UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

“MICROALGAS EPIFITAS ASOCIADAS A ALGAS RHODOPHYTAS PRESENTES EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA PLAYA DE BALLENITA, SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Autor

FLOR MARIA CAICHE QUIMI

Tutor

BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO

LIBERTAD – ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

"MICROALGAS EPIFITAS ASOCIADAS A ALGAS RHODOPHYTAS PRESENTES EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA PLAYA DE BALLENITA, SANTA ELENA"

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Autor

FLOR MARIA CAICHE QUIMI

Tutor:

BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **"Microalgas epifitas asociadas a algas Rhodophytas presentes en la zona intermareal de la playa de Ballenita, Santa Elena"**, elaborado por **Caiche Quimi Flor Maria** estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención de título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente

Blga. Mayra Cuenca Zambrano MSc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 1712887767

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular, **"Microalgas epifitas asociadas a algas Rhodophytas presentes en la zona intermareal de la playa de Ballenita, Santa Elena"**, elaborado por **Caiche Quimi Flor Maria**, estudiantes de la carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente

Blgo. Carlos Andrade Ruiz, MSc.

DOCENTE DEL ÁREA

C.I. 0910798750

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por su amor, guía y apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación universitaria. Quienes han sido mi mayor inspiración y el pilar fundamental que me han permitido alcanzar esta importante meta.

A mis queridas amigas quienes se han convertido parte de mi familia a lo largo de este camino. Su compañía, apoyo y cariño incondicional han sido importante para mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, especialmente a la Facultad Ciencias del Mar por liderar el proceso de formación profesional.

De manera especial a mi tutora Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc. por su invaluable guía y sus valiosos conocimientos durante el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A la Dra. Jacquelin Cajas Flores del IPIAP por su validación de información obtenida de mi trabajo de investigación.

Asimismo, a mis amigas quienes se han convertido parte de mi familia a lo largo de este camino. Su compañía, apoyo y cariño incondicional han sido importante durante todo este recorrido.

Infinitas gracias, por todo.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de integración Curricular presentado por **Flor Maria Caiche Quimi** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 17 de Julio del 2024

Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blgo. Carlos Andrade Ruiz, MSc.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blgo. Richard Duque Marín, MSc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Pascual Roca, MSc.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Flor Maria Caiche Quimi** con cédula de Identidad **2450187519** declaro bajo juramento que la responsabilidad por las ideas, contenidos y análisis de los resultados expuestos en este trabajo de Integración curricular me corresponden de manera exclusiva y el patrimonio intelectual del mismo lo comparto con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Flor Maria Caiche Quimi

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. **1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN** 1

1.1. JUSTIFICACIÓN 3

1.2. OBJETIVOS 5

1.2.1. Objetivo general: 5

1.2.2. Objetivos específicos: 5

1.2.3. HIPÓTESIS 6

2. **2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO** 7

2.1. Antecedentes 7

2.1.1. Microalgas epifitas asociadas a algas Florideophyceae 7

2.1.2. Diatomeas epifitas en algas Rhodophytas 7

2.1.3. Microalgas epifitas en algas Ulvaphyceae 8

2.1.4. Macroalgas son huésped para microalgas 8

2.2. Generalidades de las algas 8

2.2.1. Phylum Rhodophytas 10

2.3. Microalgas epifitas 12

2.4. Parámetros físicos-químicos del agua 26

3. **3. CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS** 29

3.1. Área de estudio 29

3.2. Metodología 31

3.2.1. Fase de campo 31

3.2.2. Fase de laboratorio 32

3.2.3. Índices ecológicos 34

3.2.4. Análisis estadístico 36

4. **4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS** 37

4.1. Microalgas epifitas asociadas a Rhodophyceae 37

4.1.1. Densidad celular por monitoreo 38

4.1.2. Densidad celular por familias 39

4.2. Parámetros físicos-químicos del agua 40

4.2.1. Temperatura 41

4.2.2. Salinidad 42

4.2.3. pH 43

4.2.4. Turbidez 44

4.2.5. Nitrito 45

4.2.6. Nitrato 46

4.2.7. Fosfato 47

4.3. Relación entre diversidad de microalgas epifitas y parámetros fisicoquímicos. 49

4.3.1. Índices ecológicos 49

4.3.2. Correlación de los parámetros fisicoquímicos con la diversidad de microalgas epifitas 51

4.3.3. Análisis de Correlación de Pearson 52

5. **5. DISCUSIONES** 56

6. **6. CONCLUSIONES** 59

7. **7. RECOMENDACIONES** 60

8. **8. BIBLIOGRAFÍA** 61

9. **9. ANEXOS** 68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa del área de estudio. 30

Gráfico 2. Diseño de transectos. 31

Gráfico 3. Porcentaje de distribución de microalgas epifitas asociadas al género Acanthophora. 37

Gráfico 4. Densidad celular por monitoreo. 39

Gráfico 5. Densidad celular por familias asociadas al género Acanthophora. 40

Gráfico 6. Datos de temperatura durante el periodo de muestreos. 41

Gráfico 7. Datos de salinidad durante el periodo de muestreos. 42

Gráfico 8. Datos de pH durante el periodo de muestreos. 43

Gráfico 9. Datos de turbidez durante el periodo de monitoreo. 44

Gráfico 10. Datos de nitrito durante el periodo de muestreo. 45

Gráfico 11. Datos de nitrato durante el periodo de muestreo. 46

Gráfico 12. Datos de fosfato durante el periodo de muestreo. 47

Gráfico 13. CCA entre familias de microalgas epifitas y parámetros fisicoquímicos. 48

Gráfico 14. Índices ecológicos presentes en los ocho monitoreos. 50

Gráfico 15. Correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver y los parámetros físicos-químicos 54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Licmophora abbreviata. 13

Ilustración 2. Licmophora gracilis. 13

Ilustración 3. Licmophora flabellata. 14

Ilustración 4. Nitzschia reversa. 14

Ilustración 5. Nitzschia closterium. 15

Ilustración 6. Nitzschia amphibia. 15

Ilustración 7. Nitzschia linearis. 16

Ilustración 8. Nitzschia inconspicua. 16

Ilustración 9. Nitzschia sigmoidea. 17

Ilustración 10. Navicula recens. 17

Ilustración 11. Navicula salinicola. 18

Ilustración 12. Pleurosigma normanu. 19

Ilustración 13. Pinnularia viridis. 19

Ilustración 14. Pinnularia borealis. 20

Ilustración 15, Amphora ovalis. 20

Ilustración 16. Amphora coffeaeformis. 21

Ilustración 17. Amphora sp. 21

Ilustración 18. Cocconeis scutellum. 22

Ilustración 19. Ceratium furca. 23

Ilustración 20. Pediastrum duplex. 24

Ilustración 21. Oscillatoria limosa. 25

Ilustración 22. Spirulina subsalsa. 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del Área de estudio. 29

Tabla 2. Lista de familias de microalgas asociadas al género Acanthophora durante los ocho monitoreos realizados en la playa de Ballenita - Santa Elena. 38

Tabla 3. Registro de parámetros físicos-químicos. 40

Tabla 4. Índice de Diversidad de Shannon Weaver 49

Tabla 5. Prueba de normalidad para Índice de Shannon Weaver y parámetros fisicoquímicos. 52

Tabla 6. Análisis de correlación de Pearson entre el Índice de Shannon Weaver y los parámetros físicos-químicos. 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificación de microalgas encontradas. 70

Anexo 2. Densidad celular por familias. 70

Anexo 3. Gráfica de probabilidad de Índice de diversidad de Shannon Weaver. 71

Anexo 4. Gráfica de probabilidad de Temperatura. 71

Anexo 5. Gráfica de probabilidad de Salinidad. 72

Anexo 6. Gráfica de probabilidad de pH. 72

Anexo 7. Gráfica de probabilidad de Turbidez. 73

Anexo 8. Gráfica de probabilidad de Nitrito. 73

Anexo 9. Gráfica de probabilidad de Nitrato. 74

Anexo 10. Gráfica de probabilidad de Fosfato. 74

Anexo 11. Colecta de las macroalgas. 75

Anexo 12. Toma de parámetros físicos-químicos. 75

Anexo 13. Preparación de las muestras con epifitas. 76

Anexo 14. Identificación y cuantificación de microalgas. 76

GLOSARIO

Epifitismo: Asociación ecológica en la que una especie crece sobre otra especie, utilizándola únicamente como sustrato.

Macrófito: Plantas acuáticas.

Fotosintético: Proceso clave que realiza muchos organismos acuáticos, como algas, microalgas y plantas acuáticas.

Ecosistema: Comunidad de organismos acuáticos y su ambiente físico.

Estacional: Cambios notables a lo largo de las estaciones.

Parámetros físicos-químicos: Comprenden el estado y la dinámica de los ecosistemas acuáticos.

Eco-fisiología: Estudia las adaptaciones de los seres vivos a las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos.

Macroalgas: Son organismos multicelulares acuáticos, a diferencia de las plantas terrestres, no poseen raíces, tallos y hojas verdaderas.

Microalgas: Son organismos microscópicos, unicelulares o coloniales, se encuentran principalmente en ambientes acuáticos.

Bentónico: Es el conjunto de organismos que viven asociados al fondo de los cuerpos de agua.

Litorales: Zona costera, es decir, la franja de tierra y mar que se encuentra en los bordes de los continentes.

Estratificados: Hace referencia a la presencia de capas o estratos diferenciados en un determinado medio o sistema.

Biofiltros: Sistemas de tratamientos biológicos que utilizan organismos vivos para remover y transformar contaminantes.

Endotoxinas: Son componentes estructurales de la pared celular de bacterias Gramnegativas.

Sulco: hendidura, depresión o repliegue en la superficie de un órgano o estructura del cuerpo.

Cíngulo: Se refiere a una estructura morfológica presente en algunas especies de organismos microscópicos.

Bits: Unidad mínima de información.

ABREVIATURA

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez

Ppt: Partes por mil

°C: Grados Celsius

M: Monitoreo

INOCAR: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada

RJ: Ryan-Joiner

Cel: Células

gr: Gramos

S: Número de especies

Pi: Proporción de individuos de la especie

Ni: Número de todos los individuos de todas las especies

L: Litro

Mg: Miligramo

H: Índice de diversidad

Log: Logaritmo

(s): Número de especies

Ref: Referencia

CCA: Análisis de correspondencia canónica

MICROALGAS EPIFITAS ASOCIADAS A ALGAS RHODOPHYTAS PRESENTES EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA PLAYA DE BALLENITA, SANTA ELENA.

Autor: Caiche Quimi Flor Maria

Tutora: Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

RESUMEN

Los ecosistemas acuáticos poseen una gran diversidad de organismos, incluyendo a las microalgas epifitas que se encuentran asociadas a las algas Rhodophytas presentes en la zona intermareal de la playa de Ballenita. La macroalga perteneciente al género *Acanthophora* brinda un sustrato adecuado para el crecimiento de las microalgas epífitas, debido a su estructura ramificada. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar la diversidad y abundancia de microalgas epifitas en algas Rhodophytas, mediante monitoreo in situ y usando la cámara de Sedgewick-Rafter identificando su relación con los parámetros físicos-químicos. Las microalgas epifitas que se identificaron pertenecen a las siguientes clases: Cyanophyceae con 9%, Chlorophyceae con 5%, Bacillaryophyceae con 82% y Dinophyceae con 4%, que correspondieron a 11 familias, de las cuales que se presentaron con mayor abundancia fueron las siguientes: Licmophoraceae con 111 740 cel/ml, Bacillariaceae con 96 880 cel/ml y Pinnulariaceae con 43 720 cel/ml. Los rangos de la Temperatura fueron de 26.99 °C a 30.20 °C, Salinidad de 28.70 ppt a 32.95 ppt, pH oscilo de 8 a 8.42, Turbidez de 2.30 NTU a 3.70 NTU, Nitrito de 0.002 mg/l a 0.009 mg/l, Nitrato de 0.18 mg/l a 1.12 mg/l y Fosfato de 0.04 mg/l a 0.09 mg/l. La correlación de Pearson demostró que los parámetros físicos-químicos no intervienen en la presencia de microalgas epifitas asociadas a las macroalgas. Por lo cual se aceptó la hipótesis nula, ya que estadísticamente las variables no presentaron correlación significativa, recomendándose realizar la identificación de microalgas epifitas en otras macroalgas.

Palabra clave: Microalgas, parámetros, epifitas, físicos-químicos.

MICROALGAS EPIFITAS ASOCIADAS A ALGAS RHODOPHYTAS PRESENTES EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA PLAYA DE BALLENITA, SANTA ELENA.

Autor: Caiche Quimi Flor Maria

Tutora: Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

ABSTRACT

The aquatic ecosystems have a great diversity of organisms, including the epiphytic microalgae that are associated with the Rhodiphyta algae present in the intertidal zone of Ballenita beach. The macroalgae belonging to the genus Acanthophora provides a suitable substrate for the growth of epiphytic microalgae, due to its branched structure. Therefore, the objective of this research was to analyze the diversity and abundance of epiphytic microalgae in Rhodophyta algae, through in situ monitoring and using the Sedgewick-Rafter camera, identifying its relationship with the physical-chemical parameters. The epiphytic microalgae that were identified belong to the following classes: Cyanophyceae with 9%, Chlorophyceae with 5%, Bacillaryophyceae with 82% and Dinophyceae with 4%, which corresponded to 11 families, of which the most abundant were the following: Licmophoraceae with 111 740 cel/ml, Bacillariaceae with 96 880 cel/ml and Pinnulariaceae with 43 720 cel/ml. The temperature ranges were from 26.99 °C to 30.20°C, salinity from 28.70 ppt to 32.95 ppt, pH ranged from 8 to 8.42, turbidity from 2.30 NTU to 3.70 NTU, nitrite from 0.002 mg/l to 0.009 mg/l, nitrate from 0.18 mg/l to 1.12 mg/l and phosphate from 0.04 mg/L to 0.09 mg/l. The Pearson qualification demonstrated that the physical-chemical parameters do not intervene in the presence of epiphytic microalgae associated with macroalgae, so the null hypothesis is accepted, since statistically the variables did not present a significant elevation. It is recommended to identify epiphytic microalgae in other macroalgae.

Keyword: Microalgae, parameters, epiphytes, physical-chemical.

1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos poseen una gran diversidad de organismos como micro y macroalgas (González, 2014). Las macroalgas son organismos vegetales que se caracterizan por ser autótrofos; es decir, realizan el proceso de la fotosíntesis. Estas viven en dos tipos de condiciones muy distintas; unas flotan en las capas más superficiales del agua, son unicelulares y son denominadas algas plantónicas; las otras viven adheridas a rocas u otros sustratos, denominadas algas bentónicas (Santelices, 1991).

El epifitismo es denominado una forma de vida que ocurre cuando un organismo crece sobre otro organismo vegetal. Esta relación biótica es estimada como una posible estrategia ecológica, ya que el epífito adquiere un sustrato en óptimas condiciones de luz y protección, favoreciendo su establecimiento y desarrollo (Mateo, Mendoza, Norris, & Deisy, 2014). El estudio del epifitismo en los ambientes marinos es valioso porque nos proporciona información sobre la riqueza especifica de algas marinas en un área determinada.

En los últimos años las macroalgas han sido objeto de estudios, por las propiedades que poseen, ya que son utilizadas dentro de las industrias como medicinales, para elaboración de harina de algas, fertilizantes orgánicos,

biocombustibles y para el tratamiento de agua residuales (Velasco, 2008). Las zonas intermareales constituyen uno de los principales hábitats para las macroalgas, especialmente en las zonas rocosas donde la diversidad de especies depende de la interacción de factores abióticos y bióticos que establecen la composición y distribución de las especies (Nybakken, 2001).

Las algas rojas Rhodophytas predominan en las aguas marinas costeras de zonas tropicales y templadas, donde tienen gran importancia económica y ecológica. Su forma varía desde unicelulares a filamentos individuales o agregaciones complejas de filamentos. Pueden alcanzar tamaños relativamente grandes, pero su organización es simple, basada en la conexión de filamentos adyacente (Cubas, 2008). Las Rhodophytas se diferencia de los grupos de algas eucariotas por diversos aspectos particulares como: los cloroplastos que presentan una membrana doble, clorofila α como componente principal y clorofila ɗ en menor proporción (Lee, 1990).

Las microalgas son microorganismos unicelulares eucariotas, poseen un tamaño que va desde 2 a 200µm, crecen de manera autotrófica o heterotrófica. Son más eficientes que las plantas terrestres al momento de la captación de CO2 y en la utilización de energía solar para la producción de biomasa (Céspedes, 2015). Por lo que, surge la necesidad de investigar sobre las microalgas que se adhieren como epifitas a las macroalgas pertenecientes a la división Rhodophyta.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La zona intermareal de las playas alberga una gran diversidad de algas marinas, la cual dependen de un sinnúmero de factores como las características físicas y químicas de su entorno: temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes e intensidad de la luz. Las microalgas son de vital importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que constituyen la productividad primaria de medio. Por tanto, surge la siguiente pregunta ¿Qué factores indicen en la asociación de microalgas epifitas en algas Rhodphytas?

