes.
- Pueden ser fácilmente colectadas en grandes cantidades en pequeñas superficies.
- Responden a los cambios ambientales en corto y largo plazo.
- Son organismos formados por estructuras de sílice la cual le otorga una alta resistencia a altas temperaturas y pH.
-

Índice de Shannon- Weaver

El índice de diversidad de Shannon–Weaver fue desarrollado en 1949 basado en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. Este índice se calcula con la ecuación (1):

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (1)$$

Shannon-Weaver se usan para medir la biodiversidad de un hábitat en función de cómo están agrupados los individuos en las diferentes especies existentes.

Dónde H' es el índice de Shannon–Weaver, n_i el número de individuos de la especie “i” de la muestra y N el número total de

individuos de la muestra, describiendo los resultados en bits/cel.
 Bajo un rango determinado que debe ser interpretado (Tabla1)

Tabla 1 Interpretación de los valores de diversidad de Shannon-Weaver

<u>Rango</u>	<u>Diversidad</u>
0.0-2.0 bits/cel	Baja
2.0-3.0 bits/cel	Mediana
<u>3.0-4.5 bits/cel</u>	<u>Alta</u>

Fuente: Zamora (1999)

Valores de diversidad menores a 1 indican que el agua está altamente contaminada; si el índice está entre 1 y 3 existe contaminación ligera o moderada; finalmente, si este índice de diversidad es mayor a 3, el agua es de buena calidad biológica o es un agua limpia. Los valores anteriores se presentan en la Tabla 2 (Pinilla A, 2000; Segnini, 2003)

Tabla 2 Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon- Weaver

Esquema de Wilhm y Dorris 1968		Esquema de Staub 1970	
H'	CALIDAD DE AGUA	H'	CALIDAD DE AGUA
>3	Agua limpia	3.0-4.5	Contaminación débil
1-3	Contaminación moderada	2.0-3.0	Contaminación ligera
<1	Contaminación moderada	1.0-2.0	Contaminación moderada
		0.0-1.0	Contaminación severa

Fuente: Pinilla (2000); Signini,(2003)

METODOLOGÍA

En el presente trabajo se empleó información colectada de manera previa en proyectos de investigación durante las cátedras de Fitoplancton y Contaminación. Las microalgas identificadas fueron contrastadas con la bibliografía descrita para la zona costera del Ecuador. Es así, que se procedió a trabajar en las zonas de Punta Carnero (Salinas) y la Escollera (La Libertad), contrastándose la información así obtenida, con bibliografía actualizada para establecer si dichos organismos pueden ser empleadas para comprender la funcionalidad de las especies presentes en cada una de las zonas.

Las zonas de estudio fueron La Escollera de La Libertad con coordenadas $2^{\circ}21'32''$ S y $80^{\circ}91'48''$ (Figura1) y para la zona de Punta Carnero se delimitó un área de estudio de 500 metros y se seleccionó tres estaciones, cada una de ellas con un nivel diferente de interacción con el mar, por lo tanto, la estación 1 más cercana al mar cuenta con coordenadas $0274^{\circ} 2^{\circ}17'4''$ S y $80^{\circ}54'52''$ O, la segunda estación cuenta con coordenadas $E88^{\circ} 2^{\circ}17'23''$ S y $80^{\circ}54'43''$ O, por último, la tercera estación cuenta con coordenadas $SO 211^{\circ} 2^{\circ}17'22''$ S y $80^{\circ}54'41''$ O (Figura2).



Figura 1 Ubicación geográfica estación de muestreo La Escollera Fuente: Google Maps, 2021

