



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

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**TEMA:**

**RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE  
NUTRIENTES ASOCIADOS AL AFLORAMIENTO DEL  
FITOPLANCTON EN BALENITA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**AUTOR:**

**ANGULO LUCAS ANTHONY FABRIZIO**

**TUTORA:**

**BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO, M.SC.**

**PERIODO ACADEMICO**

**2024-1**



**UPSE**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**

**RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE  
NUTRIENTES ASOCIADOS AL AFLORAMIENTO DEL  
FITOPLANCTON EN BALLENTA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

**AUTOR**

**ANGULO LUCAS ANTHONY FABRIZIO**

**DOCENTE**

**BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO, M.SC.**

**PERIODO ACADÉMICO**

**2024-1**

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "**Relación de la temperatura y concentración de nutrientes asociados al afloramiento del fitoplancton en Ballenita, provincia de Santa Elena.**", elaborado por **Angulo Lucas Anthony Fabrizio** 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 Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



---

Blga. Mayra Cuenca Zambrano MSc.

**DOCENTE TUTOR**

**C.I. 1712887767**

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular, **“Relación de la temperatura y concentración de nutrientes asociados al afloramiento del fitoplancton en Ballenita, Santa Elena”**, elaborado por **Angulo Lucas Anthony Fabrizio**, 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 Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, MSc.

**DOCENTE DEL ÁREA**

**C.I. 0913042008**

## **DEDICATORIA**

Con profunda gratitud, dedico éste trabajo de titulación principalmente a mi madre y a mi familia, por su apoyo incondicional, amor inagotable y por su constante ánimo y confianza. A mis profesores y mentores, cuya guía y sabiduría han sido fundamentales en este camino. Este logro es tanto suyo como mío.

*Angulo Lucas Anthony Fabrizio*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento en primer lugar, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a la Facultad de Ciencias del Mar, por proporcionarme los recursos y el entorno necesario para llevar a cabo esta investigación y compartir su conocimiento y experiencia e inspirarme a alcanzar siempre la excelencia académica

A mi tutora, Blga. Mayra Cuenca Zambrano, por su invaluable guía, paciencia y conocimientos. Sus consejos y apoyo han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto oceanografico de la armada por la asistencia y guía del Dc. Freddy Edinson Hernández Vaca.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de estudios, por su apoyo y consejos que me ayudaron a ver las cosas desde diferentes perspectivas.

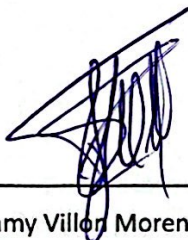
A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Esta tesis es un reflejo de la colaboración y el esfuerzo compartido.

*Angulo Lucas Anthony Fabrizio*

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de Integración Curricular presentado por ANGULO LUCAS ANTHONY FABRIZIO como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

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



Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

**DIRECTOR DE CARRERA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



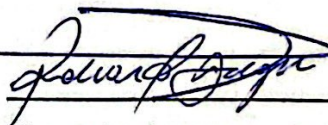
Blga. Dadsania Rodriguez, MSc.

**PROFESOR DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



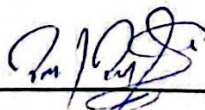
Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, MSc.

**DOCENTE GUIA DE LA UIC II  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

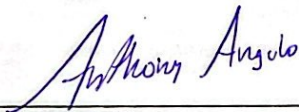


Lcdo. Pascual Roca, MSc.

**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **ANGULO LUCAS ANTHONY FABRIZIO** con cedula de identidad No: **0931042493** declaro bajo juramento que la responsabilidad de las ideas, contenido y análisis de los resultados expuestos en este trabajo de integración curricular me corresponden de manera exclusiva y de patrimonio intelectual del mismo lo comparto con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



---

**ANGULO LUCAS ANTHONY FABRIZIO**

**CI: 0931042493**



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	VIII
GLOSARIO .....	XIII
ABREVIATURAS .....	XV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT .....	XVIII
CAPITULO I.....	19
1. INTRODUCCIÓN .....	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	23
4. OBJETIVOS .....	26
5.1.    Objetivo general.....	26
5.2.    Objetivos específicos.....	26
5. HIPÓTESIS .....	26
CAPITULO II.....	27
6. MARCO TEÓRICO .....	27
7.1.    Fitoplancton .....	27
7.2.    Composición fitoplanctónica .....	27

7.3.	Procesos físicos y la estructura del fitoplancton .....	28
7.4.	Importancia del Fitoplancton .....	29
7.5.	Distribución y hábitat .....	30
7.6.	Diversidad de fitoplancton.....	31
7.7.	Estado trófico .....	31
7.8.	Importancia del fitoplancton como indicadores biológicos .....	32
7.9.	La temperatura y los nutrientes en el océano .....	32
7.10.	Características morfológicas de especies de fitoplancton identificados en Ballenita.....	34
7.10.1.	Rhizosoleniaceae .....	34
7.10.2.	Chaetocerotaceae .....	35
7.10.3.	Coscinodiscaceae .....	36
7.10.4.	Ceratiaceae .....	37
7.10.5.	Prorocentraceae.....	38
7.10.6.	Stephanopyxidaceae.....	39
7.10.7.	Hemiaulaceae.....	40
7.10.8.	Leptocylindraceae .....	41
7.11.	COPERNICUS.....	42
7.	METODOLOGÍA .....	43
8.1.	Área de estudio.....	43
8.2.	Fase de campo .....	44
8.2.1.	Recolección de muestras .....	44
8.3.	Fase de laboratorio .....	44
8.3.1.	Análisis de muestras.....	44
8.3.2.	Identificación de organismos .....	45

8.3.3.	Índice de Shannon Weaver.....	45
8.3.4.	Índice de Pielou.....	46
8.3.5.	Índice de Simpson.....	47
8.3.6.	Fuente de datos .....	47
8.3.9.	Comprobación de normalidad de los datos de índices ecológicos. ....	51
8.3.10.	Correlación de Pearson.....	51
8.3.11.	interpretación del coeficiente. ....	51
CAPITULO III.....		53
8.	RESULTADOS .....	53
9.1.	Diversidad de organismos por estaciones y meses de muestreo .....	54
9.2.	Gráfico unificado de la diversidad de organismos por estaciones y meses de muestreo.....	59
9.3.	Diversidad mensual total .....	61
9.4.	Densidad de organismos por estaciones y meses de muestreo.....	62
9.5.	Parámetros ambientales .....	67
□	Temperatura superficial del mar.....	67
9.6.	Concentración de nutrientes.....	68
9.7.	Relación de los grupos fitoplanctónicos y parámetros ambientales .....	70
□	Correlación Pearson de la diversidad de organismos y parámetros físico – químicos.....	70
□	Correlación de la diversidad de organismos y nutrientes del agua.....	73
□	Correlación de la densidad de organismos y nutrientes del agua .....	74
9.	DISCUSIÓN .....	76
10.	CONCLUSIÓN .....	80
11.	RECOMENDACIONES.....	82

12.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
13.	ANEXOS .....	98

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1</b>	Diversidad de organismos por estaciones del mes de octubre.....	54
<b>Gráfica 2</b>	Diversidad de organismos por estaciones del mes de noviembre. ....	55
<b>Gráfica 3</b>	Diversidad de organismos por estaciones del mes de diciembre. ....	56
<b>Gráfica 4</b>	Diversidad de organismos por estaciones del mes de enero.....	57
<b>Gráfica 5</b>	Diversidad de organismos por estaciones del mes de febrero. ....	58
<b>Gráfica 6</b>	índices de diversidad (Shannon/H, Índice de Pielou y Índice de Simpson) a lo largo de los meses y las estaciones.....	59
<b>Gráfica 7</b>	Diversidad mensual total.....	61
<b>Gráfica 8</b>	Densidad de organismos por estaciones del mes de octubre. ....	62
<b>Gráfica 9</b>	Densidad de organismos por estaciones del mes de noviembre. ....	63
<b>Gráfica 10</b>	Densidad de organismos por estaciones del mes de diciembre. ....	64
<b>Gráfica 11</b>	Densidad de organismos por estaciones del mes de enero. ....	65
<b>Gráfica 12</b>	Densidad de organismos por estaciones del mes de febrero.....	66
<b>Gráfica 13</b>	Temperatura superficial del mar por meses.....	67
<b>Gráfica 14</b>	concentraciones de nutrientes ( $\text{NO}_3^-$ ; $\text{PO}_4^{3-}$ ; $\text{SiO}_4^{4-}$ ).....	68
<b>Gráfica 15</b>	Correlación de Pearson entre índice de Shannon H y TMS .....	70
<b>Gráfica 16</b>	Correlación de Pearson entre densidad y TMS.....	71
<b>Gráfica 17</b>	correlación de nutrientes y parámetros físicos.....	72
<b>Gráfica 18</b>	Correlación entre índice de Shannon H y nutrientes del agua.....	73
<b>Gráfica 19</b>	Correlación entre densidad total y nutrientes del agua. ....	74

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Estructura pelágica según las condiciones de nutrientes y turbulencia .....	29
---	----

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1</b> Distribución de los meses, muestreos y número de muestras recolectadas. ....	44
<b>Tabla 2</b> Cuadro de interpretación del coeficiente de Pearson. ....	52
<b>Tabla 3</b> familias registradas en los monitoreos. ....	53
<b>Tabla 4</b> Densidad de fitoplancton a lo largo de los meses de estudio.....	69

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1</b> Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo. ....	43
<b>Figura 2</b> Catálogo de Productos. ....	48
<b>Figura 3</b> Definir dataset y seleccionar variables. ....	49
<b>Figura 4</b> Selección de área de interés, fechas y profundidad. ....	49
<b>Figura 5</b> Visualización de datos en Panoply. ....	50
<b>Figura 6</b> Visualización de datos en QGIS.....	50

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Géneros Por Densidad De Población.....	98
<b>Anexo 2</b> tabla de datos.....	98

<b>Anexo 3</b> correlación nutrientes y densidad .....	98
<b>Anexo 4</b> correlación nutrientes y densidad .....	98
<b>Anexo 5</b> índices ecológicos.....	98
<b>Anexo 6</b> toma de muestra en zona mareal de ballenita - Santa Elena. ....	99
<b>Anexo 7</b> recolección de muestra.....	99
<b>Anexo 8</b> Análisis de muestras e identificación en el laboratorio. ....	100

## GLOSARIO

**Afloramiento:** Proceso mediante el cual aguas más frías y ricas en nutrientes suben a la superficie del océano, generalmente como resultado de la acción de los vientos costeros.

**Biomasa:** Cantidad total de materia orgánica viva presente en un área o volumen determinado, expresada en términos de peso seco o volumen.

**Densidad:** Medida de la cantidad de masa de un objeto por unidad de volumen, comúnmente expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

**Eutrofización:** Fenómeno donde un cuerpo de agua se enriquece en nutrientes, especialmente nitratos y fosfatos, lo que provoca un aumento excesivo de algas y la disminución de oxígeno disponible.

**Dinámica:** Estudio de los cambios y fuerzas que afectan el comportamiento de los sistemas, ya sean físicos, biológicos o sociales, a lo largo del tiempo.

**Teledetección:** Técnica de recopilación de información sobre un objeto o área a través del uso de dispositivos a distancia, como satélites o aviones, que capturan imágenes y datos.

**Productividad:** Tasa a la cual los organismos en un ecosistema, como plantas y algas, producen materia orgánica nueva a partir de la fotosíntesis o quimiosíntesis.

**Autótrofo:** Organismo que es capaz de sintetizar su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas utilizando energía lumínica (fotosíntesis) o química (quimiosíntesis).

**Formaldehído:** Compuesto químico con la fórmula  $\text{CH}_2\text{O}$ , utilizado en la fabricación de productos químicos y como desinfectante y preservativo.

**Nitrato:** Ión inorgánico con la fórmula química  $\text{NO}_3^-$ , esencial para el crecimiento de las plantas, ya que forma parte de su nutrición nitrogenada.

**Fosfato:** Ión poliatómico con la fórmula química  $\text{PO}_4^{3-}$ , crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y animales, y una parte integral de las moléculas de ADN y ARN.

**Silicato:** Grupo de minerales formados por silicio y oxígeno, a menudo en combinación con otros elementos, que son componentes esenciales de la corteza terrestre y desempeñan un papel importante en la nutrición de las plantas acuáticas.



