



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

**VARIABILIDAD DE FITOPLANCTON EN AGUAS RESIDUALES DE
LA PLAYA CHIPIPE, SALINAS 2021.**

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de
Biólogo marino

AUTOR:

SILVA MASCOTE SARA MAITE

TUTOR ACADÉMICO:

BLGA. MARIA HERMINIA CORNEJO RODRIGUEZ, PHD.

La Libertad – Ecuador

2022.

TRIBUNAL DE GRADO



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

Decano

Facultad de Ciencias del mar



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

Director

Carrera de Biología Marina



Blga. Ma. Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D

Tutor



Blga. Dadsania Rodríguez

Docente del Área

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad de los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo práctico, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma le corresponde a la Universidad Estatal Península de Santa Elena”



Srta. Sara Silva Mascote
CI. 100318162-3

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme gozar de buena salud, darme las fuerzas necesarias y guiarme en cada paso personal y profesional.

Le doy gracias a mis padres, David Silva y Lupe Mascote quienes me inculcaron valores desde pequeña, fueron mi apoyo total y pilar fundamental en mi vida, gracias a ellos he gozado de la oportunidad de estudiar y adquirir las enseñanzas necesarias para que me convierta en una persona de bien y un excelente profesional.

También expreso mi gratitud a la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a cada docente que forma parte de las carreras de Biología y Biología Marina, por brindarme y trasmitirme sus conocimientos. Al departamento administrativo de la facultad y en especial a la Blga. Tanya González y la Blga. Mayra Cuenca por su apoyo incondicional y consejos que no me hicieron decaer en el transcurso de la carrera.

A la empresa EMPAGRAN., División Laboratorio y en especial al gerente, Blgo. Jorge Espinoza por abrirme las puertas del laboratorio para que realice mis Prácticas Pre-profesionales demostrando capacidad, puntualidad, colaboración en cada departamento de producción.

A la Blga. María Herminia Cornejo, PhD., por su calidez, tiempo y dedicación, por brindarme su amistad, enseñanzas y quien me supo orientar en el desarrollo de este trabajo práctico.

A mis hermanos, José Silva y Lucila Silva quienes con su amor y paciencia me han ayudado a ser una mejor hermana.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | i |
| INTRODUCCIÓN | ii |
| JUSTIFICACIÓN | iv |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | v |
| OBJETIVOS | vi |
| Objetivo General: | vi |
| Objetivos Específicos: | vi |
| MARCO TEORICO | 1 |
| 1.1. Generalidades del fitoplancton y su diversidad | 1 |
| 1.2. Características Morfológicas | 2 |
| 1.3. Reproducción | 3 |
| 1.3.1. Reproducción Asexual | 4 |
| 1.3.2. Reproducción Sexual | 4 |
| 1.4. Alimentación | 6 |
| 1.5. Distribución y hábitat | 6 |
| 1.6. Toxicidad | 8 |
| 1.7. Aguas residuales | 9 |
| 1.8. Calidad de agua | 10 |
| 1.9. Calidad ambiente marino | 11 |
| 1.10. Calidad de agua y contaminación marino costera | 11 |
| 1.11. Contaminación | 12 |
| 2.1. Turismo cantón Salinas | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2. Superficie y población..... | 16 |
| 2.3. Características físicas generales: | 16 |
| 2.3.1. Clima | 16 |
| 2.3.2. Oleaje..... | 16 |
| 2.3.3. Vientos..... | 16 |
| 2.3.4. Precipitaciones | 17 |
| 3. Variables ambientales..... | 17 |
| 3.1. Temperatura | 17 |
| 3.2. Oxígeno disuelto..... | 17 |
| 3.3 Salinidad..... | 18 |
| 3.4 Potencial de Hidrógeno..... | 19 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 20 |
| 4.1. Área de estudio | 20 |
| 4.2. Fase de campo | 21 |
| 4.3. Fase de laboratorio | 21 |
| 4.4. Colecta y tratamiento de datos | 22 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 25 |
| 5.1. Composición de géneros y especies de fitoplancton | 25 |
| 5.2. Abundancia del fitoplancton..... | 26 |
| 5.3. Abundancia relativa de microalgas dominantes..... | 28 |
| 5.4. Diversidad y Equitatividad | 31 |
| 5.5. Variables ambientales | 34 |
| 5.5.1. Oxígeno disuelto..... | 34 |
| 5.5.2. Temperatura superficial..... | 37 |
| 5.5.3. Salinidad | 39 |
| 5.5.4. Potencial de hidrógeno..... | 41 |
| 6. Relación entre las variables ambientales y las microalgas. | 44 |
| CONCLUSIONES..... | 50 |

| | |
|--|----|
| RECOMENDACIONES | 52 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |
| ANEXOS | 64 |
| Anexo 1: Toma de variables ambientales (mes de junio). | 64 |
| Anexo 2 Toma de variables ambientales E1 (mes de junio). | 64 |
| Anexo 3: Identificación de microalgas en laboratorio Empagran div. Semacua (mes Julio). | 65 |
| Anexo 4: Medición del área de estudio (E1). | 65 |
| Anexo 5: Medición del área de estudio (E2). | 66 |
| Anexo 6: Recolección muestra (mes junio)..... | 66 |
| Anexo 7: <i>Entomoneis alata</i> (Especie dominante) | 67 |
| Anexo 8: <i>Nitzschia</i> sp; Phylum | 67 |
| Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae | 67 |
| Anexo 9: <i>Navicula yarensis</i> , Phylum Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae | 67 |
| Anexo 10: Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae | 68 |
| Anexo 11: Tabla de microalgas registradas en los muestreos. | 69 |
| Anexo 12: Registro de variables físico-químicos mes de Junio..... | 69 |
| Anexo 13: Registro de variables físico-químicos mes de Julio..... | 69 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Rangos de valores para índice de diversidad | 23 |
| Tabla 2. Tabla para la inferencia de la favorabilidad y pronosticabilidad ambiental a partir de los índices de la diversidad (H') y equitatividad (J'), (Preston, 1960). | 24 |
| Tabla 3. Estados ambientales de calidad de agua de acuerdo a Claude Boyd 2001. | 24 |
| Tabla 4. Géneros de Bacillariophyta registrados durante el actual estudio. | 25 |
| Tabla 5: Géneros de Cyanophyta registrado durante el actual estudio. | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Características morfológicas de las microalgas. | 3 |
| Figura 2. Reproducción sexual (derecha) y asexual de protistas (izquierda). | 4 |
| Figura 3. Reproducción sexual de las microalgas. | 5 |
| Figura 4: Estaciones de muestreo. | 20 |
| Figura 5: Abundancia relativa de las especies dominantes y representativas del fitoplancton; <i>Entomoneis alata</i> (a), <i>Nitzschia</i> spp. (b), <i>Nitzschia longissima</i> (c), <i>Nitzschia</i> sp. (d), <i>Cymbella</i> sp. (e), <i>Pleurosigma</i> sp. | 30 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Diversidad de microalgas presentes en las diferentes estaciones de muestreo (junio). | 32 |
| Gráfico 2. Diversidad de microalgas presentes en las diferentes estaciones de muestreo (julio)..... | 34 |
| Gráfico 3. Variables ambientales (DO (mg. L-1) en la E1 Y E2)..... | 35 |
| Gráfico 4. Variables ambientales (DO (mg. L-1) en la E1 Y E2)..... | 36 |
| Gráfico 5. Variables ambientales (TSM (oC) en la E1 Y E2)..... | 37 |
| Gráfico 6. Variables ambientales (TSM (oC) en la E1 Y E2)..... | 38 |
| Gráfico 7. Variables ambientales (Salinidad en la E1 Y E2)..... | 40 |
| Gráfico 8. Variables ambientales (Salinidad en la E1 Y E2)..... | 41 |
| Gráfico 9. Variables ambientales (pH en la E1 Y E2)..... | 42 |
| Gráfico 10. Variables ambientales (pH en la E1 Y E2)..... | 43 |
| Gráfico 11: Proyección ortogonal de los componentes del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) en la zona de estudio de la playa Chipipe, Salinas durante la época seca del 2021. | 45 |

RESUMEN

El fitoplancton es el productor primario del planeta teniendo a su vez relación precisa con las áreas geográficas latitudinales, es por ello que el presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar la estructura del grupo frente a temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH; en aguas residuales de la playa de Chipipe, Salinas. Durante dos meses se colectaron 4 muestras de agua en 2 estaciones con una periodicidad de 7 días. Se identificaron géneros y especies que forman parte del Phylum Bacillariophyta y Cyanophyta con un total de 33.405 cel.ml⁻¹. Para la cuantificación de concentraciones algales se utilizó la cámara Sedgwick – Rafter, se calculó la diversidad a través del índice de Shannon- Wiener (H') expresado en (bits/cel). Las especies fitoplanctónicas más abundantes fueron: *Entomoneis alata* con 31.333 cel.ml⁻¹, *Nitzschia* spp., con 545 cel.ml⁻¹, *Nitzschia longissima* con 354 cel.ml⁻¹, *Nitzschia* sp., con 338 cel.ml⁻¹, *Cymbella* sp., con 271 cel.ml⁻¹, y *Pleurosigma* sp., con 136 cel.ml⁻¹, siendo *Entomoneis alata* la especie más dominante en los muestreos realizados en los meses de junio y julio (M1-M3) de la estación 2. El valor máximo de diversidad (H') y equitatividad (J') presentó la estación 1 con H'= 2,61bits y J'= 0,72, mientras que en la estación 2 con H'= 2,13 bits; J'=0,562. Debido a que estas aguas son residuales, tienen alto contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo), donde algunos géneros como *Entomoneis*, *Nitzschia* y *Pleurosigma* prefieren estas concentraciones.

Palabras claves: Fitoplancton, Bacillariophyta, Cyanophytas, Sedgwick Rafter.

INTRODUCCIÓN

Dentro del ecosistema acuático, la presencia y abundancia del fitoplancton es dependiente de los nutrientes del medio en el que se desarrolla. Este grupo biológico, constituye el principal productor de oxígeno en nuestro planeta y a su vez representa la base de las redes tróficas como alimento para los organismos herbívoros y omnívoros. Estas células viven suspendidas en la zona fótica de la columna de agua y pueden encontrarse formando colonias, cadenas o cenobios (Bonilla & Aubriot, 2019). A nivel mundial, se ha confirmado que un 7% de las especies que componen el fitoplancton del océano producen proliferaciones súbitas, principalmente por parte de las cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados que junto a la materia orgánica y las sales minerales constituyen las reservas de nitrógeno, fósforo y silicio, indispensables para el desarrollo de estos organismos (López, 2019).

Según Mendoza (2021), los nutrientes están relacionados con la productividad primaria (Chl a), que se acumulan en la columna de agua, y estos son aportados por las descargas de aguas continentales o de aguas profundas provenientes de las surgencias que alimentan el sistema y que a su vez pueden tener impactos ecológicos significativos en la columna de agua. Hay que considerar que el incremento de sólidos suspendidos en el agua favorece el incremento de diatomeas que se caracterizan por desarrollarse en estas condiciones (Mendoza, 2021) . Estos organismos se encuentran ampliamente distribuidos en hábitats acuáticos tanto marinos como continentales, correspondiendo en las zonas continentales un total de 15.000 especies de fitoplancton, mientras que el 40% de todo corresponden al fitoplancton marino.

Eventualmente, el crecimiento del fitoplancton puede quedar limitado por cambios en las variables ambientales, que provocan un aumento en el suministro de nutrientes al sistema, considerando que la biomasa de éstas comunidades están en función de las tasas de suministro de nutrientes y la pérdida de algas (García, 2016).

El ecosistema donde se desarrollan las microalgas es dinámico, está en permanente cambio, pero el desarrollo desmedido y repentino de las poblaciones de microalgas trae consigo un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos que origina un sistema dinámico y en permanente cambio.

Díaz (2021), comenta que el estudio de organismos autótrofos ha aumentado, principalmente por la necesidad de establecer organismos o grupos planctónicos que pueden considerarse como “indicadores biológicos”, importancia que radica en su capacidad de desplazarse junto con determinadas masas de agua; y también debido a que son capaces de reflejar cambios de las complejas modificaciones de variables físico-químicos ambientales. Este mismo investigador comenta que el estudio de organismos autótrofos ha aumentado, dada la necesidad de seleccionar aquellos organismos o grupos planctónicos que pueden considerarse como “indicadores biológicos”; importancia que radica en su capacidad de desplazarse junto con determinadas masas de agua; y también debido a que son capaces de reflejar cambios de las complejas modificaciones de variables físico-químicos ambientales.

La provincia de Santa Elena al ubicarse en el perfil costanero más sobresaliente del país, posee distintos ambientes, lo que favorece su alta biodiversidad de especies, razón por la cual se desea caracterizar la estructura del fitoplancton frente a temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH, en las aguas residuales de la playa de Chipipe, Salinas.

JUSTIFICACIÓN

El fitoplancton ya ha sido considerado como un importante bioindicador ambiental debido a sus ciclos de vida cortos y a su capacidad de responder rápidamente a los cambios que pueden ocurrir en las masas de agua por procesos naturales o antrópicos, lo que puede afectar su composición, reflejando las condiciones existentes tiempo atrás del muestreo. Combinar análisis físicos y químicos que determinan la calidad de agua, con índices bióticos y con la densidad algal es importante para determinar el estado de salud de un ecosistema.

El presente trabajo proporciona información sobre los géneros del fitoplancton marino, especialmente diatomeas y cianobacterias en aguas residuales, sobre su abundancia, su relación con los factores ambientales y su ubicación geográfica. La investigación se realizó en Chipipe, cerca de la base Naval; una zona considerada de alta influencia de actividades antrópicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En muchos de los países de Centro América y América Latina encontramos que la descarga sanitaria de aguas residuales domésticas sin tratamiento conforma una problemática que va en aumento; cuando estas descargas son realizadas en las zonas costeras no solo contaminan los recursos hídricos más próximos como el medio marino si no también recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Este problema se vuelve crítico si se menciona el intenso crecimiento industrial que se suscita en la región, donde utilizan procesos de descarga de efluentes que ocasionan alteraciones en el medio con la consiguiente pérdida de recursos. La inadecuada disposición de sistemas de alcantarillado y la ausencia o deficiencia en el tratamiento de las mismas, están asociadas a la contaminación y deterioro de la calidad del agua. Por otro lado es frecuente que debido al crecimiento poblacional se realicen asentamientos improvisados o irregulares en terrenos en los cuales no se cuenta con infraestructura para el saneamiento de aguas negras, que de una u otra forma terminan en los cuerpos de agua naturales.

Finalmente el turismo es una de las actividades que tiene efectos positivos sobre las localidades que se dedican a ello, pero a su vez afecta gravemente el ecosistema marino y la calidad del agua, cuando no se lleva un control de los desechos que producen, como consecuencia es posible concluir que las empresas turísticas costeras también han contribuido al deterioro del ambiente.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar la variabilidad del fitoplancton de la playa de Chipipe, Salinas, en aguas residuales cercanas a la costa influenciada por actividades antropogénicas y en la ribera del mar, mediante muestreos probabilísticos de tipo aleatorio simple para determinar si existe un impacto al ecosistema marino costero entre los meses de Junio a Julio 2021.

Objetivos Específicos:

- Establecer la abundancia y diversidad de las microalgas presentes en la zona de estudio mediante el índice de Shannon-Wiener.
- Registrar variables ambientales: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH para conocer el estado de la zona de estudio.
- Relacionar la presencia y variabilidad del fitoplancton con los niveles de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH mediante Análisis de Correspondencia Canónica (ACC).

MARCO TEORICO

1.1. Generalidades del fitoplancton y su diversidad

La palabra fitoplancton está formada con raíces griegas, sus componentes léxicos son phytos que significa “planta” y planktos que significa “errante”. Este grupo está formado por microorganismos foto sintetizadores (micro algas y cianobacterias) que permanecen en la columna de agua de lagos, ríos y océanos u otros ecosistemas acuáticos (Peraza, 2017). Entre las características más importantes de la ecología del fitoplancton está su tamaño celular; (Sieburth *et al.*, 1978) señalan que el fitoplancton puede clasificarse atendiendo al tamaño en: picofitoplancton (0.2-2.0 μm) que incluye algunas cianobacterias, nanofitoplancton (2.0-20 μm) que es la talla de muchas algas eucariotas y cianobacterias, micro fitoplancton (20-200 μm), meso fitoplancton (0.2-2 mm) y macro fitoplancton (2-20 mm), siendo estas tres últimas categorías las de las algas planctónicas suficientemente grandes como para quedar atrapadas en las mallas estándares de recolección (75 micras). (Nielsen, 2006), planteó que el tamaño celular de una especie afectaba su tasa de crecimiento, y demostró que la tasa de crecimiento de especies de algas verdes unicelulares y cianobacterias decrecía significativamente con el aumento del tamaño, mientras que no existían cambios en la tasa de crecimiento en las especies coloniales.

Estos grupos microalgales, en su gran mayoría, son de vital importancia desde el punto de vista de la economía del mar, especialmente las diatomeas debido a las altas concentraciones en las que se presentan, apareciendo, en ocasiones como dominantes absolutas, especialmente en aguas frías (Gómez, 2007). En referencia a su estudio, cabe indicar que cuando las poblaciones que componen el fitoplancton están presentes en número relativamente bajo en su hábitat, es necesaria la utilización métodos específicos de concentración para colectarlo. Por el contrario,

cuando las poblaciones se incrementan se forman los florecimientos algales que pueden llegar a observarse a simple vista (Peraza, 2017).

El fitoplancton tomó mayor relevancia cuando se afirmó que el verdadero pulmón del planeta está en los océanos y no en los bosques; además cabe señalar que la Tierra está compuesta por tres cuartas partes de agua y que el 95% de la productividad primaria en el mar se debe al fitoplancton, lo que fortalece su importancia, al constituir este al grupo como la base de la pirámide alimenticia de todo el ecosistema marino. Vale señalar que el fitoplancton además de luz solar necesita determinadas condiciones ambientales para su crecimiento, tales como la presencia de nutrientes en el agua además de la temperatura y salinidad; cambios en estas variables producirán cambios en las comunidades fitoplanctónicas, razón por la cual son considerados como buenos indicadores de calidad de agua.