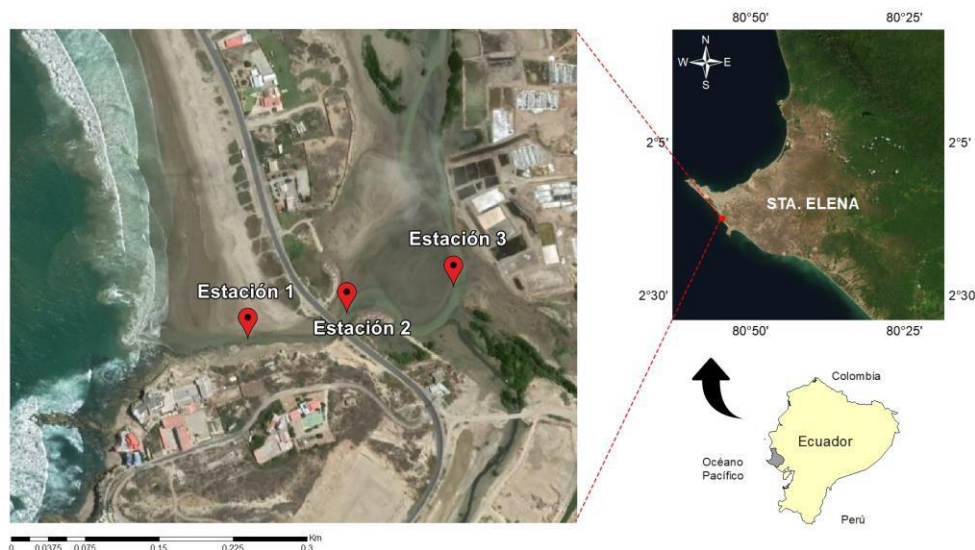


Figura 2 Ubicación geográfica estacione Punta Carnero

Fuente: Google Maps, 2021

Metodología de campo

En cada una de las estaciones se determinaron los valores de pH y temperatura. Posteriormente se colectó agua de la superficie del mar con ayuda de un balde de 6 litros, este balde se arrojó a una longitud de 1 metro por cuatro veces, el contenido del balde fue filtrado hasta obtener un volumen filtrado de 20 litros, este proceso se realizó con una red de 55 micras. A partir de este filtrado se obtuvo un concentrado de la muestra; asimismo se estandarizó el método para de esta manera obtener resultados semi- cuantitativos basados en porcentajes de abundancia (Samanez *et al.*, 2014).

El material que se concentró fue enrazado a 150 ml con agua de mar filtrada en frascos estériles; a continuación, se fijó la muestra *in situ* con 3 gotas de una solución de lugol y posteriormente pasando 10 minutos de colocar el lugol se conservó la muestra con 1 ml de formalina neutralizada con BORAX (Samanez *et al. op. cit.*).

Metodología de Laboratorio

Para el conteo celular fitoplanctónico se utilizó una cámara de Sedgewick – Rafter, donde las microalgas observadas y contabilizadas en toda la cámara se registraron. El microscopio usado para la observación fue marca BOECO modelo BM120. Se empleó el índice de Diversidad de Shannon- Weaver para relacionarlo con el grado de contaminación en cada una de las zonas evaluadas como establece la tabla 1.

A partir, de los datos colectados se procedió a contrastar la información colectada con la bibliografía descrita por varios autores para poder evaluar a las determinar cuáles de los organismos presentes pueden ser considerados como bioindicadores de contaminación.

RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos previamente para Punta Carnero, se identificaron 25 especies de diatomeas, distribuidas en 10 géneros. Mientras que con el grupo de cianobacterias se encontraron 2 especies, pertenecientes a 2 géneros (Tabla 3).

De acuerdo a lo descrito por Carmonate *et al.* (2018) los dinoflagelados conforman la mayor parte de la concentración total muestral seguida por las cianobacterias, condición de la estructura comunitaria que corresponde a lo descrito por diferentes autores para zonas costeras abiertas (Loza, 2004; Loza *et al.*, 2007), situación similar a la obtenida en este estudio.

Tabla 3 Especies identificadas en la zona de Punta Carnero en los diferentes muestreos

Especie	Muestreo y Estaciones									Total
	M1E 1	M1E 2	M1E 3	M2E1	M2E2	M2E3	M3E 1	M3E2	M3E 3	
<i>Achanthes longipes</i>	5	17			6		8	24		60
<i>Amphiprora alata</i>	3		5	6		2	2		2	20
<i>Amphora arenicola</i>		11			14			9		34
<i>Amphora graeffi</i>	7	3		5	4		6	2		27
<i>Cocconeis apiculata</i>	10	9		8	2		10	8		47
<i>Cocconeis scutellun</i>		12			10			13		35
<i>Diploneis suborbicularis</i>	12		4	8		5	10		3	42
<i>Eunotia minor</i>		10			7			5		22
<i>Eunotia naegelii</i>		3			5			3		11
<i>Girosygma acuminatum</i>		15	8		20	5		18	7	73
<i>Gyrosigma atenuatum</i>		3			7			4		14
<i>Gyrosigma hippocampus</i>	4	15		10	8		7	42		86
<i>Navicula circuloides</i>	17	15	4	10	18	6	14	22	5	111
<i>Navicula tuscula</i>			1			3			2	6
<i>Nitzchia angularis</i>	5	10		8	6		3	13		45
<i>Nitzchia closterium</i>			1340		936	225	4			2505
<i>Nitzchia linearis</i>	1		1	2		1	1		1	7
<i>Nitzchia lineola</i>	1			1			1			3
<i>Nitzchia longissima</i>	3	5	4	4	3	4	3	6	3	35
<i>Nitzchia obtusa</i>	2			3			2			7
<i>Nitzschia angularis</i>		13	12		15	13		10	11	74
<i>Nitzschia pungens</i>			5			7			9	21
<i>Nitzschia recta</i>			14				12		15	41
<i>Opephora pacifica</i>		19			20			17		56
<i>Oscillatoria sp</i>	15	24	5	10	37	9	43	58	37	238
<i>Spirulina sp</i>	85						1			86

Fuente: Fray et al. 2018

Las diatomeas fueron las más abundantes representando un 93% del total muestral y el 7% restante comprendería a las Cianobacterias. Las especies con mayor representatividad fueron *Nitzschia closterium* (67%), seguida de la cianobacteria *Oscillatoria limosa* (6%) y posteriormente las diatomeas *Navicula circuloides* y *N. incerta* (3%).