## **ABREVIATURAS**

**TSM:** temperatura superficial del mar

**pH:** potencial hidrógeno

**ENSO:** El niño oscilación del sur

**FAN:** proliferación de algas nocivas

**CSIC:** instituto de ciencias del mar

**Km:** kilómetro

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**mi:** millas

**Cel:** célula

**Cm<sup>3</sup>:** centímetro cúbico

**ml:** mililitro

**HP:** caballos de fuerza

**N:** Número de individuos

**DV:** Volumen total diluido en ml

**SV:** Volumen total alícuota

**TN:** Número total de plancton en la alícuota Q= Agua filtrada por la red.

**A:** Área de la boca de la red

**D:** Distancia recorrida en metros

**Coef:** Coeficiente = 1

**H':** Índice de diversidad

**Pi:** abundancia proporcional de especies

**Log:** logaritmo

**$\mathfrak{S} = \text{Log}(s)$**

**H'**: Índice de diversidad Log: logaritmo

**(s)**: número de especies

**D**: diversidad de las especies o índice de dominancia

**Pi**: abundancia proporcional

**NetCDF-4**: Common Network Data From

**°C**: grados centígrados

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: nitrato

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**: fosfato

**SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>**: silicato

**mg/L**: miligramos por litro

# RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES ASOCIADOS AL AFLORAMIENTO DEL FITOPLANCTON EN BALLENITA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

Autor: Angulo Lucas Anthony Fabrizio

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

## RESUMEN

El fitoplancton marino juega un papel crucial en la cadena alimenticia y como indicador biológico de las condiciones oceánicas. El principal enfoque del estudio fue analizar la variación de la densidad y diversidad del fitoplancton correlacionado con la temperatura superficial y la concentración de nutrientes, obteniendo la información del programa COPERNICUS y la toma de datos en 5 meses con un total de 30 muestreos en 3 estaciones 2 veces por mes, a lo largo de la zona marina de Ballenita – Santa Elena, se registró un total de 12 familias de fitoplancton dentro de ellas se encontraron 7 Diatomeas, 4 Dinoflagelados, 1 Microalgas verdes, la familia con mayor registro fue *Rhizosoleniaceae*, la mayor densidad se obtuvo en Enero con 254.12 Cel/ m<sup>3</sup>, en el mes de Febrero se registró una mayor diversidad con un índice de Shannon H de 4.35 bits, la variación de parámetros no presentó correlaciones significativas con la densidad, sin embargo con la diversidad existe una relación débil a moderada con una correlación de 0.57. la fluctuación de los nutrientes durante el estudio fue poco significativa, la relación entre los nutrientes y la densidad son levemente significativas, al igual que en la relación entre los nutrientes y la diversidad, al estudiar la variación del fitoplancton se comprende mejor la dinámica del ecosistema costero y su respuesta a los cambios ambientales, contribuyendo al conocimiento global de los procesos oceanográficos y a la mejora de los modelos de predicción sobre la respuesta de los ecosistemas marinos al cambio ambiental.

**Palabras claves:** Temperatura superficial, índices ecológicos, nutrientes, afloramiento, copernicus.

# RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES ASOCIADOS AL AFLORAMIENTO DEL FITOPLANCTON EN BALLEINITA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

Autor: Angulo Lucas Anthony Fabrizio  
Tutora: Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

## ABSTRACT

Marine phytoplankton plays a crucial role in the food chain and as a biological indicator of ocean conditions. The main focus of the study was to analyze the variation in the density and diversity of phytoplankton correlated with surface temperature and nutrient concentration, obtaining information from the COPERNICUS program and collecting data in 5 months with a total of 30 samples in 3 stations. Twice a month, throughout the marine area of Ballenita – Santa Elena, a total of 12 families of phytoplankton were recorded, within which 7 Diatoms, 4 Dinoflagellates, 1 Green Microalgae were found, the family with the highest record was *Rhizosoleniaceae*, The highest density was obtained in January with 254.12 Cel/m<sup>3</sup>, in the month of February a greater diversity was recorded with a Shannon H index of 4.35 bits, the variation of parameters did not present significant correlations with the density, however with the diversity there is a weak to moderate relationship with a correlation of 0.57. The fluctuation of nutrients during the study was not very significant, the relationship between nutrients and density is slightly significant, as is the relationship between nutrients and diversity. By studying the variation of phytoplankton, the dynamics of the ecosystem are better understood. coastal environment and its response to environmental changes, contributing to global knowledge of oceanographic processes and the improvement of prediction models on the response of marine ecosystems to environmental change.

**Keywords:** Superficial temperature, ecological indices, nutrients, upwelling, stations, copernicus.

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos costeros son de gran importancia al ser considerados los más ricos en términos de producción primaria, la cual, es la base de la red trófica. Su presencia afecta significativamente el crecimiento, reproducción y características de las poblaciones de organismos superiores en el medio marino (Hernandez, 2019).

Es importante considerar que los ecosistemas marinos representan formas de fitoplancton que se caracterizan por su diversidad, abundancia y distribución, porque de esto depende su adaptación a las propiedades abióticas y bióticas del sistema de la columna de agua (Kampel, 2017).

El fitoplancton, es compuesto principalmente por microorganismos fotosintéticos como las diatomeas, las dinoflageladas y las cianobacterias, es sensible a una serie de factores ambientales, entre los cuales la temperatura y la disponibilidad de nutrientes son críticos (Vernet & Cape, 2019). El fenómeno del afloramiento, caracterizado por el ascenso de aguas profundas y ricas en nutrientes hacia la superficie, es fundamental para el florecimiento del fitoplancton en las regiones costeras (Torres & Andrade, 2006).

La temperatura del agua juega un papel importante en la regulación del metabolismo y el crecimiento del fitoplancton. A temperaturas óptimas, las tasas de

reproducción y la biomasa de fitoplancton tienden a aumentar (Trimmer, 2015). Sin embargo, las temperaturas extremas pueden afectar negativamente a estas poblaciones y cambiar su composición y diversidad (Schloss, 2020).

Por otro lado, las concentraciones de nutrientes como nitratos, fosfatos y silicatos son fundamentales para el desarrollo del fitoplancton. Durante los procesos de afloramiento, las corrientes oceánicas transportan agua profunda rica en nutrientes a la superficie, lo que estimula el crecimiento explosivo de fitoplancton. Este fenómeno es importante para la productividad biológica de las zonas costeras y la sostenibilidad de los ecosistemas marinos.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los cambios climáticos globales tienen conexión con la variabilidad en la tasa de perturbación ecológica en áreas cercanas a la costa y en ambientes oceánicos, dichos procesos han sido involucrados para explicar la declinación del coral e incremento en el bloom de algas nocivas, especialmente en el incremento de radiación ultravioleta y la presión en impactos antropogénicos como la sobre explotación de la pesca, contaminación marina, eutrofización, entre otros factores, enunciados por Marshall et al., (2000).

En la costa de Ballenita, el fitoplancton desempeña un papel crucial en la biodiversidad marina y la productividad del ecosistema. Sin embargo, la dinámica de este fitoplancton, particularmente durante los eventos de afloramiento, está influenciada por múltiples factores ambientales, siendo la temperatura del agua y la concentración de nutrientes dos variables clave (Tapia, 2009).

La zona de estudio en cuestión fue considerada debido a que es una playa que presenta mucha incidencia antropogénica por el turismo, pesca e industrias. Considerando estos puntos se puede deducir que puede existir alteraciones en el medio marino provocando el desbalance ecológico de las diferentes comunidades de organismos como en el caso del fitoplancton.

El fenómeno del afloramiento del fitoplancton, caracterizado por el ascenso de aguas profundas y ricas en nutrientes hacia la superficie, impulsa el crecimiento explosivo de microorganismos fotosintéticos en la región costera de Ballenita. La

temperatura del agua juega un papel fundamental en la regulación de la actividad metabólica y el crecimiento del fitoplancton, mientras que la concentración de nutrientes, como nitratos, fosfatos y silicatos, es esencial para su desarrollo saludable (Behrenfeld, et al., 2006).

Sin embargo, la relación entre la temperatura del agua y la concentración de nutrientes durante el ascenso del fitoplancton Ballenita aún no se comprende completamente. Esta falta de información es un tema importante en el manejo y conservación de los recursos naturales marinos de la región y en la comprensión de los posibles efectos del cambio climático en los ecosistemas costeros.

Por lo tanto, existe la necesidad de estudiar y comprender la relación entre el agua temperaturas. y contenido de nutrientes durante los eventos de surgencia de fitoplancton de Ballenita.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

En Ballenita (Santa Elena), la relación entre las variables mencionadas es objeto de estudio para analizar la variación del fitoplancton en la zona de estudio y comprender mejor la dinámica de este ecosistema costero y su respuesta a los cambios ambientales, incluidos los relacionados con el calentamiento global y la acidificación de los océanos. Investigaciones en esta área pueden proporcionar información de gran importancia para la gestión y conservación de los recursos marinos, así como para predecir y mitigar posibles impactos ambientales.

El 70% de la producción primaria en la superficie de la tierra la domina el fitoplancton marino, donde desempeña varias funciones en los ecosistemas. Sin embargo, su principal función es la canalización de la energía y materia en la cadena alimenticia, además, pueden servir como indicadores biológicos de las condiciones de los océanos (Righetti et al., 2019). La diversidad de especies de fitoplancton en el océano es un tema muy importante para los ecologistas, ya que la temperatura ejerce un control clave sobre las tasas metabólicas de estos organismos, por lo tanto, promueve la diversificación y una mayor riqueza de especies en áreas tropicales.

Ballenita alberga una rica biodiversidad marina, y el fitoplancton desempeña un papel esencial en la base de la cadena alimentaria y en la producción primaria de estos ecosistemas. Entender cómo los factores ambientales, como la temperatura y los nutrientes, afectan el crecimiento y la distribución del fitoplancton es crucial para conservar la salud y la diversidad de estos ecosistemas marinos. Comprender cómo los eventos de afloramiento afectan la disponibilidad de alimento para las

poblaciones de peces puede mejorar las estrategias de gestión pesquera y promover la sostenibilidad de las pesquerías en la región.

En un contexto de cambio climático, se espera que los patrones de temperatura y los eventos de afloramiento experimenten cambios significativos. Investigar cómo estos cambios afectan la productividad y la composición del fitoplancton en Ballenita es fundamental para anticipar los posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas costeros y para desarrollar estrategias de adaptación efectivas a largo plazo (Latorre & Schloss, 2017).

En base a lo anterior, el presente trabajo busca determinar la incidencia de los parámetros físico – químicos (temperatura superficial del mar y concentración de nutrientes) en la variación de las comunidades fitoplanctónicas complementando el trabajo con la información obtenida de sensores remotos y la base de datos del programa “Copernicus” para la obtención de parámetros ambientales mediante un método poco convencional y tomando en cuenta las variaciones físicas y químicas en esta época, lo cual altera significativamente las condiciones oceánicas y por ende afectara a los organismos marinos.

El estudio de la relación entre la temperatura del agua, la concentración de nutrientes y el fitoplancton en Ballenita puede aportar información importante a la ciencia oceanográfica y la ecología marina. Los hallazgos de esta investigación pueden contribuir al entendimiento global de los procesos oceanográficos y ayudar

a mejorar los modelos de predicción sobre la respuesta de los ecosistemas marinos al cambio ambiental.

En resumen, esta investigación es esencial para abordar preguntas fundamentales sobre la salud y la dinámica de los ecosistemas marinos, así como para informar estrategias de gestión ambiental y adaptación al cambio climático en la región de Ballenita y más allá. Los resultados de este estudio pueden tener implicaciones significativas para la conservación de la biodiversidad marina, la sostenibilidad de los recursos pesqueros y la resiliencia de las comunidades costeras frente a los desafíos ambientales actuales y futuros.

## **4. OBJETIVOS**

### **5.1.Objetivo general**

- Analizar la variación de temperatura superficial del mar y la concentración de nutrientes en el agua mediante la información del programa copernicus e índices ecológicos determinando el estado del fitoplancton en la zona de estudio.

### **5.2.Objetivos específicos**

1. Estimar la densidad y diversidad del fitoplancton mediante conteo de células y el cálculo de índices ecológicos.
2. Establecer la concentración de nutrientes y temperatura superficial del mar mediante el programa copernicus.
3. Comparar los resultados obtenidos estableciendo el mes de mayor afloramiento del fitoplancton.

## **5. HIPÓTESIS**

**H1:** La relación de la temperatura y concentración de nutrientes incide en los afloramientos del fitoplancton.

## **CAPITULO II**

### **6. MARCO TEÓRICO**

#### **7.1. Fitoplancton**

El término fitoplancton proviene de las palabras griegas φυτον (phyton - planta) y πλαγκτος (planktos - migrante). Los organismos acuáticos que contienen plancton y que actúan como productores primarios se denominan fitoplancton (Vera, 2022). Son un grupo de organismos autótrofos que viven separados sin apego a ningún lugar y están adaptados a la suspensión de aguas abiertas, sistemas lénticos, ríos y zonas pelágicas, donde obtienen su alimento captando energía solar durante la fotosíntesis (Oliva-Martínez et al., 2014). La distribución de este grupo en la columna de agua se limita a la fotozona, debido a que no se encuentran en lugares profundos, debido a que dependen de la energía solar, que es un elemento esencial para su supervivencia (del Carmen Cuéllar & Rivera, 2010).

