



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

“RHIZOSOLENIAS, COMO INDICADORAS DE CONDICIONES
HIDROLÓGICAS DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA LA
LIBERTAD – SALINAS”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Autor

SASKIA LISBETH RODRÍGUEZ PERERO

TUTOR

BLGO. CARLOS ANDRADE RUIZ, M.Sc

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

“RHIZOSOLENIAS, COMO INDICADORAS DE CONDICIONES

HIDROLÓGICAS DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA LA

LIBERTAD – SALINAS”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Autor

SASKIA LISBETH RODRÍGUEZ PERERO

TUTOR

BLGO. CARLOS ANDRADE RUIZ, M.Sc

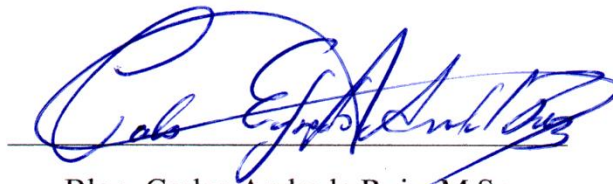
LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“RHIZOSOLENIAS, COMO INDICADORAS DE CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA LA LIBERTAD – SALINAS”**, elaborado por **Saskia Lisbeth Rodríguez Perero**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, 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



Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M.Sc

DOCENTE TUTOR

C.I. 0910798750

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“RHIZOSOLENIAS, COMO INDICADORAS DE CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA LA LIBERTAD – SALINAS”**, elaborado por **Saskia Lisbeth Rodríguez Perero** estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, 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



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc
DOCENTE DE ÁREA
C.I. 1712887767

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir uno de mis objetivos, por guiarme en el transcurso del proceso y no dejarme sola.

A mis padres, Fabiola Perero Soriano y Juan Rodriguez De la Cruz, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi carrera Universitaria. Ellos han sido mi pilar y mi motor fundamental para seguir y lograr mis objetivos y metas.

A mi abuelita Mercedes De la Cruz, a mi Familia Rodríguez De la Cruz y Perero Soriano por motivarme y darme esas fuerzas de seguir adelante y no rendirme.

A mi abuelita Isidra Genoveva Perero y a mi abuelito Abad Marcelo Rodriguez, aunque no están físicamente a mi lado, sé que desde arriba me han dado aliento para seguir adelante.

Lisbeth Rodríguez

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En especial al Blgo. Carlos Andrade Ruiz tutor de mi tesis, por guiarme en el transcurso del desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis queridas amigas, Miriam Beltrán y Carol Pozo, por apoyarnos en todo momento.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **RODRÍGUEZ PERERO SASKIA LISBETH** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: **16/07/2024**



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



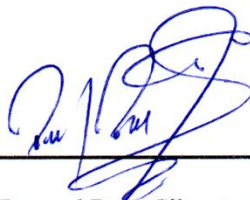
Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Carlos Andrade Ruíz, M.Sc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Saskia Lisbeth Rodriguez Perero**, me hago responsable por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan en esta tesis.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo de integración curricular a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

Lisbeth Rodriguez.

Saskia Lisbeth Rodriguez Perero

C.I. 0928022177

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	25
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
3. JUSTIFICACIÓN	29
4. OBJETIVOS	31
4.1. OBJETIVO GENERAL	31
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
5. HIPÓTESIS.....	32
6. MARCO TEÓRICO	33
6.1. Fitoplancton.....	33
6.2. Principales componentes del fitoplancton	34
6.3. Afectaciones al Fitoplancton por Cambio Climático Global	35
6.4. Características morfológicas y fisiológicas del fitoplancton.....	35
6.5. Nutrición.....	36
6.5.1. Autotrófica	37
6.5.3. Mixitrofia	37
6.6. Reproducción	38
6.6.1. Asexual.....	38
6.6.2. Sexual.....	39
6.7. Diatomeas.....	39
6.8. Reproducción	40

6.9.	Características morfológicas de las diatomeas.....	41
6.10.	Importancia de las diatomeas.....	42
6.11.	Bioindicadores.....	42
7.	METODOLOGÍA	49
7.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	49
7.2.	FASE DE CAMPO.....	50
7.2.1	FIJACIÓN DE LA MUESTRA.....	51
7.2.2.	PARÁMETROS AMBIENTALES	51
7.3.	FASE DE LABORATORIO	51
7.3.1.	Identificación de especies.....	51
7.3.2.	Contaje de muestras.....	52
7.4.	ANÁLISIS QUÍMICOS	52
7.4.1.	DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES	52
7.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
7.5.1.	Índices Ecológicos.....	53
7.5.1.1.	Índice de Shannon-Weaver.....	53
7.5.2.	Índice de dominancia de Simpson (1949).....	54
7.5.1.2.	Índice de Pielou.....	54
7.6.	ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	55
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	56
8.5.	DENSIDAD POBLACIONAL SUPERFICIAL Y VERTICAL.....	56
8.5.1.	DENSIDAD POBLACIONAL SUPERFICIAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> MARZO- MAYO (TOTAL).....	56

8.5.2.	DENSIDAD POBLACIONAL VERTICAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> MARZO-MAYO (TOTAL).....	57
8.5.3.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> SUPERFICIAL DEL MES DE MARZO	58
8.5.4.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> SUPERFICIAL DEL MES DE ABRIL	59
8.5.5.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> SUPERFICIAL DEL MES DE MAYO	59
8.5.6.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> VERTICAL DEL MES DE MARZO	60
8.5.7.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> VERTICAL DEL MES DE ABRIL	61
8.5.8.	DENSIDAD TOTAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> VERTICAL DEL MES DE MAYO.....	62
8.6.	ANÁLISIS CON LOS ÍNDICES SHANNON WEAVER, PIELOU Y SIMPSON....	63
8.6.1.	ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD SUPERFICIAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> ABRIL	64
8.6.2.	ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD SUPERFICIAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> MAYO	65
8.6.3.	ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> MARZO	65
8.6.4.	ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> ABRIL	66
8.6.5.	ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE <i>RHIZOLENIAS</i> MAYO	67

8.7.	CORRELACIONAR LAS ESPECIES DE <i>RHIZOLENIAS</i> CON LAS VARIABLES AMBIENTALES MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	68
9.	DISCUSIONES.....	76
10.	CONCLUSIONES	78
11.	RECOMENDACIONES	79
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
13.	ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	49
Ubicación y Coordenadas de las estaciones de muestreo en el área de estudio.	49
Tabla 2.	72
Disimilitud entre la estructura comunitaria superficial de las zonas de estudios	72
Tabla 3.	74
Disimilitud entre la estructura comunitaria vertical de las zonas de estudios	74
Tabla 4.	86
Densidad de especies fitoplanctónicas superficiales de todos los meses con su porcentaje	86
Tabla 5.	87
Densidad de especies fitoplanctónicas verticales de todos los meses con su porcentaje	87
Tabla 6.	89
Densidad de especies de Rhizosolenias superficiales de todos los meses con su porcentaje	89
Tabla 7.	89
Densidad de especies de Rhizosolenias verticales de todos los meses con su porcentaje	89
Tabla 8.	90
Densidades poblacionales superficiales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo)	90
Tabla 9.	90
Densidades poblacionales verticales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo).....	90
Tabla 10.	90
Densidades poblacionales de Rhizosolenias superficiales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo).....	90

Tabla 11.....	90
Densidades poblacionales de Rhizosolenias verticales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo).....	90
Tabla 12.....	91
Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en marzo del 2024	91
Tabla 13.....	92
Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en abril del 2024	92
Tabla 14.....	92
Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en mayo del 2024	92

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1.....	50
<i>Ubicación de las estaciones de muestreo en el área de estudio La Libertad - Salinas en la Bahía de Santa Elena.</i>	<i>50</i>
Figura 2.....	56
<i>Densidad poblacional y abundancia relativa superficial de Rhizosolenias de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas desde marzo a mayo 2024</i>	<i>56</i>
Figura 3.....	57
<i>Densidad poblacional y abundancia relativa vertical de Rhizosolenias de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas desde marzo a mayo 2024</i>	<i>57</i>
Figura 4.....	58
<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de marzo</i>	<i>58</i>
Figura 5.....	59
<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de abril.....</i>	<i>59</i>
Figura 6.....	60
<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de mayo.....</i>	<i>60</i>
Figura 7.....	61

<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad</i>	
- Salinas del mes de marzo	61
Figura 8.....	61
<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad</i>	
- Salinas del mes de abril	61
.....	62
Figura 9.....	62
<i>Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad</i>	
- Salinas del mes de mayo	62
Figura 10.....	63
<i>Índices de diversidad superficial por estación del mes de marzo</i>	63
Figura 11.....	64
<i>Índices de diversidad superficial por estación del mes de abril</i>	64
Figura 12.....	65
<i>Índices de diversidad superficial por estación del mes de mayo.....</i>	65
Figura 13.....	66
<i>Índices de diversidad vertical por estación del mes de marzo.....</i>	66
.....	66
Figura 14.....	66
<i>Índices de diversidad vertical por estación del mes de abril</i>	66
Figura 15.....	67
<i>Índices de diversidad vertical por estación del mes de mayo</i>	67

Figura 16.....	69
<i>Distribución de las variables ambientales en la Bahía de Santa Elena, La Libertad –</i>	
<i>Salinas durante marzo - mayo 2024</i>	
	69
Figura 17.....	69
<i>Distribución de nitrito en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante</i>	
<i>marzo - mayo 2024</i>	
	69
Figura 18.....	70
<i>Distribución de nitrato en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante</i>	
<i>marzo - mayo 2024</i>	
	70
Figura 19.....	70
<i>Distribución de fosfato en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante</i>	
<i>marzo - mayo 2024</i>	
	70
Figura 20.....	71
<i>Distribución de densidad poblacional superficial de las especies de Rhizosolenias de</i>	
<i>estación (a) Ordenación nMDS (Stress=0.06)</i>	
	71
Figura 21.....	72
<i>Mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) entre las estaciones</i>	
<i>superficiales (1, 5 y 2 millas costa afuera) de las especies de Rhizosolenias en la Bahía</i>	
<i>de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024.....</i>	
	72
Figura 22.....	73
<i>Distribución de densidad poblacional vertical de las especies de Rhizosolenias por</i>	
<i>estación.....</i>	
	73
Figura 23.....	75

*Mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) entre las estaciones vertical
(1, 5 y 2 millas costa afuera) de las especies de Rhizosolenias en la Bahía de Santa
Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024..... 75*

TABLA DE ANEXO

Anexo 1. <i>Red de Fitoplancton para recolección de muestras en forma superficial y vertical.....</i>	84
Anexo 2. <i>Colocación de formaldehído del 4% en la muestra</i>	84
Anexo 3. <i>Colecta de muestra de fitoplancton del mes de marzo.....</i>	84
Anexo 4. <i>Colocar la muestra para filtrar los nutrientes</i>	85
Anexo 5. <i>Asegurarse si la muestra esta filtrando</i>	85
Anexo 6. <i>Luego de la filtración colocarla en la botella que corresponde la muestra</i>	85

GLOSARIO

Diatomea: Vegetal microscópico formado por lo general por una sola célula o cadenas rodeada de una cubierta de sílice, que vive en agua dulce, salobre o salada.

Dinoflagelado: Organismo unicelular con características de animal o planta.

Condiciones Hidrológicas: se refieren a los diversos factores físicos y químicos presentes en un cuerpo de agua que afectan su dinámica, calidad y composición biológica

Nutrientes: son sustancias esenciales que facilitan el crecimiento y desarrollo de los organismos.

Fluctuaciones: variaciones temporales en diversas condiciones ambientales y biológicas que afectan la dinámica de estos sistemas

Volumétrica: se utiliza para determinar la concentración de una sustancia en una solución

Biodiversidad: se refiere a la variedad y variabilidad de la vida en la Tierra, abarcando la diversidad de especies, genes y ecosistemas

Bioindicadores: son organismos o comunidades de organismos que se utilizan para evaluar la calidad del medio ambiente y detectar cambios en las condiciones ambientales

Superficial: se refiere a todo lo que está en la capa más externa o superior de un cuerpo de agua, como la superficie de un lago o el océano

Vertical: se refiere al movimiento o la distribución de estos organismos microscópicos a través de diferentes capas de agua en cuerpos acuáticos como océanos, lagos o ríos.

ABREVIATURAS

Temp.: temperatura

Sal.: salinidad

Ox.: oxígeno

pH: potencial de hidrógeno

°C: Grados Celsius

V: volumen

Est.: estación

mg/L: miligramos por litro

n= número de células por especies en cada estación

v= volumen/ alícuota del cubreobjeto

η = eficiencia de filtración.

Cel: células bits: dígito binario

RESUMEN

Las *Rhizosolenia* al igual que otras diatomeas, tienen características que las hacen excelentes bioindicadoras, las condiciones hidrológicas como la temperatura del agua, la salinidad, pH, oxígeno, la disponibilidad de nutrientes y la turbidez, influyen significativamente en la comunidad de diatomeas presentes en un cuerpo de agua.

Se seleccionaron 3 estaciones de muestreo 1,5 y 2 millas, se tomaron muestras de agua de 200ml que fueron filtradas en una red de fitoplancton de 60 micras y preservadas con formol a 4% neutralizado con bórax. La identificación se utilizó la Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR) para identificar las especies de y conteo se realizó mediante un porta y cubre objeto utilizando el método de Semina. Se observó que los muestreos superficiales y verticales mostraron diferencias significativas en términos de abundancia ($KW = 0.82$; $p \geq 0.05$), por lo que obtuvimos una densidad superficial alta en el mes de mayo de $1802 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ con un 52% resaltando *R. alata*, así mismo una densidad vertical alta en el mes mayo de $31997 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ con un 60% resaltando *R. alata* var. *Curvirostris* y *R. acuminata*. en los análisis de los índices diversidad hubo variaciones en diversidad, dominancia y equitatividad en las estaciones con sus respectivos meses. De acuerdo al Análisis de Correspondencia Canónica se pudo observar que hay variaciones significativas en especies de *Rhizosolenias* por lo que podemos concluir que hay especies que se adaptan a las variables ambientales mientras que otras especies no se adaptan. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, puesto que algunas especies de *Rhizosolenias* se asocian a las condiciones hidrológicas.

Palabras claves: Variaciones significativas, Arrastres, Densidad Poblacional, Condiciones hidrológicas.

ABSTRACT

Rhizosolenia, like other diatoms, have characteristics that make them excellent bioindicators. Hydrological conditions such as water temperature, salinity, pH, oxygen, nutrient availability and turbidity significantly influence the community of diatoms present in a Water body.

Three sampling stations were selected at 1,5 and 2 miles, 200ml water samples were taken, which were filtered through a 60-micron phytoplankton net and preserved with 4% formalin neutralized with borax. The Pacific Oceanographic Act (INOCAR) was used to identify the species and counting was carried out using a slide and cover using the Semina method. It was observed that the surface and vertical sampling showed significant differences in terms of abundance ($KW = 0.82; p \geq 0.05$), so we obtained a high surface density in the month of May of $1802 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ with 52% highlighting *R. alata*, likewise a high vertical density in the month of May of $31997 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ with 60% highlighting *R. alata* var. *Curvirostris* and *R. acuminata*. In the analyzes of the diversity indices there were variations in diversity, dominance and evenness in the seasons with their respective months. According to the Canonical Correspondence Analysis, it was observed that there are significant variations in *Rhizosolenia* species, so we can conclude that there are species that adapt to environmental variables while other species do not adapt. Therefore, the null hypothesis is accepted, since some *Rhizosolenias* species are associated with hydrological conditions.

Keywords: Significant variations, Drag, Population Density, Hydrological conditions.

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton, es un microorganismo fotosintético que alberga en las aguas de nuestros océanos, por lo que juega un papel de inmensa relevancia en los ecosistemas marinos al constituir la fase inicial y fundamental de la cadena trófica. Estos microorganismos mediante la fotosíntesis, concentran una parte significativa de la producción primaria de nuestros mares, transformando la energía solar en materia orgánica utilizable. Esta materia orgánica, en forma de fitoplancton, sirve como alimento esencial para una variedad de consumidores marinos, que incluyen desde pequeños organismos filtradores hasta grandes depredadores marinos.

En regiones marinas con una gran producción pesquera, el plancton es notablemente abundante. Por lo tanto, resulta crucial comprender en detalle la composición y distribución tanto del fitoplancton como del zooplancton. Esto se debe a que estos componentes del plancton pueden servir como indicadores fiables de la disponibilidad de alimento en el ecosistema marino. (Parsons et al., 1984).

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas con una pared celular ornamentada que asemeja a una micro-caja de cristal compuesta en gran parte por silicatos, cuya complejidad ultraestructural las hace únicas entre los microorganismos. Las diatomeas son importantes productores primarios, cuyos cloroplastos tienen un tono especial, pardorizado, que se debe a la presencia de pigmentos como la fucoxantina, característico de las algas comúnmente llamadas pardas.