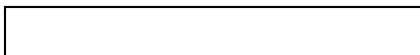
Como describe la siguiente tabla (Tabla4) para La Escollera, al igual

que la zona de Punta Carnero el grupo de las microalgas diatomeas sería el más abundante representando alrededor del 99.6% con las tres especies predominantes siendo estas *Chaetoceros costatus* (20.8%), seguido de *Ch. lorenzianus* (17.3%) y *Ch. affinis* (6.6) y el 0.4% restante estaría destinado para los dinoflagelados *Ceratium gravidum*, *Pyrocystis fusiformis* y *P. lúnula* (Tabla4)

Tabla 4 Especies identificadas en la zona de La Escollera en los diferentes muestreos

Especie	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Total
<i>Amphora graeffeana</i>	1	5				6
<i>Aulocoseira granulata</i>	3			6		9
<i>Bacteriastrum elegans</i>				1		1
<i>Biddulphia alternans</i>		1		1		2
<i>Bidulphia moviliensis</i>	3					3
<i>Ceratium gravidum</i>		1				1
<i>Chaetoceros socialis</i>		6				6
<i>Chaetoceros affinis</i> var. <i>Circinades</i>			11	7	29	47
<i>Chaetoceros cinctus</i>					12	12
<i>Chaetoceros costatus</i>				141	7	148
<i>Chaetoceros danicus</i>			9			9
<i>Chaetoceros dictyaeta</i>					8	8
<i>Chaetoceros leavis</i>			16		6	22
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>			42	25	56	123
<i>Chaetoceros peruvianus</i>				9	11	20
<i>Chaetoceros radicans</i>					3	3
<i>Cocconeis</i> sp		7				7
<i>Coscinodiscus</i> sp					1	1
<i>Coscinodiscus waillesii</i>					1	1

<i>Surirella febigerü</i>				2	2
<i>Surirella</i> sp				2	2
<i>Tabellaria</i> sp		7		1 9	26
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3		1		4
<i>Thalassiosira punctigera</i>			1		
<i>Thalassiothrix</i> sp		24	1 0		
<i>Denticula</i> sp		12			12
<i>Diploneis</i> sp	2				2
<i>Entomoneis</i> sp	3				3
<i>Gossleriella tropica</i>				1	1
<i>Guinardia striata</i>					4
<i>Hemiaulus sinensis</i>				4	4
<i>Leptocylindrus costatum</i>			14	6	6
<i>L. danicus</i>		3			3
<i>L. mediterraneus</i>	3 6				36
<i>Navicula</i> sp		5			5
<i>Navicula tuscula</i>				2	2
<i>Nitzschia angularis</i>		13			13
<i>N. linearis</i>	1				1
<i>N. lineola</i>	1				1
<i>N. longissima</i>		3	5	4	12
<i>N. obtusa</i>	2				2
<i>N. pungens</i>				5	5
<i>N. recta</i>				1 4	14
<i>Nitzchia</i> sp		6	3		4
<i>Pinularia</i> sp		19			19
<i>Pinnularia staurptera</i>		1			1
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>		1			1
<i>Pyrocystis fusiformis</i>	1				1
<i>P. lunula</i>		1			1
<i>Rhizosolenia alata</i>	1	7		2	10
<i>R. hebetata</i>				6	1
<i>R. imbricata</i>				1	1



Biodiversidad : Shannon-Weaver

En la siguiente figura se demuestra el índice de Shannon-Weaver para cada punto de muestreo correspondiente a Punta Carnero (Figura4). De acuerdo a esta gráfica se puede observar la forma como están distribuidos los individuos en las diferentes especies encontradas.