#### **7.2. Composición fitoplanctónica**

La composición del fitoplancton es muy diversa, por lo que está representado por organismos procariotas como las cianobacterias y organismos eucariotas como las diatomeas, dinoflagelados y algas verdes, donde estos tres últimos grupos pueden suponer alrededor del 40%, 40% y 16%. respectivamente. una especie que se encuentra en el fitoplancton marino.

El primer grupo de organismos eucariotas son las diatomeas, algas microscópicas, autótrofas, fotosintéticas y unicelulares que constituyen aproximadamente la mitad

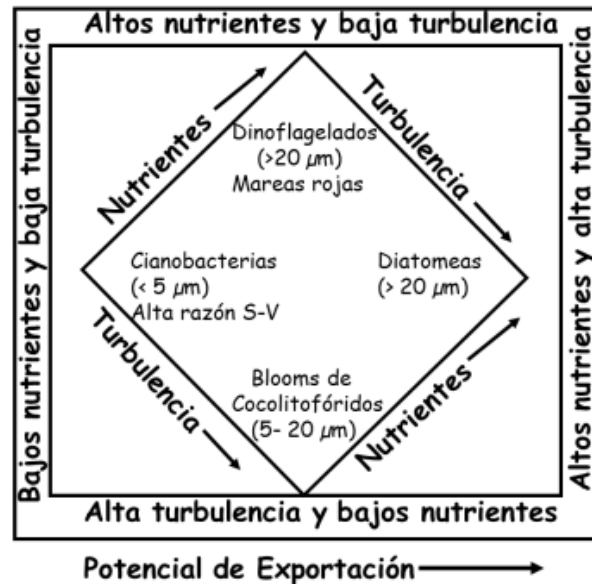
de la biomasa de fitoplancton en los océanos. Estos organismos se encuentran en casi todos los ambientes acuáticos, algunos de los cuales pueden ser solitarios y otros también pueden vivir en colonias, formando cadenas de hasta 200 micras de tamaño (Álvaro, 2008).

Según (Cabrera-Carreño & Alió-Mingo, 2020) en Ecuador la comunidad de fitoplancton estuvo representada por 2 grupos taxonómicos: diatomeas representadas por 7 géneros que agruparon 16 especies; y dinoflagelados con 2 géneros y 6 especies.

### **7.3. Procesos físicos y la estructura del fitoplancton**

Los procesos físicos determinan la estructura pelágica y estos procesos físicos afectan directamente el crecimiento del fitoplancton y cómo afecta la red alimentaria del océano. Explican que la turbulencia, o el transporte vertical de nutrientes hacia las capas superficiales, puede ser causada por una variedad de mecanismos físicos, como ondas internas, mareas, remolinos ciclónicos (escala media), bombeo de Ekman y tormentas atmosféricas. Las tendencias en la estructura pelágica pueden reconocerse por la turbulencia y los sistemas alimentarios. En condiciones de baja turbulencia y disponibilidad de nutrientes, la estructura del ecosistema tiende a tener células pequeñas, altas tasas de regeneración y una intensa competencia por los nutrientes, generalmente dominada por microbios (Comas, 2017).

En condiciones de abundancia de nutrientes y alta turbulencia, las células son grandes, las biomásas son mayores y se produce una selección para un rápido



**Ilustración 1.** Estructura pelágica según las condiciones de nutrientes y turbulencia

crecimiento celular. Las altas concentraciones de nutrientes y la baja turbulencia crean condiciones favorables para las algas nocivas. En latitudes altas conocidas como HNLC (zonas ricas en nutrientes y baja clorofila) se desarrollan condiciones de alta turbulencia y altos nutrientes (Ceseña, 2015).

#### 7.4.Importancia del Fitoplancton

El fitoplancton juega un papel importante en el estudio de los fenómenos naturales, debido a que ciertos grupos de fitoplancton, dependiendo de los cambios en su actividad biológica, pueden ser indicadores de cambios en las condiciones físicas y químicas del agua durante tiempos de temperaturas frías o calientes (Vásquez, 2023). Su importancia radica en que forman parte del ciclo del carbono del planeta, además son fuente de oxígeno atmosférico y alimento para otros organismos (Pérez,

2022). Estos organismos fotosintéticos tienen requisitos estrictos de temperatura y salinidad. Una de las características de un evento de El Niño Oscilación del Sur (ENSO) es que las poblaciones de diatomeas disminuyen y el grupo de dinoflagelados aumenta (Rojas & R. Ortiz, 2007).

### **7.5.Distribución y hábitat**

Las floraciones se presentan de diferentes formas dependiendo de la especie y la cantidad de agua, pueden ocurrir en la superficie y/o a cierta profundidad en la columna de agua, se ven favorecidas por diferentes condiciones ambientales, como contenido excesivo de nutrientes, temperatura, alta intensidad de la luz, pH, estabilidad de la columna de agua (por falta de viento) (Almanza et al., 2016).

Los procesos poblacionales, como el aumento de la tasa de crecimiento y la capacidad de competir con otras algas o la reducción del pastoreo, la dispersión, la sedimentación y la mortalidad, también afectan el inicio y el desarrollo de las floraciones. En condiciones óptimas, toda la producción primaria (la tasa de producción de biomasa de fitoplancton) se asimila, pero si la producción excede el consumo, el fitoplancton se acumula y puede volverse visible, provocando cambios en el color del agua (a menudo amarillo, verde, rojo o marrón) y/o estructura del agua (Silva, 2021).



### **7.6.Diversidad de fitoplancton**

La diversidad de especies de fitoplancton se ha utilizado para evaluar las perturbaciones ambientales en los hábitats marinos en relación con la proliferación de algas nocivas (FAN) (Peraza-Escarrá et al., 2019).

### **7.7.Estado trófico**

El estado trófico de lagos y humedales describe la relación entre la concentración de nutrientes y el crecimiento de materia orgánica en ellos. En este sentido, la eutrofización se produce por un aumento de los nutrientes disponibles para las plantas en los cuerpos de agua. Este es un proceso natural que puede atribuirse a fuentes antropogénicas de nutrientes (Pulido, 2015).

Los principales nutrientes que contribuyen a la eutrofización son el nitrógeno y el fósforo, aunque el nutriente limitante suele estar asociado a la clasificación del estado trófico. Aunque los efectos de la eutrofización, como la proliferación de algas, son fáciles de ver, el proceso es complejo y difícil de cuantificar. No se pueden establecer límites estrictos a la clasificación del estado trófico, considerando la compleja interacción de diversas variables que afectan la eutrofización (Zoppi, 2019).

### **7.8.Importancia del fitoplancton como indicadores biológicos**

El fitoplancton es un importante productor primario principalmente en la parte de agua dulce de los ecosistemas acuáticos. Su productividad primaria está regulada en gran medida por la disponibilidad de nutrientes y la intensidad de la luz. Cuando la disponibilidad de nutrientes para las algas es alta, las limitaciones espaciales debidas a la luz pueden ralentizar el desarrollo de la comunidad. El resultado de la producción de fotosíntesis es el crecimiento de biomasa, es decir. crecimiento celular (Mence, 2023).

Por otro lado, las ventajas de evaluar la calidad del agua mediante indicadores biológicos como el fitoplancton (microalgas o cianobacterias) permiten reducir el trabajo de campo y determinar de manera aún más precisa las condiciones actuales y pasadas mediante el análisis de la estructura del agua. comunidad de fitoplancton (Encina & Encina, 2022).

### **7.9.La temperatura y los nutrientes en el océano**

El fitoplancton, el "motor verde" del océano, sustenta la vida marina. Una nueva investigación ayuda a predecir su respuesta al calentamiento global. Científicos del Instituto de Ciencias del Mar (CSIC) y de la Universidad de Vigo analizaron la respuesta del fitoplancton al calentamiento en condiciones de alta y baja disponibilidad de nutrientes (Leticia Espinosa-Carreón et al., 2001).

Un principio básico en biología es que cuando la temperatura aumenta, el metabolismo se acelera, lo que significa que los organismos absorben y utilizan

recursos más rápidamente. Desde hace algún tiempo se intenta confirmar este principio utilizando el ejemplo del fitoplancton marino, ya que estos microorganismos son los verdaderos "motores verdes" del océano (Marañón et al., 2017).

La Tierra y su actividad fotosintética mantienen las poblaciones de peces y contribuyen a la regulación del clima. Si un aumento de temperatura aumenta el metabolismo del fitoplancton, esto significa un aumento de la capacidad fotosintética del fitoplancton y, por tanto, un aumento de la fijación de CO<sub>2</sub>. Pero la temperatura no es tan importante como la abundancia de nutrientes, como demuestran científicos de la Universidad de Vigo y del CSIC en un estudio publicado en la revista ISME del grupo Nature.

"En condiciones óptimas, cuando la disponibilidad de nutrientes es alta, la temperatura estimula la fotosíntesis en el fitoplancton", explica el líder del estudio Emilio Maranhão, profesor de la Universidad de Vigo. "Esto ha llevado a predicciones de que la fotosíntesis del fitoplancton puede acelerarse en el océano. En el océano, las temperaturas de la superficie han aumentado más de 2°C en ciertas regiones durante los últimos 100 años, Sin embargo, continúa este investigador, "en la mayor parte de las regiones oceánicas, la concentración de nitrógeno es muy baja, lo que limita la capacidad del fitoplancton para crecer. Por ello decidimos investigar la respuesta del fitoplancton a la temperatura en condiciones de limitación por nutrientes" (NOAA, 2022).

## **7.10. Características morfológicas de especies de fitoplancton identificados en Ballenita.**

### **7.10.1. *Rhizosoleniaceae***

#### **DESCRIPCIÓN**

Rhizosoleniaceae es una familia de diatomeas perteneciente al orden Rhizosoleniales, poseen Células largas, cilíndricas, rectas o ligeramente curvadas con un proceso espinoso en un extremo (CeNCOOS, 2018). Las células pueden ser solitarias o estar en cadenas cortas. Las valvas son cónicas o subcónicas y suelen tener otarios y claspers. Las bandas segmentadas de la cintura se encuentran en columnas longitudinales aproximadamente paralelas al eje perivalvar. Las células tienen numerosos cloroplastos pequeños (Risso et al., 2019).

#### **TAMAÑO**

Células de 7-18  $\mu$  de diámetros, 1 mm. 200  $\mu$  eje apical, 12  $\mu$  eje transapical. Diámetro eje perivalvar mayor.

#### **DISTRIBUCIÓN**

Oceánica, frecuentemente cerca de la costa. En Ecuador se distribuye en toda la franja costera ecuatoriana.

**Clase:** Bacillariophyceae

**Subclase:** Coscinodiscophycidae

**Orden:** Rhizosoleniales

**Familia:** Rhizosoleniaceae



### 7.10.2. *Chaetocerotaceae*

La familia de diatomeas Chaetocerotaceae (Bacillariophyta) es común en el plancton marino en todo el mundo, especialmente en áreas costeras y zonas de surgencia. Su carácter definitorio constituye procesos huecos, llamados setas, que emergen de las valvas de las células vegetativas. La familia comprende dos géneros existentes: *Bacteriastrium* y *Chaetoceros*. La sistemática actual se basa en características morfológicas de células vegetativas y esporas en reposo y se resume en un esquema de clasificación que subdivide *Bacteriastrium* en dos secciones, *Isomorpha* y *Sagittata*, y *Chaetoceros* en tres subgéneros: *Hyalochaete*, *Chaetoceros* (*Phaeoceros*) y *Bacteriastroidea*, y además en 22 secciones (De Luca, 2019).

#### **TAMAÑO**

Cadena de 7 -27  $\mu$  de eje valvar, 45  $\mu$  eje perivalvar, 5  $\mu$  eje transversal.

#### **DISTRIBUCIÓN**

Cerca de las costas

**Clase:** Bacillariophyceae

**Subclase:** Coscinodiscophycidae

**Orden:** Chaetocerotales

**Familia:** Chaetocerotaceae



### 7.10.3. *Coscinodiscaceae*

Células discoidales células en forma de disco. Los bordes de las válvulas tienen rayas radiales, los lados de cada válvula están arqueados y el área central es plana con una roseta prominente en el centro. Franjas radiales formadas por areolas. Suelen ser pequeños y comienzan desde el final de la válvula hasta el centro.