Rhizosolenia es un género de diatomeas que tienen forma cilíndrica por lo que se las caracterizan por tener una cáscara compuesta principalmente de sílice, estas diatomeas son versátiles en cuanto a su hábitat, El género *Rhizosolenia* engloba una variedad de especies que se distribuyen en una amplia gama de hábitats acuáticos. Estas diatomeas cilíndricas con cáscara de sílice no solo prosperan en aguas marinas, sino que también se adaptan a ambientes salobres, lo que significa que se pueden encontrar en estuarios y zonas donde se mezclan las aguas dulces y saladas. Este grado de adaptabilidad a diferentes condiciones de salinidad es impresionante y subraya la versatilidad de estas especies en su capacidad para colonizar diversos entornos marinos.

Las especies de *Rhizosolenia* pueden responder de manera sensible a cambios en las condiciones del agua, como la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes. Por lo tanto, su presencia y abundancia pueden servir como indicadores de la calidad del agua en un determinado cuerpo de agua. Un aumento o disminución en la abundancia de ciertas especies de *Rhizosolenia* puede alertar sobre cambios en las condiciones hidrológicas, lo que puede ser relevante para la conservación y la gestión de recursos hídricos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La bahía de Santa Elena, situada en la provincia homónima en la costa ecuatoriana, se caracteriza por abarcar alrededor de 950 kilómetros, principalmente compuestos por extensas playas (INOCAR, 2009). Esta área costera alberga un ecosistema marino diverso y frágil que desempeña un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad marina y en el bienestar de las comunidades locales que tienen su sustento en los recursos naturales de la región.

Uno de los desafíos cruciales que enfrentan las *Rhizosolenias* en condiciones hidrológicas adversas es la alteración de su ciclo vital. En circunstancias específicas de condiciones difíciles, estas diatomeas pueden experimentar obstáculos significativos que afectan tanto su supervivencia como la salud de los ecosistemas en los que se desarrollan.

Estas diatomeas presentan un ciclo de vida complejo, alternando entre etapas de células solitarias y coloniales. En situaciones de desequilibrio hidrológico, como el aumento de la temperatura del agua o cambios en la salinidad, las *Rhizosolenias* pueden enfrentar dificultades en la formación y estabilidad de colonias, así como en su capacidad para competir por recursos con otras especies, lo que podría resultar en una reducción de su biomasa y productividad.

La variabilidad en las condiciones hidrológicas, como la turbulencia del agua y las variaciones en la disponibilidad de nutrientes, también puede influir en la distribución y abundancia de las *Rhizosolenias*. Debido a su alta sensibilidad a las condiciones del

entorno, la capacidad de estas diatomeas para mantenerse suspendidas en la columna de agua es crucial para su supervivencia. Las fluctuaciones en estas condiciones pueden llevar a la sedimentación de las *Rhizosolenias*, disminuyendo su exposición a la luz y, por ende, su capacidad fotosintética, lo que repercute en la disminución de la población de *Rhizosolenias* y afecta a los organismos que dependen de ellas como fuente de alimento.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se llevó a cabo en 3 estaciones de monitoreo con el objetivo de obtener datos confiables sobre las especies de *Rhizosolenias* presentes en las zonas costeras. Se busca proporcionar resultados que enriquezcan la fuente de información de la investigación. Las *Rhizosolenias* desempeñan un papel fundamental en el ciclo biogeoquímico del carbono en los océanos y cuerpos de agua dulce. Estas diatomeas son altamente eficientes en la captura de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico a través de la fotosíntesis. Durante este proceso, transforman el CO₂ en compuestos orgánicos que se integran en sus estructuras celulares, contribuyendo así a la fijación de carbono en el ecosistema acuático. Este mecanismo resulta crucial para reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera, desempeñando así un papel significativo en la mitigación del cambio climático. Además, las *Rhizosolenias* actúan como una fuente primaria de alimento para una variada gama de organismos marinos, incluyendo zooplancton, moluscos y peces. La comprensión de la distribución y salud de estas diatomeas en las estaciones seleccionadas proporcionará información valiosa sobre su papel en el equilibrio ecológico y la sostenibilidad de los ecosistemas costeros.

Su abundancia y capacidad de proliferación en condiciones óptimas de nutrientes las convierten en una base fundamental de la cadena alimentaria marina, esta función como recurso alimentario es esencial para el sustento de la vida marina y mantiene la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos. También tienen una capacidad para formar comunidades microbianas conocidas como florecimientos fitoplanctónicos, lo cual estos florecimientos pueden ser indicadores de la salud del ecosistema, ya que su presencia refleja la disponibilidad de nutrientes y la calidad del agua. Los florecimientos de *Rhizosolenias*, en particular, a menudo se asocian con aguas ricas en nutrientes y pueden

ser indicativos de áreas de alta productividad biológica. Esto atrae a especies de peces y otros organismos marinos, lo que puede beneficiar a la pesca y a las comunidades locales que dependen de ella.

El presente estudio tiene como objetivo recopilar información acerca de las especies de *Rhizosolenias*, las cuales se utilizan como indicadores de las condiciones hidrológicas lo cual forman parte del fitoplancton. A partir de esta información, se pretende establecer una correlación entre estos microorganismos y la abundancia de las especies presentes en dos zonas marinas costeras, específicamente La Libertad. Así como, la capacidad de adaptación de estos microorganismos a las variables ambientales.

4. OBJETIVOS

4.1.OBJETIVO GENERAL

Determinar las especies de *Rhizosolenias* como indicadoras de condiciones hidrológicas mediante arrastres superficiales, para establecer correlación entre su abundancia y las variables ambientales.

4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la densidad poblacional de las especies de *Rhizosolenias* mediante análisis Cual-cuantitativo.
- Calcular los índices ecológicos entre las dos zonas marinas costeras (1, 5 y 2 millas), mediante Shannon-Weiner, Pielou y Simpson.
- Correlacionar las especies de *Rhizosolenias* con las variables ambientales mediante análisis multivariado

5. HIPÓTESIS

H₀: Las especies de *Rhizosolenias* se asocian a las condiciones hidrológicas.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Fitoplancton

El fitoplancton se refiere a microalgas que habitan en la capa iluminada de los ecosistemas acuáticos. Estas microalgas son consideradas productores primarios y desempeñan un papel fundamental en los ambientes marinos y oceánicos, ya que sustentan la vida de los animales en los diferentes niveles tróficos del ecosistema. Las algas llevan a cabo el proceso de fotosíntesis en sus cloroplastos, mediante el cual producen glucosa. Esta glucosa es posteriormente utilizada en las mitocondrias de las algas para obtener la energía necesaria que les permite llevar a cabo todas sus funciones vitales.

A pesar de las diversas necesidades fisiológicas y las variaciones en los límites de tolerancia a parámetros ambientales fisicoquímicos, en el fitoplancton coexisten diferentes especies. Es crucial comprender la base de esta coexistencia relativamente equilibrada y los factores que permiten la sucesión estacional de las distintas poblaciones, ya que esto es fundamental para comprender las comunidades fitoplanctónicas y su productividad. Adquirir conocimientos sobre estos aspectos nos ayuda a comprender mejor la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas fitoplanctónicos. (Wetzel, 1975)

6.2. Principales componentes del fitoplancton

Los principales componentes del fitoplancton se basan en diatomeas, dinoflagelados y cocolitoforáceas. Todas estas microalgas tienen en común el contar con espectaculares cubiertas inorgánicas.

En las diatomeas, la pared celular de sílice, denominada frústulo, presenta una estructura en forma de diminuta caja con una ornamentación distintiva que permite la identificación de las especies. En los dinoflagelados, las células están provistas de dos flagelos heteromorfos, lo que les confiere un movimiento característico. Algunas especies de dinoflagelados están recubiertas por placas de celulosa que forman una especie de armadura denominada teca. Finalmente, las cocolitoforáceas están cubiertas por placas calcáreas denominadas cocolitos, que también poseen una belleza extraordinaria. En cuanto a su tamaño, la mayoría de las diatomeas y los dinoflagelados se encuentran en la categoría del microplancton, mientras que las cocolitoforáceas son significativamente más pequeñas y se clasifican dentro del nanoplancton. (Landeira, 2011).

Estos organismos microscópicos parecidos a las plantas capturan dióxido de carbono de la atmósfera y liberan oxígeno. El fitoplancton comprende una diversidad de organismos fotosintéticos microscópicos adaptados para flotar en aguas oceánicas y cuerpos de agua continentales, como lagos y ríos. Entre los componentes del fitoplancton se encuentran las cianobacterias y varias algas, incluidas las diatomeas, todos ellos capaces de realizar

la fotosíntesis. El fitoplancton, actúa como los pulmones de la Tierra, el cual es responsable de producir aproximadamente la mitad del oxígeno que respiramos. (Nasa, 2022).

6.3. Afectaciones al Fitoplancton por Cambio Climático Global

Se estima que, en los próximos 50 años, debido al cambio climático global, la temperatura del planeta aumentará entre 4 y 6 °C, por lo que el aumento de temperatura tendrá un impacto significativo en el fitoplancton tanto especialmente en las diatomeas. Las diatomeas son un grupo de microalgas que requieren una cantidad considerable de nutrientes y agua turbulenta para mantenerse suspendidas en la columna de agua debido a su pared de sílice, lo que las hace más pesadas. Actualmente, las diatomeas desempeñan un papel crucial, ya que convierten anualmente 50 trillones (50×10^{15}) de CO₂ en glucosa, lo que representa el 40% de la productividad acuática y el 25% de la productividad primaria total del planeta. Por lo tanto, es plausible suponer que la disminución de las poblaciones de diatomeas también conducirá a una reducción en las poblaciones de los consumidores animales.

6.4. Características morfológicas y fisiológicas del fitoplancton

Las algas que componen el fitoplancton se consideran plantas inferiores debido a su estructura compleja, al igual que realizan la fotosíntesis. Estas algas pueden encontrarse de manera individual o formando colonias. (Rodríguez et al., 2004)

El fitoplancton se desarrolla debido a la influencia de factores naturales:

- la luz
- la temperatura
- la salinidad
- los nutrientes

Estos factores naturales promueven su crecimiento mediante la fertilización inorgánica.

Welzel (1975) menciona que, en el ámbito ecológico y fisiológico, surge el debate sobre si ciertos grupos de algas pueden considerarse como verdaderas algas en sentido estricto. En algunos casos, las algas azules (mixofíceas), también conocidas como cianobacterias, muestran similitudes fisiológicas más cercanas a las bacterias. Además, muchas flageladas móviles y coloniales han sido clasificadas como protozoos debido a características morfológicas y reproductivas específicas. No obstante, la característica más distintiva es su capacidad para realizar fotosíntesis autotrófica, siendo esta la vía principal de nutrición y síntesis de materia orgánica para el organismo. Por consiguiente, estas algas se agrupan junto con las verdaderas algas del fitoplancton debido a esta función fundamental en su metabolismo.

6.5. Nutrición

La nutrición del fitoplancton es diversa, aunque todos los grupos que lo componen comparten la capacidad de realizar la fotosíntesis. A continuación, se describen algunos tipos de nutrición observados en estos microorganismos (Orvay, 1993).

6.5.1. Autotrófica

Ciertos organismos tienen la capacidad de producir su propio alimento. En el caso del fitoplancton, este utiliza la luz solar para convertir compuestos inorgánicos en materia orgánica aprovechable. Este proceso es común en casi todos los organismos fitoplanctónicos. Otro proceso autótrofo es el que realizan las cianobacterias, que pueden fijar nitrógeno y transformarlo en amonio. (Rodríguez et al., 2004).

6.5.2. Heterotrofia

Algunos fitoplancton pueden complementar su nutrición fotosintética mediante la absorción de materia orgánica disuelta o partículas pequeñas, lo que les permite obtener nutrientes adicionales cuando las condiciones de luz no son óptimas. Por ejemplo, los dinoflagelados incluyen especies que depredan otros dinoflagelados, diatomeas y otros microorganismos. (Anón, 2004).

6.5.3. Mixitrofia

Varios integrantes del fitoplancton combinan la fotosíntesis con la heterotrofia, adaptándose entre ambos modos de nutrición según la disponibilidad de luz y nutrientes en su entorno. (Stanier, 2005). Algunos investigadores limitan la definición de heterotrofia a la fagocitosis de otros organismos. Otros, sin embargo, amplían esta

definición para incluir el parasitismo observado en algunas especies de dinoflagelados, que también se cree realizan fotosíntesis.

6.6.Reproducción

Los organismos fitoplanctónicos exhiben una amplia gama de estrategias reproductivas, reflejando la gran diversidad de especies y grupos dentro de este conjunto (Anón, 2004). En términos generales, este grupo presenta ambos tipos de reproducción; asexual y sexual

6.6.1. Asexual

La reproducción asexual en el fitoplancton implica varios procesos. En primer lugar, una forma común es la división celular, donde una célula unicelular se divide en dos células nuevas, cada una con la mitad del contenido de la célula parental, y luego cada célula hija se desarrolla independientemente para completar la parte que falta. Otro método asexual implica la liberación de esporas, las cuales son estructuras unicelulares que pueden desarrollarse en nuevos organismos sin necesidad de fertilización. Por último, la fragmentación es otro mecanismo de reproducción asexual, en el cual segmentos de un filamento se separan y cada fragmento, a través de la división celular, es capaz de regenerarse en un nuevo filamento independiente. (Aldrich, 2018).

6.6.2. Sexual

En ciertas especies de fitoplancton, la reproducción sexual implica la fusión de dos células especializadas de reproducción, de manera similar al proceso de reproducción en seres humanos. Este fenómeno puede ocurrir de dos formas distintas: la fusión de células dentro del mismo organismo de fitoplancton, conocido como reproducción monoica, o la fusión entre células de dos organismos fitoplanctónicos diferentes, denominada reproducción dioica. Durante el proceso de fertilización, estas células se unen para formar una única entidad. En las formas más simples de fitoplancton, esta fusión da lugar a la formación de una zigospora, mientras que en organismos más avanzados, el proceso puede resultar en la producción de un cigoto más complejo. Tanto la zigospora como el cigoto se desarrollan eventualmente en un fitoplancton maduro. (Aldrich, 2018)

6.7. Diatomeas

Las diatomeas son organismos microscópicos y unicelulares que se encuentran dentro del grupo protista y del filo Bacillariophyta. Son conocidas por su color característico ocre-amarillento, lo cual las hace fácilmente identificables a simple vista. Además, su estructura celular está compuesta por una pared rígida de sílice llamada frústulo, que puede ser observada claramente bajo el microscopio óptico. Un rasgo destacado de muchas especies de diatomeas es la formación de filamentos hialinos, que consisten en células o agregados de células suspendidas al final de filamentos, ya sean ramificados o

no. Estos filamentos hialinos son visibles al microscopio y representan otra característica distintiva de las diatomeas. (Andrade, 2019).

Las diatomeas se presentan en dos formas básicas: las que tienen simetría radial y las que tienen simetría bilateral. Cuando una diatomea muere, sus dos mitades se separan, y debido a que están compuestas de un material altamente resistente a la descomposición, tanto la parte superior como la inferior se depositan en el lecho del cuerpo de agua donde habitaba la diatomea, formando parte del sedimento. Aunque la mayoría de las diatomeas son células individuales, algunas forman colonias como consecuencia de la incapacidad de las células recién formadas para separarse de su célula madre. (George M. Briggs, 2021).

6.8.Reproducción

Las diatomeas suelen reproducirse asexualmente mediante mitosis. Durante este proceso, los dos frústulos se separan, cada uno con su propio núcleo y citoplasma. Cada célula hija construye un nuevo frústulo, siendo este siempre ligeramente más pequeño que el original. Como resultado, una célula hija conserva el tamaño original, mientras que la otra es algo más pequeña. Con el tiempo, esto conduce a una disminución gradual del tamaño de la población de diatomeas. En la mayoría de las especies de diatomeas, cuando la población alcanza aproximadamente un tercio de su tamaño máximo, se desencadena la reproducción sexual, lo que resulta en la producción de células hijas de tamaño máximo. (George M. Briggs, 2021).

En las diatomeas centrales, la reproducción sexual implica la meiosis del núcleo, que normalmente es diploide. Este proceso resulta en la formación de dos tipos de gametos. Una célula sometida a meiosis puede producir uno o dos gametos más grandes, conocidos como óvulos, que son inmóviles, o puede generar de 4 a 128 células más pequeñas, flageladas, denominadas espermatozoides. La meiosis genera cuatro núcleos hijos; las células que producen óvulos generalmente pierden dos o tres de estos núcleos, produciendo uno o dos óvulos, mientras que las células que producen espermatozoides experimentan meiosis seguida de cero a cinco rondas de mitosis, generando de 4 a 128 espermatozoides. Los espermatozoides se desplazan para fertilizar los óvulos, que a veces son liberados de su célula madre. Tras la fusión de los gametos, se forma una estructura llamada auxospora, que se expande para alcanzar el tamaño máximo de la célula. En la mayoría de las diatomeas pennadas, la reproducción sexual no implica espermatozoides móviles. En este caso, dos células se fusionan y experimentan una meiosis coordinada, junto con el movimiento de núcleos haploides, lo que permite la formación de una o dos auxosporas por par de células. (George M. Briggs, 2021).