El Ecuador es considerado como uno de los países megadiversos en cuanto a especies, por lo que se podría llevar a cabo un sinnúmero de investigaciones científicas y dando cavidad a otros países involucrados en la investigación, ya que forma parte de los 17 países biológicamente más diversos del planeta (Mittermeier, Robles, & Geottsch, 1997).

Las algas Rhodophytas, también conocidas como algas rojas son importantes en los ecosistemas acuáticos por su capacidad para formar hábitats y refugio, su contribución a la biodiversidad y ecología marina, su utilidad como alimento, aplicación en la industria y biotecnología, y no menos importante su papel en la conservación y protección del medio ambiente.

Las algas también son utilizadas para evaluar la calidad de agua como en procesos de eutrofización y contaminación mediante la detección de cambios en la composición y distribución de la comunidad (Van Egeren, Dodson, & Maxted, 2001). Las microalgas se pueden alojar en las algas Rhodophytas porque les proporcionan un sustrato favorable para su crecimiento y además por la forma de su estructura les permite que se adhieran con facilidad. Esta investigación proporcionará datos relevantes sobre la abundancia de microalgas epifitas y su contribución a la cadena alimentaria lo que permitirá la asociación entre estos organismos y su entorno.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general:

- Analizar la diversidad y abundancia de microalgas epifitas en Rhodophytas de la zona intermareal, mediante monitoreo in situ y usando la cámara de Sedgewick-Rafter identificando su relación con los parámetros físicos-químicos.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Identificar las microalgas epifitas asociadas a las Rhodophytas mediante monitoreo in situ y la observación microscópica.

- Analizar los parámetros físicos-químicos mediante la toma de muestras in situ.

- Relacionar diversidad de microalgas epifitas con parámetros físicos-químicos determinando su abundancia de producción primaria en el medio.

1.2.3. HIPÓTESIS

H1: No existe relación entre los parámetros físicos-químicos y la diversidad de microalgas epifitas en algas Rhodophytas de la zona intermareal de la playa de Ballenita.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Microalgas epifitas asociadas a algas Florideophyceae

En Arabia Saudita se realizó un estudio sobre la dinámica estacional de microalgas epifitas en algas rojas perteneciente a la clase Florideophyceae en la Costa de Jeddah, el Mar Rojo, donde encontraron varias especies de macroalgas. Posterior a esto, identificaron y cuantificaron las microalgas epifitas presentes en las clases de macroalgas encontradas y determinaron la abundancia de células epifitas. Cabe mencionar que tomaron en cuenta parámetros fisicoquímicos como: nitrito, dióxido de nitrógeno, amonio, ácido fosfórico y silicato de sodio, para luego relacionarlos con la abundancia de microalgas epifitas (Al - Harbi & Abu Affan, 2016).

2.1.2. Diatomeas epifitas en algas Rhodophytas

Se realizó una florística de diatomeas epifitas en diferentes especies de macroalgas Rhodophytas en el sur del Golfo de México, donde se determinó la riqueza de especies potenciales en las macroalgas. Las diatomeas son poco estudiadas por su gran potencial científico que poseen, ya sea por su taxonomía, florística, ecología, biogeografía o interacción eco-fisiológica con su huésped, entre otros (Siqueiros, Hernández, & Francisco, 2017).

2.1.3. Microalgas epifitas en algas Ulvaphyceae

(Harbi, 2017), en la zona intermareal de la costa norte de Jeddah, en el Mar Rojo, realizo una investigación sobre la composición y dinámica de las especies de microalgas epifitas en macroalgas pertenecientes a la clase Ulvaphyceae. Cabe mencionar que en el sitio de estudio no sea realizo investigaciones sobre microalgas epifitas en macroalgas, excepto en la clase Florideophyceae perteneciente a la división Rhodophyta.

2.1.4. Macroalgas son huésped para microalgas

La vida marina desempeña un papel fundamental en el ecosistema marino y en la cadena alimentaria. Las macroalgas sirven como huéspedes o sustrato para microalgas epifitas. En la costa de Gopnath, parte del distrito de Bhavnagar, Gujarat, India, se realizó un registro de microalgas epifitas en macroalgas hospedadoras pertenecientes a la división Chlorophyta y Rhodophyta. Donde se revelo una fuente importante para la futura explicación de las epifitas marinas y su mecanismo de especificidad de huésped. Dando a conocer sus referencias de distribución estacional asociado a factores bióticos y abióticos presente en el medio (Mehta & Mehta, 2021)

2.2. Generalidades de las algas

Las algas son la base de la cadena trófica, ya que proporcionan alimento y energía para otros organismos. Las algas se clasifican: en macroalgas y microalgas, se pueden encontrar en ambiente bentónico y litorales (Ali, 2009).

Las macroalgas son organismo que contienen clorofila, son grandes, estratificadas y filamentosas, abundan específicamente en las zonas intermareales hasta unos 100 metros de profundidad dependiendo de sus requerimientos lumínicos, suelen encontrarse sumergidas y adheridas a sustratos o superficies duras, como corales y rocas (Beringuela, Purganan, Rhodora, & Deo, 2020). Se clasifican en tres clases: algas verdes, algas pardas y algas rojas.

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos unicelulares y multicelulares simples, es decir, procariotas o eucariotas. Poseen altas tasas de crecimiento y eficiencia fotosintéticas debido a sus estructuras simples. Por ello, se les denomina productores primarios, contienen clorofila a y b, y carotenoides (Yanqun et al., 2008). Las microalgas se cultivan y son utilizadas como alimento, producción de compuestos útiles, biofiltros para eliminar nutrientes y otros contaminantes de agua residuales, industria cosmética, farmacéutica y acuícola. En la acuicultura las microalgas son utilizadas como alimento vivo para el crecimiento de moluscos, crustáceos y peces (Sirakoz, 2015). Las abundantes y diversas microalgas epifitas incluyen diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias comprenden las redes alimentarias. Las diatomeas fueron las primeras microalgas que recibieron una considerable atención taxonómica (Al - Harbi S. , 017).

2.2.1. Phylum Rhodophytas

Las algas rojas Rhodophytas es el grupo más diverso, comprende dos subfilos con siete clases (Nan et al., 2017). Se caracterizan por ser fotosintéticos y morfológicamente diverso, son desde unicelulares y filamentosos, ramificados o no ramificados, cilíndricos a foliosos, algunos poseen forma crustosas y erectas (Yoon H. , 2016). Su color característico rojo y sus múltiples variaciones son el resultado de una variedad de pigmentos fotosintéticos de clorofila a, betacaroteno y otras xantofilas (López & Gurgel, 2019).

En las zonas intermareales tropicales y subtropicales las algas rojas son el componente principal de la flora en términos de biomasa y diversidad de especies, por ejemplo, miembros destacados de la comunidad marina bentónica, fuente de oxígeno, alimento, sustrato para especies epifitas de plantas y animales que las utilizan como refugio (López & Gurgel, 2019). Por otra parte, las algas coralinas costrosas desempeñan un papel fundamental en el reclutamiento de corales, siendo asentamiento de sustrato para varias larvas de coral. Es decir, las algas rojas ayudan a integrar las estructuras de los arrecifes de coral.

2.2.2. Clase Florideophyceae

La clase Florideophyceae comprende alrededor de 6 700 especies que son en su mayoría macroscópicas, son muy diversas en cuanto a su morfología y genética. Su talo puede ser cilíndricos, comprimidos o folioso, y están compuestos por

filamentos ramificados complejos. Poseen células unicelulares o pluricelulares (Yoon H. , 2017).

2.2.2.1. Orden Ceramiales

El orden Ceramiales posee 2 689 especies, que representa más de un tercio de todas las especies de algas rojas (Guiry & Guiry, 2019). Su morfología es muy diversa, pueden tener talos filamentosos, cilíndricos o laminares, los cuales pueden ser simples o ramificados. Algunas presentan estructuras ramificadas en forma de plumas o copas.

2.2.2.2. Familia Rhodomelaceae

Es considerada una de las familias más grandes dentro de las algas rojas, ya que está constituida por 149 géneros y 1 054 especies distinguidas en todo el mundo (Guiry & Guiry 2017). En cuanto a su morfología son filamentosas y ramificadas, talos simples o complejos y ramificaciones. Su distribución es principalmente en agua frías.

2.2.2.3. Género Acanthophora

El género *Acanthophora* consta de siete especies. Se caracteriza por ser cartilaginosa o membranosa, su talo es cilíndrico, posee ramas alternas o divisiones irregulares, erectas o aplanadas de crecimiento intermedio. Su distribución es en

áreas tropicales y subtropicales, y se encuentran en arrecifes poco profundos o en zonas intermareales (Adibah et al., 2012).

2.3. Microalgas epifitas

Las microalgas epifitas son microorganismo que se encuentran adheridos a las macroalgas de tamaño diminuto y sésiles que se adaptan a las características químicas y físicas de su entorno. Las diatomeas, cianobacterias y dinoflagelados son considerados microalgas epifitas (Stanca & Parsons, 2021). Los dinoflagelados se los encuentra en invierno y son productores de toxinas. Las diatomeas se encuentran en verano y constituyen una fuente de alimento para varios organismos que se encuentran hospedados en las macrófitas. Y las cianobacterias abundan en época de verano y producen sustancias químicas y endotoxinas que se liberan durante la digestión (Mabrouk, Brahim, & Hamza, 2014).

2.3.1. Bacillariophytas

Las Bacillariophytas son uno de los grupos más abundante dentro de las comunidades epifitas de las algas marinas, además de ser fuente de alimento para organismos bentónicos. Las diatomeas contienen sílice y se presentan en diferentes formas geométricas (Hérnandes & Siqueiros, 2008). Secretan una sustancia gelatinosa que les permite adherirse a las macroalgas. Estas se clasifican en diatomeas erectas, diatomeas móviles y diatomeas adnatas (Da Silva et al., 2016).

Licmophora abbreviata

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Licmophorales

Familia: Licmophoraceae

Género: *Licmophora*

Ref- Jung, 2018

Ilustración 1. *Licmophora abbreviata.*

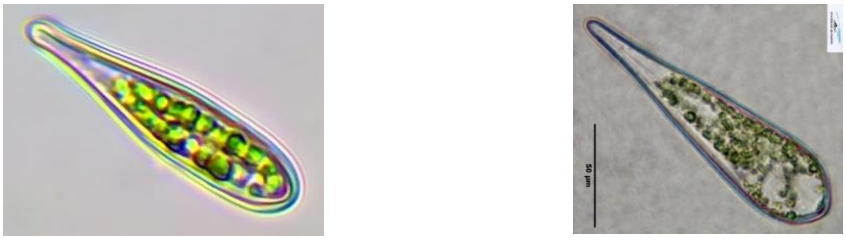
Licmophora gracilis

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Licmophorales

Familia: Licmophoraceae

Género: *Licmophora*



Ref. Fatima Santos

Ilustración 2. *Licmophora gracilis.*

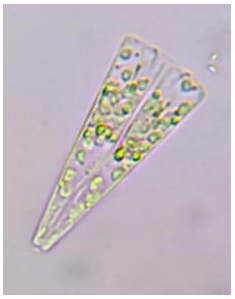
Licmophora flabellata

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Licmophorales

Familia: Licmophoraceae

Género: *Licmophora*



Ref, Horacio Abellán, 2021

Ilustración 3. *Licmophora flabellata.*

Nitzschia reversa

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*

Ref. Ferran Jiménez, 2009

Ilustración 4. *Nitzschia reversa.*

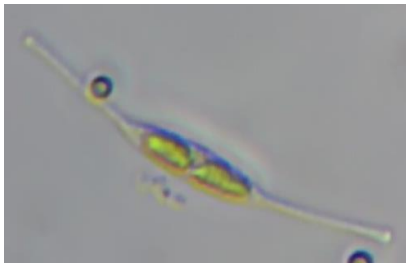
Nitzschia closterium

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*



Ref. Acta Oceanográfica del Pacifico, 1983.

Ilustración 5. *Nitzschia closterium.*

Nitzschia amphibia

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género*: Nitzschia*

Ref. Science of the total Environment, 2016.

Ilustración 6. *Nitzschia amphibia.*

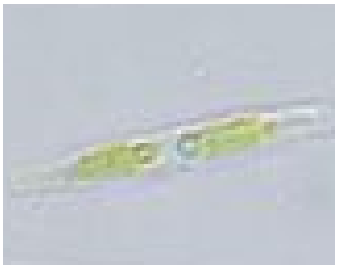
Nitzschia linearis

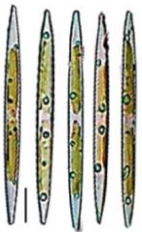
Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*





Ref. Science of the total Environment, 2016.

Ilustración 7. *Nitzschia linearis.*

Nitzschia inconspicua

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*

Ref. Science of the total Environment, 2017.

Ilustración 8. *Nitzschia inconspicua.*

Nitzschia sigmoidea

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariacea

Género: *Nitzschia*

Ref. Science of the total Environment, 2017.

Ilustración 9. *Nitzschia sigmoidea.*

Navicula recens

Clase: Bacillariophyta

Orden: Naviculales

Familia: Naviculaceae

Género: *Navicula*

Ref. L.K. Pandey, 2020.

Ilustración 10. *Navicula recens.*

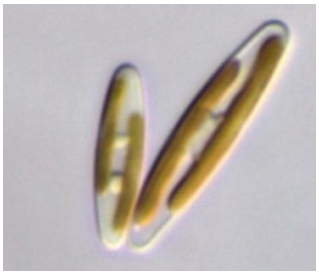
Navicula salinicola

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Naviculales

Familia: Naviculaceae

Género: *Navicula*



Ref. National Center for Marine Algae and Microbiota, 2005

Ilustración 11. *Navicula salinicola.*

Pleurosigma normanu

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Naviculales

Familia: Pleurosigmataceae

Género: *Pleurosigma*

Ref. Acta Oceanográfica del Pacifico, 1983.

Ilustración 12. *Pleurosigma normanu.*

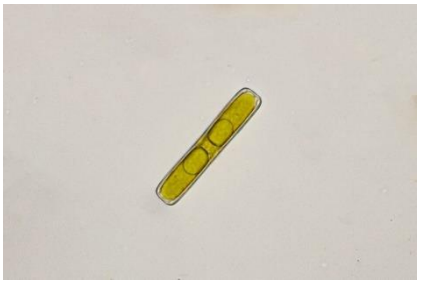
Pinnularia viridis

Clase: Bacillariphyceae

Orden: Naviculales

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*



Ref. The microscopic life if Shetland lochs, 2021.

Ilustración 13. *Pinnularia viridis.*

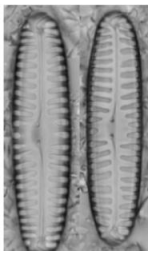
Pinnularia borealis

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Naviculales

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*



Ref. Chattová et al., 2022.

Ilustración 14. *Pinnularia borealis.*

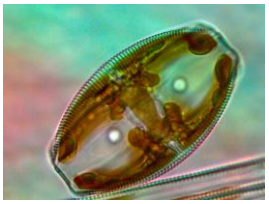
Amphora ovalis

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Thalassiophysales

Familia: Catenulaceae

Género: *Amphora*



Ref. Marek Mis, 2017.

Ilustración 15. *Amphora ovalis.*

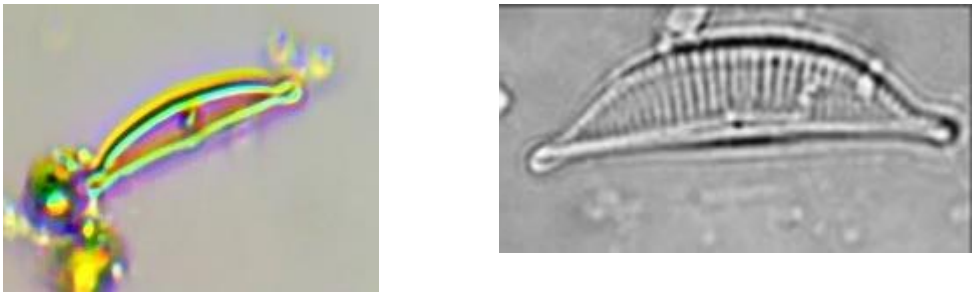
Amphora coffeaeformis

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Thalassiophysales

Familia: Catenulaceae

Género: *Amphora*



Ref. Cimarelli et al, 2015.

Ilustración 16. *Amphora coffeaeformis.*

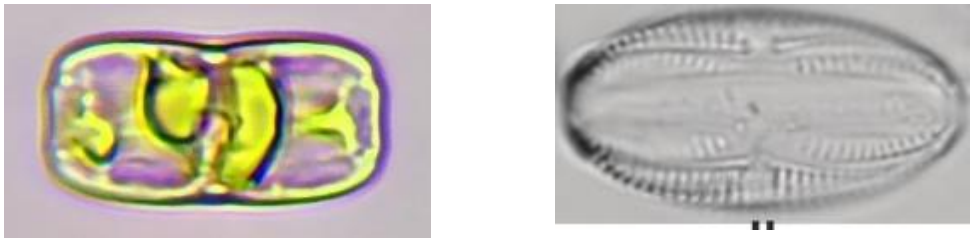
Amphora sp

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Thalassiophysales

Familia: Catenulaceae

Género: *Amphora*



Ref. Cavalcante et al., 2014.