Coscinodiscaceae es una familia de diatomeas del orden Coscinodiscales, constituye uno de los géneros más importantes dentro de las diatomeas centrales debido a su gran diversidad y complejidad morfológica (Carty, 2003).

#### **TAMAÑO**

Esta célula posee un diámetro de: 53 – 60  $\mu$  en cada valva.

#### **DISTRIBUCIÓN**

Oceánica y nerítica

**Clase:** Bacillariophyceae

**Subclase:** Coscinodiscophycidae

**Orden:** Coscinodiscales

**Familia:** Coscinodiscaceae



#### 7.10.4. *Ceratiaceae*

Sus células son asimétricas, comprimidas dorsiventralmente; placas gruesas y bien visibles, a menudo reticuladas, con procesos o cuernos, uno anterior y 2 o 3 posteriores; en la parte media ventral se localiza una placa gruesa y desarrollada, cromatóforos discoideos y numerosos (Quirumbay, 2014).

#### **DISTRIBUCIÓN**

Las especies del género *Ceratium* que representan a los dinoflagelados, son grandes indicadores de aguas cálidas, por lo tanto, cuando se presentan las condiciones de El Niño la población de los dinoflagelados se encuentra predominante en las aguas ecuatorianas

**Filo:** Miozoa

**Subfilo:** Myzozoa

**Superclase:** Dinoflagellata

**Clase:** Dinophyceae

**Orden:** Gonyaulacales

**Familia:** Ceratiaceae



### 7.10.5. *Prorocentraceae*

Los prorocentraceae es una familia de pequeños dinoflagelados. Se distinguen por tener sus dos flagelos insertados apicalmente, en lugar de ventralmente como en otros grupos. Un flagelo se extiende hacia adelante y el otro rodea su base, y no hay surcos flagelares. Esta disposición se llama desmokont, en contraste con la disposición de dinokont que se encuentra en otros grupos (Gul & Saifullah, 2011).

#### **TAMAÑO**

Longitud 35 - 75  $\mu\text{m}$ , anchura 20 - 50  $\mu\text{m}$  (SEE ME Project, 2021)

#### **DISTRIBUCIÓN**

Aguas templadas frías a tropicales

**Filo:** Dinoflagelada

**Clase:** Dinophyceae

**Orden:** Prorocentrales

**Familia:** Prorocentráceae





### 7.10.6. *Stephanopyxidaceae*

Stephanopyxidaceae es una familia de algas del filo Bacillariophyta (diatomeas), clase Coscinodiscophyceae y orden Stephanopyxales. Stephanopyxis con concha semiesférica, decorada con una serie de células rectas paralelas, el disco central está deprimido y densamente denticulado (INTROPICA, 2013).

#### **DISTRIBUCIÓN**

Encontrada en aguas neríticas tropicales y subtropicales cercanas a la costa

**Filo:** Ochrophyta

**Clase:** Bacillariophyceae

**Orden:** Melosirales

**Familia:** Stephanopyxidaceae



### 7.10.7. *Hemiaulaceae*

La familia Hemiaulaceae comprende cuatro géneros, señalados previamente para las aguas chilenas con las siguientes especies: *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, *Hemiaulus sinensis* Greville, *H. membranaceus* Cleve, *Climacodium biconcavum* Cleve, *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin, *E. cornuta* (Cleve) Grunow y *E. zodiacus* Ehrenberg. Como dinoflagelados, los organismos tienen dos flagelos diferentes y tienen características tanto vegetales como animales; su ubicación taxonómica como algas es controvertida (Rivera et al., 2003).

#### **DISTRIBUCIÓN**

Cosmopolita de aguas templadas y tropicales. Planctónica Nerítica y oceánica.

**Clase:** Bacillariophyceae

**Subclase:** Coscinodiscophycidae

**Orden:** Hemiaulales

**Familia:** Hemiaulaceae



### 7.10.8. *Leptocylindraceae*

Son diatomeas largas y cilíndricas que están formadas por múltiples células en línea (descritas como una cadena). Estas células tienen cloroplastos que les permiten producir energía a través de la fotosíntesis al absorber la luz solar y el dióxido de carbono para crear azúcares. Las células están unidas por las paredes celulares llamadas valvas, la pared celular es ligeramente cóncava en un lado y convexa en el otro para que la otra pared celular unida encaje (Saito & Tsuda, 2003).

#### **DISTRIBUCIÓN**

Es una especie de zonas templadas, nerítica, cosmopolita, observada en Venezuela y Colombia.

**División:** Bacillariophyta

**Clase:** Coscinodiscophyceae

**Orden:** Leptocylindrales

**Familia:** Leptocylindraceae



### **7.11. COPERNICUS**

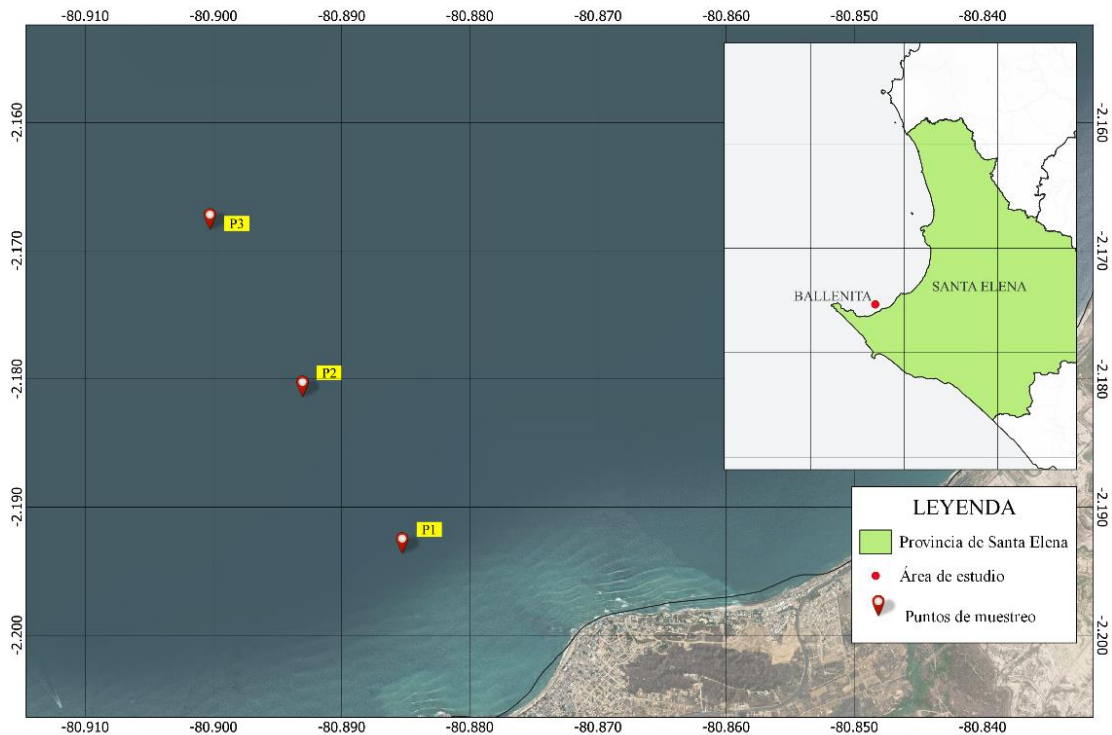
Copernicus dispone de un gran número de satélites propios (familia Sentinel), complementados con misiones participantes (otros satélites comerciales o públicos en órbita).

Los satélites Sentinel están diseñados específicamente para las necesidades del servicio Copernicus y sus usuarios. Con el lanzamiento de Sentinel 1A en 2014, la Unión Europea inició el proceso de poner en órbita casi 20 satélites más para 2030. Copernicus también recopila información de sistemas de campo, como estaciones terrestres, que proporcionan datos obtenidos a través de una variedad de sensores en tierra, mar y aire (programme of the european union, 2018).

## 7. METODOLOGÍA

### 8.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en la Península de Santa Elena, específicamente en el sector de Ballenita ubicado en las coordenadas  $2^{\circ}12'22''$  “S  $80^{\circ}52'55''$  W, encontrándose localizada en la costa del océano pacífico, ruta del Spondylus, Ecuador, direccionada a 5 km de la ciudad de Santa Elena, y a menos de 2 km del Terminal Terrestre Regional de Santa Elena (Pluas, 2022).



#### BALLENITA - SANTA ELENA

**Figura 1** Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo.

**Autor:** Angulo 2024

Puntos de muestreo	Coordenadas
P1	$2^{\circ}11'37.0''$ S $80^{\circ}53'07.0''$ W
P2	$2^{\circ}10'53.0''$ S $80^{\circ}53'35.0''$ W
P3	$2^{\circ}10'06.0''$ S $80^{\circ}54'01.0''$ W

## 8.2.Fase de campo

**Tabla 1** Distribución de los meses, muestreos y número de muestras recolectadas.

MESES	INICIO DE MES	FIN DE MES	# DE MUESTRAS
Octubre	3	3	6
Noviembre	3	3	6
Diciembre	3	3	6
Enero	3	3	6
Febrero	3	3	6
			<b>Total: 30</b>

**Autor:** Angulo 2024

### 8.2.1. Recolección de muestras

La recolección de muestras se realizó en tres puntos partiendo de la costa (1mi), (2mi) y (3mi) en una embarcación de fibra de vidrio con motor de 40HP fuera de borda, mediante una red cónica de arrastre simple de 60u, posteriormente las muestras de fitoplancton fueron preservadas en frascos de 150 ml con formaldehído al 4%.

## 8.3.Fase de laboratorio

### 8.3.1. Análisis de muestras

Las muestras fueron analizadas mediante la ayuda del microscopio en forma de zigzag, con la ayuda de una pipeta se realizó la técnica de goteo propuesta por Semina (1978), obteniéndose el número de cel/m<sup>3</sup>; luego estimando la cantidad de agua filtrada por la red en cel/m<sup>3</sup> empleando las siguiente formula modificada por Jiménez (1983)

$$N = [(DV/SV)TN]/Q$$

Donde: N= Número de individuos

DV= Volumen total diluido en ml

SV= Volumen total alícuota

TN= Número total de plancton en la alícuota

Q= Agua filtrada por la red.

$$Q = A \cdot d \cdot \text{coef.}$$

Donde: A = Área de la boca de la red

d = Distancia recorrida en metros

Coef = Coeficiente = 1

### 8.3.2. Identificación de organismos

Con las muestras analizadas en el laboratorio se procedió a la identificación celular, mediante comparación usando las actas oceanográficas (INOCAR, 2014) para identificar las especies presentes en las muestras, con ayuda de especialista se verifico las familias registradas.

### 8.3.3. Índice de Shannon Weaver

Mediante este cálculo, se logra medir la diversidad específica

$$H' = - \sum p_i \text{Log } p_i$$

Donde:

H': Índice de diversidad

Pi: abundancia proporcional de especies

Log: logaritmo

Pi: abundancia proporcional de especies

#### **8.3.4. Índice de Pielou**

Con este cálculo, se logró medir la proporción de la diversidad observada en base a diversidad máxima esperada.

$$\mathfrak{J} = H' / H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \log(S)$$

Donde:

H': Índice de diversidad

Log: logaritmo

(s): número de especies

Un índice de Pielou mientras más cercano a 1 indicando una alta equitatividad o uniformidad en la comunidad. Esto significa que las especies están distribuidas de manera equitativa y no hay grandes diferencias en la abundancia de las diferentes especies.



### **8.3.5. Índice de Simpson**

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

D: diversidad de las especies o índice de dominancia

Pi: abundancia proporcional

Un índice de Simpson mientras cercano a 1 indica una alta diversidad en la comunidad. Esto significa que no solo hay muchas especies presentes, sino que también están relativamente bien distribuidas en términos de abundancia. Ninguna especie domina significativamente sobre las demás.

### **8.3.6. Fuente de datos**

Los conjuntos de datos ambientales de temperatura superficial y concentración de nutrientes fueron obtenidos del Servicio Marítimo perteneciente al Programa Copérnico (<https://resources.marine.copernicus.eu/products>). Mediante el visualizador de datos del Servicio Marítimo de Copérnico se seleccionaron las variables, luego se insertó la ubicación geográfica, posteriormente se estableció el periodo de estudio y se procedió a descargar los datos correspondientes al sitio de estudio y variables. Los productos que se obtuvieron de Copérnico fueron dispuestos en formato NetCDF-4 (Common Network Data From por sus siglas en inglés) el cual es un formato destinado al almacenamiento de datos científicos multidimensionales representados en extensiones de archivos NC. El formato de

datos se caracteriza por presentar un procesamiento nivel 4 (L4), con una resolución espacial de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  de Latitud y Longitud, con resolución temporal semanal y mensual.