1.2. Características Morfológicas

Una de las características que distingue a las diatomeas de otros grupos es la presencia de una pared celular o frústula formada de sílice; la cual se divide en una parte superior (epiteca) y una parte inferior (hipoteca). La base de la clasificación de las diatomeas son la estructura y ornamentación de la frústula (Colín, Rodríguez, Figueira, & Basiuk, 2013). Este grupo se divide en dos grandes subgrupos por su morfología: las formas céntricas con valvas simétricas radialmente y las formas pennadas con valvas simétricas bilateralmente. No obstante, (Estrada *et al.* 2018), en relación a la clasificación de las diatomeas, señala que éstas pertenecen a una división con tres clases, la clase Coscinodiscophyceae, donde se clasifican todas las diatomeas céntricas, y las clases Fragilariophyceae y Bacillariophyceae dentro de las cuales se agrupan las diatomeas pennadas.

Un grupo biológico importante por su calidad de bio-indicadores corresponde a las Cianobacterias, las cuales presentan membranas internas llamadas laminillas foto

sintetizadoras (lo que las hace autótrofas), dispuestas en un complejo multilaminar homologable a los tilacoides de los cloroplastos y, son las responsables de realizar el metabolismo fotosintético ya que poseen toda la maquinaria necesaria para hacerlo (clorofila, pigmentos fotosintéticos accesorios, factores ATP sintetiza y en general todo el complejo enzimático). Estas microalgas poseen vacuolas de gas que ayudan a la flotación, además de los carboxisomas que realizan la fijación de CO₂, diferentes tipos de gránulos (glucógeno, cianoficina, polifosfato), gotas de lípidos, ribosomas, micro túbulos y tilacoides. Tienen una pared celular que se compone de una membrana plasmática y una membrana externa, entre ambas existe una pared de mureína. El exterior está recubierto por una capa S y encima de esta capa hay una capa de oscilinas (proteínas fibrosas), que cubren la célula en una distribución helicoidal, finalmente una capa mucosa envuelve el filamento o célula por encima de la capa de oscilina (Figura 1).

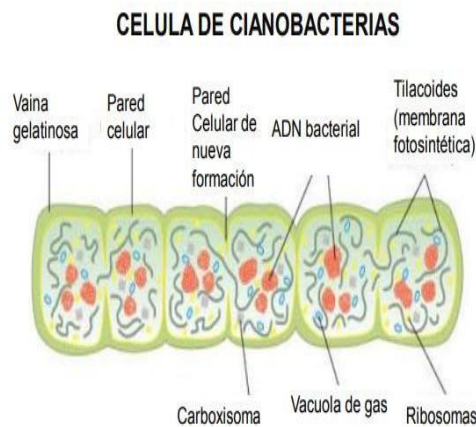


Figura 1. Características morfológicas de las microalgas.

Fuente: Sevilla, 2014.

1.3. Reproducción

Los organismos del fitoplancton presentan una gran variedad de formas reproductivas, las mismas que varían de un grupo a otro. Sin embargo, a grandes

rasgos el grupo presenta los dos tipos reproducción: la asexual y la sexual, tal como se los observa en la (Figura 2).

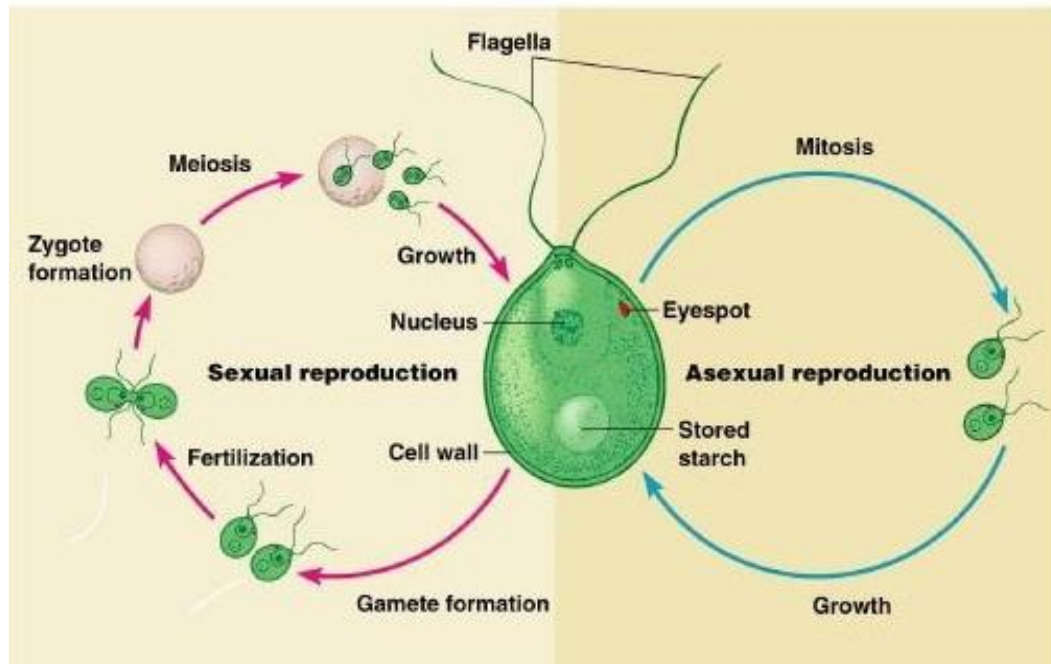


Figura 2. Reproducción sexual (derecha) y asexual de protistas (izquierda).

Fuente: (Moreno, 2013).

1.3.1. Reproducción Asexual

Es un tipo de reproducción en la que los descendientes heredan únicamente los genes de un único progenitor. En este tipo de reproducción no intervienen gametos, no hay variación cromosómica y es común en organismos unicelulares como los del fitoplancton (Lodish, 2005) (Figura 2).

1.3.2. Reproducción Sexual

La reproducción sexual consiste en obtener una descendencia a partir del material genético combinado de dos células sexuales o gametos, los mismos que pueden provenir de un mismo progenitor, o de progenitores distintos. El proceso involucra

una división celular meiótica, en la cual una célula diploide experimenta una división, dando lugar a células con la mitad de la carga genética de la célula progenitora (generalmente cuatro células). (Figura 3).

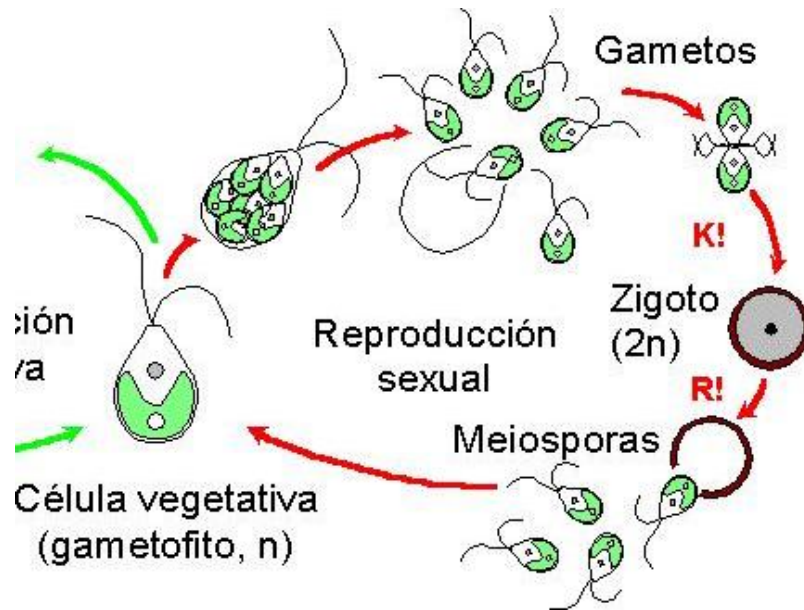


Figura 3. Reproducción sexual de las microalgas.

Fuente: Zarco, 2019.

En este caso, los descendientes heredan los genes de uno de los progenitores por medio de la meiosis, obteniendo así una recombinación genética y posibilidad de mejorar tanto la dispersión y la resistencia de los mismos.

Cubas (2008), señala que las diatomeas se reproducen por bipartición, aunque cabe recalcar que estos organismos combinan la multiplicación asexual y la reproducción sexual. Para ellas, las valvas se desencajan una de otra por el empuje del cuerpo plasmático, que aumentan de tamaño; formándose dos células hijas. Una de las células hijas adquiere el mismo tamaño que la célula madre, pero la otra queda más pequeña. Mientras que la reproducción de las cianobacterias es generalmente por fisión binaria, por bipartición o fragmentación de los filamentos, los cuales producen estructuras denominadas hormogonios que se separan de los filamentos originarios y se mueven deslizándose, además algunas especies forman células especiales

con pared exterior engrosada (acinetos) que les permite permanecer latentes cuando las condiciones ambientales son desfavorables (sequía, oscuridad, congelación). Los acinetos se rompen durante la germinación para dar paso a la formación de nuevos filamentos vegetativos (Cubas, 2008).

1.4. Alimentación

El fitoplancton es grupo autótrofo fotosintético que “renueva” las superficies de los cuerpos marinos, por donde ingresa el sol y donde son ricos en sales minerales, fabrica o sintetiza su propio alimento a partir de fuentes consideradas no orgánicas, tal y como lo hacen las plantas superiores; la fotosíntesis que efectúan es su principal actividad metabólica, en donde aprovechan al máximo la luz solar y el agua para poder fabricar biomoléculas útiles, liberando cantidades considerables de oxígeno molecular en el proceso (O_2) (Gordon & Taylor, 2015). De igual manera se debe recordar que la mayoría de estas especies marinas, son las encargadas y responsables de producir el 50% de las moléculas de oxígeno que sustenta la vida en la tierra. La mayoría de las especies productoras de plantas se remontan al período de la Gran Oxidación, siendo este el período geológico más temprano en el que el aire se llenó de oxígeno por primera vez y del que existe una gran reserva en el ambiente y que durará millones de años (Torretera Blanco & Tacon, 2017).

Así mismo hay que agregar que diversas especies de fitoplancton, como las diatomeas y cianobacterias, llevan a efecto procesos quimio-sintéticos, es decir, del aprovechamiento de la energía química generada mediante reacciones químicas inorgánicas, alimentándose de la materia inorgánica y de fuentes de energía externas, del medio ambiente (Sileone, 2021).

1.5. Distribución y hábitat

El fitoplancton se distribuye por todos los mares y océanos del planeta Tierra siendo fundamental en el mantenimiento de la concentración de oxígeno en el océano y en

la atmósfera. Estas diatomeas habitan en todos los cuerpos de agua, desde los polos hasta las latitudes más bajas; las regiones polar y subpolar contienen relativamente pocas especies en contraste con la biota templada. En el caso de los grupos de aguas continentales, a estos organismos se los encuentra en ambientes principalmente lenticos, los mismos que incluyen aguas estancadas como lagos, lagunas y embalses; mientras que en ambientes loticos de agua corriente unidireccional, como los manantiales, ríos, arroyos, cascadas y canales son escasos al ser arrastrados continuamente hacia otras áreas donde las condiciones ambientales son distintas. Su densidad y fisiología varía; en función de la profundidad, temperatura, luz, transparencia, oxígeno, nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente), pH (aguas muy ácidas no favorecen las floraciones de este grupo, incluso si hay bastantes nutrientes) (Health & Welfare, 2018) y salinidad. Los ecólogos usan la terminología de “aguas interiores” para englobar la variedad de intervalos en los distintos sistemas acuáticos continentales, es decir ríos, lagos, lagunas, etc. (Oliva, Godínez, & Zuñiga, 2014). Otro factor que determina la producción fitoplanctónica es la cantidad de sólidos suspendidos. Cuando las aguas son turbias, es decir, con una gran concentración de partículas suspendidas, no existe luz suficiente para un crecimiento apreciable del fitoplancton; ésta es una buena medida de control para los micrófitos acuáticos que crecen por debajo de la superficie del agua (Health & Welfare, 2018).

Los estanques de producción acuícola son hábitats ideales para el desarrollo del fitoplancton, base de la red alimentaria natural, donde los nutrientes son abundantes debido a la adición de fertilizantes y piensos; al mismo tiempo son importantes porque complementan los alimentos manufacturados para los organismos de cultivo, sobre todo para los crustáceos de menor tamaño y para los post-larvales y los alevines de peces poco después de la siembra.

Finalmente, cabe señalar que el fitoplancton es una fuente importante de oxígeno disuelto; durante el día, producen oxígeno por fotosíntesis a un ritmo mucho más rápido que el oxígeno puede difundirse desde la atmósfera hacia el agua del

estanque. Y su actividad se extiende a la rápida eliminación del nitrógeno amoniacal del agua, disminuyendo la concentración de esta sustancia potencialmente tóxica para los organismos de cultivo.

1.6. Toxicidad

El fitoplancton es la base de la red alimentaria. Generalmente presenta un ciclo anual predecible, pero grupos, como los dinoflagelados y las cianobacterias, pueden proliferar excesivamente y formar "florecimientos", en función de los nutrientes presentes en el medio y como consecuencia afectar a otros grupos biológicos superiores; pudiendo llegar a ser potencialmente tóxicos y/o a proporcionar al agua olor y sabor, si las condiciones son las apropiadas, y en el caso de procesos de producción acuícola se transmite a las especie de cultivo. El nivel de toxicidad dependerá también, de los organismos que los causaron, si son éstos capaces de producir toxinas o no, o si sus densidades provocan muchas condiciones adversas como bajo oxígeno o turbidez del agua cuando mueren.

Según Zata (2020), el fenómeno se hace importante sólo cuando hay una floración (una explosión demográfica), lo que ocurre a veces en aguas dulces o salobres, si las condiciones de temperatura son favorables y abundan los nutrientes, sobre todo el fósforo. Los géneros más frecuentemente implicados en floraciones son *Microcystis*, *Anabaena* que producen varias toxinas (microcistinas, anabasinas, etc), y especies como: *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium* sp, *Noctiluca scientillas* y *Cochlodiunium Catenatum* , las cuales ha formado parte de eventos de marea roja (García & Torres, 2015).

Los mecanismos fisiológicos de la intoxicación son variados, con venenos tanto citotóxicos (atacantes de las células), como hepatotóxicos o neurotóxicos (atacantes del sistema nervioso). Como consecuencia pesar de sus bondades como alimento, sus floraciones pueden llegar a ser excesivas y causar impactos

negativos. Durante la noche en estanques de producción acuática, con floraciones densas de fitoplancton, la respiración por el fitoplancton y otros organismos puede causar concentraciones de oxígeno disuelto excesivamente bajas que pueden estresar o matar a las especies de cultivo (García, 2020). En los estanques sin aireación, una floración de fitoplancton reduce la profundidad de la visibilidad submarina a menos de 20-30 centímetros (Torres, 2015).

Algunas microalgas como las cianobacterias producen toxinas de amplio espectro y otras específicas y pueden envenenar a los animales que habitan el mismo ambiente o beben el agua, especialmente la producción de compuestos olorosos y tóxicos. Se trata de una gran variedad de géneros y especies como *Anabaena* y *Aphanizomenon* (Arias, 2009); estas algas azul-verdes producen los compuestos olorosos geosmin y metil-isoborneol y pueden ser absorbidos por los peces y camarones, resultando en un mal olor y sabor comúnmente conocido como sabor desagradable rechazado por los procesadores.

1.7. Aguas residuales

Zarza (2021), señala que prácticamente el 80% de las aguas residuales vuelven al ecosistema sin haber sido reutilizadas, siendo este uno de los mayores problemas a resolver. Se considera así a cualquier clase de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Aguas que no poseen valor inmediato para el propósito para el que se utilizó ni para el fin para el que se produjo por su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. La descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias sin tratamiento provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas. Estas aguas, se pueden clasificar según su cantidad y tipo de sustancias químicas que aportan, según sus características de tipo bacteriológico, o según la relación entre agua y materia en suspensión y materia disuelta (UPTC, 2017).

El principal factor de riesgo para numerosas intoxicaciones e infecciones es el intercambio fisiológico del agua, siempre que ésta se encuentre alterada, mediante contaminación, en sus parámetros físicos, químicos o biológicos (UPTC, 2017).

Por otra parte, el agua de mar compone el 97.6 % de los recursos hídricos pero su uso está restringido para la actividad humana dada su elevada concentración en sales: 3.5%. Los porcentajes de los compuestos más abundantes son: 2.7% de cloruro sódico. 0.3% de cloruro magnésico. 0.2% de sulfato magnésico. 0.1% de sulfato cálcico. 0.2% de otras sales (Rodier, 1989). Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático, que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros nitratos como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos (Rodier, 1989).

1.8. Calidad de agua

Round (1991), menciona que el estudio del fitoplancton, tanto en el bentos como en la columna de agua de los tributarios de los ríos y otros cuerpos de agua, permite evaluar cómo se encuentra la calidad de agua. La capacidad de los cuerpos de agua para recibir, procesar y dispersar la entrada de contaminantes forma parte de su propia dinámica, y es finita; en caso de ser excedida, conlleva un decremento en la calidad en la columna de agua y de los fondos.

Una de las vías de acceso de contaminantes al medio litoral es el vertido directo de aguas residuales urbanas e industriales, que se producen bien de manera

controlada, a través de sistemas de saneamientos bien planificados, o de modo incontrolado, mediante el vertido directo de efluentes no tratados provenientes de las redes de alcantarillado, entre los contaminantes tenemos: materia orgánica, aceites y grasas, detergentes, microorganismos entéricos, así como concentraciones variables de compuestos tóxicos permanentes o bioacumulables (Echeverría, 2016).

1.9. Calidad ambiente marino

Los ambientes acuáticos han sido considerados, como el medio más conveniente para “limpiar, dispersar, transportar residuos” dado su “poder de dilución. Varias actividades humanas tienen efectos indirectos e indeseables sobre el ambiente acuático (Chapman, 1996). La calidad del agua por lo general se determina por medio de equipos de medición, análisis químicos e indicadores biológicos tanto bacterianos como fitoplanctónicos. En el caso de bacterianos se utiliza la densidad/presencia de coliformes como microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades por transmisión hídrica (Majluf, 2002) y entre fitoplanctónicos los grupos que mayormente se destacan son: las diatomeas y los dinoflagelados; este último grupo se suele encontrar cerca de las costas, producen los llamados “bloom de algas” (que ocasionan una descoloración del agua de mar, causando las denominadas mareas rojas con alto contenido de toxicidad nocivas para otros organismos). Estas microalgas tóxicas pueden generar impactos nocivos a los recursos naturales como mortalidad de peces y pequeños moluscos e inclusive al ser humano de forma indirecta (Basilio, 2014).