Ilustración 17. *Amphora sp.*

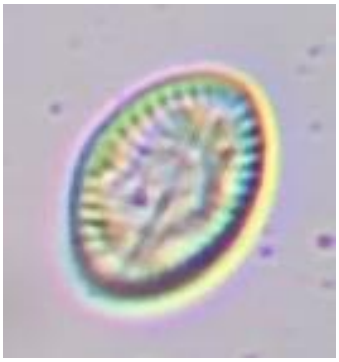
Cocconeis scutellum

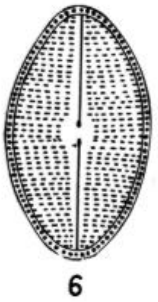
Clase: Bacillariophyceae

Orden: Achnanthales

Familia: Cocconeidaceae

Género: *Cocconeis*





Ref. Acta Oceanografica del Pacifico, 1982.

Ilustración 18. *Cocconeis scutellum.*

2.3.2. Dinophytas

Son microorganismos que se caracterizan por presentar dos flagelos de distinto tamaño (sulco y cíngulo), los cuales crean comunidades epifitas asociadas a los arrecifes de coral o se encuentran adheridas a las macroalgas, poseen una estrecha relación, sin llegar a la simbiosis (Wagner et al., 2015). No se sabe las razones, pero se podría decir que es, porque presentan factores e iluminación adecuada para su crecimiento.

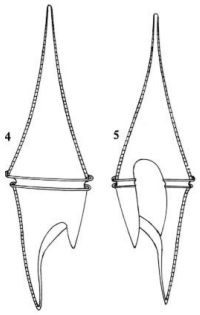
Ceratium furca

Clase: Dinophyceae

Orden: Gonyaulacales

Familia: Ceratiaceae

Género: *Ceratium*



Ref. Acta Oceanografica del Pacifico, 1983.

Ilustración 19. *Ceratium furca.*

2.3.3. Chlorophytas

Las Chlorophytas son muy diversas en cuanto a su morfología, presentan clorofila a y b, lo cual les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de minerales, su pared celular está compuesta en su mayoría por celulosa (Álvarez et al., 2010). Su tamaño va desde unicelular hasta macroscópica, las unicelulares son esféricas o alargadas, flageladas o no (Manuel, 2014).

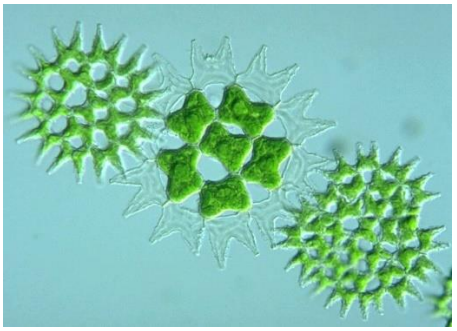
Pediastrum duplex

Clase: Chlorophyceae

Orden: Sphaeropleales

Familia: Hydrodictyaceae

Género: *Pediastrum*



Ref. Freshwater Algae, 1997.

Ilustración 20. *Pediastrum duplex.*

2.3.4. Cyanophytas

Las Cyanophytas son microorganismos procariotas, su morfología es muy variada que va de forma simple a agregaciones filamentosas (Echenigye & González, 2015).Tienen la capacidad de crecer y reproducirse bajo condiciones de luz extremas, carecen de membrana nuclear, poseen pigmentos fotosintéticos como la clorofila, carotenos y ficocianina, tiende a ser de color azulado, por ello su nombre de algas verdes azuladas (Álvarez et al., 2010).

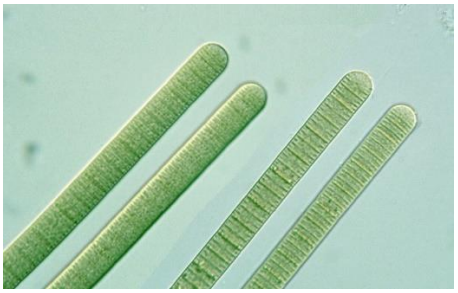
Oscillatoria limosa

Clase: Cyanophyceae

Orden: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

Género: *Oscillatoria*



Ref. Freshwater Algae, 1997.

Ilustración 21. *Oscillatoria limosa.*

Spirulina subsalsa

Clase: Cyanophyceae

Orden: Spirulinales

Familia: Spirulinaceae

Género: *Spirulina*

Ref. Antonio Guillén, 2019

Ilustración 22. *Spirulina subsalsa.*

2.4. Parámetros físicos-químicos del agua

2.4.1. Temperatura

La temperatura, junto con la salinidad, permite distinguir y clasificar diferentes masas de agua en los océanos y mares. La temperatura del agua de mar está íntimamente relacionada con su salinidad y densidad, lo que determina procesos como la estratificación y circulación oceánica (Gómez, 2009).

2.4.2. Salinidad

La salinidad es la cantidad total de sales disueltas del agua. Es uno de los principales indicadores de la calidad del agua, se expresa en mg/l o g/M^3. Las sales más presentes son el calcio, magnesio o sodio. Cuando el agua no es salobre el 90% del contenido se sales es por calcio y magnesio (García, 2013).

2.4.3. pH

La medida del pH se utiliza para expresar la intensidad de la acidez y alcalinidad. Cabe mencionar que el pH no mide la cantidad de compuestos ácido o alcalinos del agua, sino que la fuerza de esto. Cuando el pH va de 0 a 7 el agua es ácida y contiene ácidos libres, cuando es 7 el agua esta neutra, es decir, no tiene sales ácidas y cuando el pH es de 7 a 14 el agua es básica o alcalina (García, 2013).

2.4.4. Turbidez

La turbidez es causada por la presencia de material particulado, tanto de origen orgánico como inorgánico, que se encuentra disperso en el agua. Esto hace que la luz se disperse y se interfiera al pasar a través de la muestra de agua, dando lugar a ese efecto óptico característico de turbidez. Por lo tanto, una medida indirecta de la cantidad de sólidos suspendidos presentes en el agua, lo que afecta su transparencia y apariencia visual (Contreras, 2009).

2.4.5. Nitrito

El nitrito es un indicador de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales bien oxigenadas, el nivel de nitrito normalmente no suele superar los 0.1 mg/l. Es importante destacar que el nitrito se encuentra en un estado de oxidación intermedio entre el amoniaco y el nitrato. Por ello, se debe conocer los niveles de nitritos en el agua para garantizar su calidad y seguridad (Oliveres, 2003).

2.4.6. Nitrato

Los nitratos están formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y una carga negativa, no se consideran tóxicos directamente. Los niveles de nitrato en las zonas intermareales son importantes para la salud y el funcionamiento de los ecosistemas costeros. Sin embargo, la presencia de niveles elevados de nitrato puede conducir eutrofización y afectar negativamente a la flora y fauna marina (Contreras, 2009).

2.4.7. Fosfato

El fosfato es de vital importancia en la ingeniería ambiental, debido a la función decisiva que desempeña el fósforo como nutriente limitante para la vida en los océanos. Es decir, el fósforo juega un papel fundamental en la formación de la materia orgánica. La distribución del fósforo en los océanos se observa que su concentración es mínima en la superficie y alcanza un valor máximo alrededor de los 1000 metros de profundidad (Contreras, 2009).

3. CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la Provincia de Santa Elena – Ecuador, en la playa de Ballenita en la zona intermareal rocosa “El faro”, donde se ubicaron tres estaciones en 175 metros (Gráfico 1), y en cada estación se determinó una zona de estudio con las siguientes coordenadas (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas del Área de estudio.

Estación	Latitud	Longitud
1	-2.2059824	-80.8814847
2	-2.2059401	-80.8819384
3	-2.2059215	-80.8823955

Elaborado por: Caiche, 2024.

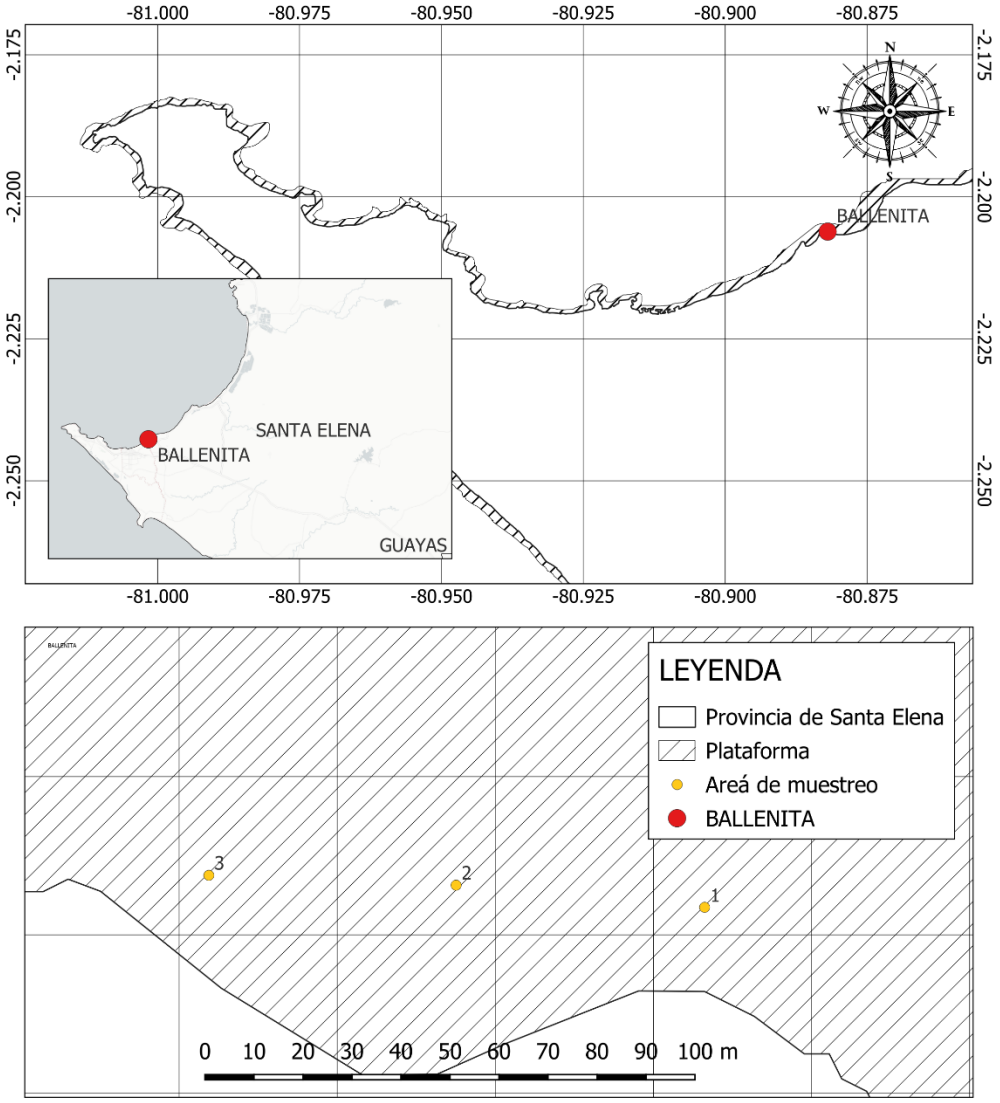


Gráfico 1. Mapa del área de estudio.

Elaborado por: Caiche, 2024

3.2. Metodología

3.2.1. Fase de campo

Los muestreos se realizaron en tiempo de bajamar, verificando la tabla de mareas INOCAR. Se realizaron los muestreos cada 15 días, durante los meses de Febrero, Marzo, Abril y Mayo del 2024, teniendo un total de 8 monitoreos. En el área de estudio se realizaron 3 transectos de 25 metros cada uno con una separación de 50 metros formando una línea recta paralela a la costa (Figura 1).

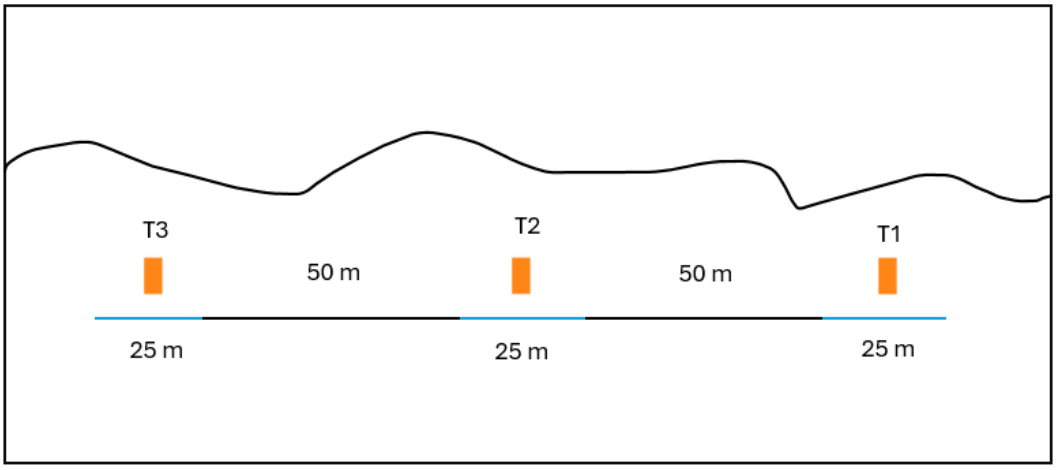


Gráfico 2. Diseño de transectos.

Elaborado por: Caiche, 2024

Las muestras de *Acanthophora* se colectaron de manera aleatoria las que se encontraban desprendidas en el área de estudio. Según la metodología de (Reguera, Alonso, Moreira, & Méndez, 2011), para la toma de muestra se colecto 25gr de macroalga, se procedió a guardarla en una bolsa hermética y se colocó 500 ml de agua de mar filtrada, luego se procedió agitar la muestra dentro de la bolsa hermética

durante 3 minutos para así desprender las microalgas epifitas, después se filtró con un tamiz de 250 micras para separar el exceso de residuos. Y finalmente se colocó 50 ml de la muestra con epifitas en frascos de plástico de 100 ml previamente rotulados. Las muestras se preservaron con formol al 4%.

3.2.1.1. Toma de parámetros físicos-químicos

La obtención de los parámetros físicos se realizó mediante un multiparámetro HANNA 9829, el cual se sumergió la sonda y luego se visualizó en la pantalla los datos de temperatura, salinidad, pH y turbidez.

Para la obtención de los parámetros químicos se recolectó una muestra de agua de mar, para estimar la concentración de nutrientes. La concentración de nitrito, nitrato y fosfato se determinó mediante un espectrofotómetro HACH en el Laboratorio Analítico UBA.

3.2.2. Fase de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, se procedió a la identificación y cuantificación.

3.2.2.1. Cuantificación de microalgas

Se realizó la cuantificación de microalgas mediante la cámara Sedgewick-Rafter. Se coloco 1ml de muestra con ayuda de una pipeta graduada y se procedió a distribuir la muestra de manera uniforme para que no se produzcan burbuja de aire, luego se observó en un microscopio óptico marca Euromex utilizando el lente de 10x, obteniendo el número de cel/ml, mediante la siguiente formula (Reguera, Alonso, Moreira, & Méndez, 2011):

$$DC: Células\ contadas \times \frac{1000}{Cuadritos\ barridos} \times \frac{Volumen\ de\ agua\ (ml)}{Cantidad\ de\ macroalga\ (gr)}$$

3.2.2.2. Identificación de microalgas

Las especies de microalgas fueron identificadas por medio de guías taxonómicas (Jiménez, 1983), considerando su forma, color y tamaño.

- Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR) Vol. 2, No. 2, 1983
- Catálogo de microalgas y cianobacterias
- Guía de las diatomeas de la cuenca de Duero
- Science of the Total Environment 2016

3.2.3. Índices ecológicos

Para establecer la diversidad de microalgas epifitas presentes en algas Rhodophytas se determinó mediante los siguientes índices:

3.2.3.1. Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Se utilizo el índice de Shannon-Weaver para determinar la diversidad y riqueza de especies de microalgas, aplicando la siguiente formula: (Magurran 1988, Moreno, 2001)

$$H' = -\sum_{t=1}^{s} Pi \log 2Pi$$

Donde:

S: Número de especies

Pi: Proporción de individuos de la especie

Ni; Número de todos los individuos de todas las especies

3.2.3.2. Índice de Pielou

Se determinó la diversidad observada en los monitoreos en base a la diversidad máxima esperada, mediante la siguiente formula:

$$\Im = \frac{H'}{\log(s)}$$

Donde:

H´: Índice de diversidad

Log: Logaritmo

(s): Número de especies

3.2.3.3. Índice de Simpson

Se determinó la dominancia mediante la siguiente formula:

$$D = \sum Pi^2$$

Donde:

Pi: Abundancia proporcional

3.2.4. Análisis estadístico

Para la tabulación de datos fue necesario elaborar una matriz en el programa de Microsoft Excel donde se colocó el listado de las especies de microalgas epifitas, cantidad y estación. También se utilizó programas estadísticos: Past 4.12b y Minitab 19, donde se realizó la prueba de normalidad de Ryan Joiner, demostrando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos. Si el coeficiente de correlación está cerca de 1, los datos son normales, pero si demuestra lo contrario, si el valor es menor, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (Tapia et al., 2021). Correlación de Pearson la cual nos permite relacionar dos variables cuantitativas, donde el valor de r puede estar entre -1 y +1. Dependiendo de la prueba de significancia se hace la hipótesis planteada (Dagnino, 2014).