A continuación, se presenta el proceso detallado para descargar información sobre la temperatura superficial del mar y la concentración de nutrientes del programa COPERNICUS.

### 8.3.7. Acceso a la Plataforma y obtención de datos:

- se inició en el portal del Programa COPERNICUS (<https://marine.copernicus.eu/products>).

- se revisó las diferentes datasets disponibles y seleccionar aquellos que sean más necesarios.  
se identificó los productos necesarios.

- a. Global Ocean Physics Analysis and Forecast
- b. Global Ocean Biogeochemistry Analysis and Forecast



Figura 2 Catálogo de Productos.

1. Clic en el producto → Data Access → seleccionar el dataset
2. Seleccionar las variables de interés.

**Dataset**

Product identifier GLOBAL\_ANALYSISFORECAST\_BGC\_001\_028  
 Product name Global Ocean Biogeochemistry Analysis and Forecast  
 Dataset Please choose one of the datasets in this product:  
 cmems\_mod\_glo\_bgc-nut\_anfc\_0.25deg\_P1M-m

**Variables\*** Add all Clear all

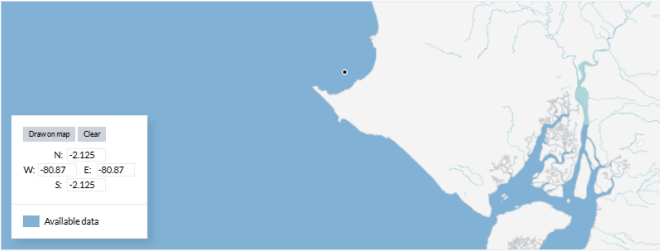
Mole concentration of dissolved iron in sea water fe [mmol/m<sup>3</sup>]  
 Mole concentration of nitrate in sea water no3 [mmol/m<sup>3</sup>]  
 Mole concentration of phosphate in sea water po4 [mmol/m<sup>3</sup>]  
 Mole concentration of silicate in sea water si [mmol/m<sup>3</sup>]

**Figura 3** Definir dataset y seleccionar variables.

Dataset	Variable
cmems_mod_glo_phy-thetao_anfc_0.083deg_P1M-m	Sea water potential temperature - thetao [°C]
cmems_mod_glo_phy-so_anfc_0.083deg_P1M-m	Sea water salinity - so [10-3]
cmems_mod_glo_bgc-car_anfc_0.25deg_P1M-m	Sea water ph reported on total scale ph
cmems_mod_glo_bgc-nut_anfc_0.25deg_P1M-m	Mole concentration of nitrate in sea water - no3 [mmol/m3] Mole concentration of phosphate in sea water - po4 [mmol/m3] Mole concentration of silicate in sea water - si [mmol/m3]

- Definir el área de interés → Draw on map → Establecer un punto o una región.
- Definir las fechas de interés. (Oct 2023 – Mar 2024)
- Definir la profundidad de los datos. (0.49 m → datos superficiales)

Area of interest



Draw on map Clear

N: -2.125  
 W: -80.87 E: -80.87  
 S: -2.125

Available data

Date range Use defaults Clear

Choose start and end times within this range: 01/06/2022, 00:00 — 01/05/2024, 00:00

From 01/10/2023 00:00  
 To 01/03/2024 00:00

Depth range Use defaults Clear

Choose start and end depths within this range: 0.5 m — 5727.9 m

From 0.49  
 To 0.49

**Figura 4** Selección de área de interés, fechas y profundidad.

- Clic en descargar en la parte superior. Se obtiene un archivo NETCDF por cada variable.

7. Visualizar los datos en un programa como Panoply o QGIS, y digitar en un archivo de Excel.

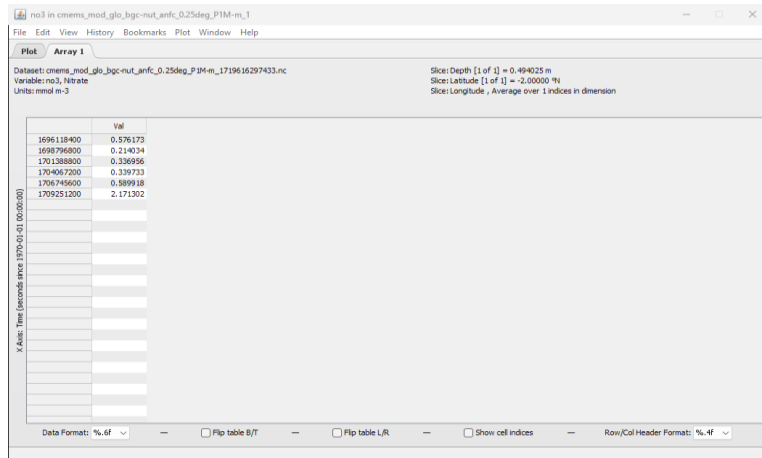


Figura 5 Visualización de datos en Panoply.

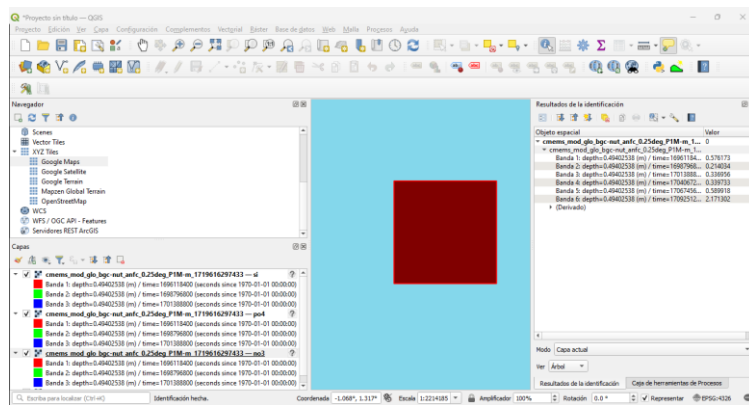


Figura 6 Visualización de datos en QGIS

### 8.3.8. Procesamiento de Datos:

- Una vez descargados, verificar la integridad de los archivos.
- Utilizar software de análisis de datos como MATLAB, R, o Python para abrir y procesar los archivos descargados.
- Realizar cualquier conversión de formato necesaria y extraer las variables de interés.

### **8.3.9. Comprobación de normalidad de los datos de índices ecológicos.**

La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba estadística de Shapiro - Wilk, para casos  $<50$ , los datos de las varias entre 14.0 a 29.0, dichos análisis prueban que los datos se ajustan a una distribución normal (OCT,  $W = 0.62$ ,  $P < 0.05$ ), (NOV,  $W = 0.59$ ,  $P < 0.05$ ), (DIC,  $W = 0.68$ ,  $P < 0.05$ ), (ENE,  $W = 0.69$ ,  $P < 0.05$ ) y (FEB,  $W = 0.80$ ,  $P < 0.05$ ). lo que nos indica el uso de análisis paramétricos para la comprobación de la correlación.

### **8.3.10. Correlación de Pearson.**

una vez realizada la prueba de normalidad indicando la normalidad en la distribución de la muestra evaluada, para el análisis de la correlación se utilizó una prueba paramétrica. La Correlación de Pearson se ajustó al análisis, debido a tratarse de un método estadístico paramétrico, que examina la intensidad de asociación entre dos variables cuantitativas (Hernández, et al, 2018). Este coeficiente se ajustó a los datos evaluados. Temperatura superficial del mar (TSM), nutrientes (Nitrato, Fosforo Y Silicato) y densidad total de organismos

### **8.3.11. interpretación del coeficiente.**

Como se ha indicado el coeficiente de correlación de Pearson es un índice cuyos valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Cuanto más cerca de 1 mayor ser la correlación, y menor cuanto más cerca de cero.

**Tabla 2** Cuadro de interpretación del coeficiente de Pearson.

Rho	Grado de Relación
0	Relación Nula
$\pm 0.00\dots - 0.19\dots$	Relación Muy Baja
$\pm 0.20\dots - 0.39\dots$	Relación Baja
$\pm 0.40\dots - 0.59\dots$	Relación Moderada
$\pm 0.60\dots - 0.79\dots$	Relación Alta
$\pm 0.80\dots - 0.99\dots$	Relación Muy Alta
$\pm 1$	Relación Perfecta

La relación puede ser directa (+) o inversa (-)

## CAPITULO III

### 8. RESULTADOS

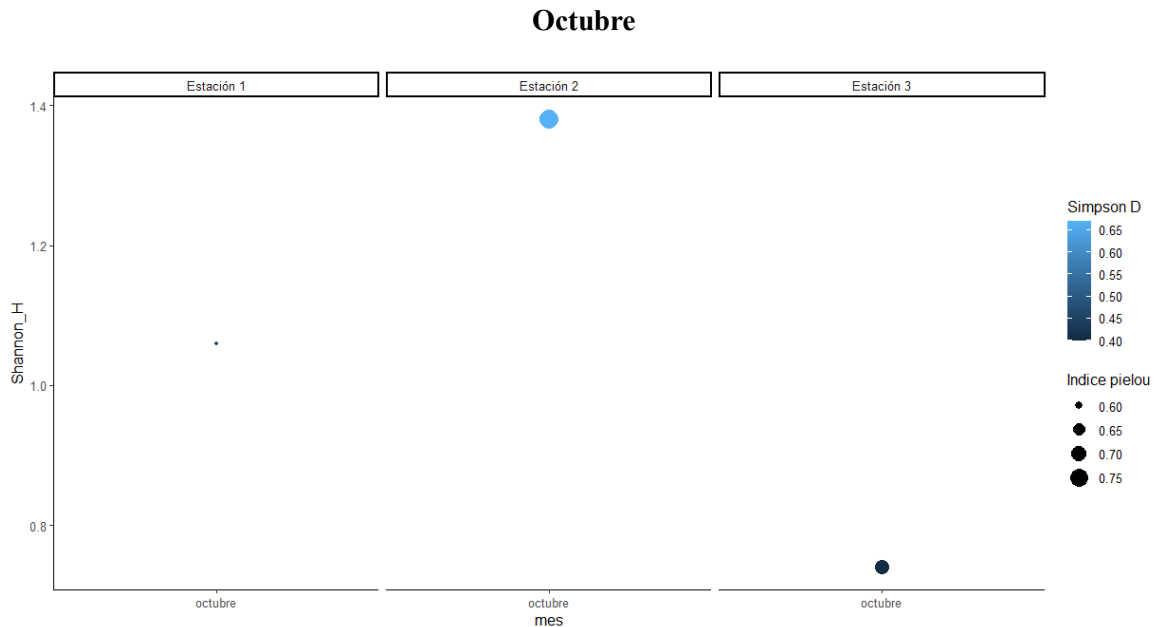
**Tabla 3** familias registradas en los monitoreos.

<b>Diatomeas</b>			
Rhizosoleniaceae	371.26 cel/m3	598.58 cel/m3	<b>75.94%</b>
Coscinodiscaceae	58.56 cel/m3		
Pleurosigmales	33.75 cel/m3		
Hemiaulaceae	22.83 cel/m3		
Stephanopyxidaceae	11.91 cel/m3		
Chaetocerotaceae	92.31 cel/m3		
Leptocylindraceae	7.94 cel/m3		
<b>Dinoflagelados:</b>			
Ceratiaceae	98.27 cel/m3	177.68 cel/m3	<b>22.54%</b>
Protoperidiniaceae	33.75 cel/m3		
Prorocentraceae	29.78 cel/m3		
Pyrocystaceae	15.88 cel/m3		
<b>Microalgas verdes:</b>			
Microcoleaceae	11.91 cel/m3	11.91 cel/m3	<b>1.51%</b>
		788.18 cel/m3	<b>100 %</b>

Autor: Angulo 2024

Los registros de familias presentados en la tabla 3 nos indican que se encontraron 7 diatomeas siendo el 75.94% de registro, la familia rhizosoleniaceae la más representativa con 371.26 cel/m3 en total dentro de los meses de monitoreos, los dinoflagelados encontrados fueron 4 con el 22.54 % de registros donde la familia ceratiaceae con 98.27 cel/m3 presento el registro mayor, los datos también nos brindan el registro de una familias de microalgas verdes dando un total de 1.51%.