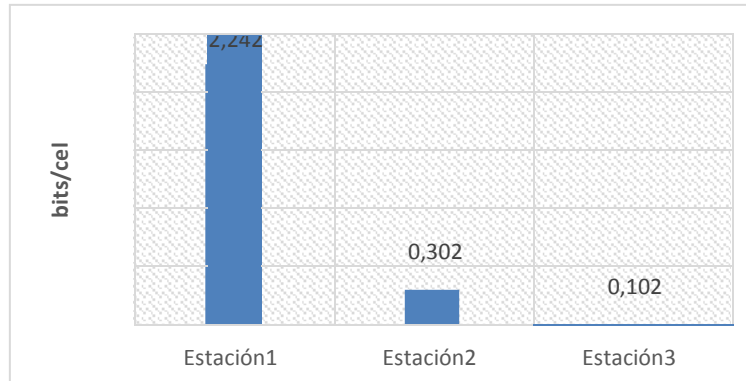


Figura 3 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver por punto de muestreo Punta Carnero
Fuente: Fray, 2020

Sin embargo, el índice de Shannon-Weaver está relacionado en la literatura con el nivel de contaminación del agua tal como se presentó en la Tabla 2 (Clasificación de las aguas contaminadas según el índice de Shannon-Weaver). Según lo descrito previamente, la estación uno presenta una buenacalidad biológica y considerarse con un grado de contaminación ligera. Por su parte la estación dos y tres poseen puntajes muy cercanos entre sí y correspondientes a una contaminación severa (Segnini,2003). Dicho resultado para la estación evaluada puede estar directamente relacionado a la cercanía a la zona de efluentes por parte de laboratorios de la zona y a su vez debido a que la masa de agua está influenciada por las mareas, haciendo que dicha agua rica en nutrientes “quedó estancada” permitiendo el afloramiento e incremento en cuando a abundancia de microalgas.

Las diatomeas fueron las más abundantes representando un 93% del total muestral y el 7% restante comprendería a las Cianobacterias. Las especies con mayor representatividad fueron *Nitzschia closterium*,

seguida de la cianobacteria *Oscillatoria limosa* y posteriormente las diatomeas *Navicula circulooides* y *N. incerta*

Verlecar *et al.* (2006) determinan que los sistemas marinos y estuarinos, suelen recibir aguas residuales como desechos industriales generando la presencia de diatomeas céntricas como es el caso de *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* y parcialmente de microalgas pennadas como es el caso de *Nitzschia*, género registrado en el actual estudio. Asimismo, para el caso de las *Oscillatoria* determina que suele ubicarse en zonas con aguas con baja contaminación orgánica (cabe indicar que el número de *Oscillatoria limosa* es un indicador de polución de agua). Esto concuerda con lo descrito por Palmer (2012) en el que establece un listado de las diez especies más tolerantes de manera decreciente, siendo *O. limosa* el número tres de dicho índice. Este género a menudo, suele ser encontrado en lagunas y otros cuerpos de agua junto a *Euglena* (Yusuf, 2020). Pramila *et al.* (2008) señalan que la presencia o ausencia de Cianofitas en cuerpos de aguas es dependiente de los valores de pH, temperatura y oxígeno.

Para el caso del género *Navicula*, estas suelen encontrarse y son usualmente abundantes en ambientes lóticos y lénticos eutróficos (Battarbee, 2006). Las diatomeas de ambientes lóticos presentan formas celulares adaptadas al flujo de agua y pueden crecer en un amplio intervalo de valores de pH, temperatura salinidad, concentración de nutrientes y contaminantes orgánicos e inorgánicos (Bellinger y Sigee, 2010, Stevenson *et al.*, 2010, Mora *et al.*, 2015). De acuerdo a Lange-Bertalot (2001) las diatomeas suelen distribuirse en aguas con cierta cantidad de electrolitos e incluso un poco polutas y es así, que dicho grupo suele hallarse en ambientes de tipo oligo a mesosalinos, también en biotopos con condiciones fluctuantes de humedad o de mareas (Cox, 2006); esto concuerda a lo obtenido también en el estudio realizado por Maidana *et al.* (2011). Cabe indicar que el género *Navicula* se ha registrado entre los rangos de pH 8,5 a 11 (Maidana *et al.*, 2011), lo que concuerda con los resultados obtenidos en cada uno de los muestreos para la zona de Punta

Carnero, en el que los valores de pH fueron de 8 (tabla4).

La cantidad de nutrientes presentes en la zona suelen permitir el afloramiento algal, como respuesta a perturbaciones ambientales producidas por cambios en la estructura y dinámica de la población. En este caso, como ya se indicó anteriormente, hay un creciente interés en el empleo de las microalgas como bioindicadores, porque se ha demostrado que son una buena herramienta para determinar el estado trófico y la calidad de agua de la zona en las que son evaluadas (Hering *et al.*, 2006, Kelly *et al.*, 2012). La relación establecida con los resultados este estudio, es que la presencia de algunas especies determina el estado trófico de la zona evaluada.