1.10. Calidad de agua y contaminación marino costera

La zona costera constituye la interfase entre la atmósfera, hidrósfera y litósfera, lo que la hace especialmente dinámica y sensible a los cambios climáticos. El carácter de interfase le confiere una gran diversidad de ambientes y recursos, convirtiéndola en un área especialmente atractiva para los asentamientos humanos, así como para

una gran variedad de actividades productivas, dando como resultado que la población se concentra cerca del litoral o a pocos kilómetros de ella y son estas presiones urbanísticas las que han generado su deterioro. El desarrollo de biota (flora y fauna) en aguas superficiales es gobernado por una variedad de condiciones medioambientales que determinan la selección de especies, así como la actuación fisiológica de los organismos; en contraste con la calidad química de cuerpos de agua, que pueden medirse por convenientes métodos analíticos, la descripción de la calidad biológica de un cuerpo de agua es una combinación de características cualitativas y cuantitativas, como por ejemplo la producción primaria, en forma de fitoplancton (MAATE & Universidad de Castilla, 2005).

El proceso de evaluación del agua en aspectos físico, químico y biológicos da una caracterización de su calidad y de los efectos de fuentes de contaminación domésticas e industriales, particularmente en usos de los que pueden afectar la salud humana y la salud del sistema acuático. Las aguas y los fondos de la plataforma continental representan un 7.6% de la superficie del océano mundial, área donde se concentra la mayoría de los recursos, 87% de la pesca y la totalidad de la producción marisquera; más del 50% de la población mundial se concentra a menos de 50 km de la costa, lo que conlleva el aumento de las presiones antropogénicas ejercidas sobre el medio marino y la concentración de los vertidos que contaminan las aguas y de los fondos, provocando el desequilibrio de las condiciones naturales del sistema costero (Echeverría, 2016).

1.11. Contaminación

La contaminación puede ser el resultado de fuentes puntuales o de fuentes difusas o no puntuales. Una diferencia importante entre una puntual de una fuente difusa es que una fuente puntual puede colectarse, puede tratarse o puede controlarse. La contaminación en el ambiente acuático es debida a la intervención del ser humano,

de manera directa o indirectamente, acción de sustancias o energía que dan como resultado, daños a los recursos vivientes, riesgos a salud humana, incidencia en la actividad pesquera, y a menudo a otras actividades económicas (UNESCO, WHO, UNEP, 1996).

Problemas de contaminación se pueden producir, entre otras causas, por el incremento de nitrógeno inorgánico en ecosistemas acuáticos lo que trae como consecuencia el incremento de la acidez o reducida alcalinidad. Compuestos nitrogenados, junto con los fosfatados son causantes de la eutrofización que se manifiesta como consecuencia de una sobreabundancia de sustancias nutritivas en el agua, en zonas con tiempos de renovación lentos, lo que acarrea un aumento de la productividad en la columna de agua y, con ello, de la biomasa de productores primarios (Camargo & Alonso, 2007).

En función del origen de los nutrientes, la eutrofización registrada en el medio marino pueden ser de dos tipos: natural, en su mayoría sustancias minerales procedentes del medio natural, dando lugar a un lento y gradual aumento de la productividad del sistema, como se mencionó con anterioridad; y por otro lado, el cultural, producida por el aporte localizado de nutrientes inorgánicos generados por la actividad humana que acarrear, a corto medio plazo, la aparición de proliferaciones de algas en zonas costeras o estuarinas con baja tasa de exportación. Este evento puede llegar a provocar el enturbiamiento del agua, relegando la fotosíntesis a la zona localizada en los primeros metros y provocando, en determinados casos, el cambio en la distribución del plancton, aumento de clorofila *a* y de los macrófitos bentónicos. Este aumento de materia orgánica por la eutrofización, proveniente de la muerte de los productores primarios causa disminución del oxígeno en capas inferiores y, si el consumo de oxígeno es muy elevado puede llegar a ocasionar fenómenos de hipoxia, < 4 mg/l o anoxia, < 0.2 mg/l (Echeverría, 2016). Con base en la magnitud de concentración de nutrientes, una zona acuática costera se la clasifica en:

- Oligotrófico (< 260 mg m⁻³ NT; < 10 mg m⁻³ PT; < 1 mg m⁻³ Cl "a")

- Mesotrófico (260 – 350 mg m⁻³ NT; 10 - 30 mg m⁻³ PT; 1 - 3 mg m⁻³ Cl “a”)
- Eutrófico (350 – 400 mg m⁻³ NT; 30 - 40 mg m⁻³ PT; 3 - 5 mg m⁻³ Cl “a”)
- Hipertrófico (> 400 mg m⁻³ NT; > 40 mg m⁻³ PT; > 5 mg m⁻³ Cl “a”) (Kuriyama, Grundling, Diehl, & Woelfel, 2021).

2. Descripción del área marino-costera de la provincia de Santa Elena y problemática del turismo.

La costa continental del Ecuador tiene una longitud aproximada de 1256 km. En el mar ecuatoriano se presentan aguas tropicales cálidas procedentes del norte de la línea ecuatorial y aguas subtropicales provenientes del sur, es así que en la franja costera se han registrado: playas, acantilados, bahías, islas de barrera, estuarios, costas rocosas, lagunas costeras, planicies intermareales, deltas, dunas y planicies costeras. En la parte delantera del Ecuador se sitúa la plataforma continental, la cual posee pocas irregularidades topográficas, alcanzando su mayor estrechamiento y pendiente frente a las salientes costeras como la Puntilla Santa Elena, Cabo San Lorenzo y Cabo San Francisco; mientras que su mayor extensión y menor pendiente está en el Golfo de Guayaquil y la costa norte de Manabí (Majluf, 2002).

La provincia de Santa Elena es un sitio “tradicional de sol y playa” en donde se han registrado turismo nacional e internacional; cabe señalar que el desarrollo de esta actividad ha marcado sin duda una alta estacionalidad turística, igualmente ha limitado la diversificación de la oferta turística. Como problemas de gestión asociados al desarrollo del turismo se tienen los factores sociales y económicos, de mayor relevancia tenemos la delincuencia afectando directamente al desarrollo turístico del lugar; por otro lado son las comunidades en donde abundan los riesgos ambientales y los recursos son limitados (Perrone, Cajiao, & Burgos, 2009). A través de propuestas alternativas se fortalece el ecoturismo, la observación de mamíferos

marinos y aves, aventura y deportes; todas éstas, actividades vinculadas con el uso de recursos naturales en condiciones aceptables. Sin embargo, esta situación podría verse amenazada por el intenso crecimiento de la oferta y la demanda turística que se ha registrado en los últimos años en ciertos puntos de la costa ecuatoriana.

2.1. Turismo cantón Salinas

El cantón Salinas está situado a 142 km de Guayaquil, se extiende desde la península de Santa Elena hasta la puntilla con el mismo nombre en el lado occidental. Limita al norte, oeste y sur con el Océano Pacífico y al este con el Cantón Santa Elena. La extensión de su playa es de aproximadamente 15 km (GAD Salinas, 2011). Su nombre proviene de los enormes yacimientos o minas de sal yodada que se explotan en su suelo solitario. Además Salinas se ha caracterizado por ser uno de los lugares de diversión preferido por los ecuatorianos y un importante centro turístico, ya que cuenta con importantes clubes, bares, hoteles, restaurantes, casinos y hasta centros deportivos. Es el lugar ideal para practicar deportes acuáticos como vela, buceo, jet ski, y pesca deportiva (GAD Salinas, 2011).

Salinas exhibe una de las zonas de alta diversidad de vida silvestre de la costa ecuatoriana puesto que a tan sólo 500 metros de la playa se puede observar delfines, ballenas y una gran variedad de aves. Gracias a los servicios y facilidades que Salinas tiene en su parte urbana, le permite ofrecer una amplia gama de posibilidades de consumo y gasto turístico por ejemplo el sector hotelero que cuenta con hoteles de lujo de primera categoría y hasta se encuentran hoteles más sencillos ajustándose a las exigencias del turista.

La actividad turística en Salinas, posee una función expansiva, ya que de esta se desprenden otras actividades económicas y se expande lo que es el comercio formal e informal, la demanda artesanal también juega su papel importante en esta expansión y hasta los restaurantes y discotecas. Cuando la temporada de verano

de la región costa llega, Salinas se convierte en un mercado emisor fijo como lo es Guayaquil y un porcentaje menor de Machala, asimismo cuenta con una pequeña demanda proveniente de la ciudad de Cuenca en temporada de vacaciones de la Sierra, sumándole a esto, Salinas también recibe turistas internacionales como se mencionó anteriormente, provenientes principalmente de Europa, Brasil y Norteamérica, recibiendo anualmente alrededor de 150.000 turistas (GAD Salinas, 2011).

2.2. Superficie y población

Salinas tiene una superficie territorial de 76 km² la cual está dividida entre la Cabecera Cantonal de Salinas con 29.60km² y sus dos parroquias rurales que son José Luis Tamayo con 11.90 km² y Anconcito con 34.50 km², según datos obtenidos del censo de población y vivienda del 2010. El cantón Salinas tiene una población de 68.675 habitantes (GAD Salinas, 2011).

2.3. Características físicas generales:

2.3.1. Clima

El clima más representativo de Salinas y de toda la provincia de Santa Elena es el clima tropical megatérmico árido a semiárido.

2.3.2. Oleaje

Se define al oleaje como una fluctuación del nivel del mar o como una sucesión de ondas u olas sobre una superficie de agua, su origen se debe a la transferencia de energía del viento a la superficie del agua, para luego propagarse hasta alcanzar tierra (DIHIDRONAV, 2016).

2.3.3. Vientos

Los vientos que generalmente dominan, suelen tomar direcciones suroeste, y en ocasiones cambian al sur y otras al oeste. La fuerza que toma el viento y la velocidad varían, la velocidad promedio es de 4m/s, llegando a veces a alcanzar los 10m/s especialmente en época de verano (León, 2017).

2.3.4. Precipitaciones

Después de ciertos ciclos que suelen durar hasta 7 años, llegan a producirse inviernos fuertemente lluviosos, fenómeno que se asocia en lo general con El Niño y que además es la única ocasión en que el paisaje reverdece. Las precipitaciones por año por lo general son inferiores a 500 mm y se concentran solo en la estación lluviosa que va de enero a abril (León, 2017).

3. Variables ambientales

3.1. Temperatura

La temperatura es una variable física que puede estar íntimamente relacionada con otras variables, pudiendo afectar mediciones de pH, alcalinidad o conductividad. En la zona de Salinas, las máximas superan los 32 °C, con una mínima de 16 °C y una media anual de 24 °C. La estación húmeda (abril-noviembre), se caracterizan por un cielo nuboso y sus repentinas garúas sin impactos notables sobre la vegetación, además se presenta un descenso considerable de la temperatura (Cruz, Tapia, & Naranjo, 2011).

3.2. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es la forma de determinar la cantidad de oxígeno que se encuentra en el agua y que representa un factor primordial para la vida de ecosistemas acuáticos viables ya que variaciones en los mismos son un indicador de contaminación y daños que comprometan la vida de los mismos, teniendo como

base que a niveles altos de oxígeno disuelto la calidad del agua es mejor mientras que niveles bajos pueden comprometer la vida de peces y otros organismos acuáticos de sobrevivir. Los microorganismos que conforman el primer eslabón de la cadena trófica son las microalgas, actuando así como una de las fuentes de oxígeno disuelto (OD) por medio del proceso de fotosíntesis se elimina el dióxido de carbono y se lo reemplaza con oxígeno (Vymazal, 2010).

Las microalgas toleran un amplio rango de oxígeno disuelto que pueden variar desde 0,59 mg/l hasta 9 mg/l, además Meichtry & Llano (2013), mencionan en su estudio con microalgas los niveles de DO pueden fluctuar durante el día, por ello se realizaron dos mediciones en el día para tener un estimado al final de las 96 horas; por la noche finaliza la fotosíntesis por parte de las células pero aun así continúan usando el oxígeno, causando una disminución del oxígeno disuelto, por ello dichos investigadores recomiendan llevar un registro del valor del OD cada día.

3.3 Salinidad

La salinidad superficial del mar (SSM) se puede medir por medio de un refractómetro de mano, con un rango de 0 a 100%, calibrando con agua destilada. También el valor de salinidad se calcula partir del resultado de conductividad, utilizando la Escala de Salinidad Práctica y por medio del multiparámetro YSI la salinidad se puede medir calculando la conductividad y temperatura con un rango de 0 a 70 ppt, con una exactitud de $\pm 1.0\%$ de lectura. Para la presente investigación se utilizó dicho equipo registrando así salinidades casi estables que van desde 35 ups hasta 33 ups, en los meses julio y septiembre se han registrado niveles de salinidades de 35 ups (Basilio, 2014), sin embargo en la E1 se registró salinidades que oscilan desde 33 ups.

3.4 Potencial de Hidrógeno

Es una medida que sirve para establecer el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Si hablamos en términos de producción acuícola, la toma de dicha variable es importante para el cultivo que se esté llevando a cabo; ya que el pH controla las reacciones químicas que pueden suceder para determinar si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción. Algunos equipos que se pueden utilizar para medir dicha variable es el multiparámetro YSI que tiene un tipo de sensor electrodo de combinación de vidrio rango 0 a 14 unidades, exactitud ± 0.2 unidades y una resolución de 0.01 unidades, dichas características ayudan a saber con exactitud el dato de dicha variable. En la zona de estudio se registran promedios de pH 6,48; es importante saber que el desarrollo fitoplanctónico va a estar íntimamente ligado con el pH debido a que está relacionado a la clorofila a (Unrein, 2001).

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Área de estudio

El sitio de monitoreo se ubicó en la cercanía de la Base Naval de Salinas (Chipipe), entre las coordenadas: $2^{\circ}11'53''\text{S}$ de latitud y; $80^{\circ}58'55''\text{O}$ de longitud al noreste del Cantón Salinas, provincia de Santa Elena (Figura 4).

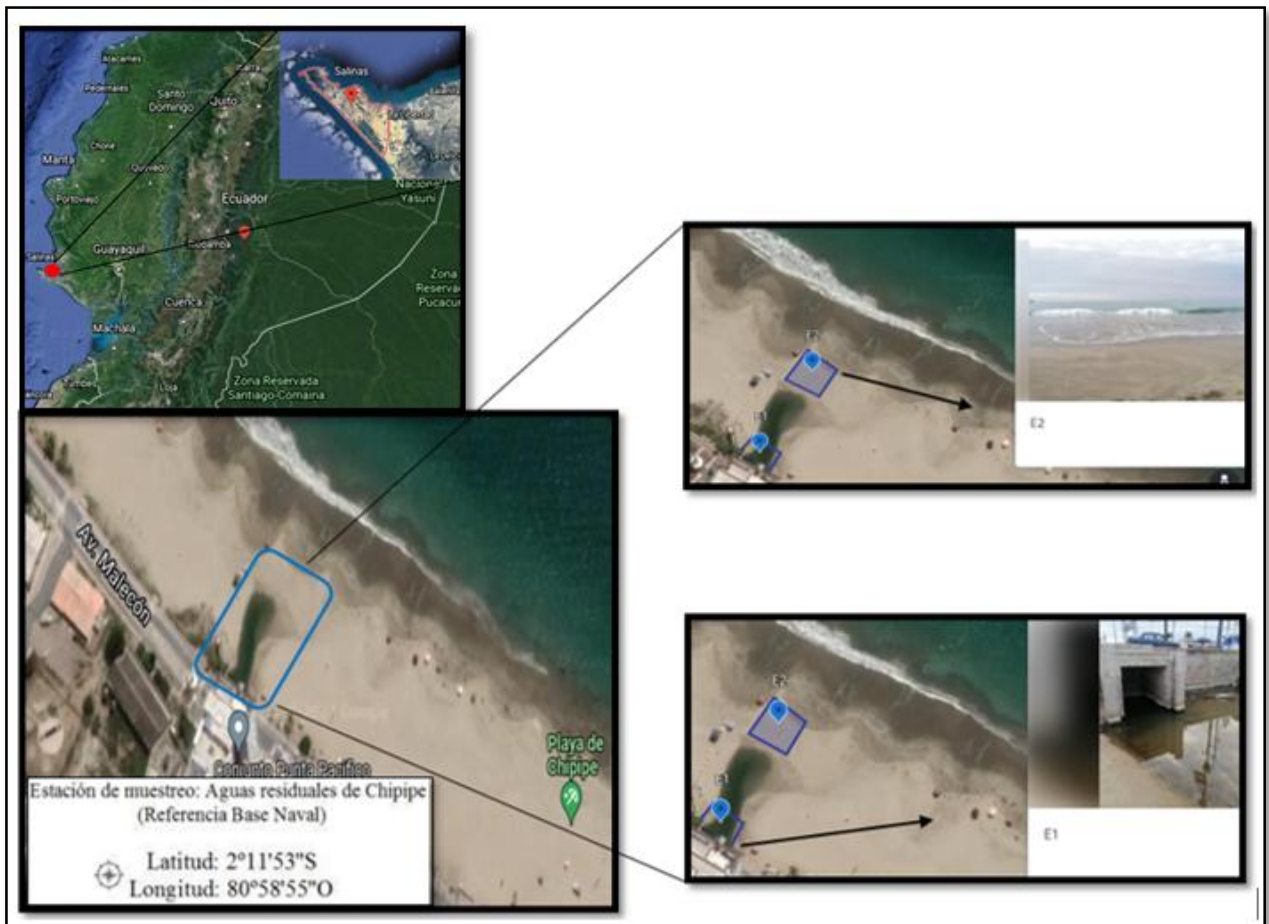


Figura 4: Estaciones de muestreo.

Fuente: Google Earth, 2018.

El Cantón Salinas está ubicado en la franja costera de la provincia de Santa Elena, zona estratégica para desarrollar el turismo principalmente, la pesca artesanal, y

transporte naviero. La zona de estudio comprende 40.70 metros de extensión total y está dividida en 2 estaciones; la E1 es la estación que está más influenciada por contaminación y actividades antropogénicas; comprende 7.10 metros de largo y 9.10 de ancho y la E2 está ubicada en la ribera del mar y comprende 15 metros de largo y 9 metros de ancho.