6.9. Características morfológicas de las diatomeas

Las diatomeas son organismos eucariotas unicelulares con tamaños que oscilan entre 10 y 200 μm (0.01 a 0.2 mm). Estos organismos acuáticos y fotosintéticos se consideran generalmente como algas. (Caballero, 2018).

Una característica distintiva de las diatomeas es la presencia de su resistente cubierta celular de sílice, denominada frústulo. El frústulo se compone de dos mitades, conocidas como tecas (plural), y cada teca está formada por una valva. Estas valvas están conectadas por bandas o cinturones llamados cíngulos, que mantienen unidas las dos valvas del frústulo. Es relevante señalar que en el frústulo siempre hay una teca ligeramente más

pequeña que la otra, lo cual permite diferenciar entre epiteca (la más grande) e hipoteca (la más pequeña). Esta distinción entre epiteca e hipoteca es una característica esencial en la descripción de la estructura del frústulo de las diatomeas. (Soler, 2015).

6.10. Importancia de las diatomeas

Las diatomeas desempeñan un papel importante como "bioindicadores" de la calidad ambiental en la que habitan, ya que exhiben límites de tolerancia diversos ante alteraciones ambientales. Se considera que las diatomeas son "insensibles" cuando no pueden adaptarse a nuevas condiciones y se comportan como "intolerantes". Por otro lado, existen especies que son "tolerantes" y no se ven afectadas por cambios en su entorno. Estos organismos son considerados indicadores de la contaminación en medios acuáticos y se utilizan como herramientas excelentes para evaluar las condiciones del agua en términos de calidad, concentración de nutrientes, acidez, contaminación por metales pesados, entre otros. Debido a estas características, las diatomeas se emplean en la evaluación del cambio climático a través del monitoreo de las condiciones ambientales en las que se encuentran. (Illana, 2008)

6.11. Bioindicadores

Las diatomeas son bioindicadores de gran importancia debido a su facilidad para ser recolectadas y gracias a su capacidad para responder de manera rápida y predecible ante cambios en el ambiente. (Sue, 2015). Estas pequeñas algas son buenas indicadoras de la salud de los ecosistemas acuáticos.

El tesista (Soler,2015) menciona la importancia que tienen las diatomeas como bioindicadores quedó reflejada a mediados del siglo XX cuando se les prestó gran atención en los trabajos de limnología en donde se relaciona su crecimiento y presencia

con factores físico químicos, condiciones biológicas y ambientales del agua donde están presentes.

6.12. Especies de Rhizosolenias encontradas

Las *Rhizosolenias* son diatomeas con características morfológicas distintivas que ocupan un nicho ecológico importante en los ecosistemas marinos, actuando como productoras primarias y sustentando las redes alimentarias oceánicas. El género *Rhizosolenia* pertenece a las diatomeas el cual es un grupo importante de algas unicelulares, se encuentran alrededor de 60 especies descritas en este género. (Navas, 2010)

6.12.1. Bacillaryophyta

La clase Bacillariophyceae, comúnmente conocida como Diatomeas, es uno de los grupos más importantes de microalgas marinas dentro del fitoplancton. Estas microalgas son esenciales como productores primarios en el ecosistema, llegando a contribuir hasta un 45% de la producción primaria total en los océanos (Ferrario, 2019). La característica principal de cada una de ellas es la adherencia al huésped mediante talos mucilaginosos o la formación de filamentos, con movilidad sobre la superficie del huésped y firmeza en toda la superficie del anfitrión (Da Silva et al., 2016).

ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACIFICO INOCAR, ECUADOR, 2(2), 1983 CRISOPHYTA

Células rectas, con una valva cónica con pequeño proceso. Diámetro 165 – 172 μ .

Bandas intercalares en forma de escamas en muchas hileras. Paredes de las células fuertes. Cromatóforos pequeños (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia acuminata

Células en forma de varas, cilíndricas, rectas 7-18 μ de diámetro, 1 mm., de longitud, valvas cónicas terminadas en tubo, más o menos curvados proceso oblicuo depresión en las células adyacentes se inserta. Bandas intercalares escamosas, rómbicas en dos hileras dorsiventrales, débilmente silificadas se observan auxosporos y esporos de resistencia (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia alata Brightwell 200u

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia alata var. Curvirostris

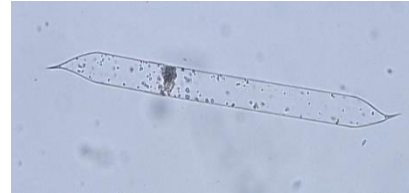
Células cilíndricas como *R. styliformis*, pero las valvas no son tan oblicuas regularmente cónicas curvadas en el ápice, células 6 – 53 μ , de diámetro y cerca de 1mm. de longitud, bandas intercaladas en forma de escamas rómbicas, puntuaciones alineadas difícil de ver, proceso fuertemente disminuye en tamaño de la base a la punta curvada (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia calcar avis

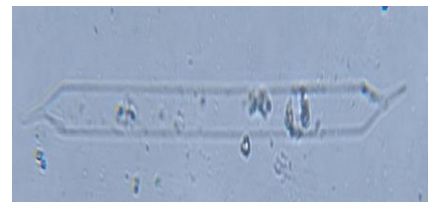
Especie dimórficas, células con proceso apical grueso, sólido, excepto por una pequeña espina, paredes de células fuertemente silificadas con estructuras distintivas. Cromosomas pequeños numerosos (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia herbetata

Células solitarias, anchas y zona conectival hialina, no se observa bandas intercalares, las valvas terminan en un largo proceso fuertemente silificados. Longitud 300 μ (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia hyalina

Células cilíndricas 12 – 18 μ de diámetro y cerca de 500 μ de longitud. Valvas oblicuas que terminan en proceso con pequeñas alas en la base; bandas intercalares, numerosas formas de escamas en dos largas hileras, imbricadas con costillas en forma de abanico, entre las costillas puntuaciones alineadas (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia imbricata

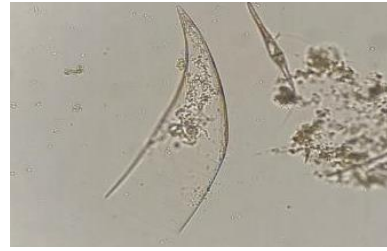
Células cilíndricas con valvas curvadas o convexas 48 – 130 μ de diámetro y cerca de 1/2 mm., de longitud. Plano valvas elípticos solitarias o forma cortas cadenas. Bandas intercalares robustas, numerosas, típicamente presentan forma de cuello. Caliptra con distintas líneas longitudinales y proceso con una fina espina. Paredes, de las células delgadas, pero más fuertemente silificadas que en otras especies (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia robusta

Células cilíndricas en forma de vara. Diámetro 4 – 20 μ valvas cónicas ligeramente oblicuas, proceso apical cilíndrico delgado termina en una fina y larga espina, bandas intercalares difíciles de observar, paredes de las células delgadas débilmente silificadas (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia setigera

Células cilíndricas 135 – 380 μ de diámetro, valvas cónicas con ápice oblicuo. Bandas intercalares en numerosas hileras del eje perivalvar, forma de escamas, espinas cortas con pequeñas alas en la base, bandas intercalares, aréolas y punteadas (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizosolenia



Rhizosolenia stolterfothii

Células cilíndricas, valvas más oblicuas que en *R. imbricata* var. *Shrubsolei* 20 - 70 μ de diámetro, 600 – 1000 μ de longitud. Proceso apical puntiagudo. Bandas intercaladas en forma de escamas con delicadas puntuaciones o labrados. Cromosomas numerosos, pequeños y redondos (INOCAR, 2014).

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Rhizosoleniales

Familia: Rhizosoleniaceae

Género: Rhizolenia



Rhizolenia styliformis

7. METODOLOGÍA

7.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localizó dentro de la Provincia de Santa Elena, específicamente en el cantón La Libertad del Puerto Pesquero y Salinas, se seleccionaron 3 estaciones de monitoreo que se encuentran a la distancia de 1, 5 y 2 millas dentro del mar. Las coordenadas de estas estaciones se presentan en la Tabla 1. Estas estaciones están ubicadas en la región periférica del golfo de Guayaquil, en la costa del océano Pacífico. Esta área es ampliamente reconocida por su pequeño puerto, es un lugar pintoresco y vibrante, donde los pescadores artesanales descargan y venden sus productos frescos destacando una aportación a la economía para el desarrollo del país y salinas por su lugar turístico.

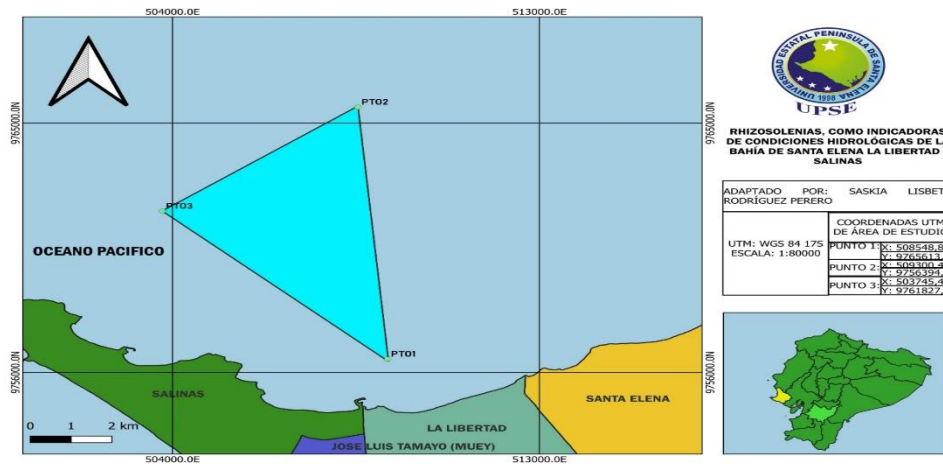
Tabla 1.

Ubicación y Coordenadas de las estaciones de muestreo en el área de estudio.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD
Estación n°1 (1 Millas)	02°20'39.64" S	80° 91' 63.58" O
Estación 2 (5 Millas)	02° 12' 05.58" S	80° 92' 31.22" W
Estación 3 (2 Millas)	02° 15' 48.11" S	80° 96' 63.17" O

Figura 1.

Ubicación de las estaciones de muestreo en el área de estudio La Libertad - Salinas en la Bahía de Santa Elena.



7.2. FASE DE CAMPO

Para este estudio, se realizó arrastres superficiales y verticales en las tres estaciones delimitadas en la zona de La Libertad y Salinas, una vez por mes se realizaron los muestreos, durante marzo - mayo del año 2024, las salidas experimentales se realizaron en la mañana. En cada estación se recolectaron un total de 5 muestras por salida.

Se utilizó una red de fitoplancton con una malla de 60 micras, que posee una longitud de 1 metro y una boca de red con un diámetro de 30 centímetros. El arrastre superficial se llevó a cabo mediante una lancha, la cual se desplazó a una velocidad de 2 nudos durante un lapso de 10 minutos y el arrastre vertical se llevó a cabo con un plomo para el peso hacia abajo durante 1 minuto. Posteriormente, se recolectaron las muestras y se depositaron en recipientes de 500 ml para su posterior análisis. Este enfoque garantizó una recopilación eficaz del fitoplancton, permitiendo la preservación adecuada de las muestras para un estudio detallado de las especies presentes.

7.2.1 FIJACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras recolectadas se colocaron en frascos de plásticos de 500 ml de capacidad, con formaldehído al 4% neutralizado con Bórax y se colocaron 4 ml por cada 100 ml de la muestra colectada para su fijación y preservación (UNESCO,2004), posteriormente fueron trasladados al laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar.

7.2.2. PARÁMETROS AMBIENTALES

Se tomaron mediciones en cada estación para determinar las variables ambientales. temperatura, salinidad, oxígeno, pH, etc. se midieron con el dispositivo YSI, durante los muestreos realizados en la mañana. Además, se registrará la visibilidad del agua usando un Disco de Secchi.

7.3. FASE DE LABORATORIO

7.3.1. Identificación de especies

Se utilizó el microscopio óptico para la observación de las especies con ayuda de los objetivos 10x y 40x, se utilizó la Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR) para identificar las especies encontradas lo cual se capturaron fotográficamente, analizadas, contabilizadas en el Laboratorio de Plancton de la Universidad Estatal Península de Santa Elena de la Facultad de Ciencias del Mar.

7.3.2. Contaje de muestras

Para el conteo de las especies de Fitoplancton, se colocaron las muestras de fitoplancton en una placa de porta y cubre utilizando el método de Semina el cual es un método tradicional para el conteo de las especies.

7.4. ANÁLISIS QUÍMICOS

7.4.1. DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES

Las muestras de agua de mar deben ser filtradas utilizando una bomba de vacío y un filtro Millipore de 0.45 μm . Los frascos deben ser etiquetados con la fecha correspondiente y la estación de muestreo.

7.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- a) Las muestras colectadas estandarizadas en un volumen de 100ml (se dejará que se asienten las células y se elimina el volumen de agua que esté de más).
- b) El área de la superficie de la red, se utilizará la fórmula del círculo.

$$\pi(r^2)$$

r^2 :radio boca red cónica simple.

π : 3.1416.

- c) El volumen de agua filtrada.

Superficie de boca de red X Distancia del arrastre (m).

d) Eficiencia de filtración: Se utilizaron el mismo estimativo.

Pesantes (1979), se obtendrán del Manual Zooplankton Sampling (1968), aplicando un error de volumen de filtrado de 0.9.

$$n = m^3 \times 9/10$$

e) Volumen contabilizado de la placa Cubre objeto

$$V = (22 \text{ mm}) \times 1 \text{ mm}$$

f) El método semi cuantitativo nos da el estimativo de células por especie en cada muestra (Semina, 1978; Jiménez, 1975 y Pesantes, 1979).

$$\text{Cel/m}^3 \text{ o Especie / m}^3 = [(n \times V)/v]/\pi$$

Dónde:

n= Número de células por especie en cada estación

V = Volumen total de la muestra

v = Volumen/ alícuota cubreobjetos

π = Eficiencia de filtración

7.5.1. Índices Ecológicos

7.5.1.1. Índice de Shannon-Weaver

Para la evaluación la diversidad de cada estación en la bahía de Santa Elena, Libertad – Salinas, se utilizó el Índice de Shannon – Wiener (1949), midiendo la biodiversidad específica.

Su fórmula es:

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i) (\log_2 P_i)$$

Donde:

H= Índice de diversidad de especies de Shannon-Weaver.

P_i = Proporción de la especie i

7.5.2. Índice de dominancia de Simpson (1949)

La fórmula es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

D : Índice de dominancia

S : Es el número de especies

N : Es el total de organismos presentes

n : Es el número de ejemplares por especie

7.5.1.2. Índice de Pielou

Para obtener la equitatividad se empleó el Índice de Pielou (1969).

Formula:

$$J' = \frac{H'}{\log_{10} S}$$

Dónde:

H' = índice de Shannon-Wiener

S = número máximo de especies en la muestra

7.6. ANÁLISIS MULTIVARIADO

Para identificar las disparidades espaciales en el fitoplancton entre diferentes estaciones, se utilizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis (Boyer et al., 1997) para evaluar las estaciones durante los meses de monitoreo. En este análisis, las estaciones sirvieron como variables independientes, mientras que las variables ambientales, tanto abióticas (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) como bióticas (densidad poblacional), se tomaron como variables dependientes.

Además, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (MDS) para estudiar la distribución y abundancia de las especies de *Rhizosolenias* presentes (Legendre & Legendre, 1998). Para evaluar las diferencias entre las especies de *Rhizosolenias* en cuanto a las estaciones y meses, se llevó a cabo un análisis de similitud (ANOSIM). El método SIMPER se utilizó para determinar qué especies contribuyeron significativamente a las disimilitudes en las estructuras comunitarias entre las estaciones.