En la siguiente figura se puede observar el valor del índice de Diversidad de Shannon-Weaver para los muestreos realizados en La Escollera (Figura5) donde se termina que en el segundo muestreo se presentó una mediana diversidad, lo que de acuerdo a lo descrito por Segnini (2003) así como también, en base a literatura consultada (Pinilla,2000; Pilaguano, 2018) se lo clasifica con un grado de contaminación ligero.

Sin embargo, los datos correspondientes a los muestreos tres y cinco denotan un grado de contaminación severa, intrínsecamente asociado a los parámetros fluctuantes en el tiempo del estudio lo que se asemeja a lo demostrado por Barrera (2015), quien menciona que, al existir una variabilidad en los aspectos físicos de las masas de agua se demuestra que las microalgas son indicadores ambientales óptimas

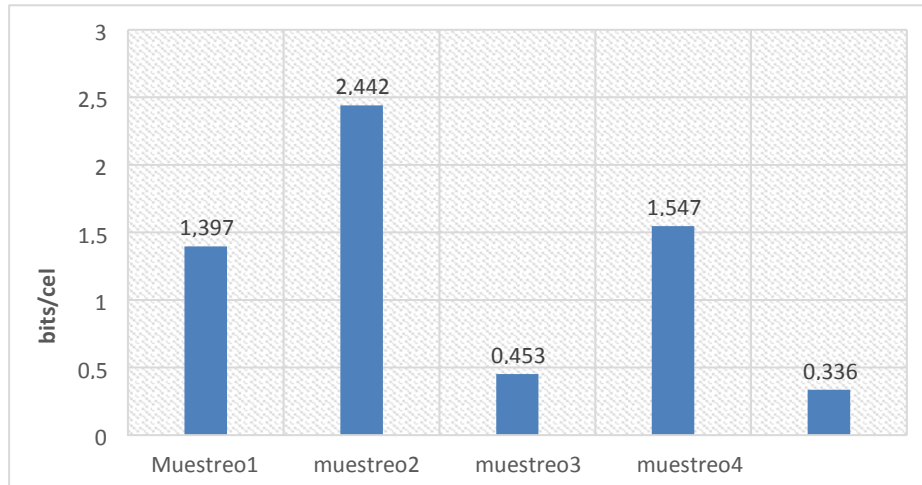


Figura 4 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver por punto de muestreo La Escollera
Fuente: Fray, 2020

En el caso del género *Chaetoceros*, es uno de los principales contribuyentes en zonas de surgencia costeras, como en ambientes productivos (Rynearson *et al.* 2013). Este género suele ser considerado oportunista, con crecimiento rápido en condiciones favorables o inestables en el medio ambiente (Acevedo, 2015). Verlecar *et al.* (2006) determinan que la presencia de dicho género es un indicativo claro de los efectos de los efluentes de las industrias, esto principalmente responde al incremento de las concentraciones de parámetros como NO_3 , NH_4 , PO_4 .

La contaminación de los cuerpos de agua radica en el ingreso de compuestos orgánicos e inorgánicos en el medio (Lavoie & de la Noüe, 2005, Rawat *et al.*, 2010) con variabilidad de concentraciones de nitrógeno y fósforo pudiendo llegar a incrementarse hasta tres veces más de lo registrado para un cuerpo de agua (Park *et al.*, 2010, Bhan *et al.* 2012) lo que permite así el incremento y proliferación de microalgas afectando de manera directa a la calidad de agua de la zona (Olguín, 2003, León & Chavez, 2010).

De manera similar a los resultados obtenidos, Verlecar *et al.* (2006), quienes observaron varias especies como es el caso de *Coscinodiscus* seguido por otras especies de diatomeas céntricas como *Trichodesmium*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, y aunque con menor presencia, también fueron observados dinoflagelados como *Ceratium* y algunas especies de

silicoflagelados. Las especies descritas anteriormente fueron encontradas en un sistema estuarino de Mumbai (Harbor-Thana); en este cuerpo de agua existe la presencia de aguas residuales de industrias como la ganadera y acuícola (Verlecar *et al.*, 2006). Dichas observaciones sugieren que suele existir una dominancia de diatomeas céntricas (*Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia*, etc.) basados en su rápido crecimiento y en la presencia de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Comparación entre Punta Carnero y La Escollera

Una vez establecidos los valores del índice de Biodiversidad para Punta Carnero y La Escollera, se procedió a la realización de dichos resultados. Es así que en Punta Carnero se determinó un valor de diversidad bajo (1,63bits/cel) que de acuerdo al esquema de Staub (1970) denota una calidad de agua con contaminación moderada; lo que contrasta de manera evidente con La Escollera lugar en el que la diversidad de especies mediana (2,77bits/cel) y un grado de contaminación ligero.