4.2. Fase de campo

En cada estación se realizaron 4 muestreos probabilísticos del tipo aleatorio simple, con una periodicidad de muestreo cada 7 días durante el mes de junio y julio respectivamente. Las muestras se colectaron a nivel superficial empleando baldes de 10 litros (L), un balde por cada estación, los mismos que se filtraron con una red de 55 micras (μ). Y se colocaron en frascos de 100 ml, debidamente etiquetados. El material colectado se llevó a un volumen 125 ml, al cual se le añadió 2 gotas de una solución de lugol con la finalidad de fijar estructuras como flagelos y finalmente luego de un lapso de 5 a 10 minutos se adicionó un 1 ml de formalina al 4% neutralizado con tetra borato de sodio hasta regular el pH neutro.

A través de un Multiparámetro YSI modelo 556 MPS anteriormente calibrado, se midió la concentración de oxígeno disuelto (mg/l), temperatura ($^{\circ}$ c), salinidad (‰), potencial de hidrogeno (pH) (Poot, 2013).

4.3. Fase de laboratorio

Para la cuantificación de concentraciones algales se llevaron las muestras al laboratorio Empagram, Div. Semacua, ubicado en la vía Punta Carnero km 14.3 y posteriormente se realizó la cuantificación de las micro algas con una la cámara Sedgwick – Rafter, expresando en cel.ml⁻¹. Los organismos se identificaron al taxón más bajo posible con la ayuda de las Guías taxonómicas (Boltovskoy, 1981).

El método o escala empleada es el análisis de Sedgwick Rafter que utiliza la placa o cámara del mismo nombre, cuyas dimensiones son de 5 cm de largo por 2 cm de ancho y 1 mm de altura, con capacidad para 1 ml de muestra. El recuento de organismos puede hacerse por campos o por franjas. Se sugiere abarcar el mayor número de campos o franjas para que los resultados sean confiables. Los resultados se dan en número de individuos/ml.

La cuantificación del fitoplancton es realizada por dilución y posterior elevación del contaje al volumen de muestra conectado, ya que se dificulta contabilizar todos los individuos que se encuentran en la muestra. Se recomienda realizar una visualización general de la muestra antes de iniciar el recuento, con la finalidad de elaborar una lista de los taxa presentes en la muestra y tener una idea general de la densidad de organismos.

4.4. Colecta y tratamiento de datos

Los datos recolectados fueron registrados en una hoja de Excel y posteriormente analizados para determinar los niveles de la calidad del agua mediante las concentraciones del desarrollo planctónico.

Se calculó el índice de la diversidad (H') de Shannon-Wiener (bits/cel) (Pla, 2006), que compara la diversidad de comunidades, así como para denotar cambios sucesionales.

Fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

S = Número total de especies (riqueza de especies)

i = Especie

p_i = Número de individuos de la especie "i" en una muestra de una población

(Abundancia relativa de la especie): n_i/N

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número de todos los individuos de todas las especies

\ln = Logaritmo natural.

El rango de valores de diversidad se expresa con números positivos, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, $H' = 0$ cuando la muestra contenga solo una especie, su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 altos (Tabla 1).

Tabla 1. Rangos de valores para índice de diversidad.

| Índice de diversidad | |
|----------------------|------------------|
| 0 a 1.5 | Diversidad baja |
| 1.6 a 3.0 | Diversidad media |
| 3.1 a 5.0 | Diversidad alta |

Fuente: (Crespo, 2021).

Se estimó la abundancia relativa de las especies aplicando las gráficas de curvas esféricas, en las cuales el número de organismos cuantificados se expresaron en cel.ml⁻¹ (Schwoerbel, 1975). Para la interpretación de los índices de diversidad de especies (H') y equitativita (J'), en relación a las condiciones ambientales, se empleó la tabla de (Preston, 1960), (Alcolado, 2001) (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla para la inferencia de la favorabilidad y pronosticabilidad ambiental a partir de los índices de la diversidad (H') y equitatividad (J'), (Preston, 1960).

| Índice | Ambiente favorable de forma constante o temporal | Ambiente desfavorable y constante | Ambiente desfavorable y no pronosticable |
|------------------------|--|-----------------------------------|--|
| Diversidad (H') | Alta | Baja | Baja |
| Equitatividad (J') | Alta | Alta | Baja |

(Alcolado & Hernandez, 2014), brindan un diagrama en el cual, atendiendo a combinaciones de los valores de H' y J' , se infieren 11 estados ambientales: (Tabla 3).

Tabla 3. Estados ambientales de calidad de agua de acuerdo a Claude Boyd 2001.

| Nivel del estado ambiental | Diversidad | Equitatividad |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Muy severo y no pronosticable | $H' = 0-1.3$ bits | ($J' = 0.5-0.69$) |
| Severo y no pronosticable | $H' = 1.3-2.0$ bits | ($J' = 0.5-0.69$) |
| Severo y casi constante | $H' = 1.3-2.0$ bits | ($J' = 0.7-0.8$) |
| Severo y constante | $H' = 1.3-2.0$ bits | ($J' = 0.8-1.0$) |
| Algo severo y no pronosticable | $H' = 2.0-2.5$ bits | ($J' = 0.5-0.69$) |
| Algo severo y casi constante | $H' = 2.0-2.5$ bits | ($J' = 0.7-0.8$) |
| Algo severo y constante | $H' = 2.0-2.5$ bits | ($J' = 0.8-1.0$) |
| Favorable y casi constante | $H' = 2.5-2.9$ bits | ($J' = 0.7-0.8$) |
| Favorable y constante | $H' = 2.5-2.9$ bits | ($J' = 0.8-1.0$) |
| Muy favorable y constante | $H' > 2.9$ bits | ($J' = 0.8-1.0$) |

Fuente: (Oliva, Godínez, & Zuñiga, 2014).

En lo que respecta a las guías taxonómicas se utilizó el manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales, de los autores (Oliva, Godínez, & Zuñiga, 2014), donde en cada muestra se introduce en un vial con unos 50 ml de agua, preferentemente filtrada para evitar la presencia de organismos planctónicos, cerca de 1 % especies de copépodos conocidas, unas 7500 son de vida libre, y de ellas se reconocen más de 1200 como propias de aguas continentales.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Composición de géneros y especies de fitoplancton

Los géneros encontrados correspondieron a las divisiones Bacillariophyta identificando 5 géneros y 7 especies de diatomeas, y Cyanophytas entre las que se identificó 5 géneros (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Géneros de Bacillariophyta registrados durante el actual estudio.

| Especies | Características |
|---|--|
| <i>Coscinodiscus</i> sp, (AlgaeBase, 2021) | Comprende uno de los géneros más comunes de las diatomeas centrales. La identificación de las especies se basa en las dimensiones y características de la frústula: arreglo y densidad areolar, posición de las macrorimopórtulas, y presencia de microrimopórtulas sobre la valva además del anillo marginal. |
| <i>Entomoneis alata</i> (Pera, 2021) | <i>Entomoneis alata</i> es una diatomea propia de aguas saladas y muy característica por el cuerpo de caja de guitarra que dibujan sus anchas alas de cristal. Varias especies de este género, antes incluidas en <i>Amphiprora</i> presentan unos contornos muy similares y solo una minuciosa observación de las finas estrías que cubren su superficie permiten su diferenciación clara de otras como <i>Entomoneis punctulata</i> , <i>Entomoneis paludosa</i> o <i>Entomoneis ornata</i> que ocupan hábitats también muy parecidos. De bordes casi completamente transparentes esta joya diminuta se desliza en el agua como un pequeño velero sobre los fondos poco profundos |
| <i>Nitzschia</i> spp. | <i>Pseudo-nitzschia</i> es un género de algas unicelulares de la clase diatomeas, familia Bacillariaceae. Incluye varias especies de algas que producen una neurotoxina llamada ácido domoico, que es responsable de intoxicación en humanos por consumo de moluscos |
| <i>Nitzschia longissima</i> | La especie tipo (holotipo) del género <i>Nitzschia</i> es <i>Nitzschia elongata</i> (Hassal), se acepta taxonómicamente. Basiónimo <i>Ceratoneis longissima</i> (Brébisson) |
| <i>Nitzschia</i> sp. | <i>Nitzschia gracilis</i> es la bailarina de cristal que convierte su navegar recto en soplo de danza. En silencio, con su cuerpo frágil, va cosiendo el agua, levemente, con el hilo líquido que deja su estela fina. |
| <i>Cymbella</i> sp. | <i>Cymbella</i> sp como cualquier otra diatomea, vive tras el escaparate de su estuche de cristal, pero tiene una particularidad, la forma de cruasán del contorno de sus valvas, casi siempre adornadas por unos surcos transversales bastante bien marcados. |
| <i>Pleurosigma</i> sp. | <i>Pleurosigma decorum</i> es una diatomea de silueta sinuosa y equilibrada por la simetría, su contorno suele ser algo más ancho y anguloso que el de su género hermano <i>Gyrosigma</i> como un estrecho rombo reblandecido y desgastado por los vaivenes del agua. |

Elaborado por: Silva Sara.

Tabla 5: Géneros de Cyanophyta registrado durante el actual estudio.

| Especies | Características |
|--------------------------|--|
| <i>Phormidium</i> sp. | Alga que forma colonias extensas de color de azul verdoso oscuro a verde oliva que algunas veces toma tonos amarillentos o violáceos |
| <i>Oscillatoria</i> sp. | El género <i>Oscillatoria</i> ; perteneciente a la clase Oscillatoriales de la división Cyanobacteria; se caracteriza por estar formada por largos filamentos de células aplanadas y sin vaina mucilaginosa de color verde oscuro, muy comunes en los tapetes microbianos en ambientes tanto marinos como dulceacuícolas, y sobre todo en presencia de altas cargas orgánicas. |
| <i>Pseudanabaena</i> sp. | <i>Pseudanabaena galeata</i> , presentó el típico crecimiento filamentosos en medio sólido, de aspecto brillante, claramente verde azulado y sin producción de olor. redondeado, y recubiertos con una vaina fina |
| <i>Lyngbya</i> sp. | Alga cianofícea que forma masas viscosas de color amarillo verdoso y consistencia viscosa cuando está húmeda. El talo está formado por filamentos que en la base son postrados pero que luego se hacen más o menos erectos, mezclándose unos con otros. |
| <i>Synechocystis</i> sp. | <i>Synechocystis</i> es un género de cianobacterias de agua dulce, representado principalmente por la cepa <i>Synechocystis</i> sp. |

Elaborado por: Silva Sara.

5.2. Abundancia del fitoplancton

Se registraron Bacillariophytas y Cyanophytas, identificando 5 géneros y 7 especies de diatomeas representando un total de 90%, para el primer grupo, mientras que del grupo de cianobacterias, se identificó 5 géneros y 5 especies, un total correspondiente 10%.

Un total de 33.405 cel.ml⁻¹, fueron registradas, dentro de las cuales, las especies del grupo Bacillariophyta presentaron un 33.347 cel.ml⁻¹, mientras que de Cyanophyta presentó tan solo 58 cel.ml⁻¹. El análisis por estación reveló que en la estación 1, la mayor abundancia se registró en el muestreo realizado el 1 de junio con 1024 cel.ml⁻¹, mientras que para la estación 2, se evidenció su máxima abundancia con 17.875 cel.ml⁻¹ seguidos por el muestreo 3 con 13.383 cel.ml⁻¹.

Obsérvese el cambio en abundancia de algunas especies como *Entomoneis alata*, cuya abundancia se incrementó en el tiempo, mientras que en el caso de *Nitzschia longissima* se presentó únicamente durante el segundo muestreo, como ocurre en el caso de *Pleurosigma* sp., la cual es una especie que se la ha visto interactuando

con otros microorganismos como es el caso de las cianofíceas filamentosas, donde existe un epifitismo por parte de dicha especie (Round & Crawford, 1990).

Hay que considerar que las diatomeas, pueden adaptarse a aguas limpias o muy sucias, así mismo muchas especies de Cyanophytas han sido encontradas en aguas eutrofizadas y reportándose mayor abundancia de este tipo de aguas que en aguas oligotróficas (Sewervac, 2018), lo que se atribuye a su capacidad de vivir en ambientes con bajas concentraciones de dióxido de carbono (Sewervac Ibérica, 2018). En la presente investigación se registraron especies de cianofíceas como *Phormidium* sp., *Oscillatoria* sp., *pseudoanabaena* sp., *Lyngbya* sp., *Synechocystis* sp., siendo la más dominante del grupo *Oscillatoria* sp., con 25 cel/ml, Fuenmayor *et al.* (2009) añaden que su producción de biomasa, contenido de clorofila, proteínas y carbohidratos incrementa cuando el ambiente se vuelve alcalino. Por otro lado, *Phormidium* se la puede encontrar sobre fondos de arena fina como es el caso de *Phormidium fragile* o sobre coral blando muerto en zona arenosa como *Phormidium laysanense* (Muñoz, 2012).

La gran adaptabilidad de las cianobacterias les permite colonizar nichos donde las condiciones varían de manera constante y el medio ambiente marino es un ejemplo de ello. Sin embargo en la eutrofización presentan un mal desempeño como productores primarios ya que interfieren en el uso y calidad estética del cuerpo de agua (Zalocar & Forastier, 2005). Además, pueden actuar de manera negativa en el funcionamiento de las redes tróficas (Rodríguez *et al.*, 2005), alterando la estructura comunitaria de otros organismos habitantes de la zona de estudio, como es el caso de las bacillariophytas, mediante la competencia por espacio, captación de luz solar en la superficie (Beyruth, 1993). Además de los factores ya mencionados, (Fredrickson & Stephanopoulos, 1981) mencionan la posibilidad de que las sustancias alelopáticas como las cianotoxinas, que segregan las cianobacterias, favorezcan su desarrollo en aguas afectadas por descargas contaminantes, como puede suceder en el río Cesar, al eliminar la competencia de muchos organismos y evitar ser depredadas por otros.

5.3. Abundancia relativa de microalgas dominantes

Las microalgas que presentaron mayor abundancia corresponden al phylum Bacillariophyta, clase Bacillariophyceae, las cuales fueron: *Entomoneis alata* con 31.333 cel.ml⁻¹, *Nitzschia spp.*, con 545 cel.ml⁻¹, *Nitzschia longissima* con 354 cel.ml⁻¹, *Nitzschia sp.*, con 338 cel.ml⁻¹, *Cymbella sp.*, con 271 cel.ml⁻¹, y *Pleurosigma sp.*, con 136 cel.ml⁻¹.

Entomoneis alata, presentó dominancia en las dos estaciones. La mayor abundancia se registró en el muestreo 1 y 3 de la estación 2 siendo visible el auge de *Entomoneis*, mientras que en el muestro 2 y 4 no hubo presencia de la especie (Figura 5a). Prado & Troccoli (2017), agregan que *entomoneis alata* se la encuentra en niveles bajos de oxígeno, alcanzando niveles de 3,306 ± 0,59 (mg/l) sin embargo en la correlacion con las variables físico-químicas no está asociada a ninguna variable, agregando así que *entomoneis alata* puede estar relacionada con los nutrientes.

Conocida anteriormente como *Amphiprora alata* (Ehrenberg) Kützing, 1844 *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845; es una especie cosmopolita, bentónica y con distribución amplia. Se desarrolla en aguas con salinidad elevada preferentemente y ocasionalmente en agua casi dulce, lo que denota su acentuado carácter eurihalino y polihalino con un rango de variabilidad de aproximadamente 3‰, tolera un grado de eutrofia notable. Algunos autores la consideran mesohalobia y otros marina (Patrick & Reimer, 1975), también se la encuentra predominante en aguas salobres (Hartley, Roos, & Williams, 1986), lo que indica que algunas épocas la playa de Chipipe tiene influencia más marina que dulceacuícola.

Durante los meses de junio y julio, se observó una alta variedad del género *Nitzschia* expresadas en cel.ml⁻¹, de las cuales se puede mencionar a. *Nitzschia spp.*, la cual

registró su mayor abundancia en el muestreo realizado el 1 de junio (M1) en la estación 2 (Figura 5b). *Nitzschia longissima*, presentó su máxima abundancia en el muestreo realizado el 25 de julio (M4) en la segunda estación (Figura 5c). La variación de concentración de *Nitzschia* sp., mensualmente fue evidente, demostrando ausencia de la misma en el muestreo realizado el 25 de julio en la primera estación, mientras que en la segunda estación se registró una mayor abundancia en el muestreo realizado el 1 de junio, pero decrece en el segundo muestreo de junio (Figura 5d).

Cymbella sp., representa la quinta microalga más abundante. En la estación 1 obtuvo una baja concentración de cel.ml⁻¹, a diferencia de la segunda estación, que debido a las condiciones ambientales, en esta se incrementó, durante, el muestreo realizado el 1 de junio y se ausentó por completo en los siguientes muestreos (Figura 5e).

Por último se registró a *Pleurosigma* sp., presentando mayor abundancia en el muestreo del 25 de julio, en ambas estaciones, mientras que en el muestreo del mes de junio y 7 de julio (M3), presentó una mínima concentración de cel.ml⁻¹ (Figura 5f). Especie que fue registrada sobre fondos próximos a las costas, también registrada como especie nerítica marina en el estudio de (Yamani & Saburova, 2019), realizado en Nueva Zelanda y América del Sur.