4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Microalgas epifitas asociadas a Rhodophytas

En el área de estudio de la zona intermareal de la playa de Ballenita se colecto la macroalga perteneciente al género *Acanthophora* en la que se identificaron las siguientes clases: Bacillariophyceae 82%, Cyanophyceae con el 9%, Chlorophyceae con un 5% y finalmente Dinophyceae que represento el 4% (Gráfico 3), que correspondieron a las familias Bacillariaceae, Licmophoraceae, Oscillatoriaceae, Pinnulariaceae, Naviculaceae, Cocconeidaceae, Spirulinaceae, Pleurosigmataceae, Catenulaceae, Hydrodictyaceae y Ceratiaceae (Tabla 2).

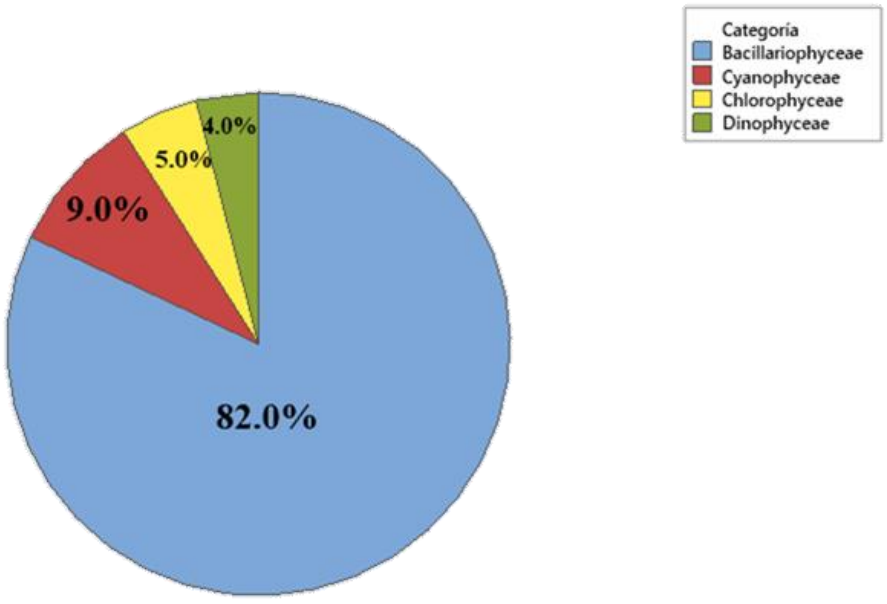


Gráfico 3. Porcentaje de distribución de microalgas epifitas asociadas al género *Acanthophora*.

Elaborado por: Caiche, 2024.

Tabla 2. Lista de familias de microalgas asociadas al género *Acanthophora* durante los ocho monitoreos realizados en la playa de Ballenita - Santa Elena.

Familias	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Bacillariaceae	15140	14800	11780	16760	13560	11500	7140	6240
Licmophoraceae	9000	13860	1920	13580	18280	14940	15000	25160
Oscillatoriaceae		1660	4220	6160	7700	980	3640	
Pinnulariaceae	6200	8700	2240	7480		5280	8260	5600
Naviculaceae	1120	7240	3440		1640	640	2820	3700
Cocconeidaceae			320	1960	1880			1620
Spirulinaceae	600		600			720	1240	1580
Pleurosigmataceae					1100		560	
Catenulaceae		2900	1280	1440	980			
Hydrodictyaceae				180				
Ceratiaceae					240			

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.1.1. Densidad celular por monitoreo

La densidad celular que se encontró durante el periodo de investigación se distribuyó de la siguiente manera (Gráfico 4). En el monitoreo 1 se obtuvo 32060 cel/ml, en el monitoreo 2 se obtuvo la máxima densidad celular con 49160 cel/ml y la densidad celular mínima se obtuvo en el monitoreo 3 con 25800 cel/ml, en el monitoreo 4 con 47560 cel/ml, en el monitoreo 5 con 45380 cel/ml, en el monitoreo 6 con 34060 cel/ml, luego en el monitoreo 7 se obtuvo 38660 cel/ml y en el monitoreo 8 la densidad celular fue de 43900 cel/ml.

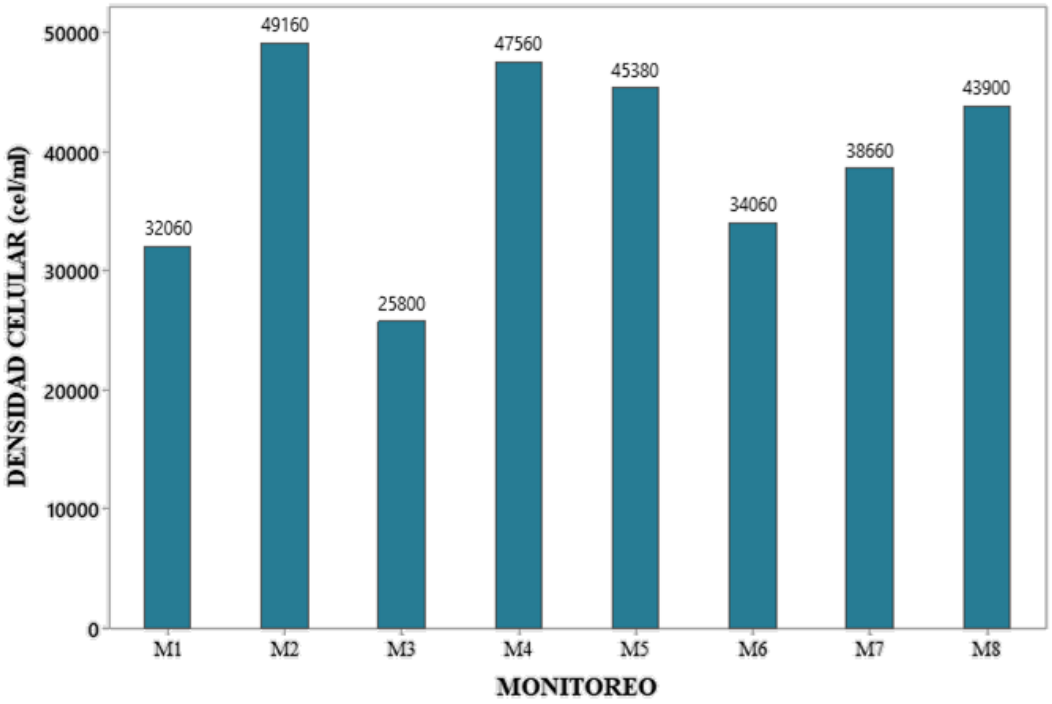


Gráfico 4. Densidad celular por monitoreo.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.1.2. Densidad celular por familias

La densidad celular por familias que se encontraron en el alga perteneciente al género *Acanthophora* se determinó de la siguiente manera (Gráfico 5), donde la familia Licmophoraceae con 111 740 cel/ml fue la más abundante, seguido de Bacillariaceae con 96 880 cel/ml y Pinnulariaceae con 43 720 cel/ml, que corresponden a la división Bacillariophyta. Las menos abundante correspondieron a la familia Pleurosigmataceae con 1 660 cel/ml, Ceratiaceae con 240 cel/ml y Hidrodictyaceae con 180 cel/ml.

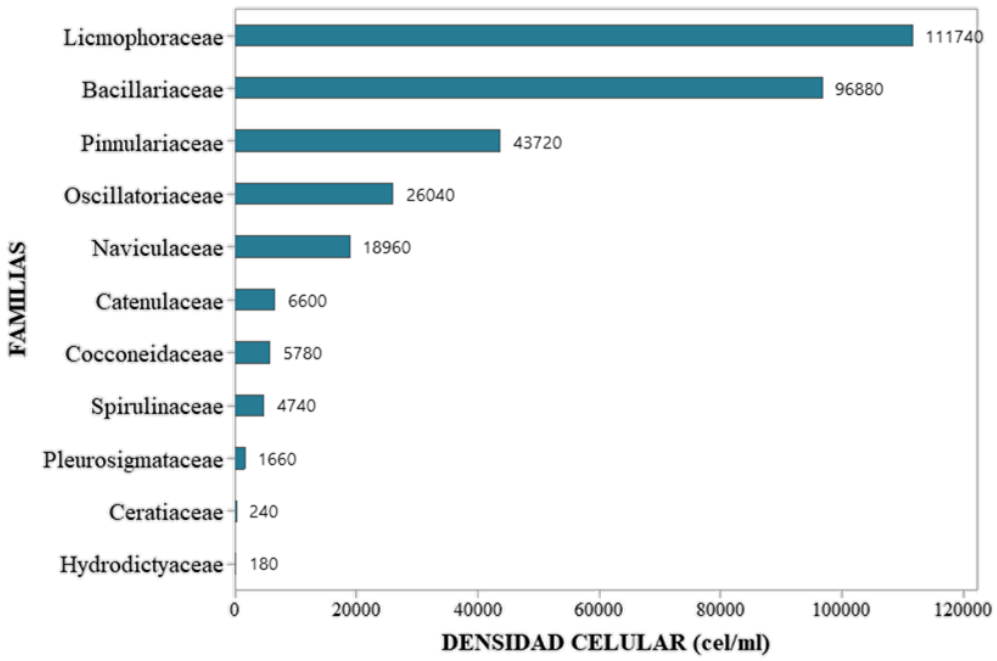


Gráfico 5. Densidad celular por familias asociadas al género *Acanthophora.*

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2. Parámetros físicos-químicos del agua

Datos obtenidos de temperatura, salinidad, pH, turbidez, nitrito, nitrato y fosfato, durante el periodo de investigación (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de parámetros físicos-químicos.

	Temperatura	Salinidad	pH	Turbidez	Nitrito	Nitrato	Fosfato
M1	26.99	29.66	8.00	3.1	0.009	0.18	0.14
M2	29.86	31.75	8.26	2.8	0.002	0.40	0.04
M3	28.70	31.30	8.42	2.3	0.008	1.12	0.09
M4	28.30	28.70	8.20	3.7	0.009	0.74	0.08
M5	29.49	32.95	8.18	2.6	0.006	0.80	0.08
M6	29.24	31.52	8.15	2.5	0.005	0.65	0.07
M7	30.20	32.37	8.37	3.5	0.004	0.78	0.09
M8	30.01	31.23	8.14	3.1	0.005	0.53	0.09

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.1. Temperatura

Los datos registrados de temperatura en la playa de Ballenita durante los meses de muestreo, se determinó de la siguiente manera, la temperatura mínima fue en el primer monitoreo con 26.99°C, por lo contrario, en el segundo monitoreo fue de 29.86°C, en el tercer monitoreo la temperatura volvió a disminuir a 28.70°C y en el cuarto monitorio fue de 28.30°C, después en el quinto y sexto monitoreo la temperatura volvió a ser de 29.49°C y 29.24°C, las temperaturas máxima que corresponden al séptimo y octavo monitoreo fueron de 30.20°C y 30.01°C como se muestra en la (Gráfico 6).

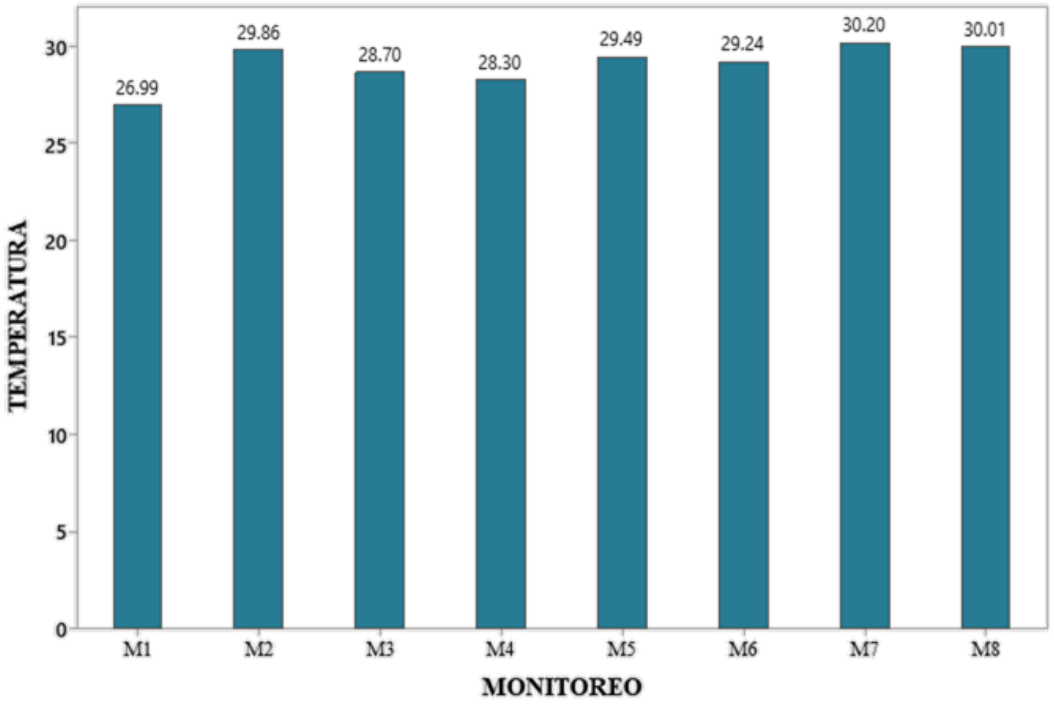


Gráfico 6. Datos de temperatura durante el periodo de muestreos.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.2. Salinidad

La salinidad en la playa de Ballenita durante el periodo de muestreo, se registró de la siguiente manera (Gráfico 7), la salinidad en el primer monitoreo fue 29.66 ppt, en el segundo y tercer monitoreo correspondieron a 31.75 ppt y 31.30 ppt, en el cuarto monitoreo se registró la salinidad más baja con 28.70 ppt y en el quinto monitoreo se registró la salinidad más alta con 32.95 ppt, en el sexto monitoreo fue de 31.52 ppt, en el séptimo monitoreo la salinidad volvió a aumentar a 32.37 ppt y por último en el octavo monitoreo fue de 31.23 ppt.

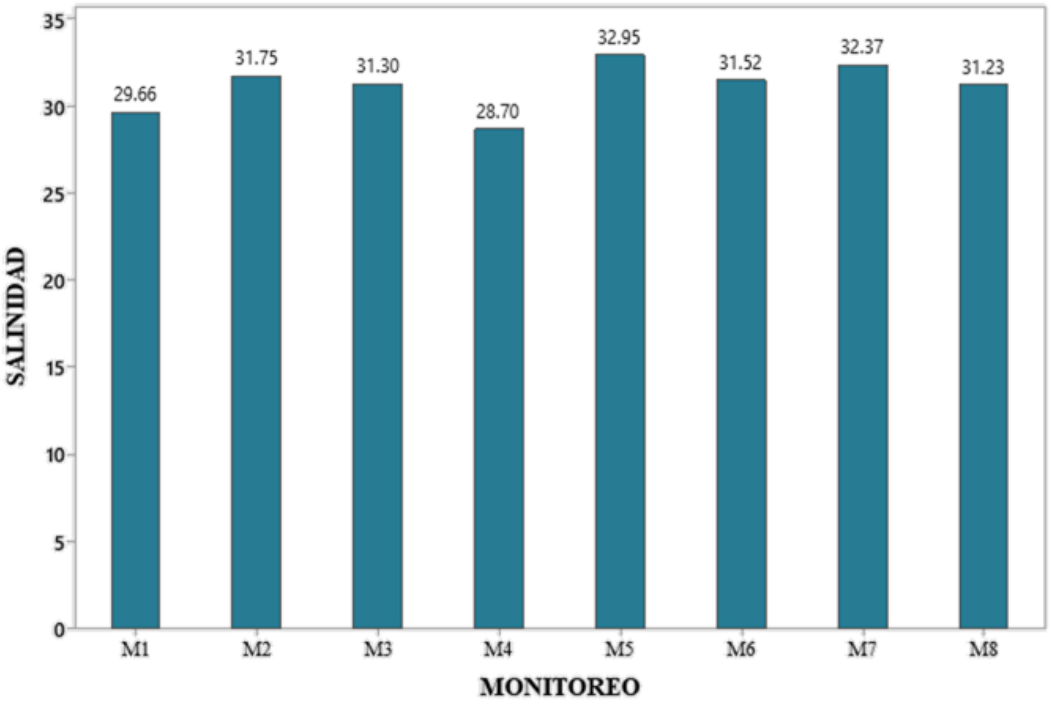


Gráfico 7. Datos de salinidad durante el periodo de muestreos.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.3. pH

Con respecto al pH registrado de la playa de Ballenita, se determinó a continuación (Gráfico 8), en el periodo de monitoreo no hubo varianza significativa, el pH mínimo fue en el primer monitoreo de 8, en el segundo monitoreo fue de 8.26, y en el tercer monitoreo se registró el punto máximo de pH con 8.42, en el cuarto monitoreo fue de 8.20, y en el quinto y sexto monitoreo correspondieron a 8.18 y 8.15, en el séptimo monitoreo aumento a 8.37 y en el último monitoreo fue de 8.14.