## 9.1. Diversidad de organismos por estaciones y meses de muestreo



**Gráfica 1** Diversidad de organismos por estaciones del mes de octubre.

**Autor:** Angulo 2024

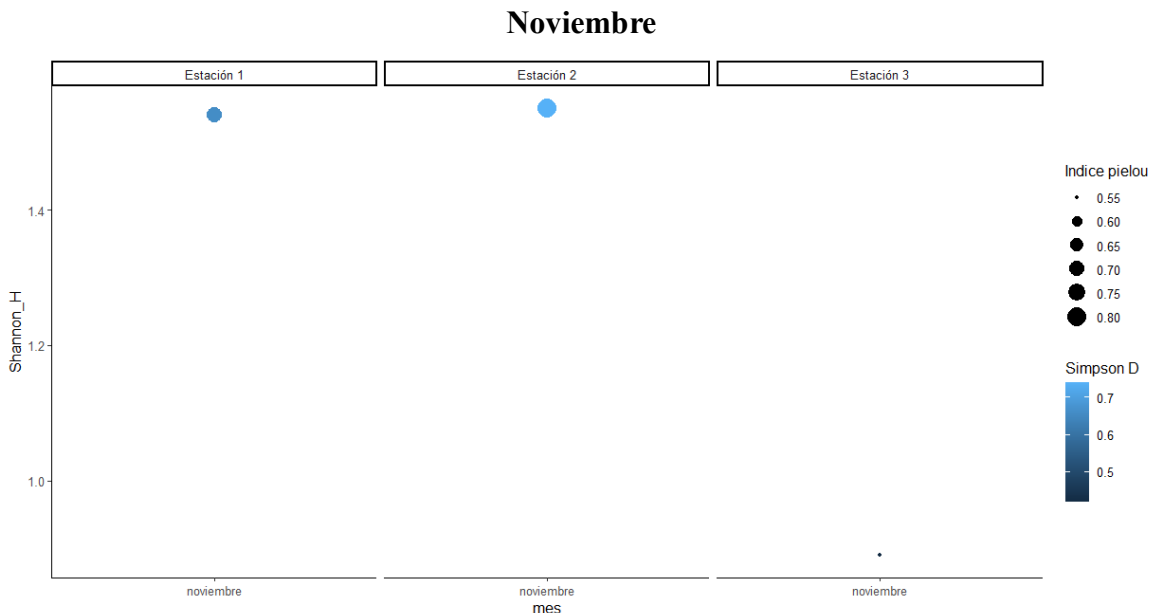
En la gráfica 1 presenta la diversidad de especies en las diferentes estaciones del mes de octubre, se considera los valores de diversidad de Shannon (H), el Índice de Pielou y el Índice de Simpson. Este análisis proporciona una visión general de cómo varía la diversidad de especies entre las diferentes estaciones.

En los datos de la diversidad de Shannon (H) se observa que la estación 2 tiene el valor más alto con 1.38 bits, lo que sugiere una mayor diversidad de especies en comparación con las otras estaciones, mientras que la estación 3 tiene el valor más bajo de diversidad con 0.74 bits.



En cuanto a los datos del índice de Pielou todas las estaciones tienen valores relativamente altos, lo que indica que existe una distribución bastante uniforme de las abundancias de especies en cada estación. Siendo la estación 2 la que tiene el valor más alto con un valor de 0.77 bits, lo que indica una distribución más uniforme de especies en esta estación en comparación con las otras. Entre los datos de octubre, en cuanto al índice de Simpson la estación 2 tiene el valor más alto con un valor de 0.67 bits, lo que sugiere una mayor diversidad en comparación con las otras estaciones, mientras que la estación 3 tiene el valor más bajo con 0.40 bits, lo que indica una menor dominancia en esta estación.

Entonces desde una perspectiva más general, la estación 2 parece tener la mayor diversidad de especies según los tres índices, mientras que la estación 3 tiene la menor diversidad de especies en general, con valores más bajos en los tres índices.



**Gráfica 2** Diversidad de organismos por estaciones del mes de noviembre.  
**Autor:** Angulo 2024

Comparando los datos de diversidad de especies para noviembre en la gráfica 2. se puede inferir que la estación 2 tiene el valor más alto de índice Shannon/H de 1.55 bits, lo que sugiere que tiene la mayor diversidad de organismos al igual que en la primera estación donde el valor es de 1.54 bits. En cuanto al índice de Pielou las estaciones 2 tienen un valor mayor que la estación 1 y 3, en esta última los índices son bajos con una dominancia de 0.42 bits. Por otro lado, La estación 2 tiene el valor más alto de Simpson 0.80 bits, lo que sugiere una dominancia alta de especies en comparación con las otras dos estaciones.

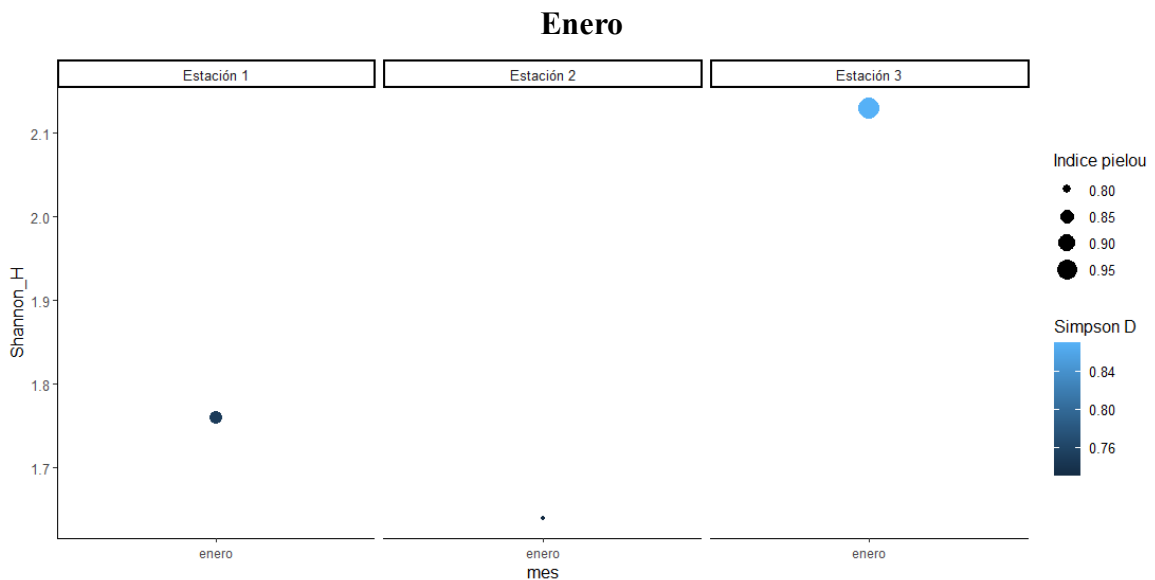
En definitiva, la Estación 2 muestra el mayor valor en el índice de diversidad de Shannon (H), el índice de Pielou y el índice de Simpson, lo que sugiere que esta estación tiene la mayor diversidad de organismos y una distribución más equitativa de especies en comparación con las otras dos estaciones



**Gráfica 3** Diversidad de organismos por estaciones del mes de diciembre.  
**Autor:** Angulo 2024

De acuerdo con los datos expresados en la gráfica 3. se puede analizar que la Estación 2 tiene el mayor índice de Shannon con 1.73 bits, lo que indica una mayor diversidad de familias en comparación con las otras estaciones en diciembre, mientras que en el índice de Pielou la distribución de familias especies en la estación 3 es más equitativa debido a que presenta un índice de 0.83 bits, seguido por la estación 2 que tiene un valor de 0.82.

Por otra parte, podemos observar el color celeste lo que indica que el índice de Simpson (0.76) bits es mayor en la Estación 2 comparado con las otras estaciones. por lo tanto, después de todo lo analizado se puede inferir que la Estación 2 tiene la mayor diversidad de familias en diciembre, pero presenta una dominancia por parte de la familia Rhizosoleniaceae.



**Gráfica 4** Diversidad de organismos por estaciones del mes de enero.  
**Autor:** Angulo 2024

La gráfica 4 muestra que la Estación 3 tiene un el mayor índice de Shannon de 2.13 bits, lo que indica la mayor diversidad de familias en comparación con las otras estaciones en enero. Mientras que en el índice de Pielou la distribución de familias es alta en la estación 3, ya que su índice de Pielou es de 0,97 bits que es más cercano a 1. De la misma forma la Estación 3 también tiene el mayor índice de Simpson, lo que sugiere una mayor diversidad de individuos en comparación con las otras estaciones. Basándonos en estos índices, la Estación 3 tiene la mayor diversidad de especies en enero.



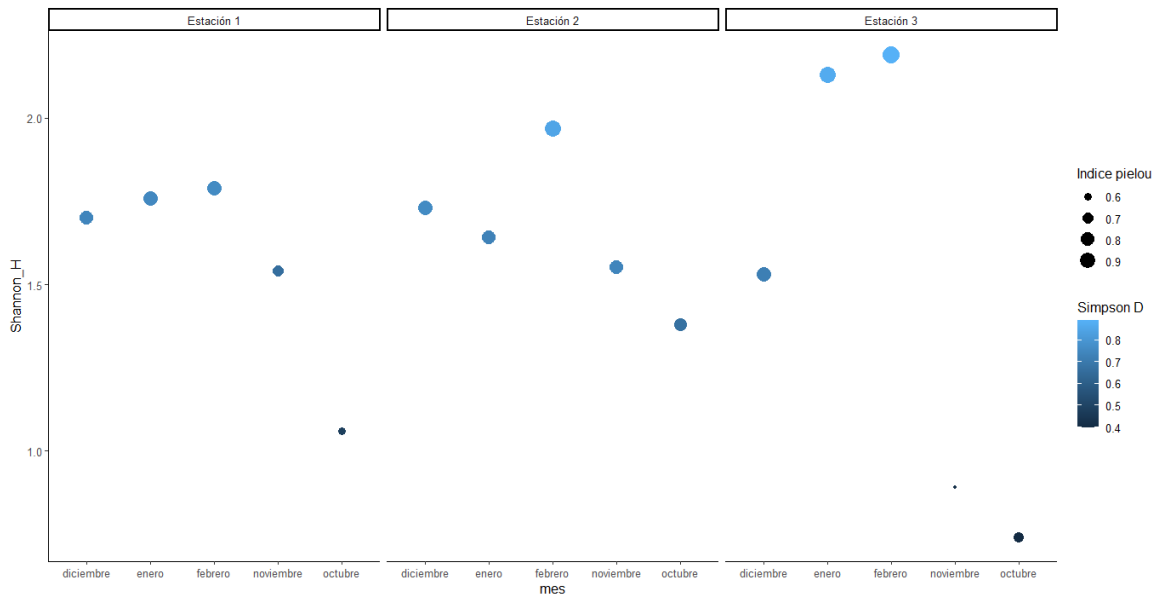
**Gráfica 5** Diversidad de organismos por estaciones del mes de febrero.  
**Autor:** Angulo 2024

En la gráfica 5 encontramos que la Estación 3 presento un índice de 2.19 bits siendo el mayor índice de Shannon del mes, presentando mayor diversidad de familias, en el caso de la primera estación la diversidad es relativamente menor teniendo un índice de 1,79 bits. Por otro lado, e el índice de Pielou la distribución

de especies es muy equitativa en todas las estaciones, la Estación 3 también tiene el mayor índice de Simpson con 0.99 bits, lo que confirma una vez más una mayor diversidad de especies e individuos en comparación con las otras estaciones.

## 9.2. Gráfico unificado de la diversidad de organismos por estaciones

### y meses de muestreo



**Gráfica 6** índices de diversidad (Shannon/H, Índice de Pielou y Índice de Simpson) a lo largo de los meses y las estaciones.

**Autor:** Angulo 2024

Para realizar un análisis unificado de la diversidad de organismos por estaciones y meses de muestreo, debemos observar cómo varían los índices de diversidad dentro de la gráfica 6. donde que los valores de diversidad de Shannon son más altos en los meses de diciembre (EST1= 3.52 bits, EST2= 3.88 bits, EST3= 3.54 bits), enero (EST1= 3.52 bits, EST2= 3.66 bits, EST3= 4.18 bits) y febrero (EST1= 3.43 BITS, EST2= 3.85bits, EST3= 4.21 bits), con la estación 3 mostrando consistentemente los valores más altos en estos meses, mientras que los meses de octubre (EST1= 2.50 BITS, EST2= 3.12 bits, EST3= 2.02 bits) y noviembre (EST1= 2.89 BITS,

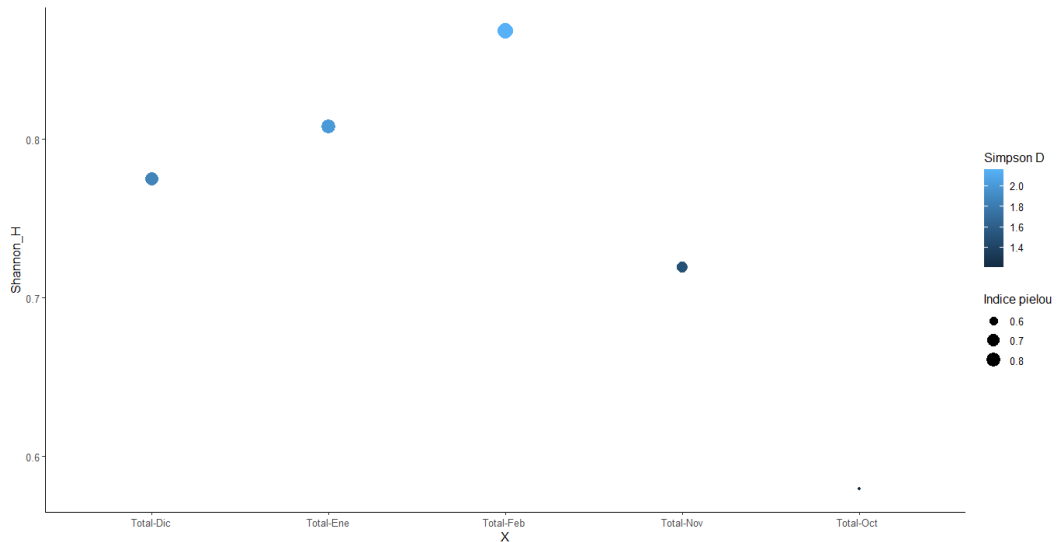
EST2= 3.21 bits, EST3= 2.76 bits) muestran valores de diversidad más bajos en comparación con los meses de invierno.