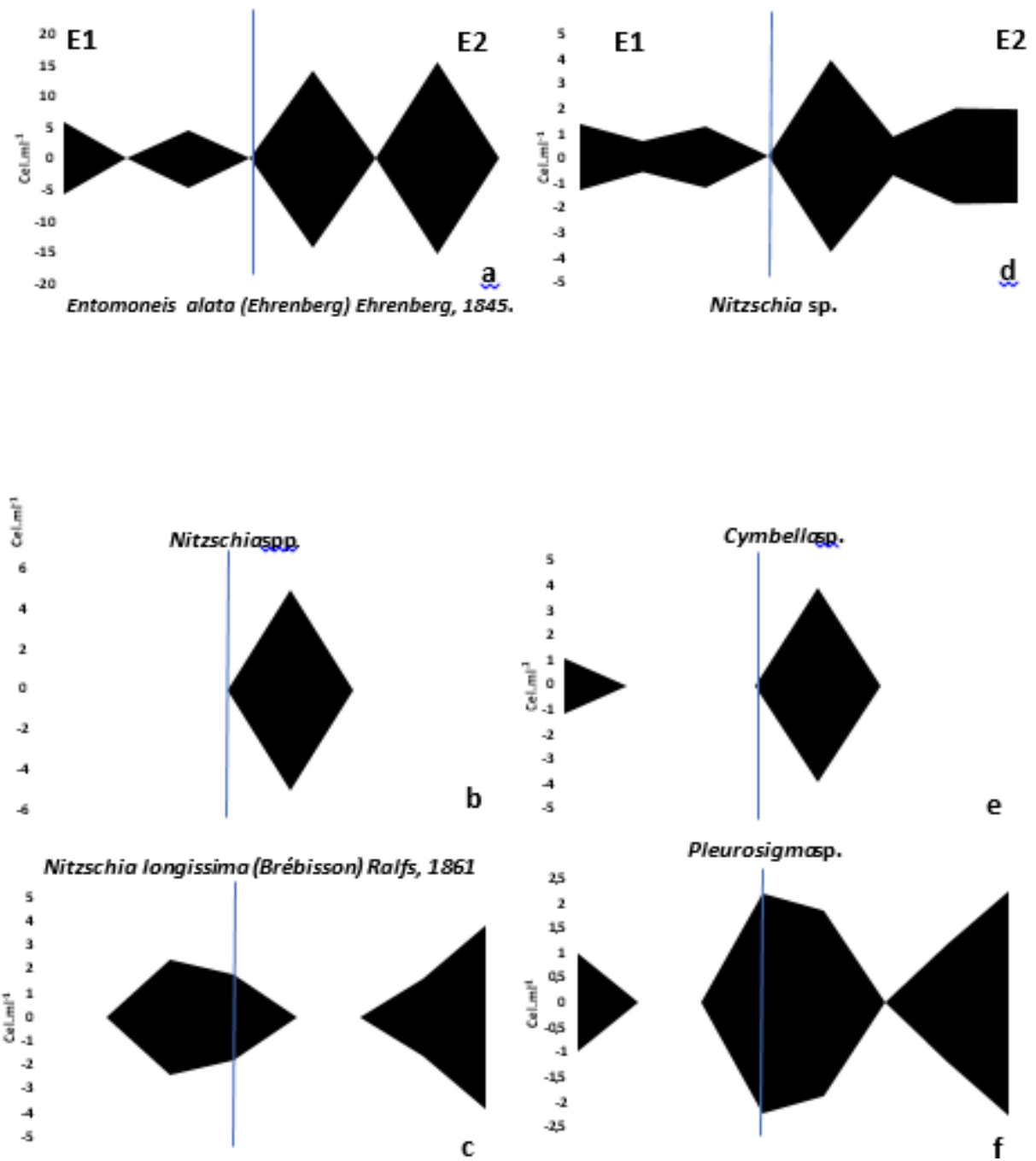


Figura 5: Abundancia relativa de las especies dominantes y representativas del fitoplancton; *Entomoneis alata* (a), *Nitzschia* spp. (b), *Nitzschia longissima* (c), *Nitzschia* sp. (d), *Cymbella* sp. (e), *Pleurosigma* sp.

Fuente: (Oliva, Godínez, & Zuñiga, 2014).

Editado: Silva Sara.

Un estudio realizado por (Cabrera, 2018), en Milagro, provincia del Guayas tuvo por objetivo estimar la variabilidad en las concentraciones de fitoplancton y coliformes totales como indicadores de la calidad del agua del río, debido a la evidente contaminación por medio de descargas de aguas residuales domésticas al río sin previo tratamiento), consideró cuatro estaciones de muestreo, dos en la zona rural de la ciudad de Milagro y dos en la zona urbana con incidencia de descargas de aguas residuales municipales en los meses de junio y julio de 2018.

Se identificaron las especies más abundantes como la *Flagilaria longissima*, que es propia de aguas continentales con un alto contenido de materia orgánica. Se determinó una baja biodiversidad de especies y altas concentraciones de coliformes totales. En el actual estudio la mayor presencia fue de *Entomoneis alata* y *Nitzschia sp*; especies que también pertenecen al grupo de diatomeas como es el caso de *Fragilaria longissima*, estas especies en general se caracterizan por estar presentes en zonas bentónicas y cuerpos de aguas alcalinas, con un moderado de materia orgánica y alto en nutrientes, así lo afirma la estación Yaguachi, en el mes de Julio donde aumentó el contenido de células fitoplanctónicas, los coliformes totales y el pH.

5.4. Diversidad y Equitatividad

En el primer mes de muestreo, exactamente el 14 de junio se demostró un valor de diversidad (H') y equitatividad (J') de cero, para los dos estaciones respectivamente; es decir el hábitat presenta cambios ambientales fuertemente severos e impredecibles, durante el cuarto muestreo que se realizó el 28 de Junio las estaciones 1 y 2 presentaron un índice de diversidad máxima de $H' = 2,61$ bits y $2,13$ bits respectivamente (gráfico 1), y una equitatividad máxima de $J' = 0,73$ y $0,56$, indicando que el ambiente estuvo favorable y algo severo (tabla 2), a este tipo de impacto ambiental se le denomina positivo – negativo, porque si bien es cierto es una zona de descargue de aguas residuales es decir interviene la mano del ser

humano, la ubicación geográfica del mismo hace que se recupere en poco tiempo la parte negativa y sea favorable para el surgimiento de fitoplancton (Pla, 2006). En el pasado feriado de carnaval de enero 2020, específicamente en las playas de San Lorenzo y Chipipe, ocurrió que debido a un taponamiento las aguas servidas y de lluvia fueron enviadas directo al mar, afectando a turistas que estaban disfrutando de su estadía. Lo que indica una grave falta que influye directamente en la contaminación ambiental, debido a que el agua contaminada se esparció por todo el mar afectando a la vida marina y al suelo, considerando que la arena puede absorber pequeñas partículas de los contaminantes. Los turistas que observaron el suceso realizaron la denuncia por medios digitales (Ormaza & Castro, 2020); además cabe añadir que el cantón Salinas posee una cobertura de alcantarillado sanitario del 30% de los cuales, los edificios y hoteles no se conectan. Dicho evento puede repercutir a corto y largo plazo en estudios que se realicen cerca de dichas playas.

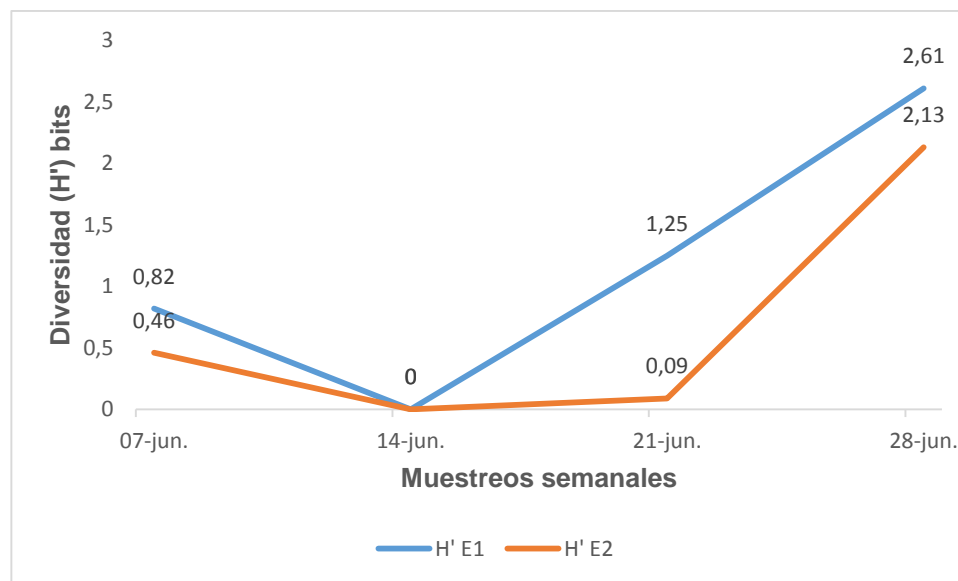


Gráfico 1. Diversidad de microalgas presentes en las diferentes estaciones de muestreo (junio).

Fuente: Silva Sara.

La estación 1 al mostrar un índice de diversidad y equitatividad máxima de $H' = 2,61$ y $J' = 0,72$ respectivamente, indica que las especies están en un ambiente favorable y casi constante, como lo indica la (tabla 2), en este caso dicho estado ambiental está relacionado a la equitatividad y diversidad de especies a la vez también relacionado a flujo continuo posiblemente relacionado a la entrada de nutrientes frescos; por parte de las especies La estación 2 presentó un H' y J' de 2,13 y 0,56 respectivamente, indicando que las especies de esta área están sometidas a un ambiente algo severo y que a su vez este no es pronosticable. Dicha diferencia de valores puede bien estar asociada al estado ambiental o a las especies, (Willi *et al.*, 2006) en su estudio demostró que una de las principales causas de la extinción de especies es la destrucción de los hábitats naturales o fragmentación de los mismos debido principalmente a que poblaciones pequeñas y aisladas, aumento la deriva genética, la endogamia y la reducción de flujo de genes; a largo plazo se demuestra una baja diversidad genética pudiendo afectar el potencial de una especie para adaptarse a las cambiantes condiciones ambientales.

Posteriormente para el segundo mes de muestreo, en las dos estaciones tenemos una diversidad (H') y equitatividad (J') igualmente de cero; en el primer muestreo realizado el 07 de julio se registró un índice de diversidad de 0,92 para la E1 y 0,62 para la E2, es decir en ambas estaciones existe una diversidad baja de especies, y de igual manera un hábitat es fuertemente severo e impredecible (tabla 3); sin embargo para el cuarto muestreo realizado el 28 de julio presentaron valores de diversidad máxima de 2,84 para la E1 y 2,33 para la E2 respectivamente lo que indica un hábitat muy favorable y constante para dicha fecha (gráfico 2).

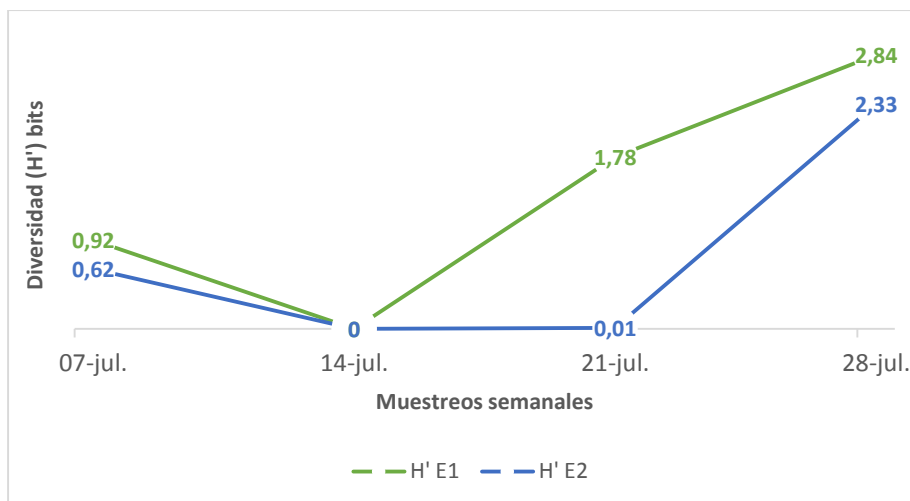


Gráfico 2. Diversidad de microalgas presentes en las diferentes estaciones de muestreo (julio).

Fuente: Silva Sara.

5.5. Variables ambientales

La variabilidad en la distribución y abundancia de organismos en los ecosistemas marinos demanda una gran cantidad de energía que fluye a través de la cadena trófica. El conocimiento en los cambios de las variables ambientales, permite desarrollar modelos para determinar cambios ecológicos en los ecosistemas marino-costeros.

5.5.1. Oxígeno disuelto

Durante la actual investigación los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron por debajo de 5 mg/l. En la estación 1 el promedio de las concentraciones de DO (mg. L-1) fue de 3,035 mg/l destacando que el aumento de la temperatura del agua es uno de los factores clave en la pérdida de oxígeno, lo que provoca daños en muchas formas de vida marina (gráfico 3). Durante el día, la luz del sol permite a las algas y al fitoplancton hacer la fotosíntesis lo que favorece el aumento de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, esto nos demuestra que en la estación 1 hay una menor presencia de fitoplancton, y en la estación 2, por el contrario el promedio de

concentración de DO (mg. L-1), es de 3,7 mg/l, por la presencia de fitoplancton incrementó levemente.

En el estudio de (Prado & Troccoli, 2017), la concentración de oxígeno disuelto promedio fue 6.2 mg/L, se observa diferencias significativas de DO (mg. L-1), en los diferentes estudios; también (Prado & Troccoli, 2017), agregan que *entomoneis alata* se la encuentra con más densidad algal cuando disminuye el oxígeno, alcanzando niveles de $3,306 \pm 0,59$ (mg/l).

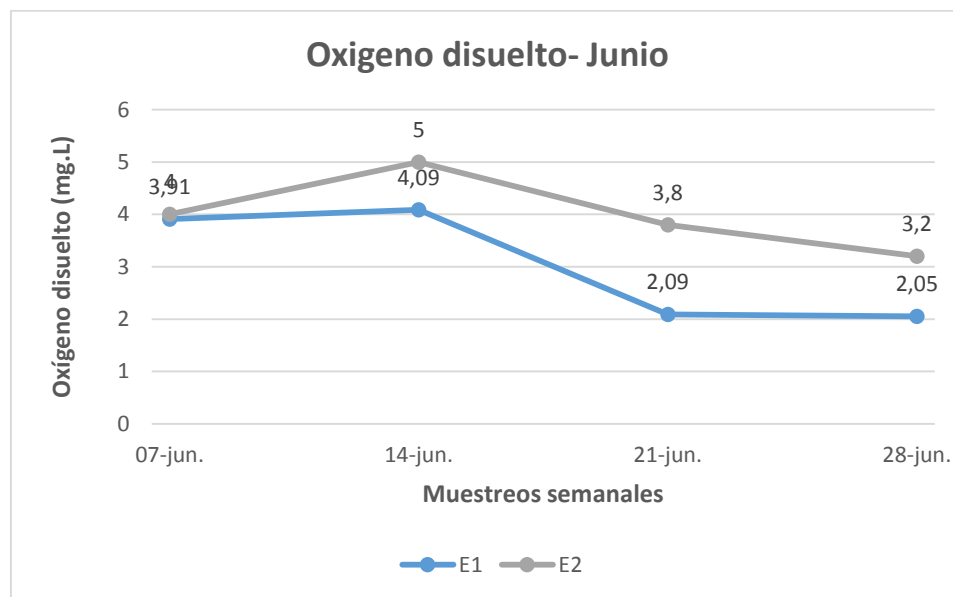


Gráfico 3. Variables ambientales (DO (mg. L-1) en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

Adicionalmente, Cloern (2014) plantea que DO (mg. L-1), puede estar íntimamente ligado con otras variables como temperatura, salinidad y nutrientes por lo que juegan un papel fundamental para el normal desenvolvimiento del ambiente marino. A medida que se vaya acercando a la superficie, las partículas suspendidas absorben el calor de la luz del sol, haciendo que las aguas se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve

mejor en el agua fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en aguas más calientes, mientras que se favorece la multiplicación de otros (González, 2011).

La alta densidad de *entomoneis alata* indica una posible eutrofización causada principalmente por nutrientes (fósforo, potasio y nitrógeno) (Prado & Troccoli, 2017), que puede llegar a la costa de la playa de chipipe, Salinas por actividades antrópicas como el turismo por medio de los hoteles que se los encuentra en todo el malecón y en el área de estudio, además (Prado & Troccoli, 2017), también indican que la agricultura y la ganadería, también es una actividad antrópica que influye en la dinámica fitoplanctónica de esta especie ya que usan abonos o plaguicidas, compuestos principalmente de este tipo de elementos (Yersen & Legal, 2017).

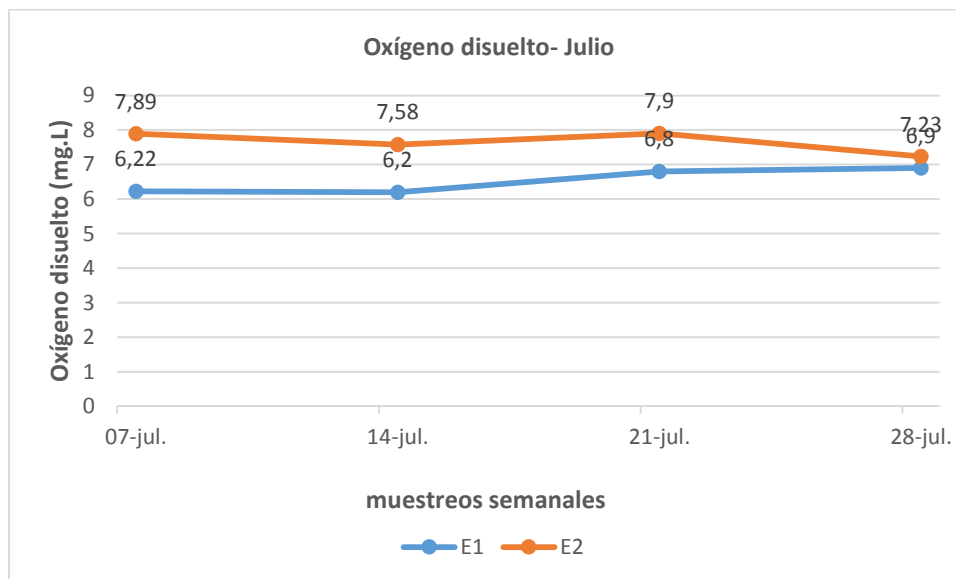


Gráfico 4. Variables ambientales (DO (mg. L-1) en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

A diferencia de junio, los datos de OD incrementaron significativamente en el mes de julio registrando así 6,22 mg.L para la E1 en el primer muestreo y para la E2 un valor de 7,89 mg.L, esta diferencia de nivel de oxígeno disuelto puede deberse a la constante entrada de aguas ricas en oxígeno que ocurría en la E2 cuando la marea subía. Para el 14 de julio (segundo muestreo) los valores de oxigeno no variaron

significativamente, en la E1 se registro un valor de 6, 2 mg.L y para la E2 el nivel de oxigeno disuelto fue de 7,58 mg.L. Finalmente para el último muestreo realizado el 28 de julio se registró una aproximación entre los valores de OD para la E1 y E2 (gráfico 4).