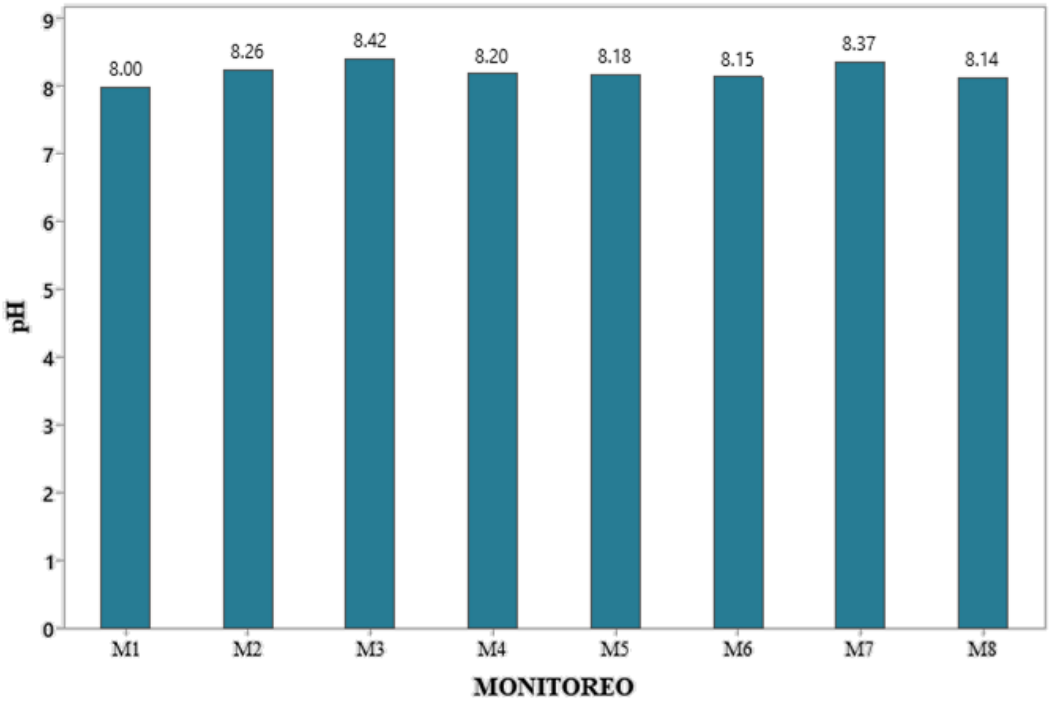


Gráfico 8. Datos de pH durante el periodo de muestreos.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.4. Turbidez

La turbidez registrada en la playa de Ballenita fue, en el primer monitoreo de 3.10 NTU, en el segundo monitoreo fue 2.80 NTU, la más baja se registró en el tercer monitoreo con 2.30 NTU, y la más alta en el cuarto monitoreo con 3.70 NTU, en el quinto monitoreo la turbidez fue de 2.60 NTU, sexto monitoreo con 2.50 NTU, en el séptimo y octavo monitoreo correspondieron a 3.50 NTU y 3.10 NTU (Gráfico 9).

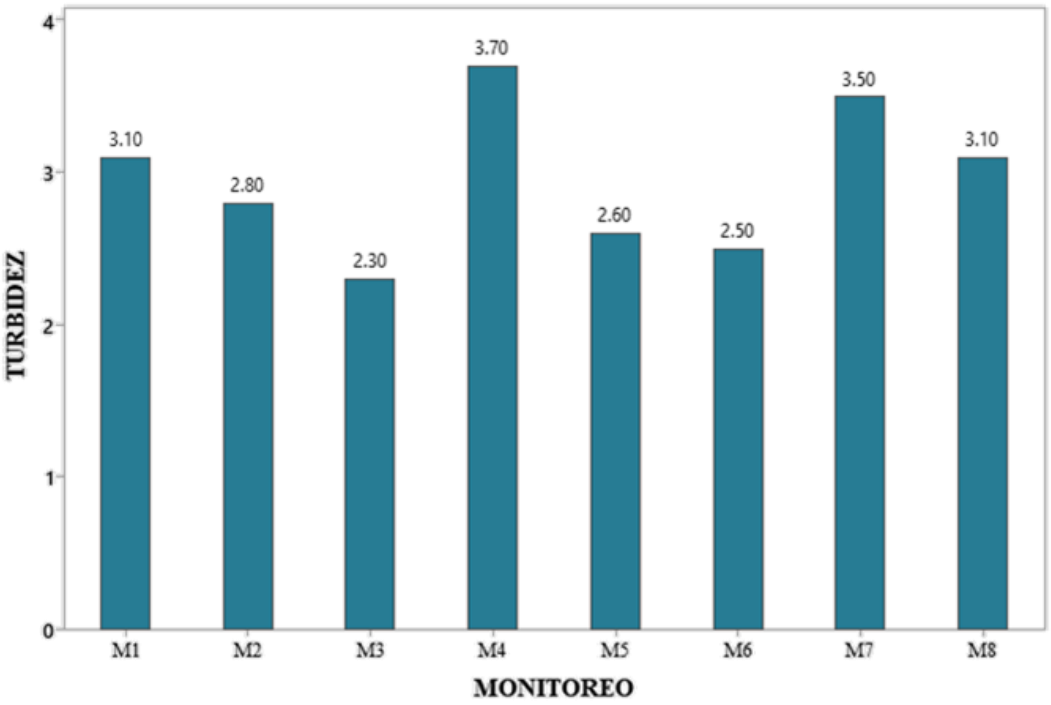


Gráfico 9. Datos de turbidez durante el periodo de monitoreo.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.5. Nitrito

En el (Gráfico 10), se representó el nitrito de la siguiente manera en la playa de Ballenita, el valor más alto se dio en el primer con 0.009 mg/l, y el más bajo fue en el segundo monitoreo con 0.002 mg/l, en el tercer y cuarto monitoreo volvió aumentar a 0.008 mg/l y 0.009 mg/l, en el quinto monitoreo fue de 0.006 mg/l, en el sexto monitoreo con 0.005 mg/l, séptimo monitoreo fue de 0.004 mg/l y el octavo monitoreo que fue el último con 0.005 mg/l.

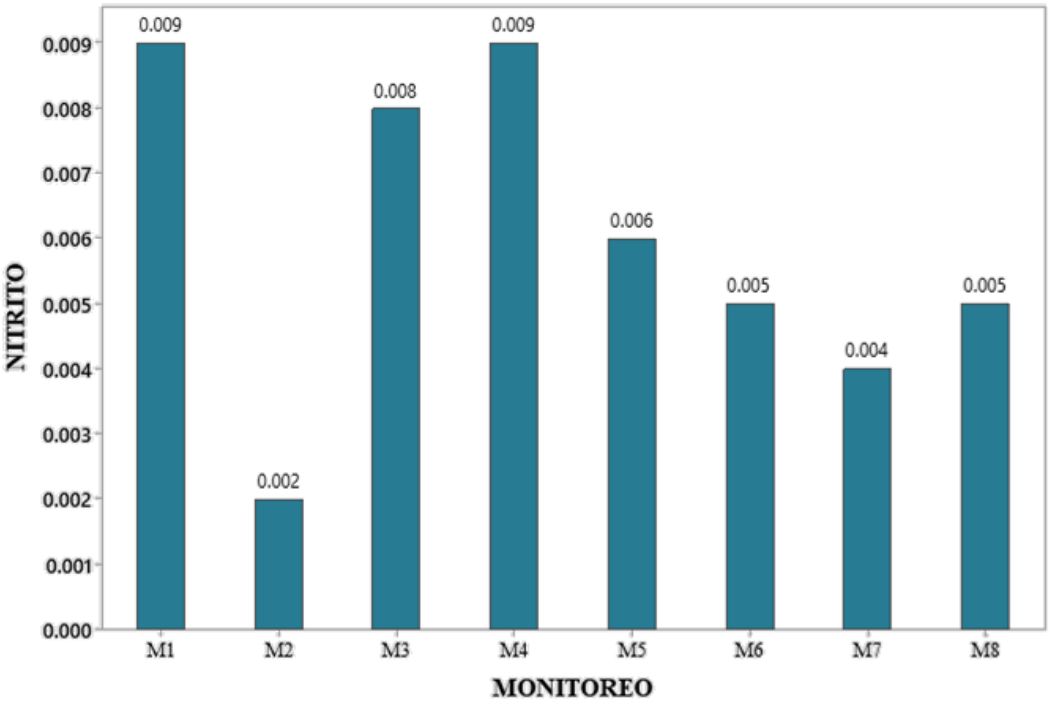


Gráfico 10. Datos de nitrito durante el periodo de muestreo.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.6. Nitrato

Los registros de nitrato que se obtuvieron en la playa de Ballenita durante el periodo de monitoreo se determinaron de la siguiente manera (Gráfico 11), el punto más bajo se registró en el primer monitoreo con 0.18 mg/l , el segundo monitoreo fue 0.40 mg/l, el punto más alto se dio en el tercer monitoreo con 1.12 mg/l, el cuarto monitoreo fue 0.74 mg/l, el quinto monitoreo fue 0.80 mg/l, el sexto y séptimo monitoreo correspondieron a 0.65 mg/l y 0.78 mg/l, y en el último monitoreo con 0.53 mg/l.

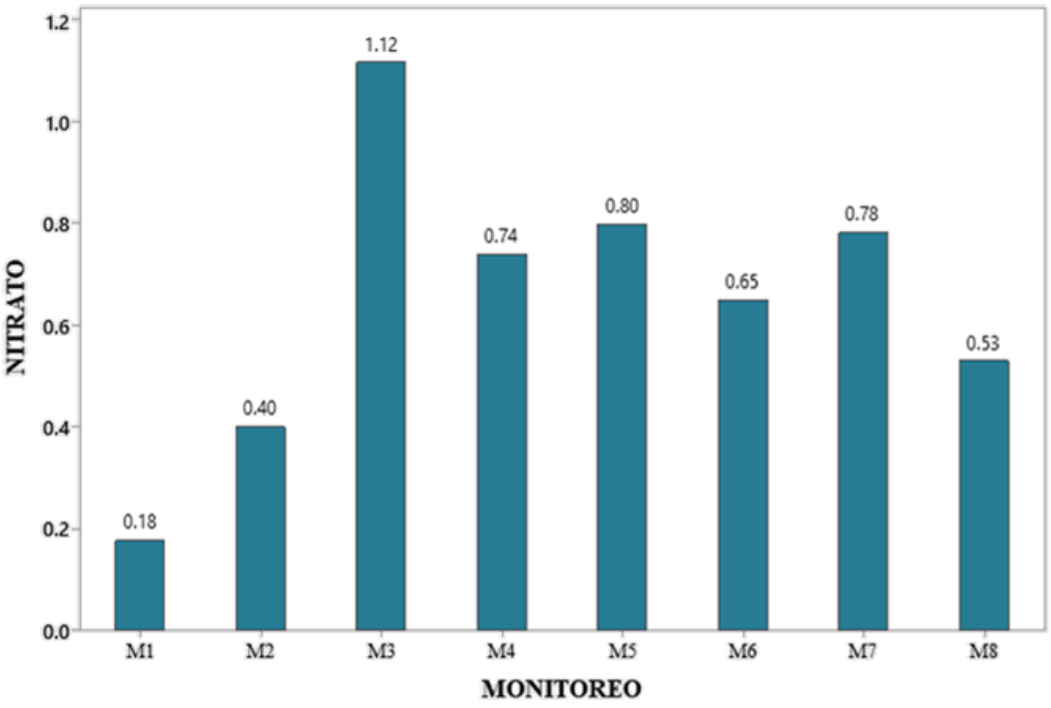


Gráfico 11. Datos de nitrato durante el periodo de muestreo.

Elaborado por: Caiche, 2024.

4.2.7. Fosfato

En la (Gráfico 12), se representó los datos registrados de fosfato de la playa de Ballenita durante el periodo de muestreo, el punto máximo se dio en el primer muestreo con 0.14 mg/l, y el más bajo fue en el segundo monitoreo con 0.04 mg/l, en el tercer monitoreo fue 0.09 mg/l, el cuarto y quinto monitoreo obtuvieron el mismo valor de 0.08 mg/l, el sexto monitoreo fue de 0.07 mg/l, en el séptimo monitoreo con 0.09 mg/l y el octavo monitoreo fue 0.09 mg/l.

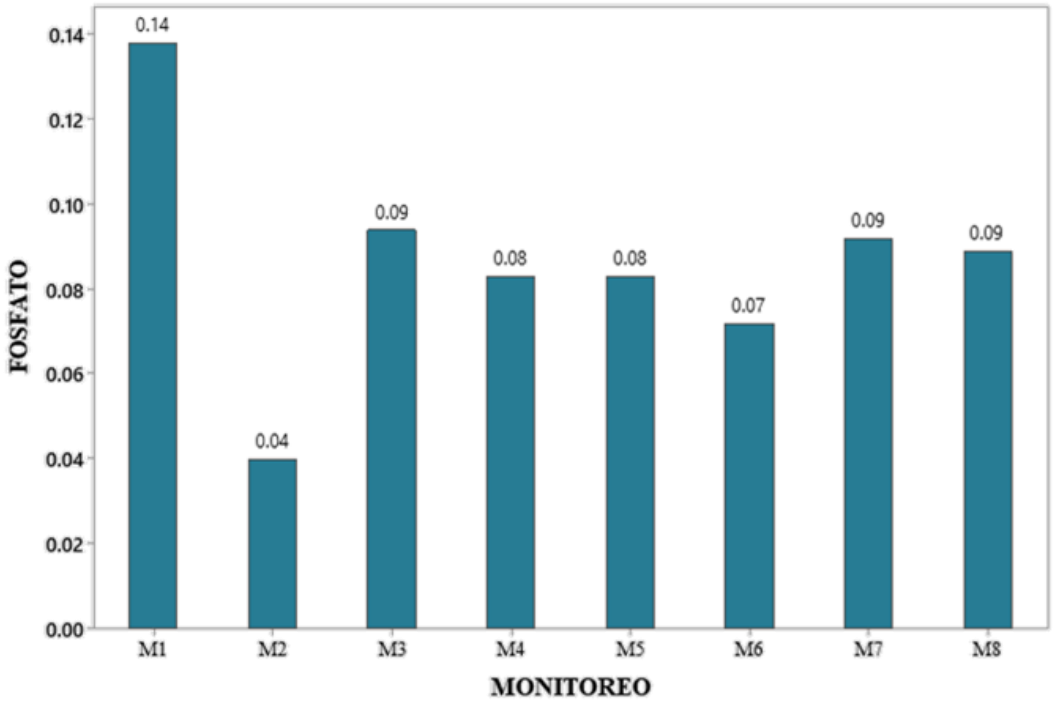


Gráfico 12. Datos de fosfato durante el periodo de muestreo.

Elaborado por: Caiche, 2024.

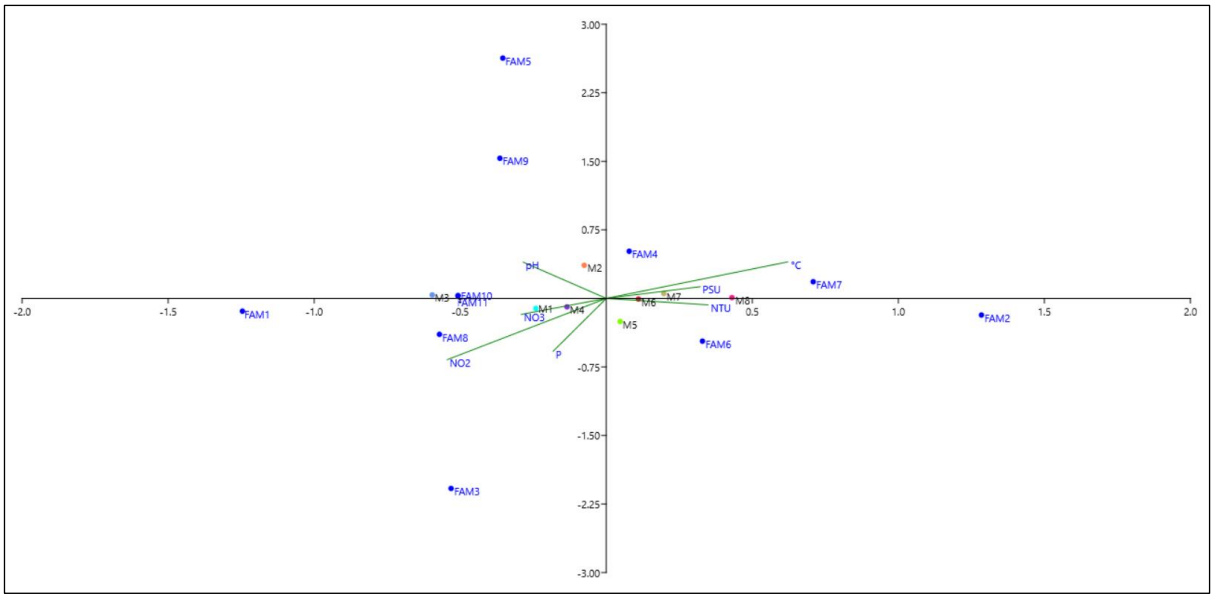


Gráfico 13. CCA entre familias de microalgas epifitas y parámetros fisicoquímicos.