Dentro de los datos de índice de Pielou todos los meses y estaciones muestran valores muy altos, lo que sugiere una distribución muy uniforme de las abundancias de familias en todas las muestras, donde la estación 3 tiende a tener valores ligeramente más altos en comparación con las otras estaciones.

En los valores de Índice de Simpson se muestra una tendencia similar a los de diversidad de Shannon, con los meses de diciembre, enero y febrero mostrando los valores más bajos, lo que indica una mayor diversidad de familias en estos meses, por lo que la estación 3 tiende a tener valores más bajos, lo que indica una mayor diversidad de especies en esta estación.

Por lo que, se puede inferir que los meses de diciembre, enero y febrero muestran una mayor diversidad de especies, con la estación 3 siendo la que muestra consistentemente los valores más altos de diversidad. Además, la distribución de las abundancias de especies es bastante uniforme en todas las estaciones y meses de muestreo, como lo indica el alto Índice de Pielou.

### 9.3. Diversidad mensual total



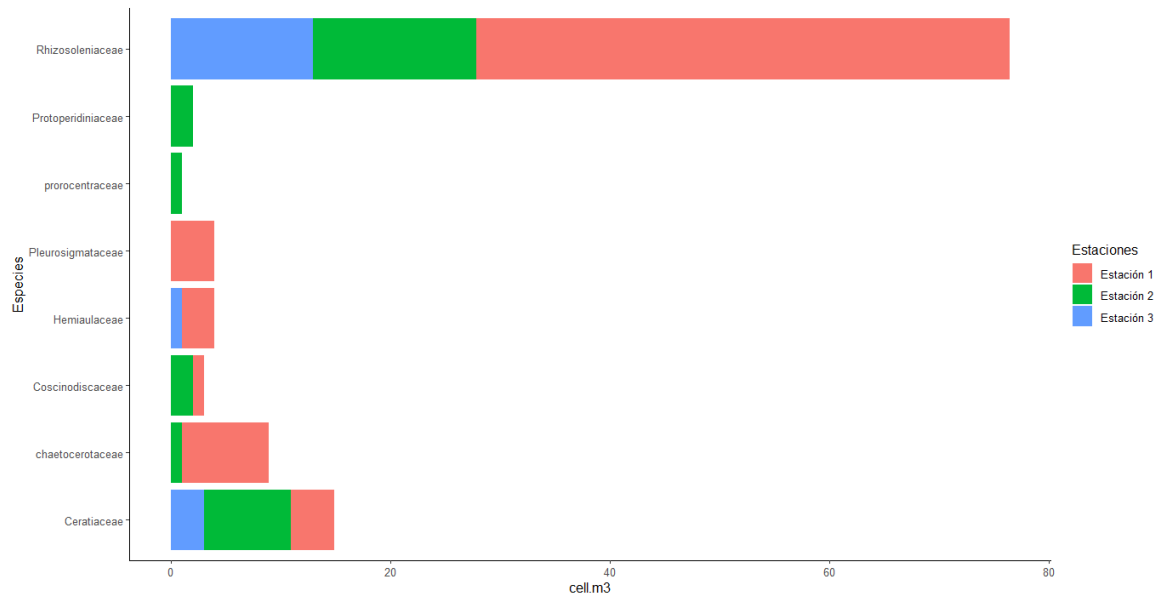
**Gráfica 7** Diversidad mensual total.  
**Autor:** Angulo 2024

En la gráfica 7. de acuerdo con la diversidad de Shannon se observa un aumento gradual en la diversidad de familias de fitoplancton a lo largo de los meses, siendo enero y febrero los meses con los valores más altos. Por otro lado, el Índice de Pielou muestra una uniformidad en la distribución de las abundancias de familias es bastante alta en todos los meses, con febrero mostrando el valor más alto. En el índice de Simpson se ve una tendencia similar a la diversidad de Shannon, con los valores más bajos en octubre y los más altos en enero y febrero.

Por ende, se puede ver que hay un aumento en la diversidad de familias y una mayor uniformidad en la distribución de las abundancias a medida que avanzan los meses.

## 9.4.Densidad de organismos por estaciones y meses de muestreo

### Octubre



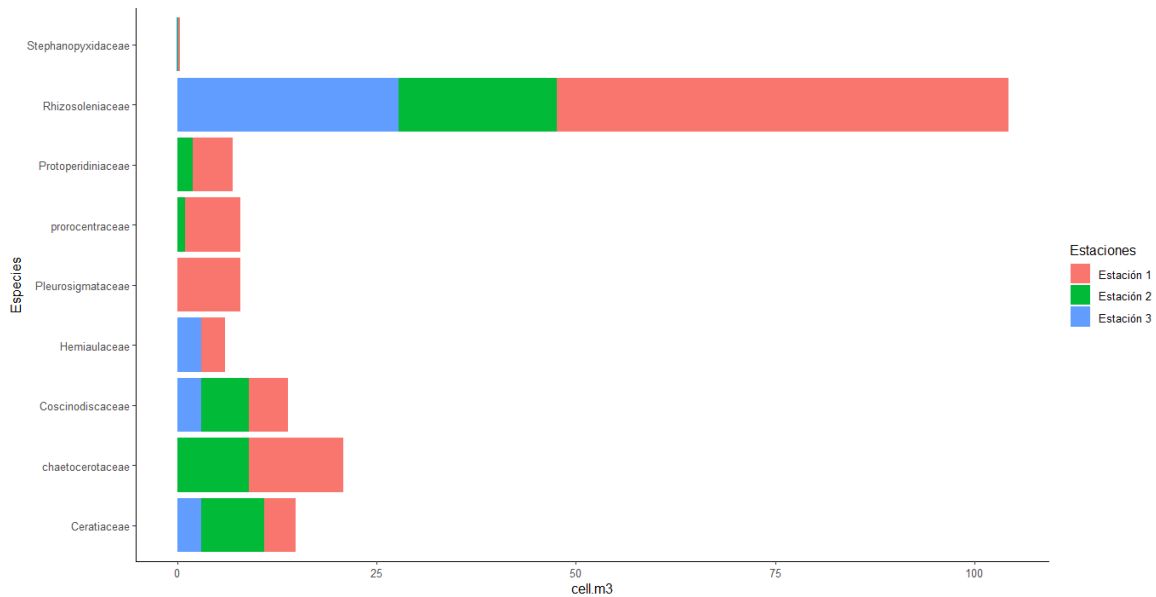
**Gráfica 8** Densidad de organismos por estaciones del mes de octubre.

**Autor:** Angulo 2024

En el gráfico 8 de densidad de organismo en mes de octubre registra un total de 8 familiaa, la primera y segunda estación se registraron 6 géneros en cada una, en el caso de la tercera estación solo se registró 3 familias, las *Rhizosoleniaceae* presentaron una mayor abundancia en las tres estaciones con un total (76.43 cell/m<sup>3</sup>) siendo la primera estación la que obtuvo el mayor registro con 48.64 cell/m<sup>3</sup>, por otro lado *Protoperidiniaceae*, *proroctraceae* solo fueron registradas en la segunda estación con volúmenes bajos de 1.99 cell/m<sup>3</sup> y 0.99 cel/m<sup>3</sup> respectivamente.



## Noviembre

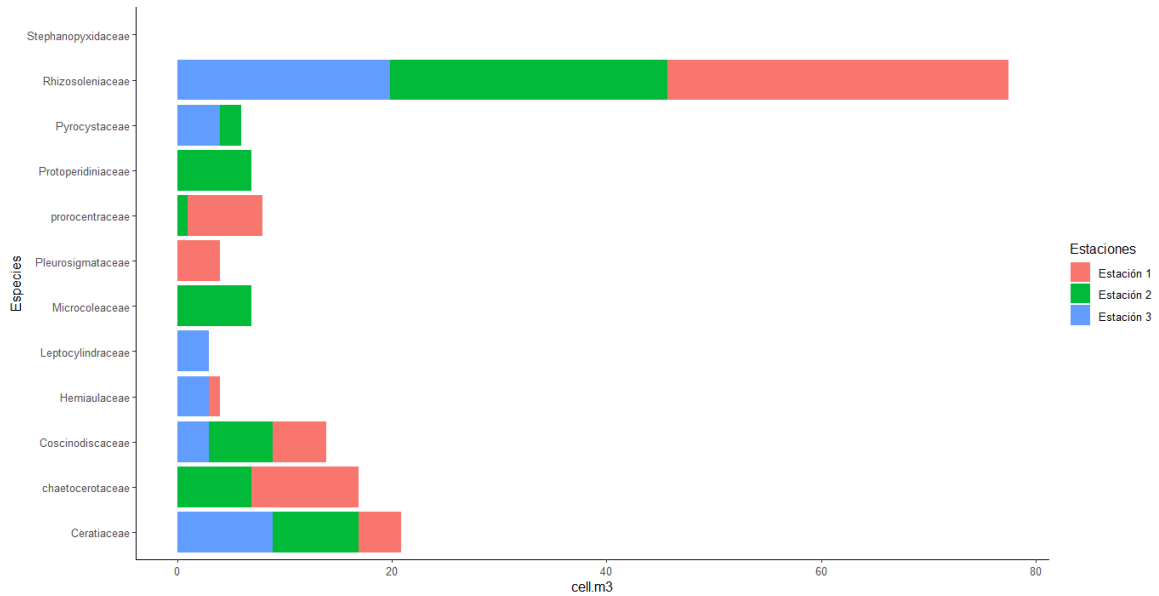


**Gráfica 9** Densidad de organismos por estaciones del mes de noviembre.

**Autor:** Angulo 2024

En la gráfica 9 de densidad de organismos en el mes de noviembre se registró 9 familias, la primera estación se registraron 8 familias y segunda estación registraron 7 familias y 5 familias en la tercera estación, Rhizosoleniaceae presenta mayor dominancia en las tres estaciones con EST1 56.58 cell/m3, EST2 19.85 cell/m3, EST3 27.79 cell/m3, Coscinodiscaceae, Ceratiaceae, Stephanopyxidaceae también se encontraron presentes en los registros de las tres estaciones en el mes de noviembre, Pleurosigmataceae se registró en la segunda estación con 7.94 cell/m3 y Stephanopyxidaceae se registró los valores más bajos EST1 0.1922 cell/m3, EST2 0.0874 cell/m3 y EST3 0.06687 cell/m3. Se presentoun aumento en la presencia de organismos comparado con el mes de octubre.