5.5.2. Temperatura superficial

La temperatura superficial del mar TSM (°C), en las dos estaciones reportan una ligera variación en los rangos térmicos, en el M1 no existe mayor variación en ambas estaciones, a diferencia del M2 en donde se observa una declinación de 1 (°C) en las 2 estaciones respectivamente (gráfico 5), mientras que en el M3 en ambas estaciones existe un crecimiento de casi 2 (°C), y por último el M4 de la E1 se mantiene en el rango de 25 (°C) y en la E2 un rango de 24 (°C). Dichas variaciones en los valores registrados en las mediciones de temperatura tuvieron una variación mínima de ± 0.5 °C.

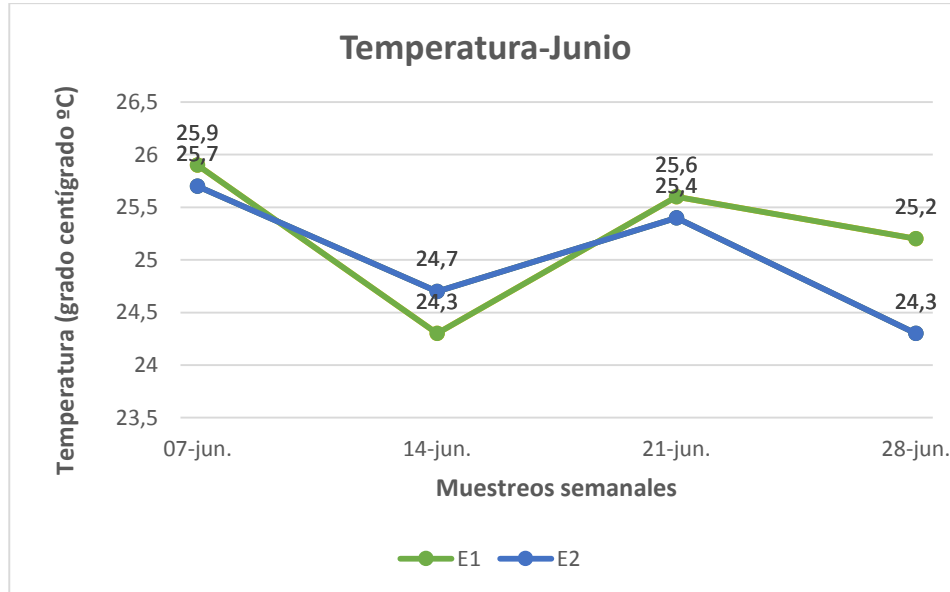


Gráfico 5. Variables ambientales (TSM (C°) en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

En aguas ecuatoriales, dependiendo de la época, las temperaturas del agua de mar son cálidas, permitiendo así al fitoplancton crecer más rápido que en aguas frías; como el fitoplancton no puede regular su temperatura o emigrar, sus poblaciones pueden verse afectadas por un decrecimiento y a un empobrecimiento de la biodiversidad en el ecosistema marino (Basilio, 2014). Esta investigación se la realizó en los meses de Junio y Julio en donde se presenta época lluviosa y está presente la corriente de Humboldt. El promedio anual de temperatura ambiental, en la Bahía de Santa Elena, es de 24.1°C y temperatura superficial del mar es de 24.7°C (Jiménez, 2010).

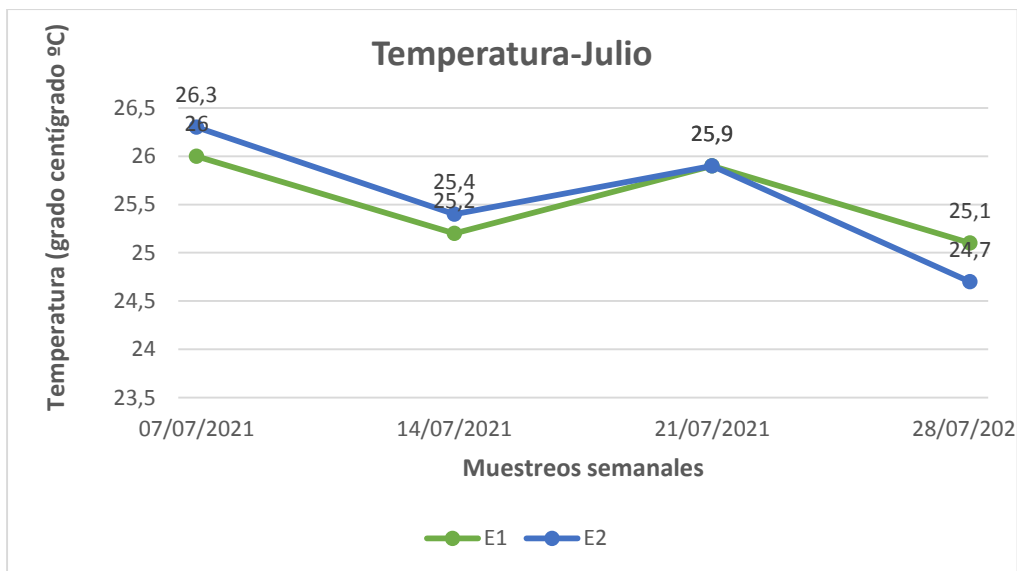


Gráfico 6. Variables ambientales (TSM (oC) en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

Los muestreos semanales del mes de julio no presentaron mayor variación para ambas estaciones respectivamente; así se registraron valores de 26 C° para la E1 y 26,3 C° para E2 en la fecha 07 de Julio sin embargo en el segundo muestreo realizado el 14 de julio existió una baja de temperatura superficial del mar registrando para la E1 25,2 C° y para la E2 25,4 C°, dichas temperaturas no son las más bajas registradas en el mes de julio ya que en el último muestreo realizado el 28 julio declino más alcanzando temperaturas de 25,1 para E1 y 24,7 para la E2 (gráfico 6).

Las temperaturas máximas en los meses más calurosos superan los 32°C, y las medias anuales van desde los 24°C y la mínima es de 16°C. En los meses de invierno desde abril hasta noviembre se caracterizan por su cielo nuboso y sus repentinas garúas sin impactos notables sobre la vegetación, además se presenta un descenso considerable de la temperatura (Tapia & Christian, 2014).

5.5.3. Salinidad

La Salinidad es una variable íntimamente relacionado con la temperatura y conductividad, manteniendo una relación directamente proporcional. Puede significar la presencia o ausencia de microorganismos y peces. En los resultados obtenidos del mes de junio los análisis de los valores oscilan entre 33,1 – 33,9 ‰ respectivamente.

El muestreo con mayor valor de salinidad fue el muestreo 4 realizado el 28 de junio en la E1 con un valor de 33,9 ‰, mientras que el de menor valor fue en el muestreo 2 realizado el 14 de junio de la E2 con 33 ‰. El mes de Junio se mantuvo más estable que el mes de julio con variaciones mínimas de ± 0.5 ups (gráfico 7).

En general variables como la salinidad, controla la distribución de las poblaciones fitoplanctónicas en cada época climática. Resultados similares han sido reportados en el estuario del río Langat, en Malasia en donde encontraron que durante la época de lluvias la salinidad, los nutrientes y la turbidez fueron las variables que mejor explicaban la distribución del fitoplancton (Lassen, Bramm, & Richardson, 2004).

De la misma manera, (Herrera, Comin, & Troccoli, 2004), basados en la aplicación de un ACP de la zona costera de Yucatán (México), mencionan que son la salinidad y las formas oxidadas de nutrientes, junto con la clorofila a, las variables más relacionadas con la variabilidad ambiental. En México existen varias especies

microalgales que han sido responsables de FAN entre ellas se destacan *Gymnodinium catenatum*, es un dinoflagelado productor de toxinas paralizantes que se distribuye a lo largo del Pacífico Mexicano (Band-Schmidt *et al.* 2010). *Pyrodinium bahamense*, otro dinoflagelado productor de toxinas paralizantes, es la especie que más intoxicaciones y muertes ha causado en México Se ha reportado en la región del Golfo de Tehuantepec (Sotomayor, 1993).

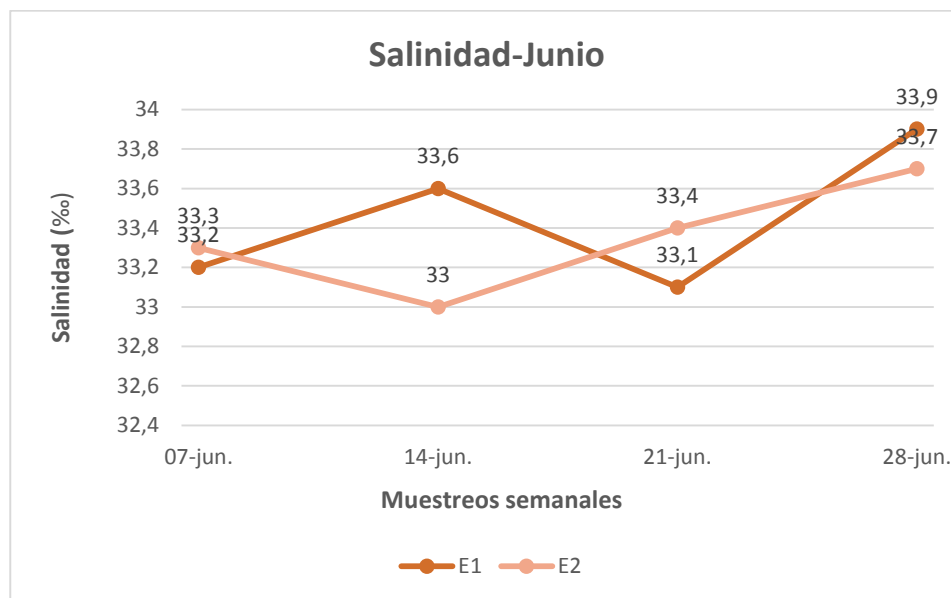


Gráfico 7. Variables ambientales (Salinidad en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

Con respecto a la salinidad promedio, Junio fue el mes que obtuvo salinidades más bajas con 33 ‰ y 33,9 ‰ fue la más alta, el 07 de junio se evidenció en la estación E1 33,2 ‰ y E2 33,3 ‰ observándose así que no existe mayor diferencia entre ambas estaciones, no obstante para el 14 de junio la E1 incremento a 33,6 ‰ y la E2 bajo 33 ‰, Finalmente para el 28 de junio, ultimo muestreo del primer mes, se registró valores de 33,9 ‰ E1 y 33,7 E2.

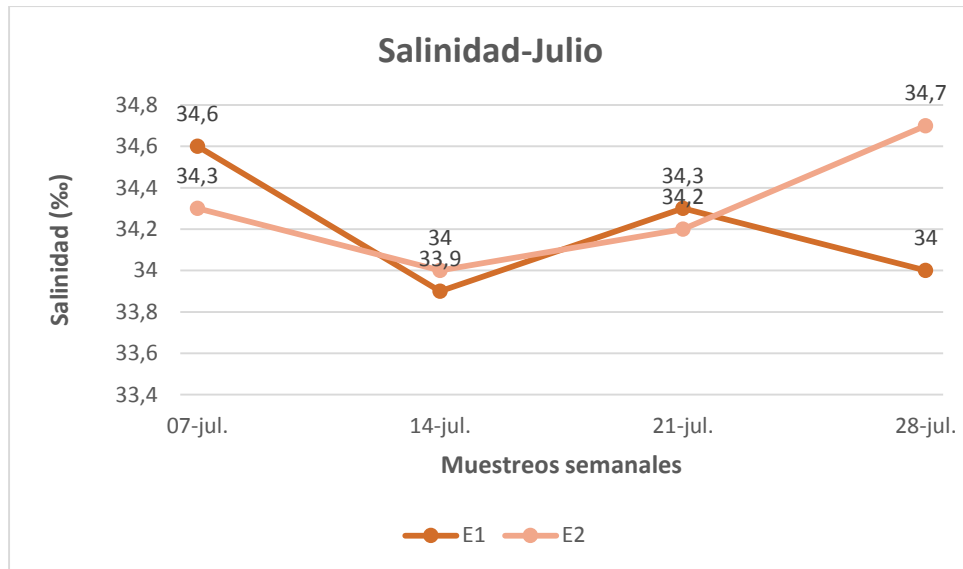


Gráfico 8. Variables ambientales (Salinidad en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

Para el mes de Julio la salinidad varió significativamente en todos los muestreos realizados durante el mes. A diferencia del primer mes de muestreo, julio presentó mayores rangos de salinidades siendo el menor de 34 ‰ y el mayor de 34,7 ‰ (gráfico 8), rangos que son aceptables en aguas netamente marinas por la presencia de cloruro de sodio; mares y océanos registran salinidades que van desde rangos de 33 y 37 ‰ y mares salobres con salinidades entre 0,5 y 29 ‰ (Lewis, 1980).

5.5.4. Potencial de hidrógeno

Con respecto al pH existe diferencias significativas entre los dos meses de muestreo presentando un valor de 6,48 para el primer mes y 6,64 para el segundo mes de muestreo respectivamente, cabe añadir que a diferencias de otras variables, el pH fue bajo registrando así un total de 6,38 para la E1 del primer mes de muestreo y para la E2 6,58 revelando así un pH levemente ácido (gráfico 9).

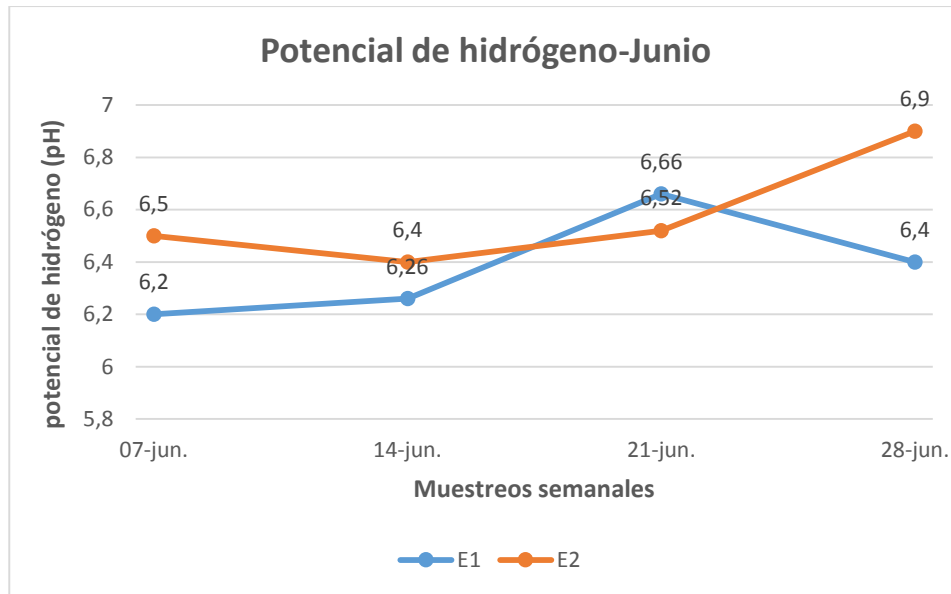


Gráfico 9. Variables ambientales (pH en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

La dinámica del fitoplancton puede ser alterada si se tiene un pH alto o bajo, en el caso de registrar pH bajos se puede observar un efecto negativo al estrés térmico, ya que el pH está relacionado a la temperatura y tener una correlación positiva a la clorofila a y acidificaciones en el mar, afectando así a la productividad primaria (Unrein, 2001). Por otro lado si se obtiene un pH alto o alcalino se puede detectar anomalías de calcificación afectando directamente a organismos que tienen en su composición carbonato cálcico, como lo son los cocolitofóridos.

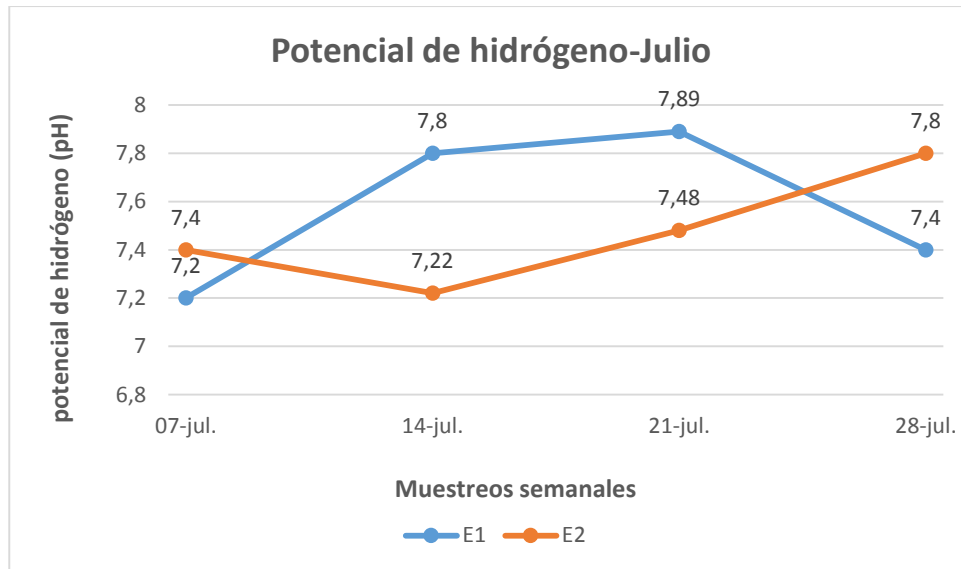


Gráfico 10. Variables ambientales (pH en la E1 Y E2).

Fuente: Silva Sara.

Se evidenció un incremento pH en el segundo mes registrando el mayor valor de 7,89 y el menor de 7,2, la E2 presentó mayor variabilidad a diferencia de la E1, el M1 realizado el 07 de julio registra un valor de 7,40 seguidamente de la segunda fecha 14 de julio con un valor de 7,22 y finalmente en el M4 se registró un valor de 7,80 a diferencia de la E1 que terminó con un valor de 7,40 (gráfico 10). Morales, Arévalo & Ortega (2006) indican que los bajos niveles de pH en el agua, se deben principalmente a causas antropogénicas, y niveles de pH de 7-8 son adecuados para el desarrollo fitoplanctónico. Estos investigadores agregan que las microalgas pueden desarrollarse a un pH entre 6 y 9, lo que explicaría su presencia en todos los sitios de muestreo. Las diatomeas (uno de los grupos más abundante en el estudio) predominan a valores de pH ligeramente ácidos, pues hay una mayor disponibilidad de nutrientes y CO₂, como lo son las especies; *Entomoneis alata*, *nitzschia longissima* y *pleurosigma sp* que se asocian a niveles de pH 6, esto explicaría por qué se registró pocas especies de cianobacterias.