Elaborado por: Caiche, 2024

En el Análisis de Correspondencia Canónica (Gráfico 13), los puntos de color celeste, anaranjado, azul, morado, verde, rojo, café y fucsia representan los ocho monitoreos realizados. Los monitoreos cinco, seis, siete y ocho se encuentran cerca lo que significa que guardan similitud, por otro lado, también se encuentran cerca el monitoreo dos, uno y cuatro que los hace similares y el monitoreo 3 que se encuentra mas alejado. En cuando a la temperatura de 30.20 °C y salinidad de 32.37 ppt fue la más representativa en el monitoreo 7 para la familia 4 y 7 que correspondieron a Pinnulariaceae y Spirulinaceae. En el monitoreo 5, cuando la turbidez fue de 2.6 NTU, se asoció con la familia 2 y 6 que correspondieron a Licmophoraceae y Cocconeidaceae. Las familias 1, 3, 8 y 11 que correspondían a Bacillariaceae, Oscillatoriaceae, Pleurosigmataceae y Ceratiaceae en el monitoreo 1 se encontraron relacionadas cuando el nitrito fue de 0.009 mg/l, nitrato de 0.18 mg/l y fosfato de 0.14 mg/l. Por último, en el monitoreo 2 se asociaron las familias 5, 9 y

10 que correspondieron a Naviculaceae, Catenulaceae y Hydrodictyaceae cuando el pH fue de 8.26.

4.3. Relación entre diversidad de microalgas epifitas y parámetros fisicoquímicos.

4.3.1. Índices ecológicos

Datos obtenidos de los índices ecológicos durante el periodo de muestreo.

Tabla 4. Índice de Diversidad de Shannon Weaver, Índice de Simpson y índice de Pielou.

	M 1	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**
Índice Shannon Weaver	1.22	1.59	1.62	1.54	1.48	1.28	1.60	1.31
Índice de Simpson	0.66	0.77	0.73	0.75	0.71	0.67	0.75	0.63
Índice de Pielou	0.76	0.88	0.78	0.79	0.71	0.71	0.81	0.73

Elaborado por: Caiche, 2024.

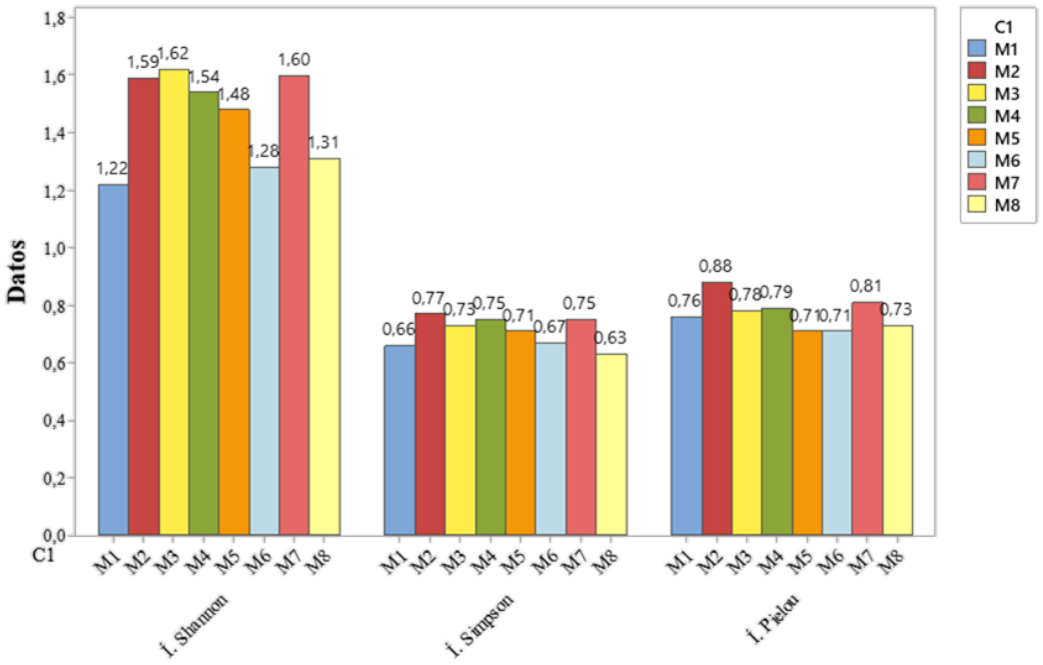


Gráfico 14. Índices ecológicos presentes en los ocho monitoreos.

Elaborador por: Caiche, 2024.

En la tabla 4 y gráfico 14 se representa la diversidad de especies durante los ocho muestreos realizados. Demostrando que en el monitoreo 3 se obtuvo la mayor diversidad del Índice de Shannon Weaver con 1.62 bits, seguido del monitoreo 7 con 1.60 bits, en el monitoreo 2 fue de 1.59 bits, en el monitoreo 4 con 1.54 bits, monitoreo 5 con 1.48 bits, en el monitoreo 8 con 1.31 bits, la diversidad más baja se obtuvo en el monitoreo 6 y 1 que correspondieron a 1.28 bits y 1.22 bits. Cabe mencionar, que en todos los monitoreos el valor del Índice de Shannon Weaver fue inferior a 2 bits, por lo tanto, se considera una diversidad baja. En cuanto al Índice de Simpson la mayor dominancia se obtuvo en el monitoreo 2 con 0.77 bits, seguido del monitoreo 4 y monitoreo 7 con 0.75 bits, en el monitoreo 3 fue de 0.73 bits, monitoreo 5 con 0.71 bits, en el monitoreo 6 y monitoreo 1 correspondieron a 0.67 bits y 0.66 bits, y finalmente en el monitoreo 8 se presentó la menor dominancia con

0.63 bits. Mientras que en el Índice de Pielou la mayor equitatividad se presentó en el monitoreo 2 con 0.88 bits, seguido del monitoreo 7 con 0.81 bits, en el monitoreo 4 con 0.79 bits, monitoreo 3 con 0.78 bits, el monitoreo 1 con 0.76 bits, monitoreo 8 con 0.73 bits y por último el monitoreo 5 y monitoreo 6 que presentaron la menor equitatividad con 0.71 bits.

4.3.2. Correlación de los parámetros fisicoquímicos con la diversidad de microalgas epifitas

4.3.2.1. Prueba de normalidad para Índice de Shannon Weaver y los parámetros fisicoquímicos

Para comprobar que nuestros datos tienen una distribución normal se realizó la prueba de Normalidad de Ryan-Joiner (Tabla 5):

H_0: Los datos analizados durante el periodo de muestreo siguen una distribución Normal.

H_1: Los datos analizados durante el periodo de muestreo no siguen una distribución Normal.

Tabla 5. Prueba de normalidad para Índice de Shannon Weaver y parámetros fisicoquímicos.

	I. Shannon	Temperatura	Salinidad	pH	Turbidez	Nitrito	Nitrato	Fosfato
Media	1.45	29.10	31.19	8.22	2.95	0.006	0.65	0.09
Desv. Est.	0.16	1.07	1.39	0.13	0.49	0.002	0.28	0.03
N	8	8	8	8	8	8	8	8
RJ	0.94	0.95	0.96	0.98	0.98	0.991	0.98	0.94
Valor p	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

*Valores p>0,05 Aceptamos la Hipótesis Nula; *Valores p<0,05 Rechazamos la Hipótesis Nula de manera significativa; *Valores p<0.01 Rechazamos la Hipótesis Nula de manera altamente Significativa.

Elaborado por: Caiche, 2024

En la tabla 5 se detalla que la significancia estadística para las variables I. Shannon, Temperatura, Salinidad, pH, Turbidez, Nitrito, Nitrato y Fosfato es mayor de 0.05 (p>0.05); por lo que se concluye que se acepta la H0, es decir, las variables siguen una distribución normal por lo que podemos utilizar pruebas paramétricas para el desarrollo estadístico, es decir la correlación de Pearson.

4.3.3. Análisis de Correlación de Pearson

Luego de determinar que las variables tienen una distribución normal se ha continuado a realizar la Correlación de Pearson entre el Índice de Shannon Weaver y los parámetros físicos-químicos, para los siguientes supuestos:

H_o: Existe una correlación significativa entre los parámetros físicos-químicos y el Índice de Shannon Weaver.

H_1: No existe una correlación significativa entre los parámetros físicos-químicos y el Índice de Shannon Weaver.

Tabla 6. Análisis de correlación de Pearson entre el Índice de Shannon Weaver y los parámetros físicos-químicos.

	I. Shannon	Temperatura	Salinidad	pH	Turbidez	Nitrito	Nitrato
Temperatura	0.395						
Salinidad	0.252	0.737					
pH	0.882	0.495	0.393				
Turbidez	0.053	-0.062	-0.497	-0.148			
Nitrito	-0.223	-0.841	-0.691	-0.268	0.140		
Nitrato	0.632	0.302	0.299	0.784	-0.274	0.128	
Fosfato	-0.477	-0.685	-0.379	-0.387	0.197	0.727	-0.179

*R= ±0.01 a ±0.19 Correlación Muy Baja. R= ±0.20 a ±0.39 Correlación Baja. R= ±0.40 a ±0.69 Correlación Moderada. R= ±0.70 a ±0.89 Correlación Alta. R= ±0.90 a ± 0.99 Correlación Muy Alta. +1 Perfecta Positiva. -1 Perfecta Negativa. 0 Correlación Nula.

Elaborado por: Caiche, 2024.

La tabla 6 muestra que la correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver con la Temperatura es 0.395 y entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver con la Salinidad es 0.252 lo que indica que existe una relación positiva baja entre las variables. La correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver y el pH es 0.882 lo que indica que existe una relación positiva alta entre las variables, es decir que a medida una aumenta la otra también. La correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver y la turbidez es 0.063 lo que indica que existe una relación positiva muy baja entre las variables, y entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver con el Nitrato es 0.632 lo que indica que existe una relación positiva moderada entre las variables. Mientras que la correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver y

Nitrito es -0.223 lo que indica que existe una relación negativa baja y entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver con Fosfato es -0,477, lo que indica que existe una relación negativa moderada entre las variables, es decir que a medida que el Índice que Shannon aumenta, el Nitrito y Fosfato disminuyen.

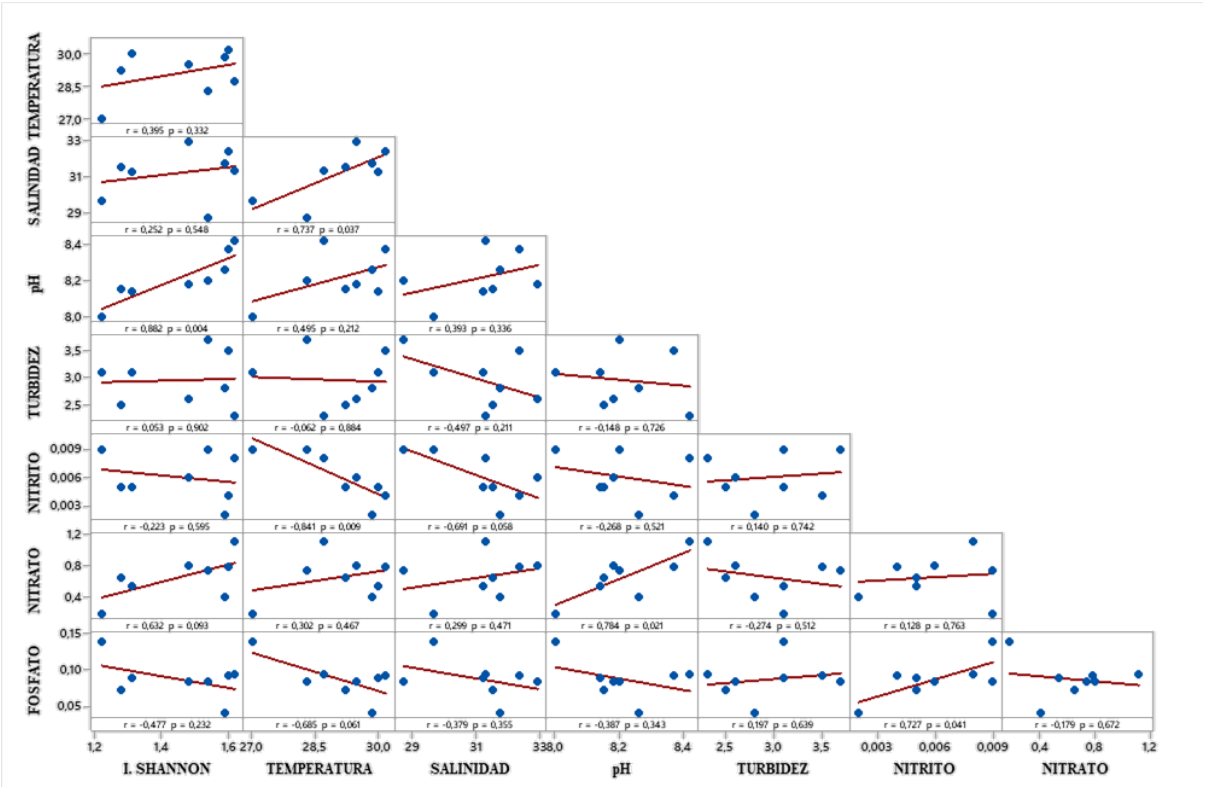


Gráfico 15. Correlación de Pearson entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver y los parámetros físicos-químicos.

Elaborador por: Caiche, 2024.

($p<0.05$: Correlación significativa; $p<0.01$: Correlación altamente significativo).

R= ±0.01 a ±0.19 Correlación Muy Baja. R= ±0.20 a ±0.39 Correlación Baja. R= ±0.40 a ±0.69 Correlación Moderada. R= ±0.70 a ±0.89 Correlación Alta. R= ±0.90 a ± 0.99 Correlación Muy Alta. +1 Perfecta Positiva. -1 Perfecta Negativa. 0 correlación Nula.

En el gráfico 15, podemos observar que los valores de p para la correlación entre el Índice de diversidad de Shannon Weaver, Temperatura, Salinidad, pH, Turbidez,

Nitrito, Nitrato y Fosfato son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que, si existe una correlación, pero no es significativa, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

5. DISCUSIONES

En la presente investigación la macroalga perteneciente al género *Acanthophora*, registró 11 familias de microalgas epifitas que correspondieron a las siguientes clases Cyanophyceae, Bacillariophyceae Chlorophycea y Dinophyceae, de las cuales la clase que más predomino fue la Bacillariophyceae con 82%, y se encontraron en mayor abundancia las siguientes familias: Licmophoraceae, Bacillariaceae y Pinnulariacea. Concordando con Al – Harbi & Abu Affan (2016), en su estudio encontró la macroalga *Acanthophora muscoides*, donde la clase Bacillariophyceae fue la más representativa con 78%, y las familias que se encontraron en mayor abundancia fueron: Licmophoraceae, Naviculaceae y Chaetocerotaceae. Así mismo, (Caicedo & Quijije, 2020), las diatomeas dominaron en su investigación con 81%. Demostrando que las diatomeas se encontraron en mayor abundancia debido a que son generalmente estratégicas, caracterizadas por su tasa de crecimiento rápido en condiciones adecuadas.

La diversidad de organismos se encontró entre los rangos de 1.22 a 1.62 bits, lo que se considera una diversidad baja, ya que son valores inferiores a 2 bits. De igual manera, en el estudio sobre organismo epifitos de (Burfeid-Castellanos, Martín-Martín, Kloster, Angulo-Preckler, & Avila, 2021), registro una diversidad de 1,76 bits, similar con nuestra investigación.