Para investigar las posibles relaciones entre las especies que aparecieron en más del 10 % de los registros y las variables ambientales, se efectuó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Este procedimiento permite situar las especies y las variables ambientales en un sistema de coordenadas (Ter Braak & Verdonschot, 1995). En todas las pruebas estadísticas, se demostró una significancia de $p = 0,05$ (Asencio, 2021)

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.5. DENSIDAD POBLACIONAL SUPERFICIAL Y VERTICAL

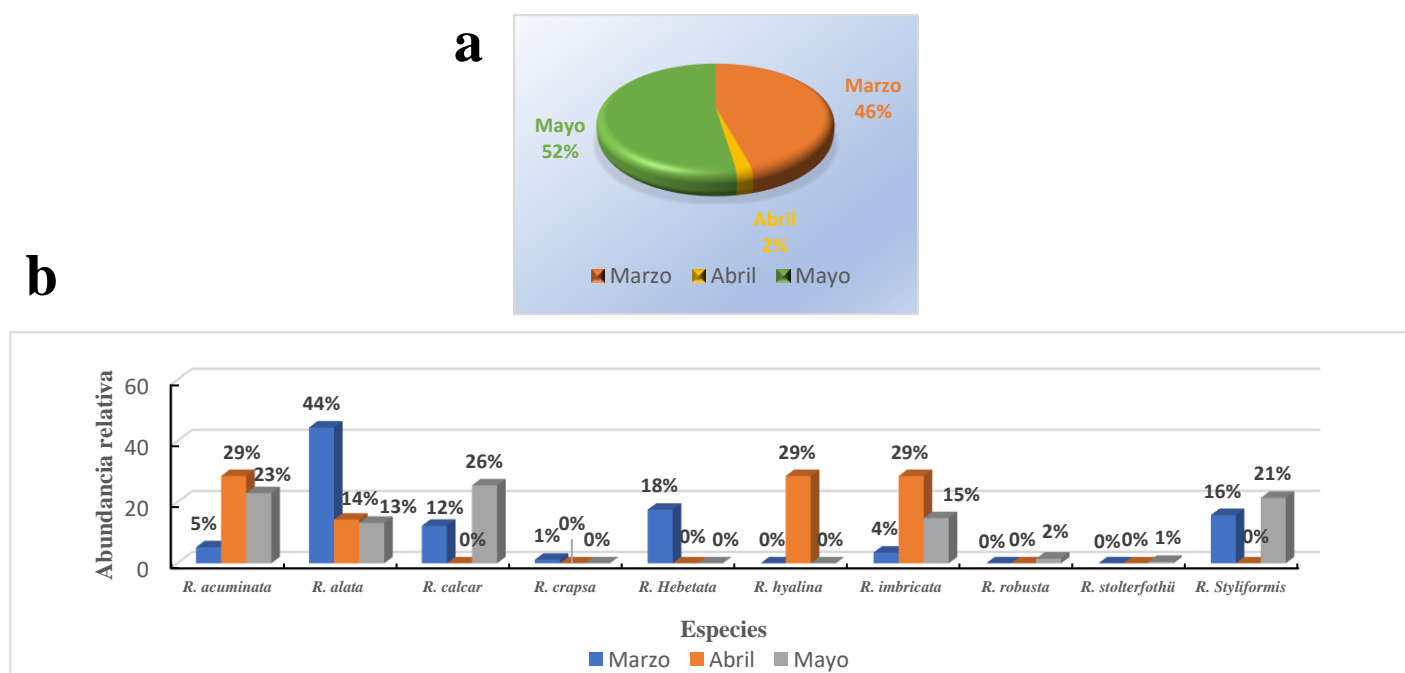
8.5.1. DENSIDAD POBLACIONAL SUPERFICIAL DE *RHIZOLENIAS* MARZO-MAYO (TOTAL)

Durante los meses de marzo a mayo, se llevaron a cabo muestreos de densidad poblacional superficial, lo cual mostraron como resultados que la densidad alta se registró en mayo, alcanzando 1802 cel.(100m³)⁻¹, lo que representó el 52% del total. el mes de marzo manifestó una densidad media de 1572 cel.(100m³)⁻¹, lo que corresponde al 46% del total y una densidad baja con un 2% del total, con una población de 64 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 2a).

Las especies que se encontraron con mayor abundancia relativa en los meses de marzo - mayo fueron: *Rhizosolenia alata*, *R. acuminata*, *R. hyalina*, *R. imbricata*, *R. calcar* y *R. styliformis* (Fig. 2b).

Figura 2.

Densidad poblacional y abundancia relativa superficial de Rhizosolenias de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas desde marzo a mayo 2024



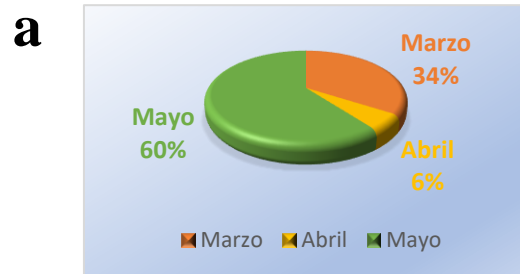
8.5.2. DENSIDAD POBLACIONAL VERTICAL DE *RHIZOLENIAS* MARZO- MAYO (TOTAL)

Durante los meses de marzo a mayo, se llevaron a cabo muestreos de densidad poblacional vertical de *Rhizosolenias*, lo cual mostraron como resultados que la densidad más alta se registró en mayo, alcanzando 31997 cel.(100m³)⁻¹, lo que representó el 60% del total, una densidad media en el mes de marzo de 18062 cel.(100m³)⁻¹, lo que corresponde al 34% del total y una densidad baja en el mes de abril con un 6% del total, con una población de 2956 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 3a).

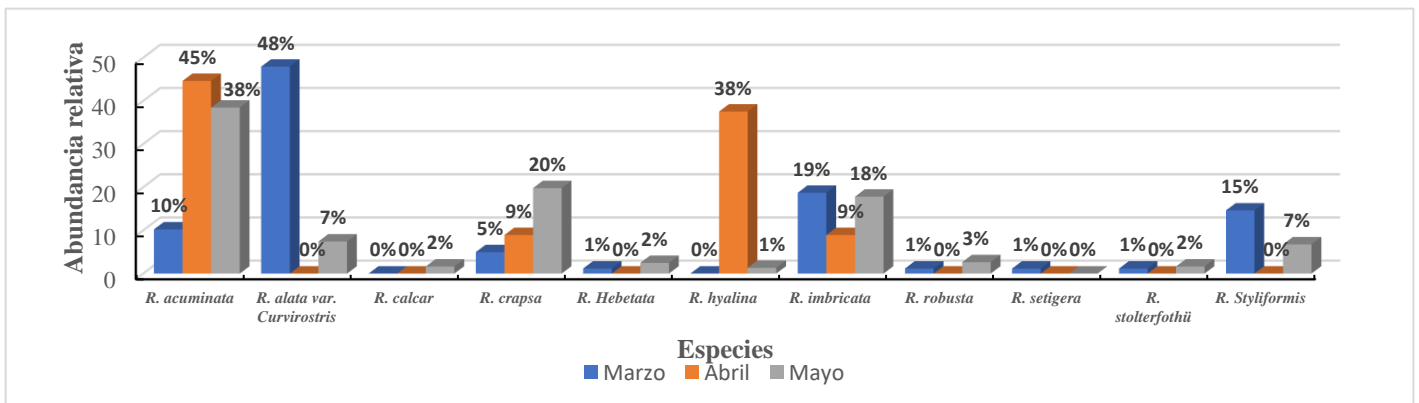
Las especies que se encontraron con mayor abundancia relativa fueron *Rhizosolenia alata* var. *Curvirostris*, *R. acuminata* y *R. hyalina*. (Fig. 3b).

Figura 3.

Densidad poblacional y abundancia relativa vertical de Rhizosolenias de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas desde marzo a mayo 2024



b

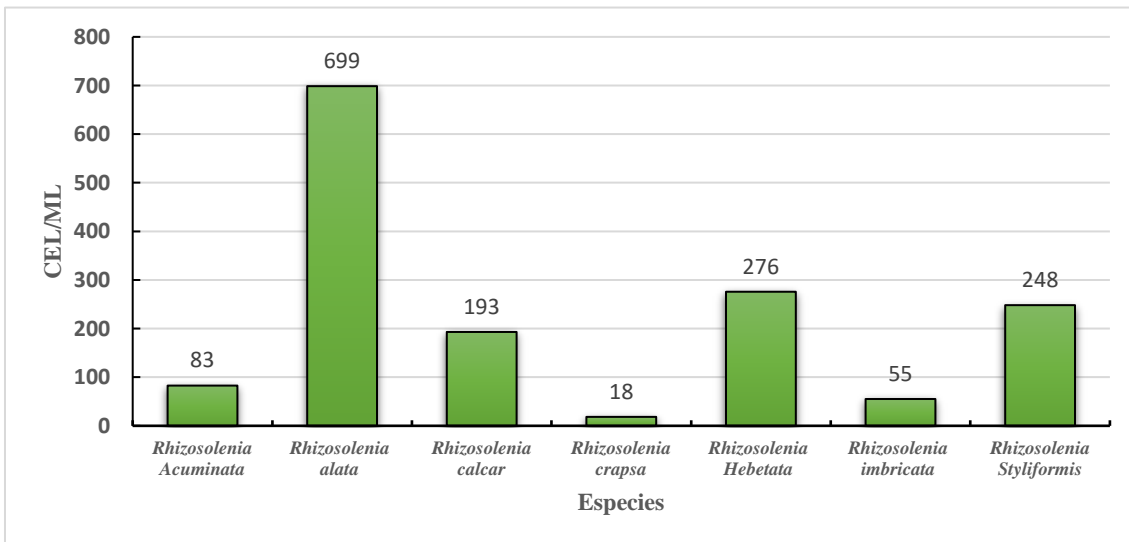


8.5.3. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOLENIAS SUPERFICIAL DEL MES DE MARZO

Durante el mes de marzo, la primera especie dominante es *Rhizosolenia alata* representando el 44% de la densidad poblacional total con una concentración de 699 cel.(100m³)⁻¹. Le sigue *R. hebetata* representando el 18% de la densidad total con una concentración de 276 cel.(100m³)⁻¹. *R. styliformis* ocupa el tercer lugar con una densidad total de 16% y una concentración de 248 cel.(100m³)⁻¹. *R. calcar* ocupa el cuarto lugar con una densidad total de 12% y una concentración de 193 cel.(100m³)⁻¹, *R. acuminata* ocupa el quinto lugar con una densidad total de 5% y una concentración de 83 cel.(100m³)⁻¹. *R. imbricata* ocupa el sexto lugar con una densidad total de 4% y una concentración de 55 cel.(100m³)⁻¹. Finalmente, *R. calcar* represento el 1% de la densidad total y una concentración de 18 cel.(100m³)⁻¹. (Fig. 4).

Figura 4.

Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de marzo

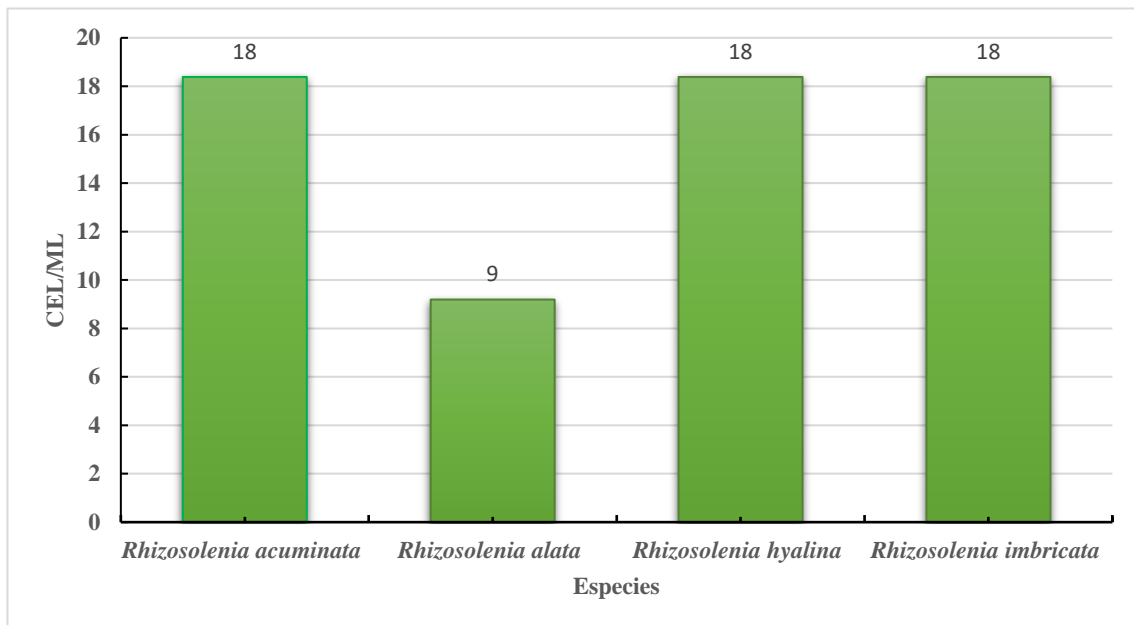


8.5.4. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOSOLENIAS SUPERFICIAL DEL MES DE ABRIL

Durante el mes de abril, obtuvimos 3 especies de *Rhizosolenias*, *Rhizosolenia acuminata*, *R. imbricata* y *R. hyalina* que obtuvieron la misma densidad total de 29% y con una concentración de 18 cel.(100m³)⁻¹. Finalmente, *R. alata* obtuvo una densidad total de 14% y una concentración de 9 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 5).

Figura 5.

Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de abril



8.5.5. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOSOLENIAS SUPERFICIAL DEL MES DE MAYO

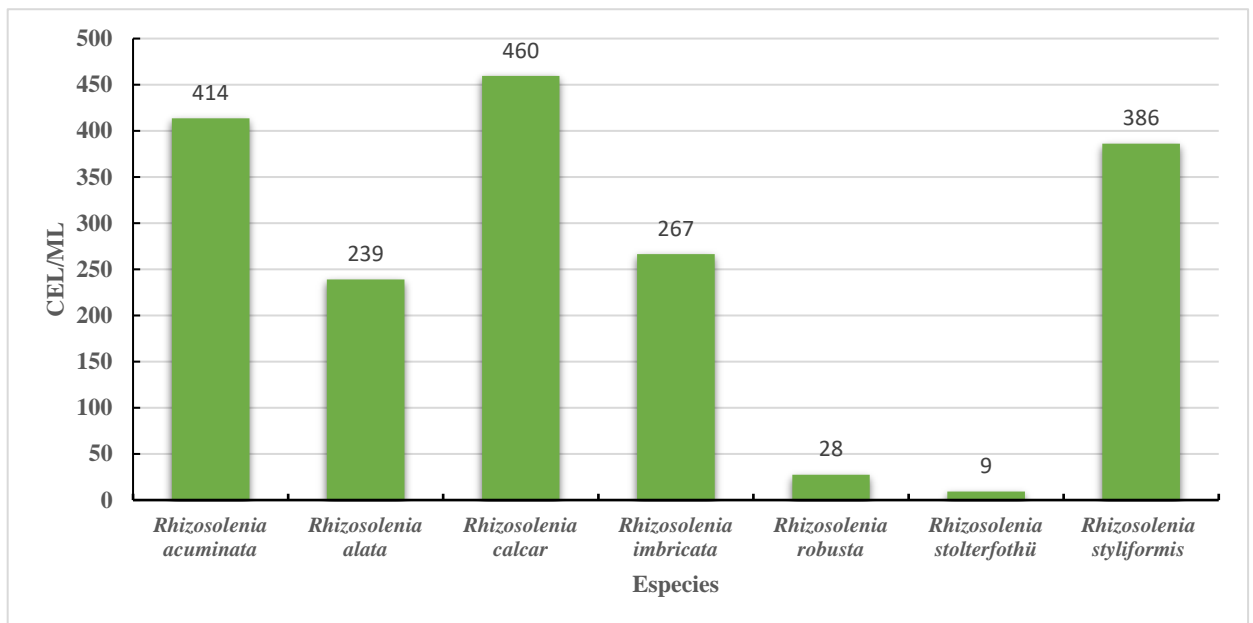
Durante el mes de mayo, la primera especie dominante es *Rhizosolenia calcar* representando el 26% de una densidad total con una concentración de 460 cel.(100m³)⁻¹. Le sigue *R. acuminata* con una densidad total de 23% y una concentración de 414 cel.(100m³)⁻¹. *R. styliformis* ocupando el tercer lugar con una densidad total de 21% y una concentración de 386 cel.(100m³)⁻¹. *R. imbricata* ocupando

el cuarto lugar con 15% de una densidad poblacional y una concentración de 267 cel.(100m³)⁻¹. *R. alata* ocupando el quinto lugar con una densidad total de 13% y una concentración de 239 cel.(100m³)⁻¹, *R. robusta* ocupando el sexto lugar con un 2% de la densidad total y una concentración de 28 cel.(100m³)⁻¹.

Finalmente, *R. stolterfothii* con 1% de densidad total y con una concentración de 9 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 6).

Figura 6.