6. Relación entre las variables ambientales y las microalgas.

El ACC refleja la varianza compartida por las combinaciones lineales de los conjuntos de variables, es así que a través de una proyección ortogonal se realiza un análisis multivariado para establecer relaciones entre las variables físico-químicas y la presencia de fitoplancton en la zona de estudio.

El eje 1 se correlacionó *Phormidium* sp., y *Oscillatoria* sp., con salinidad; las dos especies de cianobacterias son de hábitats bentónicos, presentes en cuerpos de agua dulce y salada toleran amplios rangos de salinidad que oscilan desde 15 a 35 ups; también han sido utilizadas exitosamente para el tratamiento de efluentes de origen doméstico y agro-industrial (Bar-Or & Shilo, 1987). En la zona de estudio se registraron valores de salinidad que oscilaban desde 33-34 ups corroborando así con el estudio de dichos investigadores.

En el componente 1 la temperatura superficial del mar (TSM), tiene incidencia en la distribución y abundancia de algunos organismos, entre estas especies se destacan *Lyngbya* sp., que corresponde al grupo de las cianobacterias y *Pleurosigma* sp., que corresponde al grupo de las bacillariophytas, en el estudio de Arboleda (2015), que se realizó en el cantón La Libertad se observó una mayor biomasa de *Pleurosigma* sp., cuando la temperatura superficial del mar oscilaba alrededor de los 25.4 ° C, de igual manera el mismo autor indica que en el sector de Manta se registra biomasa de 1730 cel/m³ de la misma especie en una temperatura de 26.8 ° C. En el primer muestreo realizado el 07 de junio se registró una abundancia de *Pleurosigma* sp., de 7,100 cel/ml asociadas a una temperatura superficial del mar que oscilaba alrededor de 25,9 ° C.

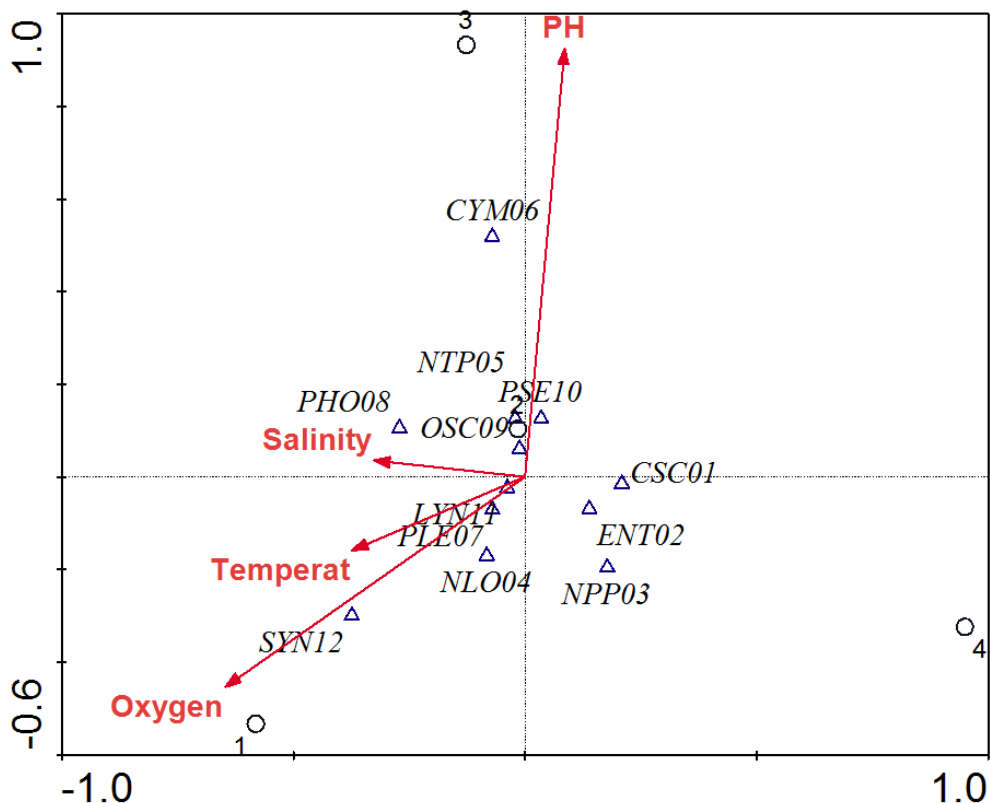


Gráfico 11: Proyección ortogonal de los componentes del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) en la zona de estudio de la playa Chipipe, Salinas durante la época seca del 2021.

Fuente: Silva Sara.

Asencio (2015) ha determinado que las bajas temperaturas en las aguas generan mayor capacidad de saturación para el oxígeno en comparación con las aguas cálidas, contribuyendo al establecimiento de mejores condiciones y mayor producción de fitoplancton. Sin embargo en la presente investigación se registró temperaturas de 24 C° a 26 C° valores relacionados a una salinidad de 33 ‰, y valores de oxígeno disuelto que oscilan entre 4 a 5 mg/l registrando así una saturación de oxígeno de 6,57 g/l; dichos componentes son característicos de época seca teniendo así diferencias significativas, esto se corrobora con los estudios de Prado & Troccoli (2017) que relaciona a la especie *nitzschia longissima* con temperaturas de 25,9 C° y transparencia de 0,9 m; la especie *pleurosigma normanii* con 6,02 mg/l oxígeno disuelto y salinidad de 31,68 ‰.

Los altos valores de salinidad registrados en esta investigación también se asocian con la presencia de especies oceánicas como: *Phormidium* sp y *Oscillatoria* sp. En varios estudios se ha demostrado que a las cianobacterias aisladas en ambientes hipersalinos pueden tolerar diferentes rangos de salinidad por su versatilidad metabólica y eco fisiológica, así lo demuestran Rosales, Loreto, Bermúdez, & Morales (2004) en su estudio de la influencia de la salinidad sobre cianobacterias. En esta investigación se registró un promedio de salinidad de 33,3 ups rango que es tolerable para dicho grupo (Prado & Troccoli, 2017).

Hurtado y Soto (2010) en un estudio realizado en áreas protegidas donde se incluye Salinas como parte de la reserva de producción faunística marino costera Puntilla de Santa Elena señalan que la salinidad de dicha área puede variar, incluso aumentar pudiendo registrar salinidades de 33 a 34 ‰. Ellos realizaron el estudio durante la estación lluviosa mientras que el actual estudio se llevó a cabo en la época seca, cuando la salinidad en toda la playa de Chipipe es mayor que en la lluviosa (Basilio, 2014), por otro lado se considera que en las estaciones de muestreo que se encuentran cerca de la base naval existe un efluente de aguas residuales, cuya presencia estaría alterando la salinidad del área de estudio como lo indica Oviatt *et al.*, (1987) en su estudio de influencia de la combinación de vertidos de aguas residuales y salmuera sobre la meiofauna detallando que las aguas residuales alteran las propiedades bioquímicas del agua afectando las comunidades biológicas.

La presencia de especies como *Cymbella* sp., *Nitzschia* sp., pertenecientes a Bacillariophyta y *Pseudonabaena* sp, perteneciente a Cyanobacteria se registraron relacionadas al nivel de pH, así se lo demuestra en el eje 2, en donde existe una mayor asociación de *cymbella* sp., con dicha variable. Estas especies toleran rangos amplios rangos de pH, es decir, se pueden adaptar fácilmente a cualquier condición de cierta forma más fácil que otros grupos (Chakraborty *et al.*, 2011). Los cambios de pH están relacionados directamente con la variación de temperatura y oxígeno

disuelto, lo que a su vez influye sobre la presencia y producción de fitoplancton (Chen & Durbin, 1994).

Cymbella sp., puede tolerar aguas levemente contaminadas tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos y aunque prefiere las aguas ligeramente alcalinas también puede vivir en las levemente ácidas (López, 2011). En esta investigación se registraron especies dominantes: *Entomoneis alata* y *Nitzschia longissima*, *Pleurosigma* sp., *Phormidium* sp., las mismas que dependen y están íntimamente ligadas de variables ambientales, así como también la concentración de oxígeno disuelto (mg.L-1) y la temperatura (°C) en el ecosistema acuático; estos parámetros determinaron la presencia/ausencia de estas especies. *Entomoneis alata* se la menciona como mesohalobia o marina; hay pocos registros de esta especie en agua dulce (Sala, 1996).

Prado & Troccoli (2017), agregan que *Entomoneis alata* se la encuentra en niveles bajos de oxígeno, alcanzando niveles de $3,31 \pm 0,59$ (mg/l); sin embargo en el ACC *E. alata* no está relacionada con dicha variable; tampoco está relacionada a la salinidad, pH o temperatura; agregando así que la abundancia de *entomoneis alata* puede estar relacionada con los nutrientes.

El género *Nitzschia* está directamente correlacionado con la cantidad de nutrientes en el ambiente que habitan, como lo son nitrógeno y fósforo e inversamente relacionada con parámetros ambientales (salinidad y temperatura), así lo corrobora Honorato (2003) con los datos obtenidos en su estudio realizado en el río Formoso, Brasil. En la proyección ortogonal de esta investigación *Nitzschia longissima* se ubica en el eje 2 y está ligeramente asociada a la temperatura e íntimamente asociada al oxígeno, Prado & Troccoli (2017) también la asocian con el grado de transparencia del agua. Arcaeli & Israde (2021) describen a *N. amphibia* y *A. veneta* como especies que se caracterizan por presentarse en zonas con valores bajos de oxígeno disuelto y *P. laevis* en zonas con valores bajos de pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos para la época de post lluvias.

Pleurosigma sp., son halotolerantes y al ser favorecidas por la presencia de nutrientes dominan sobre el resto de especies, lo que ocasiona una baja diversidad (Day & Hall, 1989). A diferencia de *Entomonies alata*, *Pleurosigma* sp., sí está relacionada a temperatura (° C) y DO (mg. L-1), en el ACC, la proyección ortogonal arrojó correlaciones de los diferentes componentes que se relacionan con las especies del muestreo y con un grupo de las variables ambientales específicas siendo estas colineales, obteniendo así una correlación especie- ambiente: 1.000 a 1.000, y una variación porcentual acumulada de datos de especie: 40,0- 75,7- 100,0.

En el primer componente la temperatura y el DO están relacionados a especies de cianobacterias como *Synechocystis* sp., *Lyngbya* sp., y diatomeas como *Pleurosigma* sp., y *Nitzschia longissima*. En el segundo componente especies como *Nitzschia* sp., *Entomonies alata*, *Coscinodiscus* sp., no se correlacionan con ninguna variable ambiental, en el tercer componente el pH se correlaciona únicamente con las especies *Cymbella* sp., *Pseudanabaena* sp., y en el cuarto y último componente la salinidad se correlaciona con *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp., *Nitzschia* sp.

En general, en áreas donde las diatomeas constituyen el grupo funcional dominante, como en la zona estudiada, sugiere la presencia de nutrientes en concentraciones considerables que son utilizados con intensidad (Harris, 1986). Esta tendencia también sería producto de la incursión de la corriente de Humboldt, procedente del sur del continente, la cual se caracteriza por tener aguas frías (19°C - 20°C), alta salinidad (>35 ‰) y elevados nutrientes, cuya incidencia es más intensa en la época seca (Hurtado *et al.*, 2010). Además, Macías (1999), refiere que la zona costera ecuatoriana recibe aportes continentales de gran cantidad de cuencas, que son particularmente elevados.

Eventualmente, el fitoplancton puede quedar limitado por las variables ambientales, que provocan un aumento en el suministro de nutrientes al sistema, teniendo en

cuenta que la biomasa de las comunidades fitoplanctónicas está en función de las tasas de suministro de nutrientes y la pérdida de algas (Tilman *et al.*, 1982). Sin embargo, el desarrollo desmedido y repentino de las poblaciones de microalgas trae consigo un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos que origina un sistema dinámico y en permanente cambio (Day & Hall, 1989).

Los resultados obtenidos presentaron variaciones en cuanto al desarrollo y a la ausencia de estos organismos en donde Honorato (2003), indica que los índices de diversidad (H') caracterizan el ambiente con una medida de diversidad específica, tanto en profundidades de 1 a 9 metros (m) y a una temperatura de 24 a 29 °C. De esta manera se puede interpretar que los datos obtenidos de temperatura se relacionan con los índices de diversidad (Márquez *et al.*, 2017) independientemente de la abundancia de microalgas presentes en las estaciones de aguas residuales en Chipipe.

CONCLUSIONES

- Se identificaron diferentes especies en los puntos de muestreos, existiendo mayor concentración celular de *Entomoneis alata*, *Rhizosolenia* sp, *Pleurosigma* sp, así mismo una mayor riqueza y abundancia de dichas especies evidenciando que el 28 de julio (M4) fue donde se presentó una diversidad máxima de 2,84 bits para la E1 y 2,33 bits para la E2.
- Se observaron diferencias significativas entre los meses de muestreo y las variables ambientales como el DO, registrando así que en el mes de Junio en la E1 los niveles de DO fueron bajos con un promedio total de 3,58 mg.L a diferencia del mes de Julio en la misma estación se registró un promedio total de 7,03 mg.L, esta diferencia existió posiblemente a la entrada de agua fresca cuando la marea subía.
- La estación 1 al ser la estación más influenciada por actividades antropogénicas, se encontraron especies de diatomeas características de aguas residuales como es el caso de los géneros *Entomoneis* y *Nitzschia*, observándose así un impacto negativo de la humanidad hacia las zonas costeras.
- La temperatura superficial del agua también juega un rol importante en esta investigación ya que en las dos estaciones del estudio se registraron temperaturas que oscilaban entre 24,3 °C -25,9 °C enriqueciendo así al fitoplancton costero; cumpliéndose que ha menor temperatura, mayor cantidad de nutrientes y viceversa.
- La especie *Entomoneis alata*, resiste alteraciones de variables ambientales (temperatura y DO), sin embargo, en esta investigación no estuvo relacionada con dichos parámetros. El aumento en las células depende de la cantidad de nutrientes que tenga el área en el que habitan.

- La cantidad de *Nitzschia* fue ligeramente inferior debido a que este no resiste la deficiencia de nutrientes en comparación a *Entomoneis*.
- La diversidad de microalgas y cianobacterias en cursos de agua es importante para conocer el impacto antropogénico causado por el vertimiento de residuos sólidos y desagües domésticos; algunas especies de los géneros como *Entomoneis alata* y *Nitzschia* sp., dentro del grupo de las Bacillariophyceae confirman esta posición.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de nutrientes (nitrato, fosfato) para saber la asociación que tienen las microalgas con los niveles de nutrientes.
- También se recomienda hacer análisis de coliformes totales ya que puede haber una presencia de las mismas en la E1 por ser la estación que está más influenciada por la actividad antropogénica.
- Se recomienda continuar con el proceso de muestro y análisis de fitoplancton en el sector de Chipipe para que los datos obtenidos de las aguas residuales sean comparados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcolado, P. (2001). Diversidad y bioindicación ambiental en el mar. Instituto de la oceanología, 1-10.
- Alcolado, P., & Hernández, A. (2014). Métodos para el estudio de la biodiversidad en ecosistemas marinos tropicales de Iberoamérica para la adaptación al cambio climático. ResearchGate, 50.
- AlgaeBase. (2021). AlgaeBase is a global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information. Obtenido de <https://www.algaebase.org/>
- APHA-AWWA-WEF. (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. New York: (decima novena ed.).
- Arboleda, E. (2015). 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. Universidad Estatal Península de Santa Elena, 60-80.
- Arcaeli, G., & Israde, I. (2021). Riqueza y distribución de las diatomeas epilíticas indicadoras de contaminación en el río Angulo afluente del río Lerma, México. Hidrobiológica ISSN: 2448-7333 , 43-52.
- Arias, R. (28 de noviembre de 2009). ¿Qué son las cianobacterias? *La Hora*, págs. 1 - 3. Recuperado el 4 de agosto de 2021, de <https://lahora.gt/hemeroteca-lh/que-son-las-cianobacterias/>
- Asencio, G. (2015). Parámetros abióticos y su relación con la abundancia de fitoplancton frente a Puerto López- Ecuador. (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil) <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/301/1/T-UIDE-0280.pdf>.
- Band-Schmidt, C. (2010). El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica* 2011, 21 (3): 381-413.

- Bar-Or, Y., & Shilo, M. (1987). Characterization of macromolecular flocculants produced by *Phormidium* sp. strain J-1 and by *Anabaenopsis Circularis* PCC 6720. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53: 2226-2230 .
- Basilio, V. (2014). Distribución y abundancia de fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) en la bahía de Santa Elena (Salinas-Ecuador) de Julio-Diciembre del 2013". Universidad Estatal Península de Santa Elena, 100-120.
- Beyruth, Z. (1993). Fitoplancton em lagos do Parque Ecológico do Tiete. São Paulo: Estudo para rehabilitação. *Dae*, 170:5-10.
- Blazques, S. (2020). El fitoplancton es un componente crítico de los ecosistemas de estanques acuícolas. Recuperado el 3 de septiembre de 2021, de <https://docplayer.es/196268202-El-fitoplancton-es-un-componente-critico-de-los-ecosistemas-de-estanques-acuicolas.html>
- Bloyd, C. (2018). La gestión adecuada del oxígeno disuelto el aspecto más importante de la gestión de la calidad del agua de los estanques acuícolas. Global seafood alliance.
- Boltovskoy. (1981). Atlas del zooplancton del atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Argentina: INIDEP, Mar de Plata, Argentina.
- Bonilla, S., & Aubriot, L. (2019). ¿Qué son las cianobacterias, de dónde vienen y qué podemos hacer? Recuperado el 25 de agosto de 2021, de <http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/44083>
- Cabrera, M. E. (2018). Variabilidad en las concentraciones de fitoplancton y coliformes totales como indicadores de la calidad del agua del río Milagro. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de ciencias naturales.
- Camargo, J., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medio ambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*, 16(2).