En cuanto a los parámetros físicos-químicos la temperatura mínima registrada fue de 26.99°C y la temperatura máxima fue 30.20°C. La salinidad mínima obtenida fue 28.70 ppt y la máxima de 30.20 ppt. El pH varió de 8 a 8.42. La turbidez oscilo entre 2.30 a 3.10 NTU. El nitrito obtenido fue 0.002 – 0.009 mg/l, nitrato de 0.18 – 1.11 mg/l y fosfato de 0.04 – 0.14 mg/l. La abundancia de organismos registrados más alta fue de 49 120 cel/ml. Mientras Shams El-Din et al. (2015), registro una temperatura mínima de 22.76°C y la temperatura máxima fue de 28.85°C, el pH varió entre 7.93 a 8.48. En cuanto al nitrito oscilo de 0.45 – 1.75 mg/l, nitrato 0.93 – 3.28 mg/l y el fosfato vario de 0.04 – 0.26 mg/l y su abundancia mayor fue de 976 778 cel/ml. Tapia (2020), obtuvo valor de salinidad altos en comparación con nuestra investigación que variaron de 33.80 ppt a 34.40 ppt y turbidez de 1.80 a 3.32 NTU. Demostrando que los factores ambientales son distintos, por lo que se muestra también una gran diferencia en la abundancia registrada de estos microorganismos. El CCA demostró que en el monitoreo 7 la familia Pinnulariaceae y Spirulinaceae estuvieron relacionadas cuando la temperatura fue de 30.30°C y salinidad de 32.37 ppt. Las familias Licmophoraceae y Cocconeidaceae se asociaron con turbidez de 2.6 NTU en el monitoreo 5. En el monitoreo 1 cuando el nitrito fue de 0.009 mg/l, nitrato de 0.18 mg/l y fosfato de 0.14 mg/l se encontraron relacionados con las familias Bacillariaceae, Oscillatoriaceae, Pleurosigmataceae y Ceratiaceae. Y finalmente en el monitoreo 2 se relacionaron las familias Naviculaceae, Catenulaceae y Hydrodictyaceae cuando el pH fue de 8.26.

La correlación de Pearson demostró que, no existe correlación significativa entre la diversidad de microalgas y las variables de temperatura, salinidad, pH, turbidez, nitrito, nitrato y fosfato. Concordando con Quijije et al., (2019); Cabrera & Alió (2018), en sus investigaciones la abundancia de fitoplancton y los parámetros físicos-químicos, tampoco presentaron correlación significativa. En cambio, Al – Harbi & Abu Affan (2016) menciona que la diversidad de microalgas y los factores físicos-químicos si presentan correlación en la proliferación y crecimiento de las microalgas epifitas, ya que fue desarrollada en ciclos estacionales.

6. CONCLUSIONES

- Se identificaron 4 clases de microalgas epifitas que pertenecieron a las siguientes: Bacillariophyceae 82%, Cyanophyceae 9%, Chlorophyceae 5% y Dinophyceae 4%, que correspondieron a 11 familias las que predominaron fueron las diatomeas como Licmophoraceae con 111 740 cel/ml, Bacillariacea con 96 880 cel/ml y Pinnulariacea con 26 040 cel/ml, por lo tanto, se podría decir que las macroalgas pertenecientes al género *Acanthophora* presentan el sustrato adecuado para la proliferación de estas microalgas.
- Los parámetros físicos registrados durante el periodo de investigación no presentaron mucha varianza, se mantuvieron constantes y normales, pero en cuanto a la concentración de nutrientes si se encontraron bajos, por lo que se concluye que la presencia de nutriente si influye en la abundancia de microalgas.
- La correlación de Pearson demostró que no existe correlación significativa entre la diversidad de microalgas y los parámetros físicos-químicos, otros factores tienen mayor influencia en la presencia de estos organismos.
- Se acepta la hipótesis alternativa, puesto que las variables no intervinieron significativamente en la diversidad de las microalgas epifitas.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una identificación de microalgas epifitas en otras macroalgas.

- Se debe considerar otros factores ambientales que inciden en la estructura y composición de las comunidades de microalgas epifitas, mediante muestreo estacionales.

- Hacer una comparación entre un sitio que reciba contaminación y un sitio sin contaminación, para ver la variación de los factores físicos-químicos y la diversidad de microalgas.

8. BIBLIOGRAFÍA

Al - Harbi, S. (017). Epiphytic Microalgal Dynamics and Species Composition on Brown Seaweeds (Phaeophyceae) on the Northern Coast of Jeddah, Saudi Arabia. *J Oceanogr Mar Res*, 153.

Al - Harbi, S., & Abu Affan, M. (2016). Seasonal dynamics of epiphytic microalgae and their host sea weeds Florideophyceae at Jeddah Coast, The Red Sea, Saudi Arabia. *Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, King Abdulaziz University*, 1289 - 1298.

Al-Harbi, S. M. (2017). Composición y dinámica de especies de microalgas epífitas en algas verdes hospedadoras (Ulvaphyceae) en el norte Costa de Jeddah, Arabia Saudita. 212-219.

Ali, A. (2009). Biological importance of marine algae. *Sausi Pharmaceutical Journal*, 1- 3.

Beringuela, R., Purganan, D., Rhodora, R., & Deo, L. (2020). Sptio-temporal variability and association of diatom-dinoflagellate assemblages of Acanthophora, Hypnea and Gracilia (Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 2-4. Obtenido de https://doi.org/10.1080/09670262.2020.1740797

Burfeid-Castellanos, A., Martín-Martín, R., Kloster, M., Angulo-Preckler, C., & Avila, C. &. (2021). Epiphytic diatom community structure and richness is determined by macroalgal host and location in the South Shetland Islands

(Antartica). *PLoS ONE*. Obtenido de Epiphytic diatom community structure and richness is determined by macroalgal host and location in the South Shetland Islands (Antartica): https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250629

Buschman, A., & Fort, A. (2005). Industria y contaminación marina. 38.

Cabrera, C., & Alió, J. (2020). Abundance, Composition and Diversity of phytoplankton in the area of Cojimíes - Manta, During the months of May - October. *Ciencias del Mar y Acuicultura*, 1 - 20.

Céspedes, A. G. (2015). Obtenido de https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf

Chica, R. D. (2020). Evaluación ecológica rápida de pasto marino en zona costera del departamento de la Guajira. En R. Tapias, *Lineamientos para el odenamiento territorial costero y marino del departamento de la Guajira desde la diversidad cultural* (págs. 194 - 228). Guajira: Editorial Gente Nueva.

Contreras, M. M. (2009). *DSpace.* Obtenido de DSpace: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/11/turbiedad.pdf

Cubas, P. (2008). *Botánica*. Obtenido de Botánica: https://es.scribd.com/document/229707597/Chlorophyta

Da Silva, M. (2016). Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. *Botánica Marina*, 59.

Dagnino, J. (2014). Correlacion. *Revista Chil Anet*, 150 - 153.

Echenigye, R., & González, D. (2015). Las Cianofitas microalgas causantes de toxicidad. En cuerpos de agua dulce utilizados como fuente de agua potable o como ambientes recreativos, no suele evaluarse la presencia de algas verdes azuladas, como potenciales productoras de toxinas, lo que const. *Museo*.

G, G. (2014). *Diversidad y abundancia de macroalgs en las zonas intermareales rocosas de las comunas Montañitas, la Entrada y La Rinconada.*

García, C. (2013, Noviembre 7). Parámetros fisicoquímicos del agua. *Para interpretar correctamente los análisis de agua es imprescindible conocer*, págs. 1-4.

Gómez, J. C. (2009). *DSpace.* Obtenido de DSpace: https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/23/Par%C3%A1metros%20ambientales%20b%C3%A1sicos%20agua%20de%20mar.pdf

González, G. S. (2014). Obtenido de Al – Harbi, S. 2017. Epiphytic Microalgal Dynamics and Species Composition on Brown Seaweeds (Phaeophyceae) on the Northern Coast of Jeddah, Saudi Arabia. J Oceanogr Mar Res 5: 153. DOI: https://doi.org/10.4172-3103.1000153

Guiry, M., & Guiry, G. (2019). Obtenido de https://algaebas.org.

Harbi, A. . (2017). *J Oceanogr Mar Res.* Obtenido de https://doi.org/10.4172-3103.1000153

Hérnandes, O., & Siqueiros, B. (2008). Variaciones en la Estructura de Asociaciones de Diatomeas Epifitas de Macroalgas en una Zona Subtropical. .

Jiménez, R. (1983). *DIatomeas y Silicoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil.* Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR.

Lalit K. Pandey, E. A. (2016). Exploring the status of motility, lipid bodies, deformities and size reduction in periphytic diatom community from chronically metal (Cu, Zn) polluted waterdobies as a biomonitoring tool. *Sciencie of the Total Environment*, 372 - 381.

Lalit K. Pandey, E. B.-T.-M. (2017). The use of diatoms in ecotoxicology and biossessment: Insights advances and challenges. *Water Research*, 39 - 58.

Lee, R. (1990). Phycology. *Cambridge University Press*, 645.

Li, Y., M, H., & Wu, N. &. (2008). Biocombustible a partir de microalgas. *Biotecnología*, 815 - 820.

López, J., & Gurgel, C. (2019). Obtenido de https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000335

M, Á. F. (2010). *Atlas de Digital del Fitoplancton.*

Mabrouk, L., Brahim, M., & Hamza, A. (2014). A Comparison of Abundance and Diversity of Epiphytic Microalgal Assemblages on the Leaves of the Seagrasses Posidonia Oceanica (L.) and Cymodocea nodosa (Ucria) Asch in Eastern Tunisia. . *Journal of Marine Biology*.

Mateo, L., Mendoza, C., Norris, J., & Deisy, G. (2014). Algas epífitas de Sargassum sinicola Setchell & Gardner (Fucales, Phaeophyceae), en las islas Magdalena y Margarita en Baja California Sur, Mexico. *Revista de Investigaciones Marinas*, 31 - 44.

Mehta, N., & Mehta, S. (2021). Marine Macroalgae: A Host for Epiphytic Microalgae at Bhavnagar District, Gujarat, India. *International Journal of Trend in Scientific Research*, 1664 - 1669.

Mittermeier, R., Robles, P., & Geottsch, C. (1997). Megadiversidad. *Agrupación Sierra Madre y Conservación Internacional*.

Nan, F. (2017). Origin and evolutionary history of freshwater Rhodophyta: further insights based on phylogenomic evidence. *Scientific Reports*, 7.X

NG, S. E.-D., Shaltout, N., & Soliman, M. N. (2015). *Estudios ecológicos de microalgas epífitas y zooplancton epífito en algas marinas del puerto Oriental, Alejandria, Egipto.*

Nybakken, J. (2001). *Marine Biology, An Ecological Approach.* San Francisco.

Oliveres, C. (2003). *UPC.* Obtenido de UPC: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94296/04ComponentesAguas05.pdf

Ondrusek. (1991). Distribución de pigmentos de fitoplancton en el Óceano Pacífico Norte en relación con la variabilidad física y óptica . *DA Defreitas y JM Brooks*, 243 - 266.

Ondrusek, Bidigare, Sweet, & Defreitas y Brooks. (1991). Distribución de pigmentos de fitoplancton en el Océano Pacífico Norte en relación con la variablilidad física y óptica. 243 - 266.

Pandey, L. K. (2020). In situ assessment of metal toxicity in riverine periphytic algae as a tool for biomonitoring of fluvial ecosystems. *Environmental Technology & Innovation*.

Quijije. Luber, A. J. (2019). Compositioon and diversity of the phytoplankton community in two adjacent sectors of the bay of Manta, Ecuador. *Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud*, 108 - 123.

Reguera, B., Alonso, R., Moreira, A., & Méndez, S. (2011). Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. 59.

Santelices, B. (1991). Catálogo de las algas marinas bentónicas de la Costa temporada del Pacífico de Sudamérica. *Ed. Universidad Católica de Chile*.

Shams El - Din: NG: NA. Shaltout, M. N. (2015). Estudios ecológicos de microalgas epífitas y zooplancton epífito en algas marinas del puerto oriental, Alejandría Egipto. *Revista Estadounidenses de Ciencias Ambientales*, 450 - 470.

Siqueiros, D., Hernández, U. A., & Francisco, L. (2017). *Diversity of benthic diatoms in the Guerrero Negro Lagoon.* Revista Mexicana de Biodiversdiad.

Sirakoz, I. V. (2015). The importance of microalgae for aquaculture industry. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 31-37.

Stanca, E., & Parsons, M. (2021). Examining the Dynamic nature of epiphytic microalgae in the Florida Keys: What factors influence community composition? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* , 538.

Tapia, F., Ernesto, C., Cevallos, F., & Lisette., K. (2021). Pruebas para comprobar las normalidad de datos en procesis productivos: Andersonn-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas*, 83 - 97.

Van Egeren, S., Dodson, S. T., & Maxted, J. (2001). Hydrobiologia. *The relative significance of environmental and anthropogenic factors affecting zooplankton community structure in South Wisconsin Till Plain lakes*, 137 - 146.

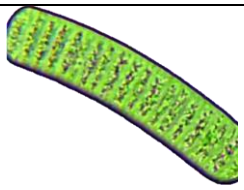
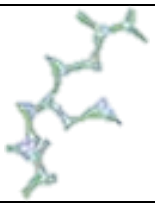
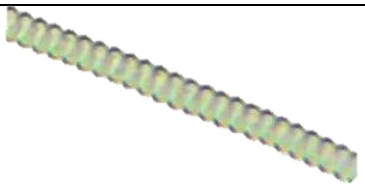
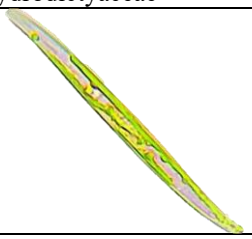
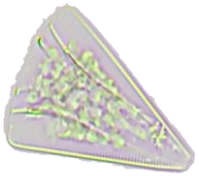
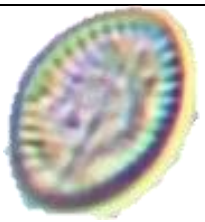
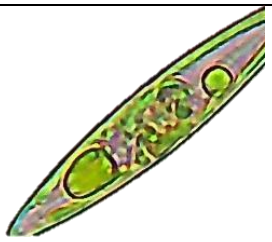
Velasco, M. (2008). *Introducción al Estudio de las Algas.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

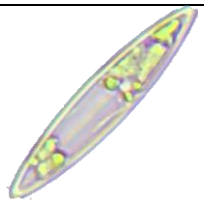
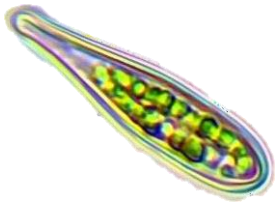
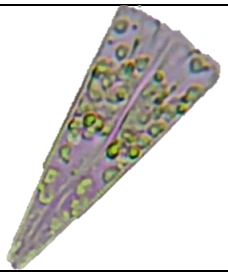
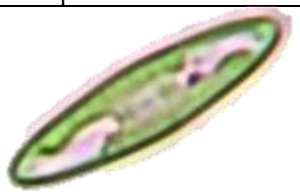
Yanqun, L. (2008). Biocatalizadores y diseño de Biorreactores. 815 - 820.

Yoon, H. (2016). *Handbook of the Protists.* Obtenido de Handbook of the Protists: https//doi.org./10.1007/978-3-319-32669_33-1

Yoon, H. (2017). *In Handbook of the Protists.* Obtenido de In Handbook of the Protists: https:://doi.org/10.1007/978-3-319-28149-0_33

9. ANEXOS

		
Estudiante: Oscillatoria limosa	Estudiante: Ceratium furca	Estudiante: Pediastrum duplex
Especialista: Familia - Oscillatoriacea	Especialista: Familia - Ceratiacea	Especialista: Familia - Hydrodictyaceae
		
Estudiante: Pinnularia sp1	Estudiante: Spirulina subsalsa	Estudiante: Pleurosigma normanu
Especialista: Familia - Pinnulariaceae	Especialista: Familia – Spirulinaceae	Especialista: Familia - Pleurosigmataceae
		
Estudiante: Pinnularia spp2	Estudiante: Licmophora abbreviata	Estudiante:Nitzschia closterium
Especialista: Familia - Pinnulariaceae	Especialista: Familia - Licmophoraceae	Especialista: Familia - Bacillariacea
		
Estudiante: Amphora ovalis	Estudiante: Cocconeis scutellum	Estudiante: Vavicula recens
Especialista: Familia - Catenulaceae	Especialista: Familia - Cocconeidaceae	Especialista: Familia - Naviculaceae

		
Estudiante: Pinnularia sp3	Estudiante: Nitzschia amphibia	Estudiante: Nitzschia linearis
Especialista: Familia - Catenulacea	Especialista: Familia - Bacillariaceae	Especialista: Familia - Bacillariaceae
		
Estudiante: Amphora coffeaeformis	Estudiante: Licmophora gracilis	Estudiante: Licmophora flabellata
Especialista: Familia - Catenulaceae	Especialista: Familia - Licmophoraceae	Especialista: Familia - Licmophoracea
		
Estudiante: Nitzschia inconspicua	Estudiante: Nitzschia reversa	Estudiante: Navicula salinicola
Especialista: Familia - Bacillariaceae	Especialista: Familia - Bacillariaceae	Especialista: Familia - Naviculaceae
Estudiante: Nitzschia sigmoidea		
Especialista: Familia - Bacillariaceae		

ND.- *No determinado*

Conclusión. *- en general las fotografías carecen de caracteres morfológicos y morfométricos específicos, que permitan ubicar en niveles jerárquicos superiores de las categorías taxonómicas.*

Observación. *- el exceso de retoque en las fotos, causa un error en la definición de fenotipos de cada ejemplar.*

FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE POR:
DAVID ELOY GARCIA ASENCIO

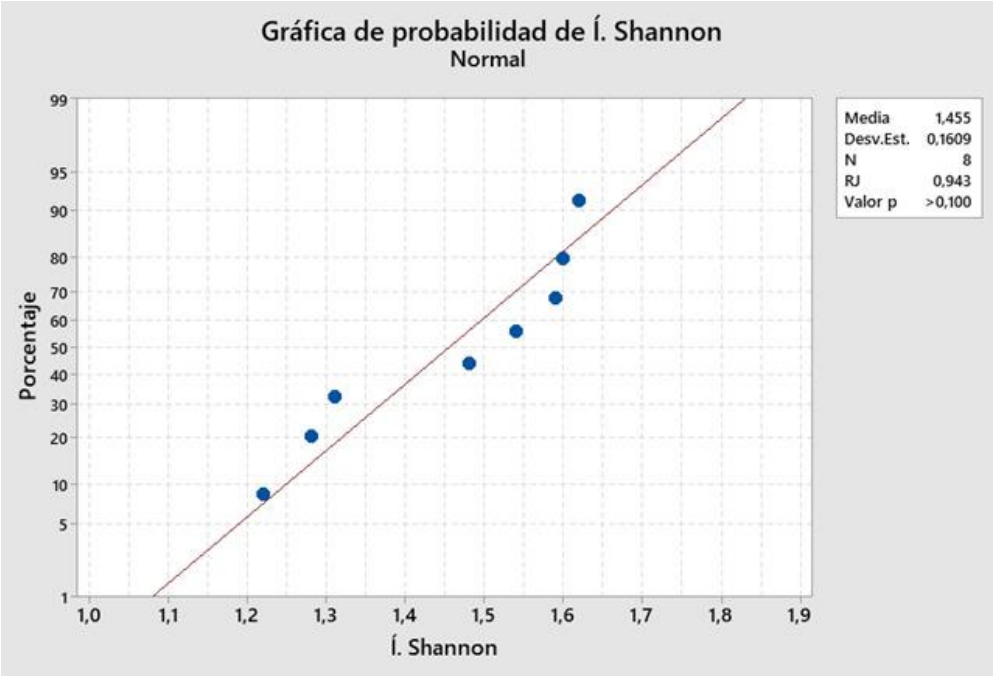
Blgo. David Eloy García Asencio, MSc.