Densidad porcentual de Rhizosolenias superficial de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de mayo



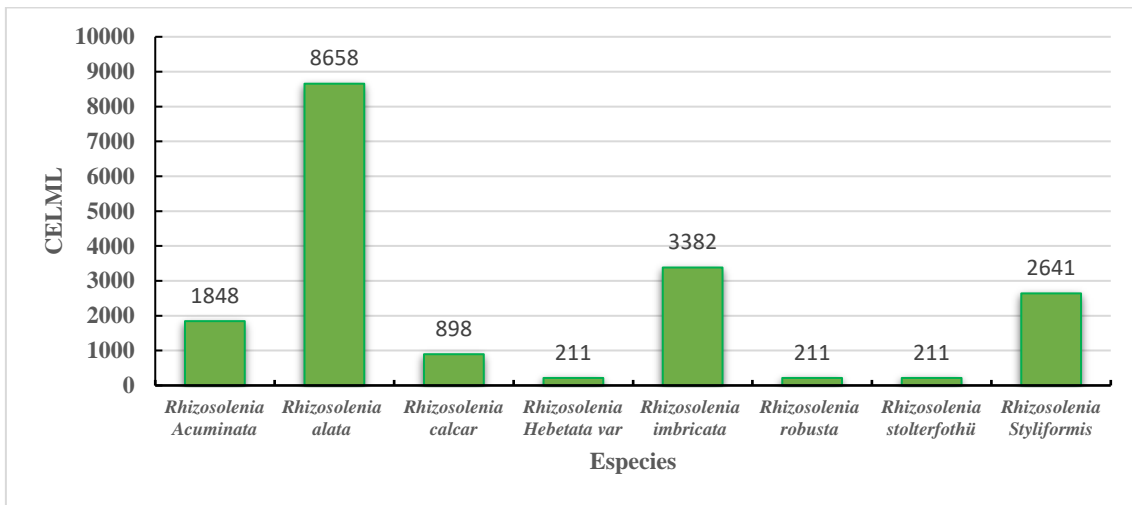
8.5.6. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOLENIAS VERTICAL DEL MES DE MARZO

Durante el mes de marzo, la primera especie dominante es *Rhizosolenia alata* representando un 48% de densidad total y una concentración de 8658 cel.(100m³)⁻¹. Siguiendo *R. imbricata* con una densidad total de 19% y una concentración de cel.(100m³)⁻¹. Ocupando el tercer lugar *R. styliformis* con una densidad total de 15% y una concentración de 2641 cel.(100m³)⁻¹. *R. acuminata* ocupando el cuarto lugar con

una densidad total de 10% y una concentración de 1848 cel.(100m³)⁻¹. *Rhizosolenia calcar* ocupando el quinto lugar con 5% de densidad total y una concentración de 898 cel.(100m³)⁻¹. Finalmente, *R. herbetata*, *R. robusta*, *R. stolterfothii* con 1% de densidad total y con una concentración de 211 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 7).

Figura 7.

Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de marzo

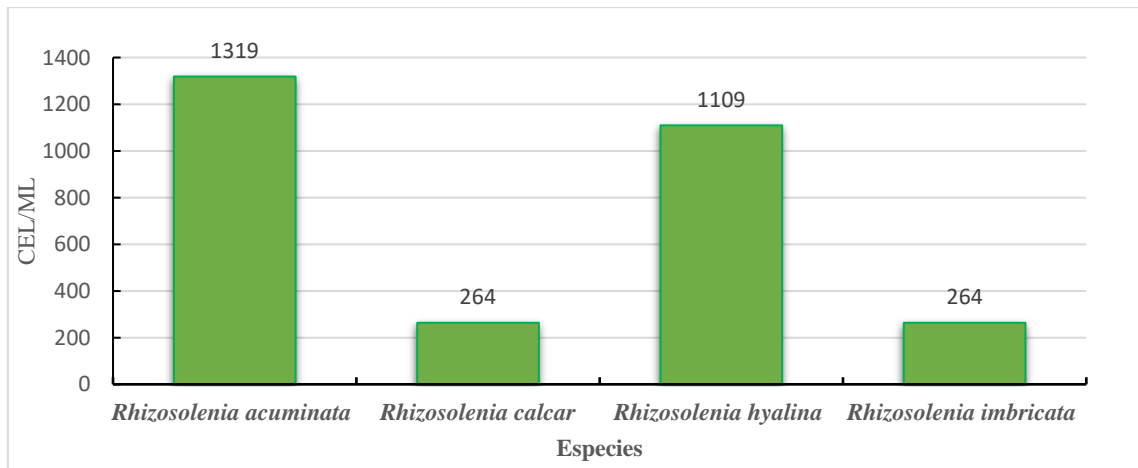


8.5.7. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOSOLENIAS VERTICAL DEL MES DE ABRIL

Durante el mes de abril, la primera especie dominante es *Rhizosolenia acuminata* representando el 45% de densidad total y una concentración de 1319 cel.(100m³)⁻¹. En segundo lugar, *R. hyalina* con 38% de densidad total y una concentración de 1109 cel.(100m³)⁻¹. Finalmente, *R. calcar* y *R. imbricata* con una densidad total de 9% y con una concentración de 264 cel.(100m³)⁻¹ (Fig. 8).

Figura 8.

Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de abril

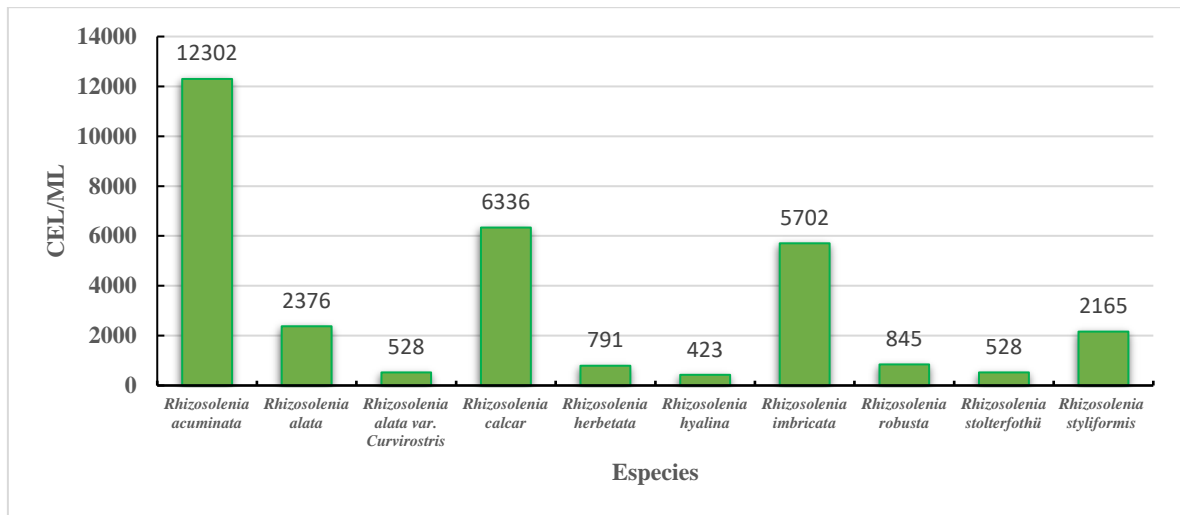


8.5.8. DENSIDAD TOTAL DE RHIZOSOLENIAS VERTICAL DEL MES DE MAYO

Durante el mes de mayo, la primera especie dominante es *Rhizosolenia acuminata* representando el 38% de densidad total con una concentración de $12302 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. Siguiéndole *R. calcar* con 20% de densidad total y una concentración de $6336 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. En el tercer lugar esta *R. imbricata* con 18% de densidad total y con una concentración de $5702 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. *R. alata* ocupando el cuarto lugar con una concentración de $2376 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ y una densidad total de 7%. En quinto lugar, esta *R. styliformis* con un 7% de densidad total y una concentración de $2165 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. *R. robusta ar* ocupando el sexto lugar con una densidad total de 3% con una concentración de $845 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. *R. herbetata* ocupando el séptimo lugar con una densidad de 3% y una concentración de $791 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. *R. alata var. Curvirostris* y *R. stolterfothii* ocupando el noveno lugar con una densidad total de 2% de densidad total y una concentración de $528 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. Finalmente, *R. hyalina* con una concentración de $423 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ y una densidad total de 1%. (Fig. 9).

Figura 9.

Densidad porcentual de Rhizosolenias vertical de la Bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas del mes de mayo



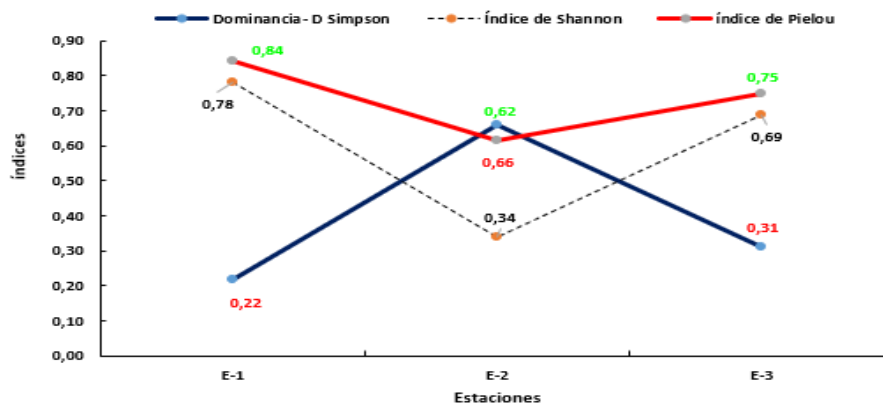
8.6. ANÁLISIS CON LOS ÍNDICES SHANNON WEAVER, PIELOU Y SIMPSON

Se calcularon los índices de diversidad que evaluaron la diversidad (Shannon-Wiener), la equitatividad (Pielou) y la dominancia (Simpson) en el estudio.

En el mes de marzo, en la estación 1 se obtuvo una dominancia de 0.22 bits, en la estación 2 se obtuvo una dominancia de 0.66 bits y en la estación 3 se vio una dominancia de 0.31 bits, con un rango de promedio de 0.40 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon, se obtuvo en la estación 1 una diversidad de 0.78 bits, en la estación 2 se obtuvo una diversidad de 0.34 bits y en la estación 3 se puede observar una diversidad de 0.69 bits, dándonos con un rango de promedio de 0.60 bits de diversidad. En cuanto a la equitatividad de Pielou, se puede observar en la estación 1 que se obtuvo una equitatividad de 0.84 bits, mientras que en la estación 2 obtuvo una equitatividad de 0.62 bits, en la estación 3 se puede observar que hay una equitatividad de 0.75 bits, dándonos un rango de promedio de 0.74 bits de equitatividad. (Fig. 10).

Figura 10.

Índices de diversidad superficial por estación del mes de marzo

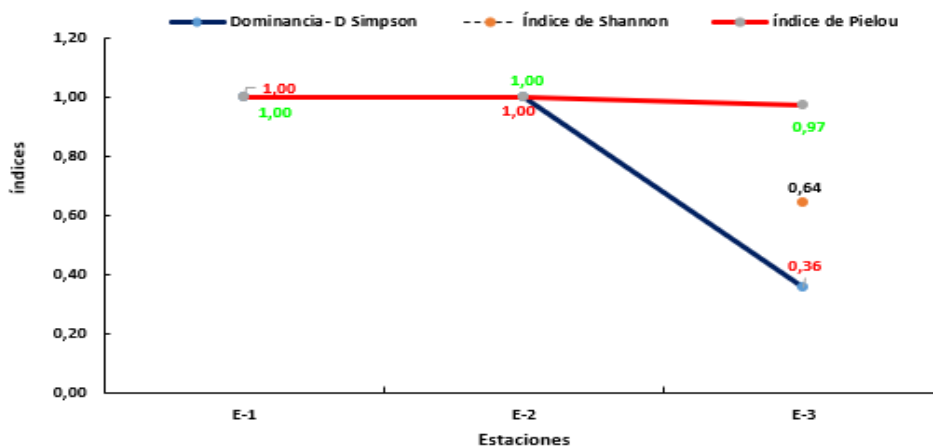


8.6.1. ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD SUPERFICIAL DE RHIZOLENIAS ABRIL

En el mes de abril, en la estación 1 se obtuvo una dominancia alta de 1.00 bits al igual que la estación 2, en la estación 3 se obtuvo una dominancia de 0.36 bits, dándonos un rango promedio de 0.79 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon solo se obtuvo en la estación 3 una diversidad de 0.64 bits. En cuanto a la equitatividad de Pielou, en la estación 1 se obtuvo una equitatividad de 1.00 bits al igual que la estación 2, mientras que en la estación 3 se obtuvo equitatividad de 0.97 bits, dándonos un rango promedio de 0.99 bits de equitatividad. (Fig. 11).

Figura 11.

Índices de diversidad superficial por estación del mes de abril

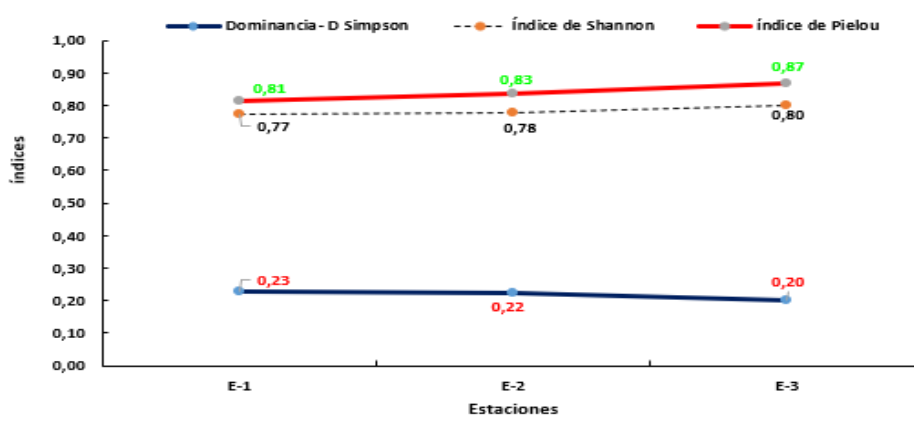


8.6.2. ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD SUPERFICIAL DE RHIZOLENIAS MAYO

En el mes de abril, en la estación 1 se obtuvo una dominancia de 0.23 bits, en la estación 2 se obtuvo una dominancia de 0.22 bits y en la estación 3 una dominancia de 0.20 bits, dándonos un rango de 0.22 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon se obtuvo en la estación 1 una diversidad de 0.77 bits, en la estación 2 se obtuvo una diversidad de 0.78 bits y en la estación 3 una diversidad de 0.80 bits, dándonos un rango promedio de 0.78 bits de diversidad. En cuanto a la equitatividad de Pielou, en la estación 1 se obtuvo 0.81 bits de equitatividad, en la estación 2 se obtuvo una equitatividad de 0.83 bits, en la estación 3 un 0.87 bits de equitatividad, dándonos como rango promedio 0.84 bits de equitatividad. (Fig. 12).

Figura 12.

Índices de diversidad superficial por estación del mes de mayo



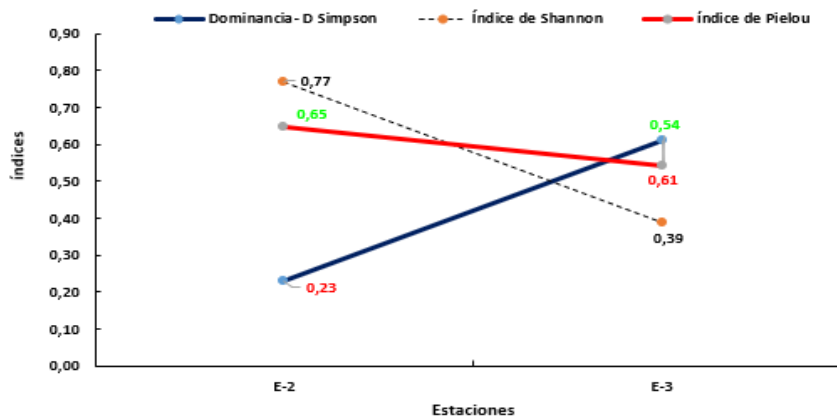
8.6.3. ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE RHIZOLENIAS MARZO

En el mes de marzo, en la estación 2 se obtuvo una dominancia de 0.23 bits, en la estación 3 se obtuvo una dominancia de 0.61 bits, dándonos un rango promedio de 0.42 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon se obtuvo en la estación 2 una

diversidad de 0.77 bits, en la estación 3 se obtuvo una dominancia de 0.39 bits, dándonos un rango promedio de 0.58 bits de diversidad. En cuanto a la equitatividad de Pielou, en la estación 2 se obtuvo 0.65 bits y en la estación 2 de 0.54 bits de equitatividad, dándonos un rango promedio de 0.60 bits de equitatividad. (Fig. 13).

Figura 13.