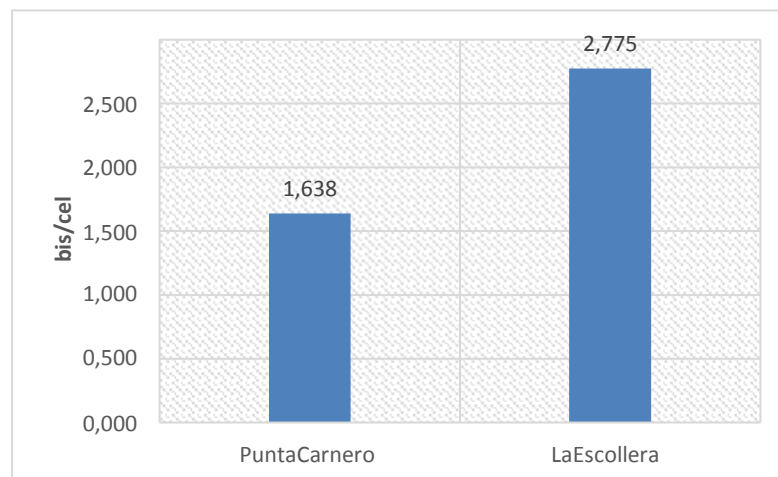


Figura 5 Comparativo del índice de Diversidad entre Punta Carnero y La Escollera

Fuente: Fray, 2020

Temperatura y pH

De la misma manera fueron consideradas las variables de temperatura y pH. Es posible asociar las fluctuaciones de temperatura con el valor obtenido de pH, como se puede observar en el caso de la zona de Punta

Carnero específicamente para el muestreo número uno de la estación tres. En dicha estación se registró un valor de 24.5° C (valor máximo registrado durante los muestreos) y un pH de 6 (Tabla 4). Esto podría asociarse con varios autores (Unrein, 2001, Salazar *et al.*, 2011, Vélez *et al.*, 2016, Azaña *et al.*, 2016, Coritoma *et al.* 2018) quienes demuestran una relación directa entre altas temperaturas y la variabilidad del potencial hidrógeno. Es decir que, un incremento de temperatura aumentará la solubilidad y la disociación de las sales, ácido y bases (principalmente de ácido y bases débiles), aumentado las concentraciones de iones en el medio, por lo tanto, al existir un incremento en la temperatura se incrementará la movilidad de los iones y debido a que el pH es una medida de concentración de protones su modificación estará asociada a la variabilidad de la temperatura tal como lo describe Almanza (*et al.*, 2016) en el que menciona que las microalgas pueden ser consideradas como bioindicadores debido a su comportamiento a la variación de parámetros.

Tabla 5 Parámetros registrados por muestreo y estación Punta Carnero

Punta Carnero									
Variables	Muestreo1			Muestreo2			Muestreo3		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
pH	8	8	6	8	8	7	8	8	7
Temperatura	23,8	23,5	24,5	23,6	23,8	23,5	24	24,4	24,4

Fuente: Fray *et al.*, (2018, 2019).

Tabla 6 Parámetros registrados por muestreo estación La Escollera

La Escollera					
Variables	Muestreo 1	Muestreo2	Muestreo3	Muestreo4	Muestreo5
pH	7	8	7	8	7

Temperatura	23,3	24	24	24,5	24,2
-------------	------	----	----	------	------

Fuente: Fray *et al*, (2018, 2019).

Por lo expuesto anteriormente, se puede determinar que las asociaciones microalgales de las dos zonas, pueden ser empleadas como bioindicadores de procesos de contaminación debido a que son grupos de algas que se adaptan al medio y pueden ayudar a determinar procesos de contaminación de varios tipos, por la alteración de variables del medio en el que se encuentran generando un cambio en la biota de la misma.

CONCLUSIONES

Se logró establecer a través de la revisión bibliográfica que las asociaciones de microalgas presentes en las dos zonas evaluadas constituyen bioindicadores de contaminación.

Fundamentándonos en el índice de Shannon-Weaver se estableció una diversidad baja para Punta Carnero pudiendo determinarse una contaminación moderada.

Los resultados con el Índice de Shannon-Weaver nos demuestran que La Escollera presentó un grado de contaminación ligera; que se considera como agua de buena calidad debido a la determinación de una diversidad mediana establecida.