Profesional en Plancton - IPIAP

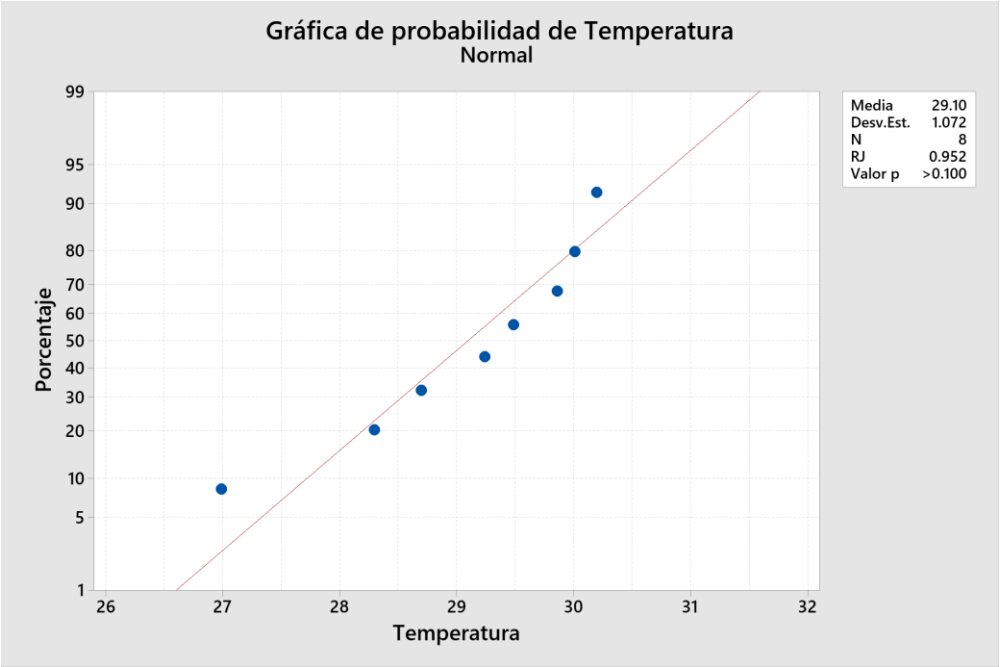
Anexo 1. Certificación de microalgas encontradas.

FAMILIA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	DENSIDAD CELULAR
Bacillariaceae	757	740	589	838	678	575	357	312	96880
Licmophoraceae	450	693	96	679	914	747	750	1258	111740
Oscillatoriaceae		83	211	308	385	49	182		26040
Pinnulariaceae	310	435	112	374		264	413	280	43720
Naviculaceae	56	362	172		82	32	141	185	18960
Cocconeidaceae			16	98	94			81	5780
Spirulinaceae	30		30			36	62	79	4740
Pleurosigmataceae					55		28		1660
Catenulaceae		145	64	72	49				6600
Hydrodictyaceae				9					180
Ceratiaceae					12				240

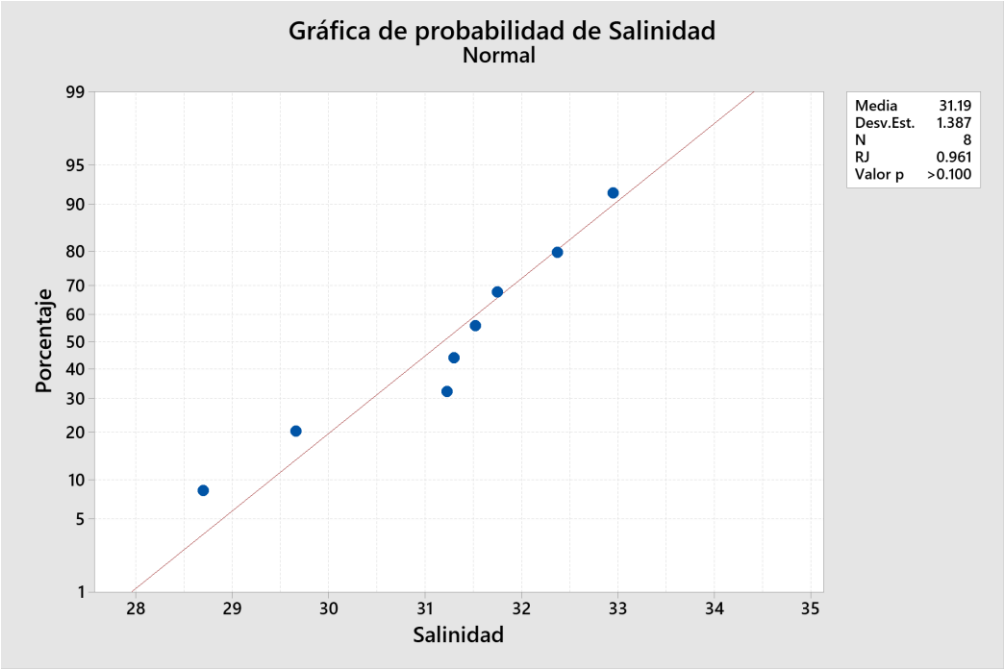
Anexo 2. *Densidad celular por familias.*



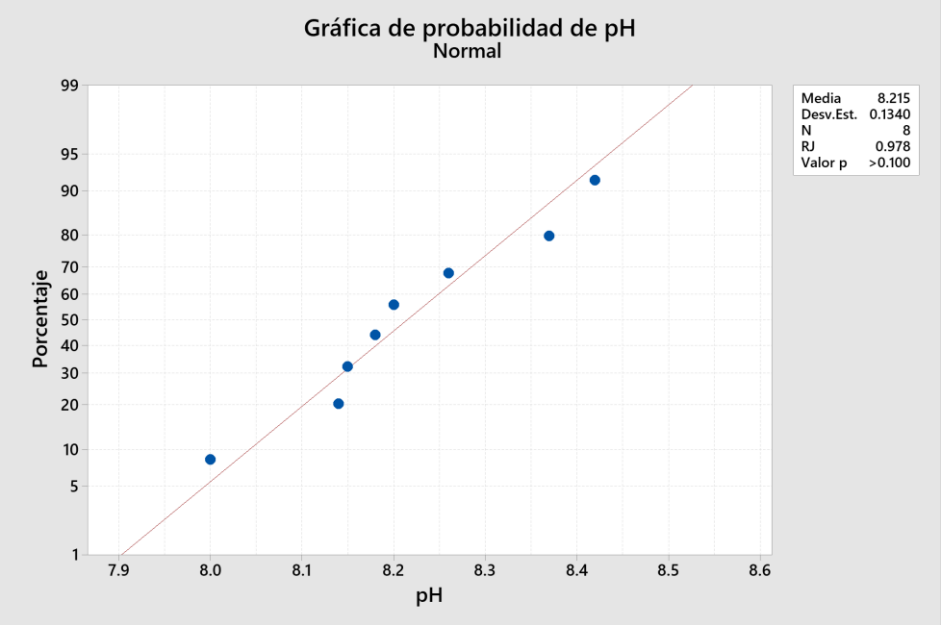
Anexo 3. Gráfica de probabilidad de Índice de diversidad de Shannon Weaver.



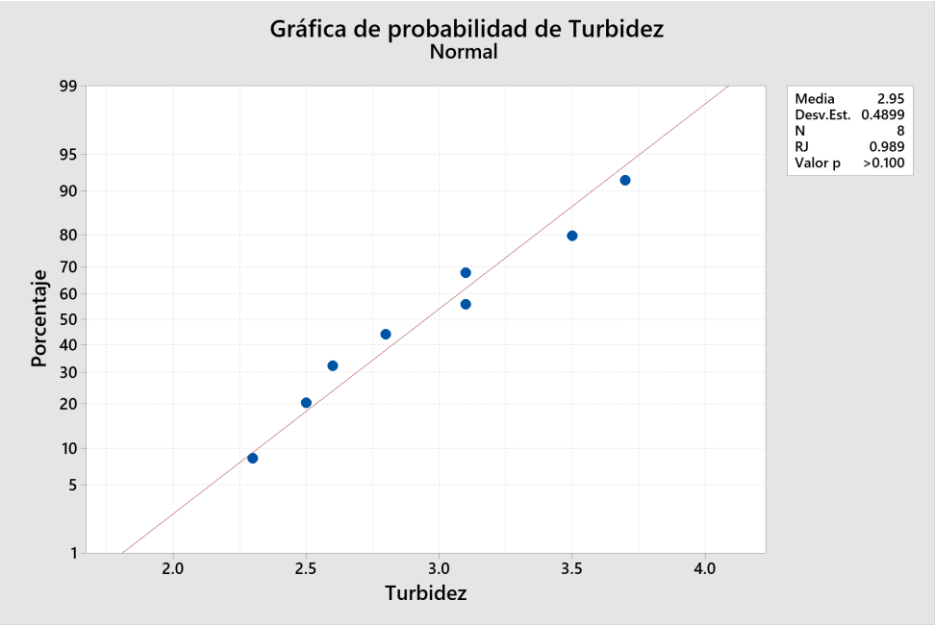
Anexo 4. Gráfica de probabilidad de Temperatura.



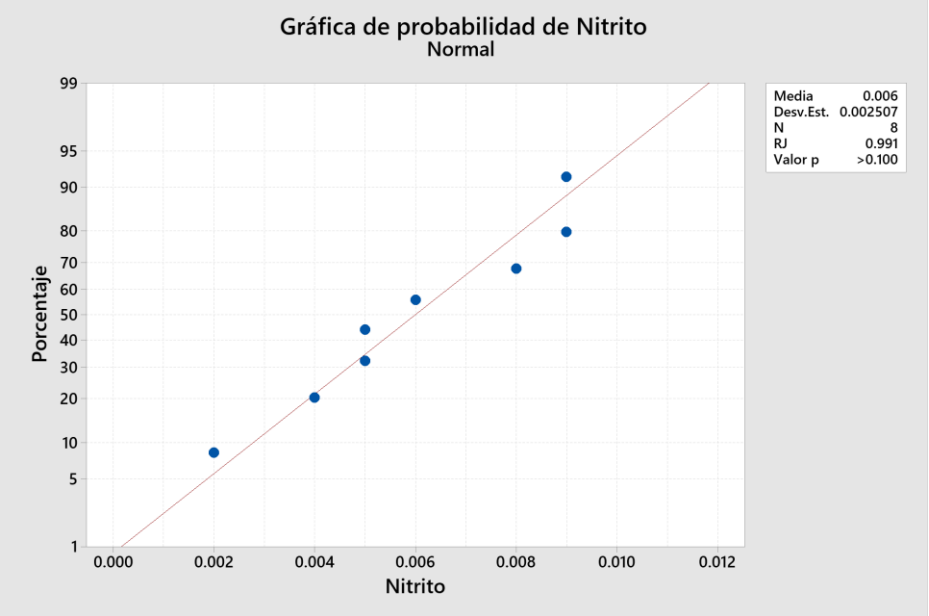
Anexo 5. Gráfica de probabilidad de Salinidad.



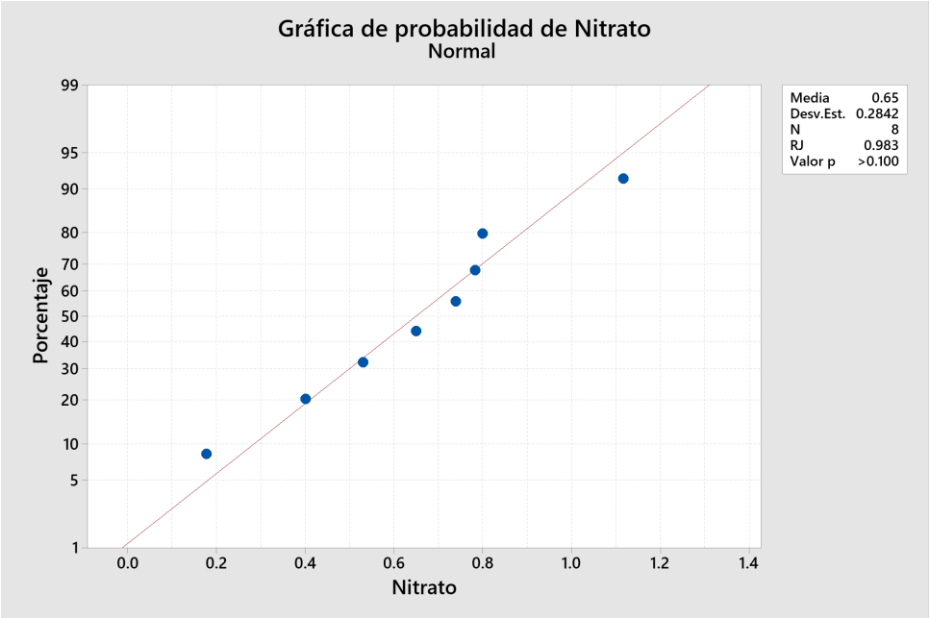
Anexo 6. Gráfica de probabilidad de pH.



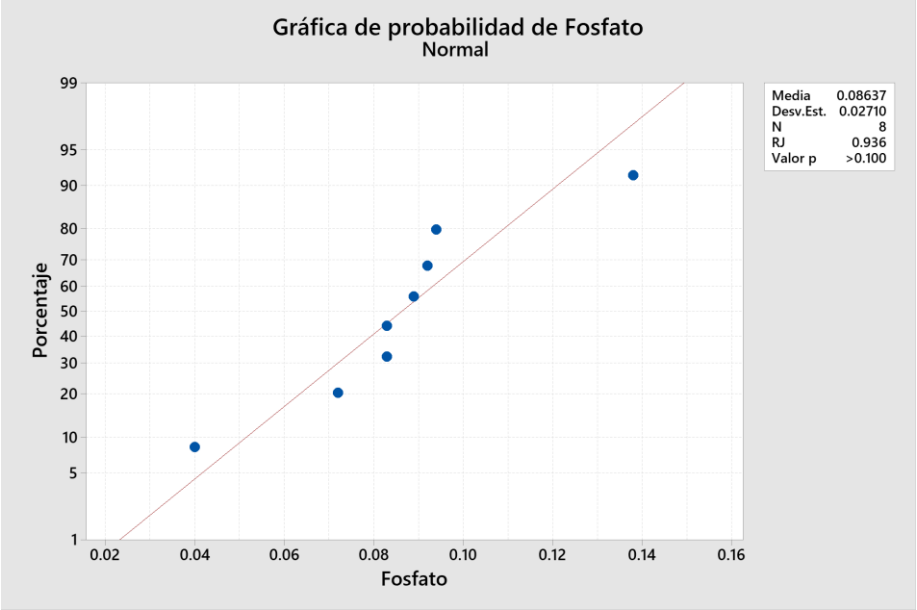
Anexo 7. Gráfica de probabilidad de Turbidez.



Anexo 8. Gráfica de probabilidad de Nitrito.



Anexo 9. Gráfica de probabilidad de Nitrato.



Anexo 10. Gráfica de probabilidad de Fosfato.

Anexo 11. Colecta de las macroalgas.

Anexo 12. Toma de parámetros físicos-químicos.

Anexo 13. Preparación de las muestras con epifitas.

Anexo 14. Identificación y cuantificación de microalgas.