Índices de diversidad vertical por estación del mes de marzo

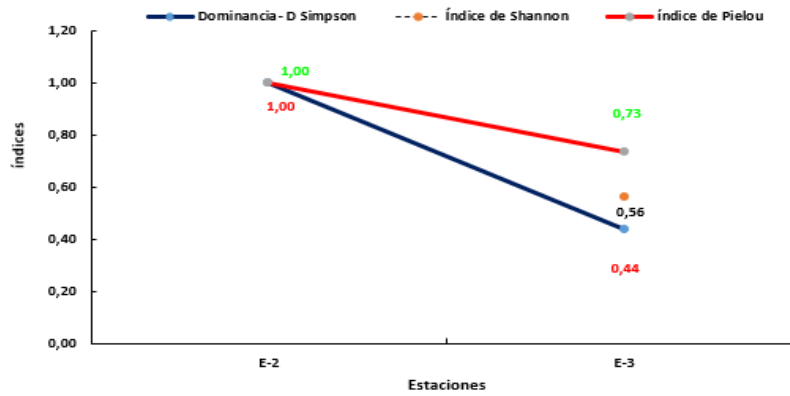


8.6.4. ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE *RHIZOLENIAS* ABRIL

En el mes de abril, en la estación 2 se obtuvo una dominancia alta de 1.00 bits, en la estación 3 se obtuvo 0.44 bits de dominancia, dándonos un rango promedio de 0.72 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon solo en la estación 3 se obtuvo una diversidad de 0.56 bits. En cuanto a la equitatividad de Pielou, en la estación 2 se obtuvo una equitatividad alta de 1.00 bits, en la estación 3 se obtuvo una equitatividad de 0.73 bits, dándonos un rango promedio de 0.87 bits de equitatividad. (Fig. 14).

Figura 14.

Índices de diversidad vertical por estación del mes de abril

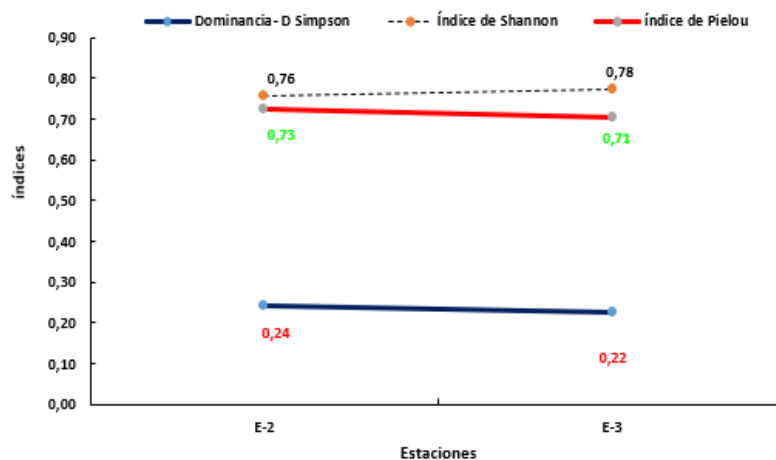


8.6.5. ANÁLISIS ECOLÓGICOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD VERTICAL DE *RHIZOLENIAS* MAYO

En el mes de mayo, en la estación 2 se obtuvo una dominancia de 0.24 bits y en la estación 3 una dominancia de 0.22 bits, dándonos un rango de 0.23 bits de dominancia. En cuanto a la diversidad de Shannon en la estación 2 se obtuvo una diversidad de 0.76 bits y en la estación 3 una diversidad de 0.78 bits, dándonos un rango promedio de 0.77 bits de diversidad. En cuanto a la equitatividad de Pielou, en la estación 2 se obtuvo una equitatividad de 0.73 bits, en la estación 3 un 0.71 bits de equitatividad, dándonos como rango promedio 0.72 bits de equitatividad. (Fig. 15).

Figura 15.

Índices de diversidad vertical por estación del mes de mayo



8.7. CORRELACIONAR LAS ESPECIES DE *RHIZOLENIAS* CON LAS VARIABLES AMBIENTALES MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIADO

La temperatura de la superficie del mar mostró fluctuaciones que oscilaron entre un mínimo de 23.09 °C y un máximo de 27.95 °C, con una temperatura media de 26.47 °C. No se observaron diferencias espaciales significativas en la región estudiada (KW = 0.90, $p \geq 0.05$; Fig. 16 a).

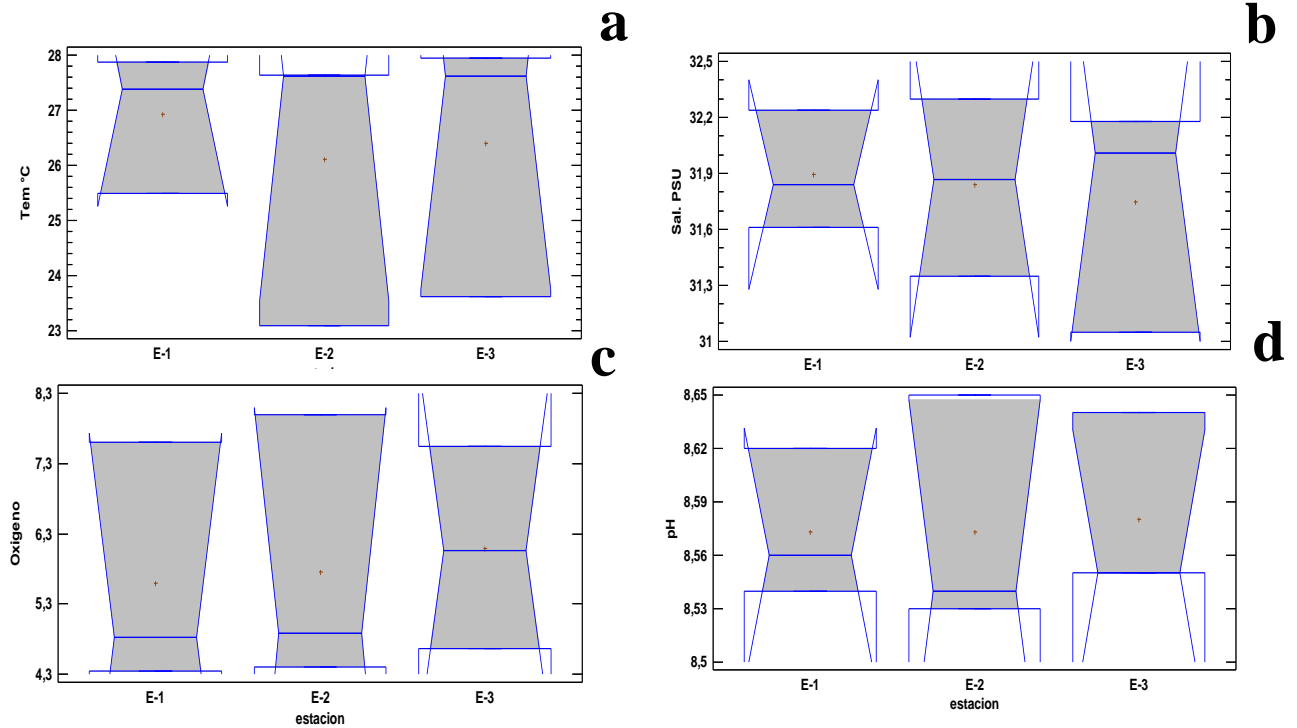
La salinidad en la zona de estudio varió entre un máximo de 32.3 ups y un mínimo de 31.05 ups, con una media de 31.83 ups. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de las estaciones (razón F = 0.07, P = 0.92, KW = 0.95; Fig. 16b).

En relación con el oxígeno, se registraron valores que oscilaron entre un máximo de 7.99 mg/L y un mínimo de 4.35 mg/L, con una media de 5.81 mg/L. Esta variable no mostró diferencias significativas entre los meses y las estaciones de muestreo (razón F = 0.06; P = 0.93; KW = 0.87; Fig. 16c).

Por otro lado, las concentraciones de pH fluctuaron entre un máximo de 8,65 y un mínimo de 8,53, con una media de 8,58. Es importante mencionar que, al aplicar el análisis de varianza de una vía, se obtuvo una razón (F = 0.02; P = 0.98; KW = 0.78; P = 0.05; Fig. 16d), lo que indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas. en los valores de pH a lo largo de toda la zona de estudio.

Figura 16.

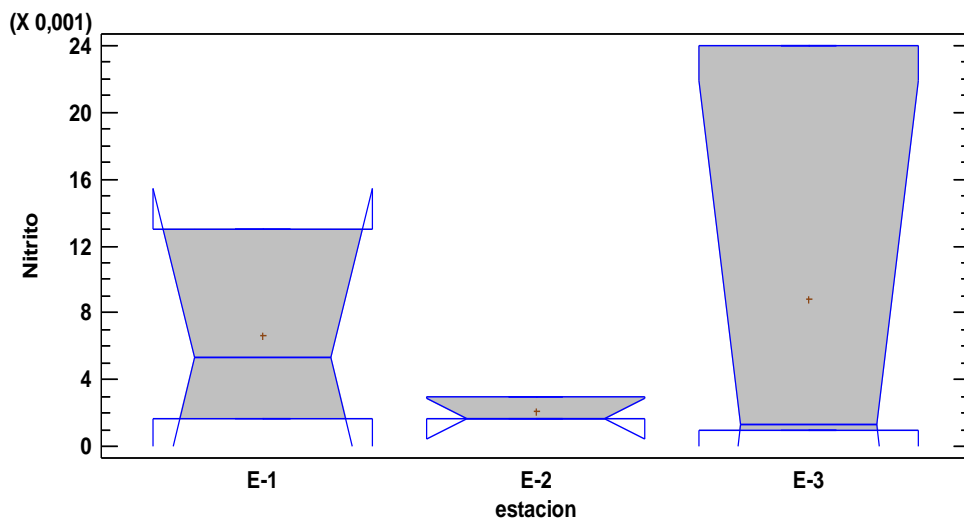
Distribución de las variables ambientales en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



Los nitritos (NO_2), registraron valores que oscilaron entre un máxima 0.024 mg/L y un mínimo de 0.001 mg/L, con una media de 0.0058 mg/L. Esta variable no presentó diferencias significativas en las estaciones de muestreo (razón $F= 0.50$; $P= 0.62$; $KW= 0.49$; Fig 17).

Figura 17.

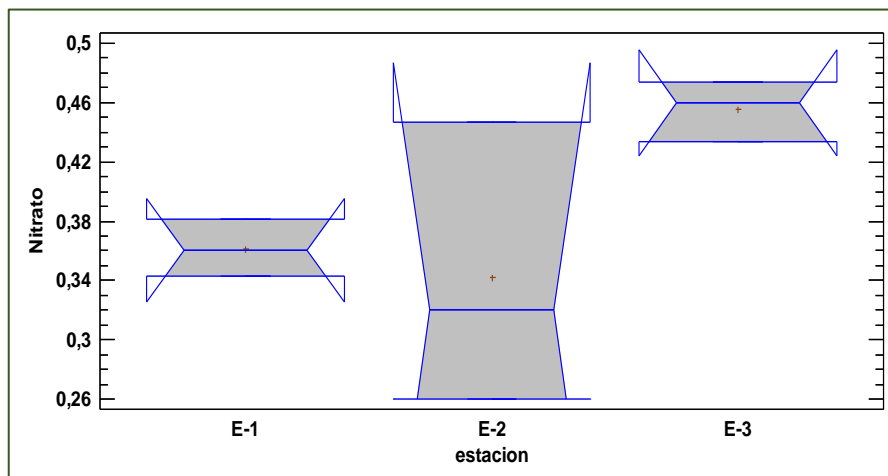
Distribución de nitrito en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



En cuanto a nitrato (NO_3), variaron entre un máximo de 0.474 mg/L y un mínimo de 0.260 mg/L, con una media de 0.386 mg/L. No se encontraron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo para esta variable (razón F = 3.38, P = 0.1042, KW = 0.11; Fig. 18).

Figura 18.

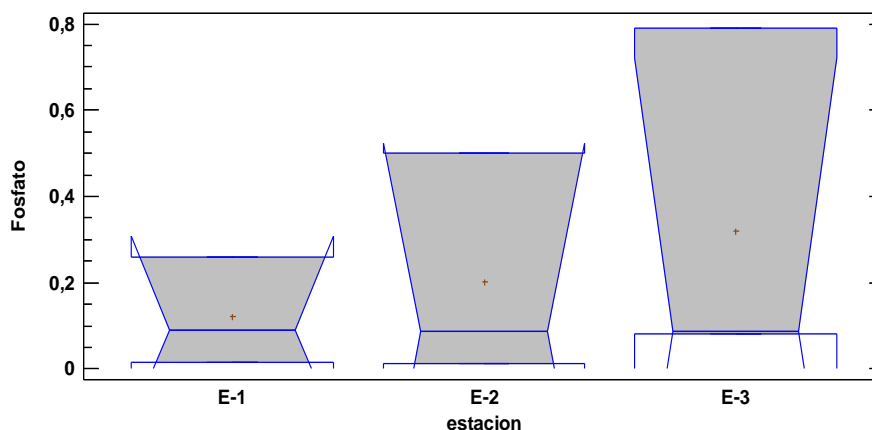
Distribución de nitrato en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



En cuanto a fosfato (PO_4^{3-}) fluctuaron entre un máximo de 0.79 mg/L y un mínimo de 0.013 mg/L, con una media de 0.214 mg/L. No se detectaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo para esta variable (razón F = 0.36, P = 0.71, KW = 0.90; Fig. 29)

Figura 19.

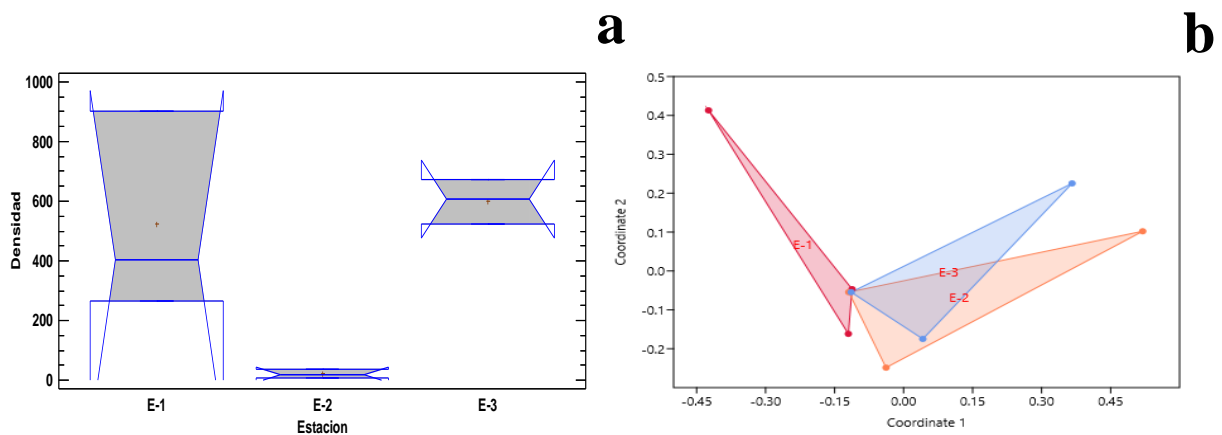
Distribución de fosfato en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



La variación de la densidad superficial de las especies de *Rhizosolenias* mostró valores que oscilaron entre un máximo de $901.0 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ y un mínimo de $9.0 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ con una media de $382.0 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación con la ubicación de las estaciones (razón F = 7.62, P = 0.0225, KW = 0.60; Fig. 20a). Para representar la distribución de la abundancia de las especies de fitoplancton en función de la ubicación de las estaciones, se empleó la ordenación nMDS (Stress=0.06085). Se observó un ajuste moderado de las dos zonas de estudio, destacándose una mayor asociación entre la estación (Est-1, Est-3) (Fig. 20b)

Figura 20.

Distribución de densidad poblacional superficial de las especies de Rhizosolenias de estación



El análisis ANOSIM aplicado a las especies registradas en cada estación durante diferentes meses y sus respectivas abundancias resultó en un R global de -0.1152 y un valor p de 0.7622.

Según el análisis SIMPER, la disimilitud en la estructura comunitaria entre las dos zonas de estudio, a 1.5 y 2 millas de la costa, fue del 16.94% (Tabla 2). *Rhizosolenia alata*, *R.*

styliformis, *R. calcar*, *R. acuminata*, *R. imbricata* contribuyeron significativamente a esta disimilitud.

Tabla 2.