Las especies de microalgas representativas para La Escollera fueron *Chaetoceros costatus*, *C. lorenzianus*, *C. affinis*, *Leptocylindrus mediterraneus* y *Thalassiothrix* sp. Para Punta Carnero las especies fueron *Nitzschia closterium*, seguida de la cianobacteria *Oscillatoria limosa* y posteriormente las diatomeas *Navicula circulooides* y *N. incerta*

Bibliografía

- Arocena, R., & Conde, D. (2009). Métodos en ecología de aguas continentales.
- Azaña, A., Lozano, S., Cáceres, K. (2018) Diversidad de Fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurin, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 2016.
- Battarbee, RW (2006). Análisis de diatomeas. Manual de paleoecología y paleohidrología del Holoceno; pp (527-570).
- Bellinger, E. and Sigeo, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. UK: WileyBlackwell; pp (23-31)
- Bhan, U., Ahluwalia, S., Sharma, C., Jindai, R., Thaku, R (2012). Planktonic indicators: A promising tool for monitoring water quality (early-warning signals). *Eco. Env. & Cons.* 19 (3): 2013; pp. (793-800)
- Carmenate, M., y otros (2008): Utilización de las comunidades de fitoplancton en la determinación de la calidad ambiental en la zona litoral de Ciudad de La Habana, Cuba. IV Taller Internacional Contaminación y Medio Ambiente, 12 pp.
- Cifuentes, J. Torres, P. y Frías, M. (2007). *El Océano y sus Recursos: V. Plancton*. México, pp. 1-100.
- CORAL. (2013). Evaluación y Control de la contaminación de aguas residuales (Universidad Internacional SEK, Vol. Tomo 5). Quito-Ecuador
- Coritama, M., Roa, K., Libio, T., Tapia, L., Jara, E., Macedo, D., Salvatierra, A., Dextre, A. (2018) Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como bioindicadores de calidad del agua en lagunas alto andinas del departamento de Pasco Perú. *Ecología Aplicada*, 17 (1) pp21-29
- Cox, E. (2006) *Identification of freshwater diatoms from live material*. Londres; Chapman & Hall. pp 76-85
- Currie, D. (1990). Large-scale variability and interactions among phytoplankton, bacterioplankton, and phosphorus. *Limnol. Oceanogr.* 35: pp1437- 1455.
- Duque, S., & Donato, J. (2012). Biología y ecología del fitoplancton de las aguas dulces en Colombia. *Cuadernos divulgativos*, 35. pp1-21
- Fjerdingstad, E. (1964). Pollution of stream estimated by benthic phytoplankton organisms. Saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. *Int Rec Ges Hydrobiologic*, 44. pp63-131

- Fray, A., Chalán, M., Coello, I., Zúñiga, A. (2018) Estructura Fitoplanctónica de la Escollera de La Libertad. Proyecto de la cátedra de Fitoplanctón. Facultad de Ciencias del Mar-Universidad Estatal Península de Santa Elena. pp 1-7
- Fray, A., Chalán, M., Coello, I., Zúñiga, A. (2019) Microalgas como bioindicadoras de contaminación en la zona de Punta Carnero. Proyecto de la Cátedra de Contaminación Marina. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena. pp 1- 12
- García, M. (2007). Ciclo anual del fitoplancton en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Lit*, 8. pp 1-12.
- Harrison, P., Conway, H. y Dugdale, R. (2006). Diatomeas marinas cultivadas en quimiostatos bajo limitación de silicato o amonio. I. Composición química celular y cinética de crecimiento en estado estacionario de *Skeletonema costatum*. *Biología Marina* , 35 (2). pp 177-186.
- Hawkins, C., Norris, R., Gerritsen, J., Hughes, R., Jackson, S. (2000). Evaluation of the use of landscape classifications for the prediction of freshwater biota: synthesis and recommendations. *Journal of the North American Benthological Society* 19 (3), 541- 556
- Hutchinson, G. (2017). A treatise on limnology, introduction to lake biology and the limnoplankton (Vol. 2). Pp 36-49
- Lange-Bertalot H. (2001). *Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato, Frustulia. Diatoms of European inland Waters and comparable habitats*, Vol. 2 Ruggell: A. R. G Gantner Verlag KG.
- Lavoie, A., & De la Noüe, J. (2005). Hyperconcentrated cultures of *Scenedesmus obliquus*: a new approach for wastewater biological tertiary treatment. *Water research*, 19(11), 1437-1442.
- Levine, J., Nichols, M., Agardy, T., Arroyo, I., Barton, J., Pérez, R., Phipps, E., Reaser, J., Shoch, E., Thornton, K. (2008). El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes- Calidad del agua, Informe sobre el medio ambiente de América del Norte, Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental pp. 1-66.
- Lobo, C. C. (2014). Tratamiento biológico de aguas residuales industriales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). pp 1-126
- Loza, S. (1994): El nanofitoplancton de las bahías de Vita y Jururú, Cuba. *Ciencias Biológicas*. (27): 90-106.