- Chakraborty, P., Acharya, T., & Babu, R. (2011). Impact of salinity and pH on phytoplankton community in a tropical freshwater system. An investigation with pigment analysis by HPLC. *J. Environ. Monit*, 13(3), 614-620.
- Chapman, D. (1996). Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de biota, sedimentos y agua en el monitoreo ambiental. Segunda edición, Chapman and Hall Ltd., Londres, 651.
- Chen, C., & Durbin, E. (1994). Effects of pH on the growth and carbon uptake of marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 109 (1), 83-94.
- Cloern, J. (2014). Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems. *Biogeosciences*, 119: 2477-2501.
- Colín, M., Rodríguez, A., Figueira, E., & Basiuk, V. (2013). Sílice de las algas diatomeas (Clase Bacillariophyceae) Como material. *La Granja. revista de ciencias de la vida*, 5 - 15. Recuperado el 27 de junio de 2021
- Crespo, D. (2021). Fauna acompañante de la pesca experimental de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*). Universidad de Guayaquil Facultad de ciencias naturales Carrera de biología .
- Cruz, M., Tapia, M., & Naranjo, C. (2011). Especies plantónicas marinas como bioindicadoras de masas de agua frente a la costa ecuatoriana durante el evento El niño. INOCAR.
- Cubas, P. (2008). Diatomeas. Recuperado el 11 de agosto de 2021, de https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Diatomeas/6_Bacillariophyta_texto.pdf
- Day, J., & Hall, C. (1989). *Estuarine Ecology* . John Willey & Sons. N.Y. , 558.
- DiatomBase. (2021). DiatomBase taxon details. Obtenido de <https://www.diatombase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=157428>
- Díaz, J. (30 de julio de 2021). Atlas de organismos planctónicos. obtenido de untadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/contenidos_ordenacion/pdf/atlas_org_planctonicos_1.pdf
- DIHIDRONAV. (2016). Dirección de hidrografía y navegación marina de guerra del Perú. MGP.

- Echeverría, M. (2016). Estudio de la comunidad de fitoplancton en el río atacames provincia de Esmeraldas en el periodo. Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas (PUCESE), 15.
- Estrada, N., Obregon, I., Castillo, L., Romero, P., & Mejía, G. (2018). Evaluación de la calidad de agua a través del Índice Pampeano de diatomeas (IDP) en tres diferentes localidades del río Actopan, Veracruz. Revista digital del Departamento El Hombre y su Ambiente Vol. 1 (15), 29-35.
- Fernandez, J. (2014). ¿Qué son las microalgas? Recuperado el 7 de julio de 2021, de <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-1-microalgas.html>
- Fredrickson, A., & Stephanopoulos, I. (1981). Microbial competition. Science, 213, 972-979.
- Fuenmayor, G., Jonte, L., Rosales, L., & Morales, E. (2009). Crecimiento de la cianobacteria marina *Oscillatoria sp.* MOF-06 en relación al pH en cultivos discontinuos. Scielo, 2.
- GAD Salinas. (2011). Gaceta oficial . Gobierno autónomo descentralizado municipal de Salinas, 98.
- García, M. (26 de septiembre de 2016). Eutrofización: una visión general – CienciAcierta. Recuperado el 30 de junio de 2021, de <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>
- García, S. (2020). Cianobacterias y cianotoxinas, impactos sobre la salud humana. Argentina: Libro "Toxic Cyanobacteria in Water".
- García, S., & Torres, G. (2015). Evaluación de mareas rojas durante 1968-2009 en Ecuador. Acta Oceanográfica Del Pacífico Vol 20 N°1, 2015. Recuperado el 19 de junio de 2021, de https://www.toxicologia.org.ar/bibliotecavirtual/documentos_utilies/Cianobacterias_y_Cianotoxinas.pdf
- Gómez Luna, L. (2007). Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos. Revista cubana de química, 19(2), 3 - 20. Recuperado el 16 de julio de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543707001.pdf>

- González, C. (11 de 2011). Servicio de extensión agrícola. Obtenido de La turbidez: <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Gordon, & Taylor. (2015). El carbono del fitoplancton llega a las profundidades del océano. Obtenido de <https://www.europapress.es/ciencia/cambio-climatico/noticia-carbono-fitoplancton-llega-profundidades-oceano-20150326190009.html>
- Harris, G. (1986). *Phytoplankton ecology*. Chapman and Hall. London, 384.
- Hartley, B., Roos, R., & Williams, D. (1986). A check-list of the freshwater, brackish and marine diatoms of the British Isles and adjoining coastal waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66: Doi: <https://doi.org/10.1017/S0025315400042235>., 531-610.
- Health, & Welfare. (2018). El fitoplancton es un componente crítico de los ecosistemas de estanques acuícolas. Recuperado el 27 de agosto de 2021, de <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/el-fitoplancton-es-un-componente-critico-de-los-ecosistemas-de-estanques-acuicolas/>
- Herrera, S., Comín, N., & Troccoli, L. (2004). Coastal water quality assessment in the Yucatán Peninsula: management implications. *Ocean & Coastal Management*, 47: 625-639.
- Honorato, M. (2003). *Fitoplancton do estuário do rio Formoso (rio Formoso; Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomía e ecología*. Universidad Federal de Pernambuco. Centro de tecnología e geociencias. Departamento de Oceanografía. Recife.
- Hurtado, M., & Soto, L. (2010). *Áreas costeras y marinas protegidas del Ecuador*. Ministerio del Ambiente MAE- Fundación Natura., 352 p.
- Hurtado, M., Domínguez, L., & Soto, M. (2010). *Áreas Costeras y marinas protegidas del Ecuador*. Ministerio del Ambiente MAE-Fundación Natura, 352.
- Jiménez, R. (01 de Marzo de 2010). Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Ecuador, 2(2):193-282.: *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*. Obtenido de Instituto oceanográfico y antártico armada del Ecuador:

<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/temperatura-superficial-del-mar>

- Kuriyama, K., Grundling, S., Diehl, N., & Woelfel, J. (2021). Microphytobenthic primary production on exposed coastal sandy sediments of the Southern Baltic Sea using ex situ sediment cores and oxygen optodes. *ELSEVIER* vol. 63, Issue 2, 247-260.
- Lassen, M., Bramm, M., & Richardson, K. Y. (2004). Composición de la comunidad de fitoplancton y distribución de tamaños en el estuario del río Langat, Malasia. *ResearchGate*, 27(4):716-727.
- León, R. (2017). Climatology of the wind at 10 m for august (1979-2017). Universidad Nacional Autónoma de México - Grupo Interacción Océano-Atmósfera del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.
- Lewis, E. (1980). The Practical Salinity Scale 1978 and its antecedents. *IEEE J. Ocean. Eng.*, , OE-5(1): 3-8.
- Lodish, H. (2005). *Biología celular y molecular: La vida comienza con las células*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana ISBN: 9500613743, 9789500613743. Recuperado el 14 de julio de 2021, de http://bibliotecas.unr.edu.ar/muestra/medica_panamericana/9789500613743.pdf
- López, F. (2011). Informe final del proyecto HJ032 diatomeas bentónicas de los oasis de baja California Sur. D.F. Mexico: Universidad autónoma de baja California Sur. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ032.
- López, R. (Enero de 2019). El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra. Obtenido de <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>
- Macías, P. (1999). Condiciones hidroquímicas frente al Ecuador en el periodo 1995-1999. *Boletín Especial del INP (Ecuador)*, 39-71.
- Majluf, P. (2002). Los ecosistemas marinos y costeros. Obtenido de <http://www.bionica.info/biblioteca/Majluf2002pdf>
- Márquez, B., Zoppi, E., Troccoli, L., & Montiel, E. (2017). Cambios estructurales del mesozooplancton en relación a las condiciones hidrográficas en el golfo de

- Cariaco, Venezuela. Biota Colombiana vol. 18, núm. 1, 2017, -Junio, 148-171.
- Meichtry, N., & Llano, V. (2013). Fitoplancton del embalse Yacyretá (Argentina-Paraguay) a una década de su llenado. Revista Mexicana de Biodiversidad, 225-239. <https://doi.org/10.7550/rmb.26831>.
- Mendoza. (2021). Las Surgencias (Upwelling). Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h72.html
- Ministerio del Medio Ambiente y Universidad de Castilla. (2005). Memoria académica 2004-2005. Universidad de castilla- La Mancha, 50-60.
- Morales Pulido, J., & Aké Castillo, J. (2018). *Coscinodiscus* y *Coscinodiscopsis* (Bacillariophyceae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. Obtenido de <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php/es/coscinodiscus-y-coscinodiscopsis/#:~:text=Coscinodiscus%20Ehrenberg%2C%201839%20constituye%20uno,comunes%20de%20las%20diatomeas%20centrales.&text=Se%20determinaron%208%20especies%20del,concinnus%20Smith%2C%201>
- Morales, N., Arévalo, K., & Ortega. (2006). El pH y la fuente nitrogenada como moduladores del crecimiento de la macrofita Lemna sp. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), 23: 67-79.
- Moreno, A. (2013). Apuntes de zoología. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/465-2013-08-22-A6%20Reino%20PROTISTA.pdf>
- Muñoz, N. (2012). Cianobacterias bentónicas marinas en el Caribe central y sur de Costa Rica. Rev. Mar. Cost. ISSN 1659-455X. Vol. 4:, 13-32.
- Nielsen, S. (2006). Size-dependent growth rates in eukaryotic and prokaryotic algae exemplified by green algae and cyanobacteria: Comparisons between unicells and colonial growth forms. Journal of Plankton Research, 489-498.
- Oliva, M., Godínez, J., & Zuñiga, C. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. Rev. Mex. Biodiv, 2 - 8. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000200006

- Ormaza, F., & Castro, D. (2020). COVID-19 Impacts on beaches and coastal water pollution: Management proposals post- pandemic. Preprint.
- Oviatt, A., Quinn, J., Maughan, J., & Ellis, J. (1987). Fate and effects of sewage sludge in the coastal marine environment: A mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: , 187–203.
- Patrick, R., & Reimer, C. (1975). The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 2 Monographs of the Academy of natural sciences of philadelphia, 13.
- Pera. (17 de Enero de 2021). *Entomoneis alata*, vuelo de unas alas de cristal. lagoa das garças. armação de pêra. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/microagua/32152099740>
- Peraza, R. (2017). Diversidad y abundancia de fitoplancton. Recuperado el 28 de junio de 2021, de <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10996/TESIS%20MAESTR%C3%8DA%20ROSELY%20PEREZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perrone, A., Cajiao, D., & Burgos, M. (2009). Turismo de naturaleza en la zona marino costera del Ecuador continental. Conservación Internacional Ecuador, Ministerio del Ambiente del Ecuador. Ministerio de Turismo del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008
- Poot, A. (2013). Proliferación de *Pseudo-nitzschia brasiliiana* y *P. cf. pseudodelicatissima* (Bacillariophyceae) en el Estero Santa Cruz, norte del Golfo de California, México: Tecnológico Superior de Champotón (TECNM-ITESCHAM).
- Prado, M., & Troccoli, L. (2017). Análisis del estado trófico y microfitoplancton en la zona costera de la provincia del Guayas, Ecuador. santa Marta, Colombia :

- Instituto de investigaciones marinas y costeras "Jose Benito Vives de Andrés".
- Preston, F. (1960). Time and Space and the Variation of Species. *Ecology* , 41(4), 612–627., <https://doi.org/10.2307/1931793>.
- Preston, F. (1962). Canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology* 43 (2), 185-215.
- Rodier, J. (1989). Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega.
- Rodríguez, C., Prospero, C., Pierotto, M., Mancini, M., Daga, C., & Gonella, M. (2005). Evaluación de la contaminación y eutrofización de aguas superficiales de la provincia de Córdoba. Obtenido de a. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 2 (7): 4. Obtenido en octubre de 2007: www.secyt.unc.edu.ar/Temas/Temas7/Prosperi.htm.
- Romero, C. (2002). Índice interactivo de los guiones para el programa de Botánica I (2º curso, Grado de Biología). Sevilla. : Universidad de Sevilla.
- Rosales, N., Loreto, C., Bermúdez, J., & Morales, E. (2004). Intermediate renewal rates enhance the productivity of the cyanobacterium *Synechococcus sp* in semicontinuous cultures. *Cryptogamie: Algol* 25 (2), 207-216.
- Round, F. (1991). Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal Applied Phycology*, 129–145.
- Round, F., & Crawford, R. (1990). *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press.
- Sala, S. (1996). Flora diatomológica del embalse paso de las piedras (Buenos aires: Argentina) ii: fam. naviculaceae (pennales). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 32 (I-2), 95-121.
- Schwoerbel, J. (1975). *Métodos de hidrobiología*. . España: Herman blume ediciones.
- Sewervac Ibérica. (2018). Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>

- Sieburth, J., Smetacek, V., & Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography* 23, 1256-1263.
- Sileone, A. (4 de agosto de 2021). Ecosistemas acuáticos. Obtenido de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005258.pdf>
- Sotomayor, O. (1993). Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense var. compressum* en la Costa Suroeste de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM , 20 (1): 43-54.
- Tapia, M., & Christian, N. (2014). Fitoplancton en el golfo de guayaquil externo, durante enero de 2014. INOCAR- Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 21 , 1-13.
- Torrentera Blanco, L., & Tacon, A. (2017). La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Recuperado el 2 de agosto de 2021, de <http://www.fao.org/3/ab473s/AB473S00.htm>
- Torres, G. (2015). Evaluación de mareas rojas durante 1968-2009 en Ecuador. Ecuador: Acta Oceanográfica Del Pacífico.
- UCM. (14 de febrero de 2015). Descripción de indicadores. Recuperado el 15 de junio de 2021, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>
- UNESCO, WHO, UNEP. (1996). Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments, and water in environmental monitoring- second ed.
- Unrein, F. (2001). Efectos de los nutrientes y el pH sobre el crecimiento y la estructura del fitoplancton en ambientes de la llanura aluvial del Paraná Inferior. Biblioteca digital: FCEN-UBA, 152.
- UPTC. (2017). Análisis de aguas. Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Vymazal, J. (2010). Water and nutrient management in natural and constructed wetlands. Springer Science; Business Media B.V, 32.

- Willi, Y., Van, A., & Hoffmann, A. (2006). Limits to the adaptive potential of small populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* , 37: 433–458.
- Yamani, F., & Saburova, M. (2019). Marine phytoplankton of kuwait's waters. Safat, Kuwait: Vol. II Diatoms. Kuwait Institute for Scientific Research.
- Zalocar, Y., & Forastier, M. (2005). Cyanophyceae (Cyanobacteria) del noroeste argentino: distribución y diversidad. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, 9.
- Zarza, L. (12 de 12 de 2021). Las aguas residuales hablan. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/aguas-residuales-hablan>
- Zata, D. (14 de junio de 2020). Informe de Cianobacterias, Apuntes de Microbiología. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://www.docsity.com/es/informe-de-cianobacterias/5656814/>.

ANEXOS



Anexo 1: Toma de variables ambientales (mes de junio).

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 2 Toma de variables ambientales E1 (mes de junio).

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 3: Identificación de microalgas en laboratorio Empagran div. Semacua (mes Julio).

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 4: Medición del área de estudio (E1).

Fuente: Silva, 2021.



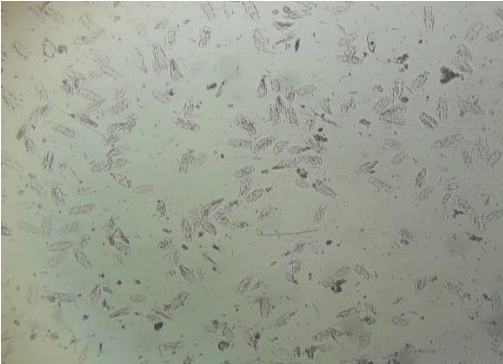
Anexo 5: Medición del área de estudio (E2).

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 6: Recolección muestra (mes junio)

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 7: *Entomoneis alata* (Especie dominante)

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 8: *Nitzschia* sp; Phylum

Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 9: *Navicula yarensis*, Phylum Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae

Fuente: Silva, 2021.



Anexo 10: Bacillariophyta; Clase Bacillariophyceae

Fuente: Silva, 2021.

| División | Género/clases/grupos | Cantidad | |
|------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|
| Bacillariophyta | <i>Coscinodiscus sp.</i> | 2 cel/ml | |
| | <i>Entomoneis alata</i> | 10.210 cel/ml | |
| | <i>Nitzschia spp</i> | 2.741 cel/ml | |
| | <i>Nitzschia longisima</i> | 7.014 cel/ml | |
| | <i>Nitzschia sp</i> | 4.270 cel/ml | |
| | <i>Cymbella sp</i> | 2.010 cel/ml | |
| | <i>Pleurosigma sp</i> | 7.100 cel/ml | |
| Cianobacterias | <i>Phormidium sp.</i> | 7 cel/ ml | |
| | <i>Oscillatoria sp.</i> | 25 cel/ml | |
| | <i>Pseudanabaena sp.</i> | 11 cel/ ml | |
| | <i>Lyngbya sp.</i> | 9 cel/ml | |
| | <i>Synechocystis sp.</i> | 6 cel/ml | |
| | Géneros | especies | densidad total |
| Bacillariophyta | 5 | 7 | 33.347 cel/ml |
| Cianobacterias | 5 | 5 | 58 cel/ml |

Anexo 11: Tabla de microalgas registradas en los muestreos.

Fuente: Silva, 2021.

| VARIABLES | FÍSICO - QUÍMICOS | | | | Rango de aceptación |
|------------------|-------------------|---------|----------|----------|---------------------|
| | Mes: Junio | Lunes 7 | Lunes 14 | Lunes 21 | |
| Temperatura | 25,9 | 24,3 | 25,6 | 25,2 | N/A |
| Oxígeno disuelto | 3,91 | 4,09 | 2,09 | 2,05 | 800 mg/l |
| Salinidad | 33,2 | 33,6 | 33,1 | 33,9 | 40,0 ppt |
| pH | 6,2 | 6,26 | 6,66 | 6,4 | 6,5-8,3 |

Anexo 12: Registro de variables físico-químicos mes de Junio.

Fuente: Silva, 2021.

| VARIABLES | FÍSICO - QUÍMICOS | | | | Rango de aceptación |
|------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|---------------------|
| | Mes: Julio | miércoles 7 | miércoles 14 | miércoles 21 | |
| Temperatura | 26,3 | 25,4 | 25,9 | 25,1 | N/A |
| Oxígeno disuelto | 6,22 | 6,2 | 6,8 | 6,9 | 800 mg/l |
| Salinidad | 33,2 | 33 | 33,4 | 33,7 | 40,0 ppt |
| pH | 7,4 | 7,22 | 7,48 | 7,8 | 6,5-8,3 |

Anexo 13: Registro de variables físico-químicos mes de Julio.

Fuente: Silva, 2021.