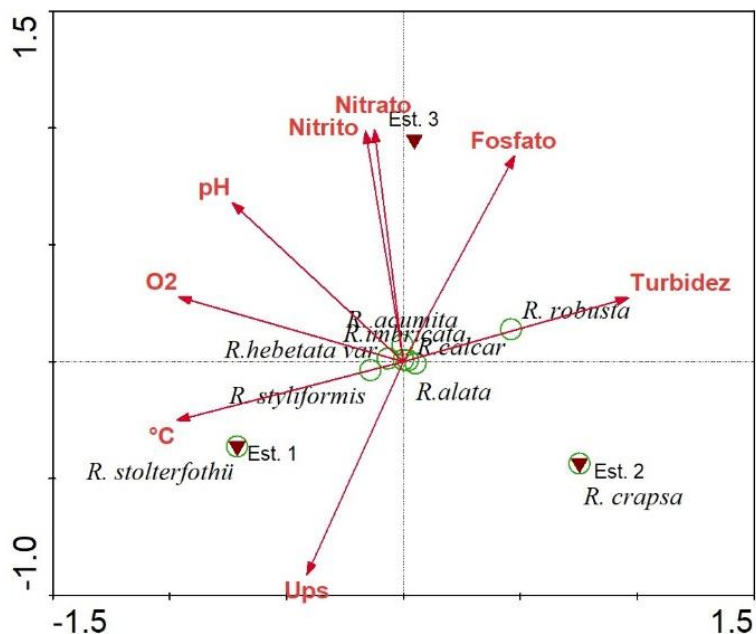
Disimilitud entre la estructura comunitaria superficial de las zonas de estudios

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %
Rhizosolenia ala	19,05	24,71	24,71
Rhizosolenia Sty	13,64	17,69	42,4
Rhizosolenia cal	11,57	15,01	57,41
Rhizosolenia Acu	10,59	13,74	71,14
Rhizosolenia iml	10,47	13,58	84,72
Rhizosolenia Hel	5,749	7,456	92,18
Rhizosolenia cra	5,202	6,747	98,93
Rhizosolenia rot	0,5788	0,7507	99,68
Rhizosolenia sto	0,2493	0,3233	100
Rhizosolenia hyc	0	0	100

El mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) se puede observar que las especies *Rhizosolenia stolterfothii* y *R. styliformis*, se correlacionan a la temperatura, dándonos a entender que las demás especies no se correlacionan a la temperatura de un promedio de 25.81%. Por otro lado, el oxígeno se correlacionó con la especie de *R. herbetata*. La variable Turbidez se correlacionó con la especie de *Rhizosolenia robusta* (Fig. 21)

Figura 21.

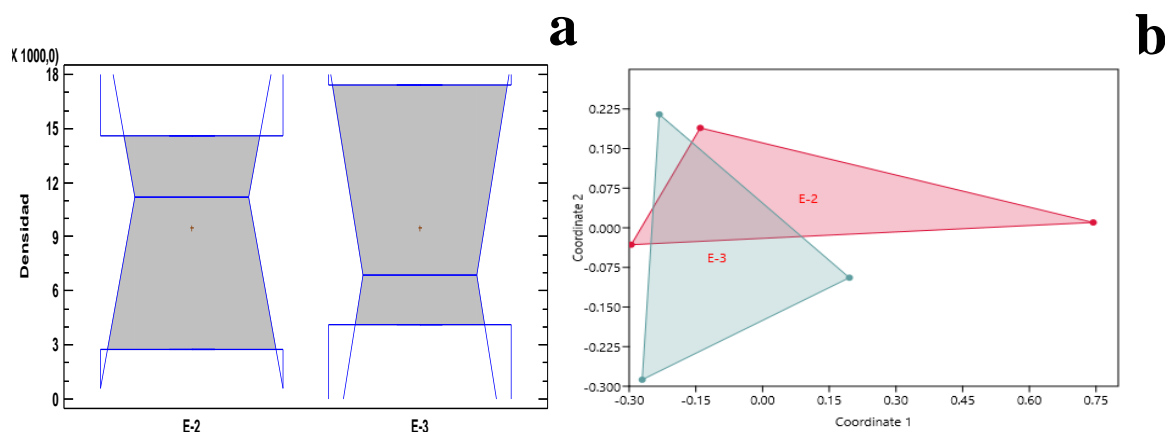
Mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) entre las estaciones superficiales (1, 5 y 2 millas costa afuera) de las especies de Rhizosolenias en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



La variación de la densidad vertical de las especies de *Rhizosolenias* osciló entre un máximo de $17412.0 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ y un mínimo de $2736.84 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$ con una media de $9491.64 \text{ cel.}(100\text{m}^3)^{-1}$. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación con la ubicación de las estaciones (razón $F = 0.10$, $P = 0.99$, $KW = 0.82$; Fig. 22a). Para representar la distribución de la abundancia de las especies de fitoplancton en función de la ubicación de las estaciones, se empleó la ordenación nMDS (Stress=0.0635). Se observó un ajuste moderado de las dos zonas de estudio, destacándose una mayor asociación entre las estaciones (Est-2, Est-3) (Fig. 22b)

Figura 22.

Distribución de densidad poblacional vertical de las especies de Rhizosolenias por estación



El análisis ANOSIM aplicado a las especies registradas en cada estación durante diferentes meses y sus respectivas abundancias resultó en un R global de -0.3333 y un valor p de 1.

Según el análisis SIMPER, la disimilitud en la estructura comunitaria entre las dos zonas de estudio, a 1.5 y 2 millas de la costa, fue del 15.57% (Tabla 3). *Rhizosolenia Acuminata*, *R. alata*, *R. imbricata*, *R. calcar*, contribuyeron significativamente a esta disimilitud.

Tabla 3.

Disimilitud entre la estructura comunitaria vertical de las zonas de estudios

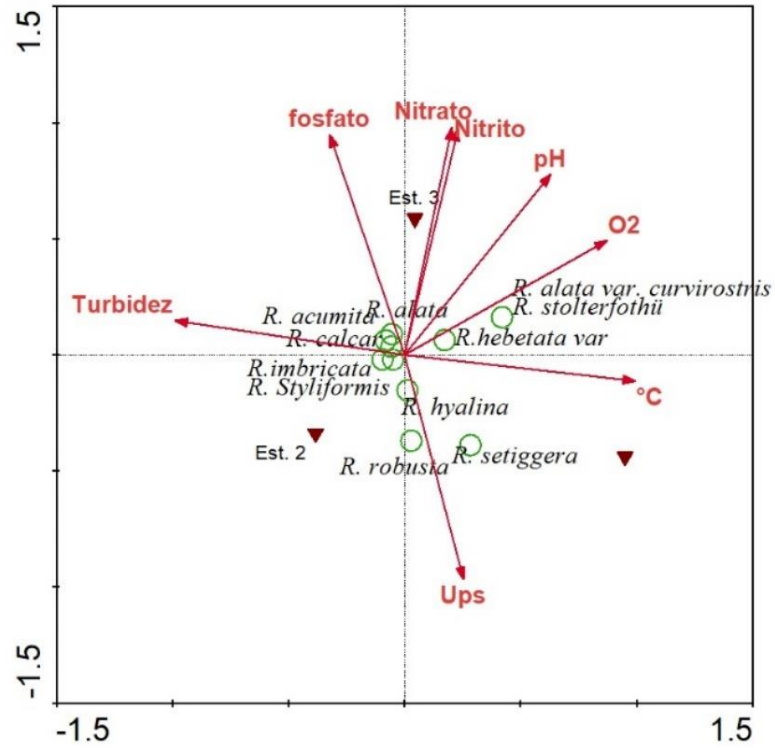
Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %
Rhizosolenia acu	18,47	27,18	27,18
Rhizosolenia ala	15,42	22,69	49,87
Rhizosolenia iml	10,72	15,78	65,65
Rhizosolenia cal	8,318	12,24	77,89
Rhizosolenia sty	5,42	7,977	85,87
Rhizosolenia hya	4,498	6,62	92,49
Rhizosolenia rob	2,167	3,189	95,68
Rhizosolenia her	1,289	1,897	97,58
Rhizosolenia sto	0,9329	1,373	98,95
Rhizosolenia ala	0,7147	1,052	100

El mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) se puede observar que la temperatura se correlacionó con las especies de *Rhizosolenia herbetata*, *R. stolterfothii*, y *R. setigera*. Por otro lado, el oxígeno se correlacionó con las especies *R. alata* var. *Curvirostris*, *R. herbetata*, *R. stolterfothii*. (Fig. 23)

La variable de salinidad se correlacionó con las especies de *R. robusta*, *R. setigera*.

Figura 23.

Mapa del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) entre las estaciones vertical (1, 5 y 2 millas costa afuera) de las especies de *Rhizosolenias* en la Bahía de Santa Elena, La Libertad – Salinas durante marzo - mayo 2024



9. DISCUSIONES

A lo largo de la investigación durante el mes de marzo, abril y mayo 2024, se proporcionó una visión detallada de la comunidad de fitoplancton. Se identificaron 11 especies de *Rhizosolenia* del Género *Rhizosolenia*, las cuales 10 especies se encontraron en las masas de aguas superficiales y 11 especies en las masas de aguas subsuperficiales. Destacando a *Rhizosolenia acuminata*, *R. alata*, *R. calcar*, *R. hyalina*, *R. imbricata* y *R. styliformis* en la capa superficial y *Rhizosolenia acuminata*, *R. alata* var. *Curvirostris*, *R. hyalina*, y *R. imbricata* en la capa subsuperficial.

(INOCAR, 2008) menciona en el estudio de Tapia con el tema COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON DURANTE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA COSTA ECUATORIANA, DICIEMBRE DE 2008. Logro identificar 2 especies de *Rhizosolenias* en la Región central en la sección 4, con la mayor diversidad de la comunidad fitoplanctónica en la capa superficial encontrando *R. stolterfothii* y *R.imbricata*.

(INOCAR, 2013) menciona en el estudio de Naranjo y Tapia con el tema “COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL PLANCTON EN LA ZONA COSTERA DEL ECUADOR, EN MAYO DE 2013.”, logrando identificar a *R. imbricata* la cual es indicadora de aguas cálidas, por lo que observaron una mezcla de aguas neríticas, cálidas y frías por la época de transición, por lo que posiblemente estén asociadas a las condiciones locales.

(INOCAR, 2014) menciona en el estudio de Tapia y Naranjo con el tema “FITOPLANCTON EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL EXTERNO, DURANTE ENERO DE 2014” logro identificar a *R. imbricata* en la capa superficial en las estaciones alejadas de la costa, las cuales estuvieron relacionadas con la temperatura entre 26.2-26.6° C

10. CONCLUSIONES

Se logro identificar 10 especies de *Rhizosolenias* superficiales y 11 especies de *Rhizosolenias* verticales de la clase *Bacillariophyceae*, las 10 especies de *Rhizosolenias* en las masas de agua superficiales se debe a las condiciones hidrológicas que se encuentran en el medio, en cuanto a las 11 especies de *Rhizosolenias* en las masas de agua subsuperficiales se debe a la cantidad de nutrientes que hay en el medio. Dado a eso obtuvimos una densidad superficial alta en el mes de mayo con 52% resaltando *R. alata*, por lo que las especies que se encontraron constantemente en los 3 meses fueron *R. acuminata*, *R. alata* y *R. imbricata*, así mismo en el mes mayo con un 60% resaltando *R. alata var. Curvirostris* y *R. acuminata*, por lo que las especies que se encontraron constantemente en los 3 meses fueron *R. acuminata*, *R. calcar*, *R. imbricata*.

Con respecto a los índices ecológicos se pudo observar que hubo mucha diferencia en los meses monitoreados, para eso los índices de Shannon, Pielou y Simpson nos permitieron saber cuáles eran las especies que tenían mayor abundancia y dominancia en cada una de las estaciones superficiales y verticales.

En cuanto a la correlación entre las especies de *Rhizosolenias* y las variables ambientales registradas durante los meses de estudio, se observaron variaciones significativas en especies de *Rhizosolenias* por lo que podemos concluir que hay determinadas especies que se adaptan a las variables ambientales.

Por lo tanto, se acepta hipótesis nula, puesto que algunas especies de *Rhizosolenias* se asocian con las variables hidrológicas.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se hagan estudios más frecuentes en el mismo lugar con el fin de tener más especies y a su vez extender los meses de monitoreo para así obtener para identificar otras especies que pueden encontrarse en esta área de estudio y así comparar datos y resultados ya obtenidos con los nuevos para verificar si hay o existe diferencia significativa en el transcurso de los meses.

Es importante tener en cuenta las estaciones, para eso sería recomendado tener más estaciones de muestreo para así ver la variabilidad de especies que se pueden encontrar en cada punto establecido y así observar si existe abundancia de una o más especies, teniendo en cuenta las variables ambientales, esto ayudara a determinar que especies son factible a cada factor que se vea en el transcurso de los muestreos.

Se considera que los muestreos se hagan en el día y en la noche, para así observar y analizar los organismos que se encuentran presente en el transcurso del día.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich, K. (2018). *¿Cómo se reproduce el fitoplancton?* Obtenido de Geniolandia:
<https://www.geniolandia.com/13163899/como-se-reproduce-el-fitoplancton>
- Andrade, G. (2019). *Diatomeas*. Obtenido de sabermas:
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/339-numero-39/614-diatomeas.html>
- Armand, L. K. (2001). *Diatom species of the genus Rhizosolenia from Southern Ocean sediments: Distribution and taxonomic notes*. Obtenido de Diatom Research :
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/01/e3sconf_joe32023_01010.pdf
- Borbor, E. V. (2005). Distribución y abundancia del fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) en la bahía de Santa Elena (La Libertad – Ecuador)
- Caballero, M. (s.f.). *DIATOMEAS: DIVISIÓN BACILLARIOPHYTA*. Obtenido de Laboratorio de Paleolimnología:
https://www.geofisica.unam.mx/iframes/laboratorios/institucionales/paleolimnologia/sitio_web/diatomeas.html
- Cantoral, E. A. (2015). *UTILIZAN ALGAS DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN RÍOS*. Obtenido de Boletín UNAM-DGCS-185:
https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_185.html
- Ch, G. T. (2005 - 2006). *IMPORTANCIA ECOLÓGICA DEL FITOPLANCTON DURANTE EL NIÑO 1991 - 1993, EN EL PACÍFICO ECUATORIAL (ECUADOR)*. Obtenido de ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO:
https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta13/OCE1301_4.pdf
- Dykens, M. (2000). *Plancton*. Obtenido de Oasis Marino:
<https://www.sdnhm.org/oceanoasis/fieldguide/plankton-sp.html>
- Da Silva, M., Barreto, S., Da Silva-Cunha, M., Campos, P., & Eskinazi-Leca, E. (2016). Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. *Botanica Marina*, 59(4). doi: 10.1515/bot-2015-0014
- David U - Hernández-Becerril. (2014). *Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae,*

Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. Obtenido de Revista Mexicana de Biodiversidad: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85sene/v85senea5.pdf>

Fernández A. (1999). Manual de las diatomeas peruanas. Universidad Nacional de Trujillo. Perú

Gaceta. (01 de 2019). *El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra*. Obtenido de Gaceta: <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>

Gladys Torres- Maria Elena Tapia. (2002). *DISTRIBUCION DEL FITOPLANCTON EN LA REGION COSTERA DEL MAR ECUATORIANO ; DURANTE DICIEMBRE 2000*. Obtenido de ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO: <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/2260/Distribuci%20del%20fitoplancton%20en%20la%20regi%20costera%20del%20mar%20ecuadoriano%2c..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INOCAR. (2009). *PRODUCTIVIDAD DEL FITOPLANCTON EN LA BAHIA DE SANTA ELENA, ECUADOR DURANTE MAYO DEL 2006*. *. Obtenido de INOCAR: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta15/OCE1501_4.pdf

INOCAR. (2014). ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, CRISOPHYTA. Obtenido de INOCAR: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ACTA%20OCEANOGRÁFICA%20CRISOPHYTA.pdf>

Jhon Ch - Donato - Rondón. (2019). *Diversidad de diatomeas en un sistema fluvial andino: los nutrientes y la conductividad como factores de explicación*. Obtenido de SCIELO: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082019000400728

NASA. (2022). *El fitoplancton da vida a los océanos*. Obtenido de NASA: <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/el-fitoplancton-da-vida-los-oceanos/>

Maria Auxiliadora Bonilla Coello - Freddy Plusas - Javier Camposano . (2002). *CONDICIONES DEL PLANCTON EN UNA ESTACION FIJA: PUERTO DEL MORRO-PLAYA, GOLFO DE GUAYAQUIL, 2000-2002*. Obtenido de ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO : https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta11/OCE1101_11.pdf

- María Concepción Lora Vilchis - Francisco Omar López Fuerte -Carlos Alejandro Pérez Rojas. (2020). *Algas de Cristal; diatomeas*. Obtenido de Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste: https://www.cibnor.gob.mx/revistas/pdfs/vol6num1/3_ALGAS_CRISTAL.pdf
- Ojeda, A. (2011). *DIATOMEAS*. Obtenido de INSTITUTO CANARIO DE CIENCIAS MARINAS: <https://www.cienciacanaria.es/files/Diatomeas-de-las-Aguas-Costeras-de-las-Islas-Canarias.pdf>
- Orvay, F. C. (1993). *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Edicions Universitat Barcelona.
- Otero, A. (2001). *Medio ambiente y educación: Capacitación ambiental para docentes*. Noveduc Libros.
- Petit. (2008). *Cambio climático y biodiversidad en los territorios de ultramar de la Unión Europea*. IUCN.
- Quinteros, F. (2020). *Diatomeas: las microscópicas algas y “pulmones” de la Tierra que debes conocer*. Obtenido de Ladera Sur: <https://laderasur.com/articulo/diatomeas-las-microscopicas-algas-y-pulmones-de-la-tierra-que-debes-conocer/>
- Raymond, J. (1980). *Plancton y productividad en los océanos. Volúmen 1, Fitoplancton*. Prensa de Pérgamo, Oxford. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8085/4/UPSE-TBI-2022-0002.pdf>
- Roberto Jimenez - Dolores Bonilla. (1980). *COMPOSICION Y DISTRIBUCION DE LA BBIOMASA DEL PLANCTON EN EL FRENTE ECUADOR*. Obtenido de INOCAR: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta1/OCE101_3.pdf
- Rodríguez, R., Osuna, F., & Ismael, L. (2004). *El Fitoplancton en la Camaronicultura Y Larvicultura: Importancia de Un Buen Manejo*. Recuperado de <http://www.cesasin.com.mx/Fitoplancton%20y%20camaronicultura.pdf>
- Tapia, M. (2010). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/754/1/Variaci%C3%B3n%20estacional%20del%20fitoplancton.pdf>

Tapia, M. E. (2013). *COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON DURANTE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA COSTA ECUATORIANA, DICIEMBRE DE 2008*. Obtenido de ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO:
https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_8.pdf

UNESCO. (2011). *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas*. obtenido de unesco:
https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000214510&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_3723e478-0108-46c2-9ae1-2c684317689c%3F_%3D214510spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/p

Urdiales, B. A. V., Granillo, M. del P., & Dominguez, M. del S. V. (2014). *Biología General: Los sistemas vivientes*. Grupo Editorial Patria.