- Loza, S. (2004): Evaluación del grado de eutrofización de las zonas seleccionadas de la plataforma SW. Fitoplancton y Microbiología. Resultado 2. En: Evaluación de las zonas de impacto antrópico del golfo de Batabanó. Informe Final. (Martínez, M., J.F. Montalvo) pp 65- 78
- Loza, S., Carmenate, M., Pereiro, Y., & Sánchez, M. (2007). Respuesta del fitoplancton ante el impacto antrópico de la zona costera NW de ciudad de La Habana, Cuba. Proceeding III Convención de Medio Ambiente, La Habana. pp 23-31
- Maidana, N., Seeligmann, C., Morales, M. (2011). El género *Navicula sensu stricto* (Bacillariophyceae) en humedales de altura de Jujuy, Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot 46 (1-2). pp 13-21
- Mora, D., Carmona, J., Cantoral, E. (2015) Diatomeas eplíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 86 (2015) 1024-1040.
- Nannavecchia, P. S. (2016). *Contaminación antrópica de los cuerpos de agua. Estudio de su efecto sobre organismos del fitoplancton a escala ecológica y de bioensayos de laboratorio* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). pp 1-297
- Paerl, HW, Gardner, WS, Havens, KE, Joyner, AR, McCarthy, MJ, Newell, SE, ... y Scott, JT (2016). Mitigar la proliferación de algas nocivas por cianobacterias en ecosistemas acuáticos afectados por el cambio climático y los nutrientes antropogénicos. *Algas nocivas*, 54. pp 213- 222
- Palmer, C., De Gyves, C., Guerrero, R. (2012). Algas en Abastecimientos de Agua: manual ilustrado acerca de la identificación, importancia y control de las algas en los abastecimientos de agua / Algas y contaminación del agua. pp 1-32
- Park, M., Kim, H., Myung, Y., Kang, W. (2010) First succesful culture of marine dionoflagellate *Dynophysis acuminata*, Aquat. Microb. Ecol. 45. pp 101-106
- Parmar, T., Rawtani, D., Agrawal, Y. (2016). Bioindicadores: el indicador natural de contaminación ambiental. *Fronteras en las ciencias de la vida*, 9 (2), 110-118.
- Perez, M., Comas, A., & Maidana, N. (2010). Estudio taxonómico del fitoplancton del tramo inferior del río Júcar con especial énfasis en las algas verdes cocales (Valencia- España). pp 42-53

- Rissik, D., Shon, E., Newell, B., Baird, M. y Suthers, I. (2009). Dinámica del plancton por precipitación, eutrofización, dilución, pastoreo y asimilación en una laguna costera urbanizada. *Ciencia de los estuarios, las costas y las plataformas*, 84 (1), 99-107.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Pp 124
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de limnología tropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 529 p.
- Round, FE (1991). Diatomeas en estudios de seguimiento del agua de los ríos. *Revista de psicología aplicada*, 3 (2), 129-145.
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., Hidalgo, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y nekton (peces) en aguas continentales del Perú/ Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología- Lima Ministerio del Ambiente. pp75
- Sánchez Ramírez, S., & Jacobo, N. (2008). El fitoplancton durante el invierno 2004. pp 27-34
- Seip, K. & Reynolds, S. (2015). Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. *Limnol. Oceanogr.*, 40(3). pp 589-587
- Streble, H., & Krauter, D. (2007). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua* (No. Sirsi) i9788428208000)
- Suttle, S., Stockner, J., Shortreed, K y Harrison, P (1988), "Cursos temporales de la absorción de fosfato fraccionada por tamaño: ¿Son las células más grandes mejores competidoras por pulsos de fosfato que las células más pequeñas?", *Ecología* **74**, 571-576
- Vásquez, C., Ariza, A., & Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Universitas Scientiarum*, 11(2), 61-75.
- Vázquez, G. Castro, G. González I. Pérez, R. y Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* 60, pp. 41-48.
- Verlecar, N., Somshekhar, R., Desai, A. (2006) Biological indicators in relation to coastal pollution along Kamataa coast, India. *National Institute of Oceanography. Water Research* 40 (2006) 3304-3312.
- Villacres, K. & Villamar, J. (2017) Evaluación Ambiental a partir de Parámetros

Físico- Químicos y Microbiológicos de la calidad de agua de mar en la playa de Chipipe Cantón Salinas Provincia de Santa Elena. Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil.

Walsh, J., Whitley, T., Barvenik, F., Wirick, C, y Howe, S. (1978). Eventos de viento y dinámica de la cadena alimentaria en la ensenada de Nueva York. *Limnol. Oceanogr.* 23: 659–683.

Webster, I., Hutchinson, P. (1994). Effect of wind on the distribution of phytoplankton cells in lakes revisited. *Limnol. Oceanogr.* 35:365-373.

Williams, L. (1964) Possible relationships between planktonic species numbers and water quality estimates. *Ecology.*45:809-823