Vera, K. (2022). Diversidad y abundancia de fitoplancton en cuatro estaciones fijas en la zona Suroeste del Golfo de Guayaquil en el período 2002, 2003 y 2005. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Yesid Lozano-Duque - Luis Alfonso Vidal - Gabriel R. Navas S. (2010). *LISTADO DE DIATOMEAS (BACILLARIOPHYTA) REGISTRADAS PARA EL MAR CARIBE COLOMBIANO**. Obtenido de SCIELO:
<http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v39n1/v39n1a06.pdf>

Yimmy Montoya-Moreno - Silvia E. Sala - Amelia A. Vouilloud - Néstor Aguirre. (2012). *DIATOMEAS (BACILLARIOPHYTA) PERIFÍTICAS DEL COMPLEJO CENAGOSO DE AYAPEL, COLOMBIA. I. Periphytic diatoms (Bacillariophyta) of Ayapel flood plain, Colombia. I*. Obtenido de Caldasia:
<http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n2/v34n2a14.pdf>

13. ANEXOS



Anexo 1. *Red de Fitoplancton para recolección de muestras en forma superficial y vertical*



Anexo 2. *Colocación de formaldehido del 4% en la muestra*



Anexo 3. *Colecta de muestra de fitoplancton del mes de marzo*



Anexo 4. *Colocar la muestra para filtrar los nutrientes*



Anexo 5. *Asegurarse si la muestra esta filtrando*



Anexo 6. *Luego de la filtración colocarla en la botella que corresponde la muestra*

TABLAS

Tabla 4.

Densidad de especies fitoplanctónicas superficiales de todos los meses con su porcentaje

Especies	Marzo	Abril	Mayo	promedio
<i>Ceratium candellarum</i>	37	276	0	104
<i>Ceratium declinatum</i>	55	322	110	162
<i>Ceratium deflexum</i>	165	432	202	267
<i>Ceratium falcatum</i>	74	64	0	46
<i>Ceratium furca</i> var. <i>Furca</i>	974	864	331	723
<i>Ceratium fusus</i>	110	552	230	297
<i>Ceratium longirostrum</i>	0	18	0	6
<i>Ceratium lúnula</i>	92	175	18	95
<i>Ceratium macrocero</i>	46	0	129	58
<i>Ceratium massiliense</i>	156	653	276	362
<i>ceratium porrentum</i>	588	735	377	567
<i>Ceratium trichocero</i>	18	0	0	6
<i>Ceratium tripos</i> forma <i>tripodioides</i>	110	0	0	37
<i>Ceratocorys horrida</i>	0	184	138	107
<i>Chaetocero affinis</i>	0	0	138	46
<i>Chaetocero coarctatus</i>	0	129	689	273
<i>Chaetocero danicus</i>	0	0	257	86
<i>Chaetocero decipies</i>	0	0	74	25
<i>Chaetocero didymus</i>	0	0	395	132
<i>Chaetocero filiferum</i>	0	0	74	25
<i>Chaetocero lacinosus</i>	0	0	37	12
<i>Chaetocero lorenzianus</i>	0	0	193	64
<i>climacodium fauencfeldianum</i>	239	0	0	80
<i>coscinudiscus excentricus</i>	37	129	37	67
<i>Coscinudiscus granii</i>	0	386	18	135
<i>coscinudiscus nitidus</i>	193	0	0	64
<i>coscinudiscus radiacus</i>	28	0	0	9
<i>Cyclotella</i> sp.	1241	0	0	414
<i>Dinophysis caudata</i>	552	579	18	383
<i>Glossleriella tropica</i> <i>schutl</i>	386	0	0	129
<i>Goniodoma polyendricum</i>	1462	0	46	503
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	0	9	0	5
<i>Leptocylindricus danicus</i> <i>cleve</i>	0	0	303	101
<i>Nitzschia lineola</i>	9	0	0	3
<i>Nitzschia pacifica</i>	37	0	0	12

<i>Nitzschia pungens</i>	28	0	0	9
<i>Nitzschia seriata</i>	46	0	0	15
<i>Ornithocercus steinii</i>	0	110	18	43
<i>Ornithocercus thumii</i>	0	9	64	25
<i>Phyropacus steinii</i>	340	1020	193	518
<i>Pleurosigma angulatus</i>	0	0	9	3
<i>Prorocentrum micans</i>	0	267	83	116
<i>Protooperidinium depressum</i>	781	542	294	539
<i>Protooperidinium latispinum</i>	276	0	0	92
<i>Protooperidium cladicans</i>	193	0	0	64
<i>Protooperidinium quarnerense</i>	138	0	0	46
<i>Protooperidium oceanicum</i>	239	0	0	80
<i>Protooperidium steinii</i>	138	211	92	147
<i>Rhizosolenia Acuminata</i>	83	18	414	172
<i>Rhizosolenia alata</i>	699	9	239	316
<i>Rhizosolenia calcar</i>	193	0	460	218
<i>Rhizosolenia crapsa</i>	18	0	0	6
<i>Rhizosolenia Hebetata</i>	276	0	0	92
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	11206	18	0	3741
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	55	18	267	113
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	28	9
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	9	3
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	248	0	386	211
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	55	0	0	18
total	11206	7731	6646	203

Tabla 5.

Densidad de especies fitoplanctónicas verticales de todos los meses con su porcentaje

Especies	Marzo	Abril	Mayo	promedio
<i>Asteromphalus brookei</i>	211	0	0	70
<i>Ceratium candelarum</i>	634	2374	0	1003
<i>Ceratium declinatum</i>	3171	3590	0	2254
<i>Ceratium deflexum</i>	0	5438	2535	2658
<i>Ceratium falcatum</i>	4749	0	423	1724
<i>Ceratium furca var. Furca</i>	27779	13304	5176	15420
<i>Ceratium fusus</i>	20325	14626	528	11826
<i>Ceratium longirostrum</i>	0	1583	0	528
<i>Ceratium lúnula</i>	1057	3166	0	1408
<i>Ceratium macrocero</i>	2325	0	0	775

<i>Ceratium massiliense</i>	10713	12727	4645	9362
<i>ceratium porrentum</i>	15524	14469	6073	12022
<i>ceratium strictum</i>	264	0	0	88
<i>Ceratium trichocero</i>	7387	0	0	2462
<i>Ceratium tripos forma tripodioide</i>	3957	0	0	1319
<i>Ceratocorys horrida</i>	0	2325	1373	1233
<i>Chaetocero affinis</i>	0	0	3379	1126
<i>Chaetocero coarctatus</i>	0	2799	9981	4260
<i>Chaetocero danicus</i>	0	0	4645	1548
<i>Chaetocero decipies</i>	0	0	898	299
<i>Chaetocero didymus</i>	0	0	7021	2340
<i>Chaetocero filiferum</i>	0	0	1742	581
<i>Chaetocero lacinosus</i>	0	0	423	141
<i>Chaetocero lorenzianus</i>	0	0	2376	792
<i>climacodium biconcavum</i>	0	264	0	88
<i>climacodium fauenfeldianum</i>	845	0	0	282
<i>coscinudiscus excentricus</i>	0	4650	0	1550
<i>coscinudiscus granu</i>	2325	4439	0	2255
<i>coscinudiscus nitidus</i>	3171	0	0	1057
<i>coscinudiscus radiacus</i>	211	0	0	70
<i>Cyclotella sp.</i>	6492	0	0	2164
<i>Dinophysis caudata</i>	9451	5438	0	4963
<i>Glossleriella tropica schutl</i>	6764	0	0	2255
<i>Goniodoma polyendricum</i>	36860	0	0	12287
<i>Leptocylindricus danicus cleve</i>	0	0	2799	933
<i>Nitzschia seriata</i>	4016	0	0	1339
<i>Ornithocercus thumii</i>	0	0	1847	616
<i>Phyropacus steinii</i>	0	16632	7813	8148
<i>pleurosigma angulatum</i>	1480	0	0	493
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	423	141
<i>Protoperidinium depressum</i>	14458	15419	2269	10715
<i>Protoperidinium quarnerense</i>	25333	10454	0	11929
<i>Protoperidium cladicans</i>	2902	0	0	967
<i>Protoperidium oceanicum</i>	4485	1583	0	2023
<i>Protoperidium steinii</i>	10031	4749	0	4927
<i>Rhizosolenia Acuminata</i>	1848	1319	12302	5157
<i>Rhizosolenia alata</i>	8658	0	2376	3678
<i>Rhizosolenia calcar</i>	898	264	6336	2499
<i>Rhizosolenia Hebetata var</i>	211	0	791	334
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	1109	423	511
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	3382	264	5702	3116
<i>Rhizosolenia robusta</i>	211	0	845	352
<i>Rhizosolenia setigera</i>	211	0	0	70
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	528	176
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	2641	0	2165	1602

<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	528	176
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	2641	0	2165	1602
<i>sthephanopyxis turris</i>	634	0	0	211
total	245616	142984	98364	2895

Tabla 6.

Densidad de especies de Rhizosolenias superficiales de todos los meses con su porcentaje

Especies	Marzo	Abril	Mayo	promedio
<i>Rhizosolenia Acuminata</i>	83	18	414	172
<i>Rhizosolenia alata</i>	699	9	239	316
<i>Rhizosolenia calcar</i>	193	0	460	218
<i>Rhizosolenia crapsa</i>	18	0	0	6
<i>Rhizosolenia Hebetata</i>	276	0	0	92
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	18	0	6
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	55	18	267	113
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	28	9
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	9	3
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	248	0	386	211
total	1572	64	1802	115

Tabla 7.

Densidad de especies de Rhizosolenias verticales de todos los meses con su porcentaje

Especies	Marzo	Abril	Mayo	promedio
<i>Rhizosolenia Acuminata</i>	1848	1319	12302	5157
<i>Rhizosolenia alata</i>	8658	0	2376	3678
<i>Rhizosolenia alata var. Curvirostris</i>	898	0	528	475
<i>Rhizosolenia calcar</i>	211	264	6336	2271
<i>Rhizosolenia Hebetata</i>	3382	0	791	1391
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	1109	423	511
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0	264	5702	1989
<i>Rhizosolenia robusta</i>	211	0	845	352
<i>Rhizosolenia setigera</i>	211	0	0	70
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	528	176
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	2641	0	2165	1602
total	18062	2956	31997	1607

Tabla 8.

Densidades poblacionales superficiales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo)

Meses	Densidad	Porcentaje
Marzo	11206	43,80
Abril	7731	30,22
Mayo	6646	25,98
	25583	100

Tabla 9.

Densidades poblacionales verticales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo)

Meses	Densidad	Porcentaje
Marzo	254282	51,30
Abril	142984	28,85
Mayo	98364	19,85
	495630	100

Tabla 10.

Densidades poblacionales de Rhizosolenias superficiales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo)

Meses	Densidad	Porcentaje
Marzo	1572	45,72
Abril	64	1,87
Mayo	1802	52,41
	3438	100

Tabla 11.

Densidades poblacionales de Rhizosolenias verticales con sus porcentajes de las especies fitoplanctónicas descrita en los meses (marzo - mayo)

Meses	Densidad	Porcentaje
Marzo	18062	34,07
Abril	2956	5,58
Mayo	31997	60,35
	53015	100

Tabla 12.

Abundancia relativa de Rhizosolenias superficiales con sus porcentajes descrita en los meses (marzo - mayo)

especies	marzo	abril	mayo
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	5	29	23
<i>Rhizosolenia alata</i>	44	14	13
<i>Rhizosolenia calcar</i>	12	0	26
<i>Rhizosolenia crapsa</i>	1	0	0
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	18	0	0
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	29	0
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	4	29	15
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	2
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0	0	1
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	16	0	21

Tabla 13.

Abundancia relativa de Rhizosolenias verticales con sus porcentajes descrita en los meses (marzo - mayo)

especies	marzo	abril	mayo
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	10	45	38
<i>Rhizosolenia alata</i>	48	0	7
<i>Rhizosolenia alata var. Curvirostris</i>	0	0	2
<i>Rhizosolenia calcar</i>	5	9	20
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	1	0	2
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	38	1
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	19	9	18
<i>Rhizosolenia robusta</i>	1	0	3
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	0	0
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	1	0	2
<i>Rhizosolenia Styliformis</i>	15	0	7

Tabla 14.

Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en marzo del 2024

Est.	Nitrito	Nitrato	Fosfato	°C	Ups	O ₂	pH
1	0,00533333	0,34266667	0,01600000	25,49	32,24	7,6	8,56
2	0,00166667	0,44666667	0,01366667	23,09	32.3	7,9	8,54
3	0,00100000	0,47400000	0,08833333	23,62	32.18	7,54	8,55

Tabla 15.

Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en abril del 2024

Est.	Nitrito	Nitrato	Fosfato	°C	Ups	O ₂	pH
1	0,00167000	0,38166667	0,09100000	27.88	31.84	4.35	8.54
2	0,00167000	0,26033333	0,08833333	27.61	31,87	4,4	8,53
3	0,00133000	0,43366667	0,08100000	27.95	32.01	4,66	8.55

Tabla 16.

Parámetros ambientales registrados en las estaciones fijas en mayo del 2024

Est.	Nitrito	Nitrato	Fosfato	°C	Ups	O ₂	pH
1	0.013	0,36	0,26	27,39	31,61	4,83	8,62
2	0,003	0,32	0,5	27,63	31,35	4,88	8,65
3	0,024	0,46	0,79	27,61	31,05	6,06	8,64

Santa Elena, 01 de julio del 2024

La suscrita **Blga. ETELVINA VERA BORBOR, M.Sc.**, Investigadora Oceanográfica y en calidad de especialista en Fitoplancton (Diatomeas y Dinoflagelados) desde el 2004 y en funciones.

CERTIFICA:

Que la señorita **RODRÍGUEZ PERERO SASKIA LISBETH** con C.I. 0928022177, realizo su periodo de Investigación Fitoplanctonica, desde marzo a mayo del 2024, con base al Proyecto "Rhizosolenias, como indicadores de condiciones hidrológicas en la bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas" en la que uno de los parámetros a investigarse como tema de tesis fueron las diatomeas (Rhizosolenias), el cual fue acogido por el Srta. Rodríguez.

Que, la señorita Rodríguez, solicitó la colaboración de la suscrita para validar la determinación taxonómica de este grupo de fitoplancton en particular.

Para el estudio de las diatomeas (Rhizosolenias), la suscrita validó la corroboración taxonómica de forma voluntaria, las especies enviadas en forma fotográficas, identificándose 12 especies de Rhizosolenias, todas encontradas en la bahía de Santa Elena La Libertad - Salinas. El conocimiento adquirido será de gran importancia ecológica para el sector.

Por lo que doy fe y testimonio de lo antes mencionado por solicitud de la interesada.

Atentamente.



Firmado electrónicamente por:
**ETELVINA ESTHER
VERA BORBOR**

Blga. Etelvina Vera Borbor., M.Sc.

C.I. 0917518458

Investigadora Oceanográfica

Telef. 0981023453

E-mail: everabor@yahoo.com