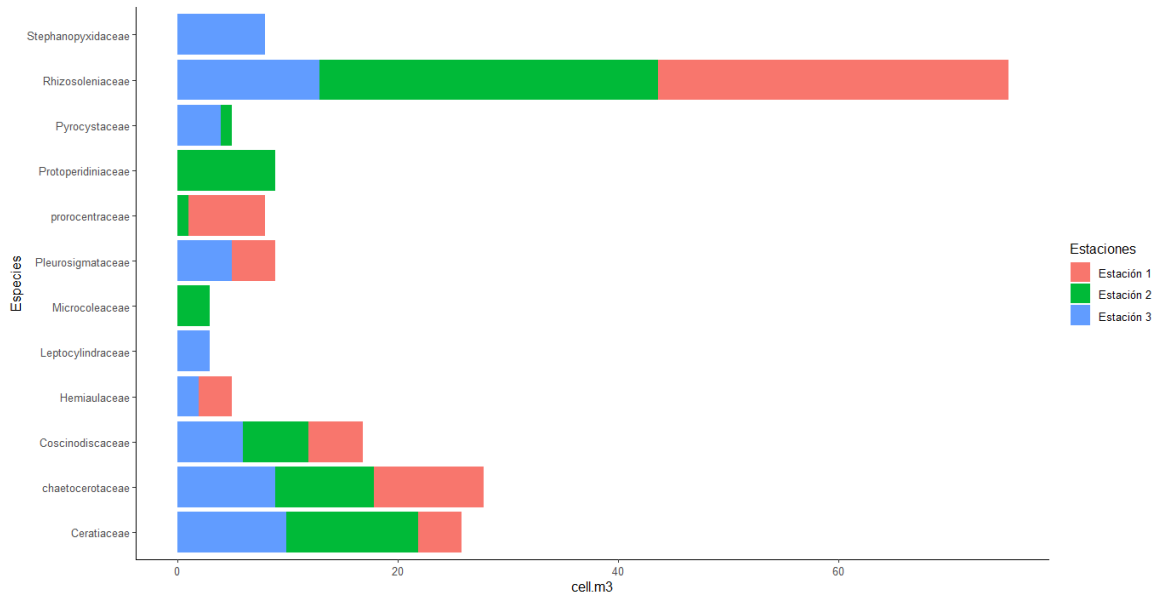
## Diciembre



**Gráfica 10** Densidad de organismos por estaciones del mes de diciembre.  
**Autor:** Angulo 2024

La gráfica 10 presenta la densidad de fitoplancton en el mes de diciembre encontramos un mayor número de registro de diversidad de organismos comparado con los meses anteriores, se registran un total de 11 familias de fitoplancton, la primera estación presenta 10 registros, en la segunda estación encontramos un total de 8 familias y 4 en la tercera estación. La familia Rhizosoleniaceae se encuentra presente en las tres estaciones EST1 31.76 cell/m3, EST2 25.80 cell/m3, EST3 19.85 cell/m3, tuvo mayor densidad de organismos en el mes, Pleurosigmataceae solo fueron registradas en la primera estación, Leptocylindraceae fueron registrada en la segunda estación teniendo la menor densidad en el mes con 2.97 cell/m3, en el mes se registró un mayor aumento en el número de familias, sin embargo en la densidad de organismo fue menor.

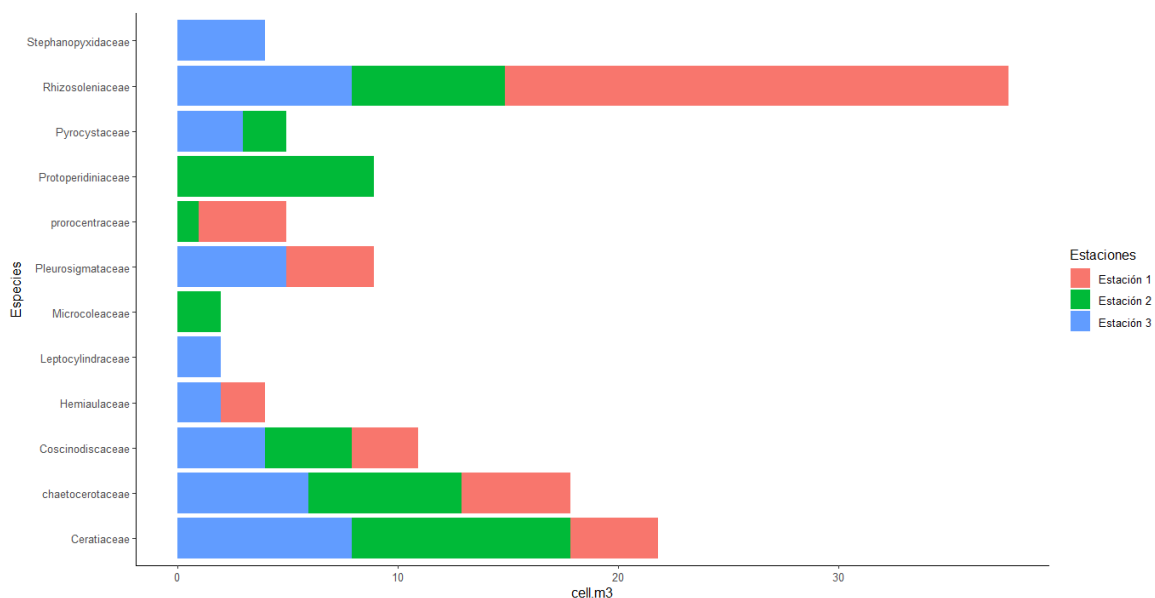
## Enero



**Gráfica 11** Densidad de organismos por estaciones del mes de enero.  
**Autor:** Angulo 2024

En el grafico 11 se registran un total de 12 familias siendo el número máximo de familias registradas y certificadas, la primera estación presento un total de 10 familias, en la segunda estación se registraron 8 familias, en la última estación se registraron 7 familias, Rhizosoleniaceae presento una densidad mayor y se encuentra presente en las tres estaciones con EST1 31.76 cell/m3, EST2 30.77 cell/m3, EST3 12.90 cell/m3, las dos primeras estaciones presentaron valores similares, Microcoleaceae 2.97 cell/m3 se encuentra en la primera estación teniendo valores similares con Leptocylindraceae 2.97 cell/m3 que se registró en la segunda estación , Stephanopyxidaceae 7.94 cell/m3 solo se encontraron en la tercera estación este mes registro un aumento en densidad y diversidad de organismos,

## Febrero

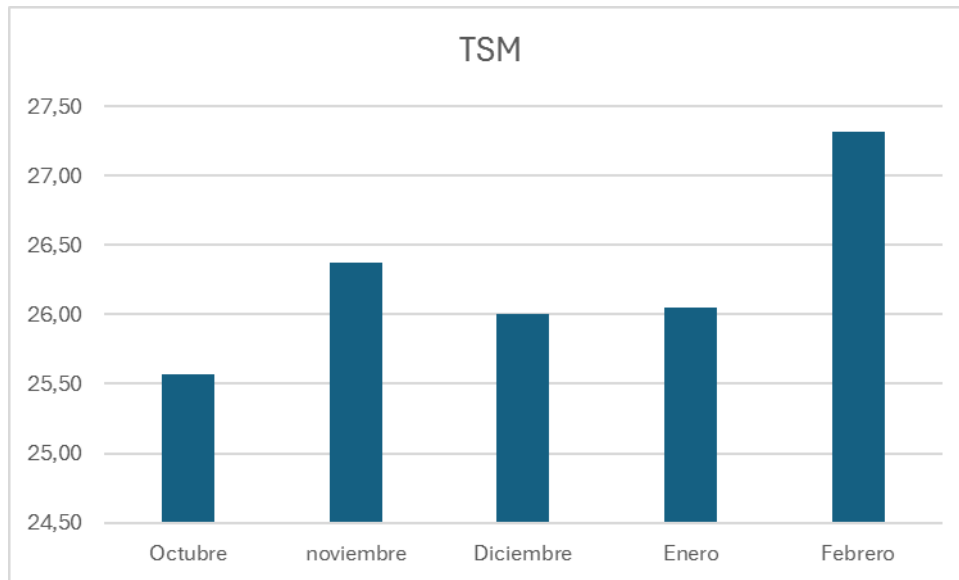


**Gráfica 12** Densidad de organismos por estaciones del mes de febrero.  
**Autor:** Angulo 2024

En las barras podemos que podemos en el grafico 12 se registran 12 familias de fitoplancton en el mes de febrero, 4 familias de estas se encuentran presentes en las tres estaciones siendo Rhizosoleniaceae 37.72 cell/m3 la de mayor densidad en el mes pero menor en comparación en otros meses, Ceratiaceae registro un total de 21.66 cell/m3, Leptocylindraceae 1.98 cell/m3 solo se encuentra presente en la segunda estación y al igual que Microcoleaceae 1.98 cell/m3 presentan los valores más bajos dentro del mes. Stephanopyxidaceae 3.97 cell/m3 solo tuvo registros en la tercera estación, en el mes de febrero se registraron el número máximo de familia al igual que en el mes de enero, sin embargo mantuvo una densidad total menor que en otros meses.

## 9.5. Parámetros ambientales

- *Temperatura superficial del mar*



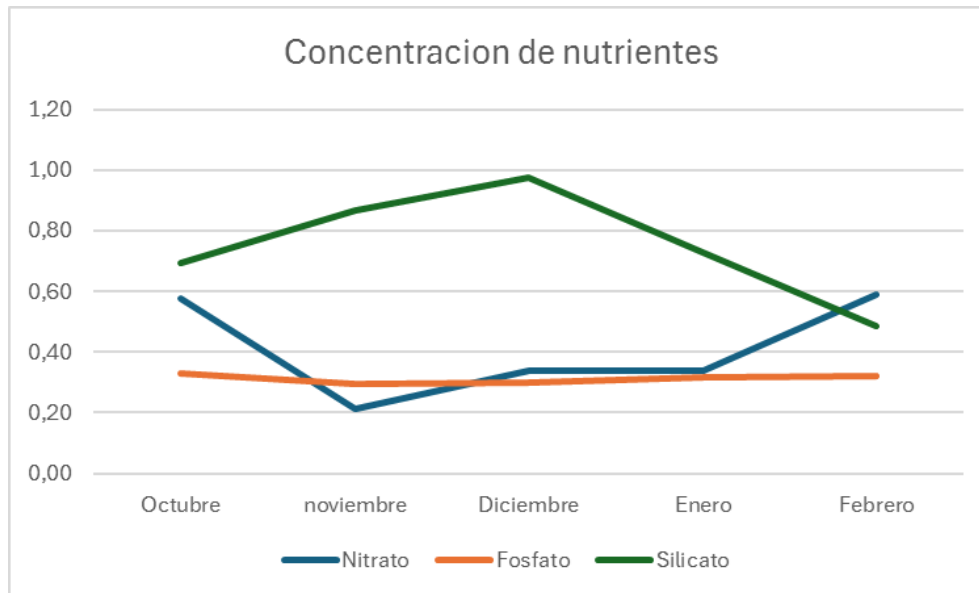
**Gráfica 13** Temperatura superficial del mar por meses.

**Autor:** Angulo 2024

Dentro de los parámetros ambientales se observan en la gráfica 13. los datos de temperatura para los meses de octubre a febrero, donde se observa una tendencia de aumento en la temperatura del agua de octubre a febrero, con un incremento gradual en los valores. en base a los datos la temperatura más baja registrada fue en octubre con 25.57°C, mientras que la temperatura más alta se alcanza en febrero con 27.32°C, esta variación en la temperatura del agua puede estar influenciada por factores estacionales, como la radiación solar, la intensidad de los vientos y la circulación oceánica.

Los cambios en la temperatura del agua pueden tener efectos significativos en la vida marina, incluyendo la distribución de especies, la reproducción, la migración y el comportamiento alimenticio.

## 9.6. Concentración de nutrientes



**Gráfica 14** concentraciones de nutrientes (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ; SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>)  
**Autor:** Angulo 2024

En la gráfica 16. al analizar los datos de las concentraciones de nutrientes, se puede observar la concentración de nitrato que fluctúa con valores más altos en octubre con 0.58 mmol/m<sup>3</sup> y febrero con 0.59 mmol/m<sup>3</sup>, y valores más bajos como noviembre con 0.21 mmol/m<sup>3</sup> y hay una variabilidad en los niveles de nitrato a lo largo de los meses, pero no hay una tendencia clara en la dirección del cambio.

Mientras que la concentración de fosfato se mantiene relativamente constante, con valores consistentes alrededor de 0.30 mmol/m<sup>3</sup> en noviembre, diciembre y enero, pero en octubre se muestra una ligera elevación en la concentración de fosfato con 0.33 mmol/m<sup>3</sup>, mientras que febrero muestra un ligero descenso con 0.32 mmol/m<sup>3</sup>.

En cuanto a la concentración de silicato también parece ser bastante estable, con valores que varían entre 0.49 mmol/m<sup>3</sup> en febrero y 0.97 mmol/m<sup>3</sup> en diciembre,

aunque en noviembre muestra una concentración relativamente alta de silicato con un valor de 0.87 mmol/m<sup>3</sup>, mientras que febrero muestra la concentración más baja.

**Tabla 4** Densidad de fitoplancton a lo largo de los meses de estudio

	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	Total Cel/m <sup>3</sup> .
Rhizosoleniaceae	76.44	104.23	77.43	75.44	37.72	371.26
Ceratiaceae	14.89	14.89	20.85	25.81	21.84	98.27
chaetocerotaceae	8.93	20.85	16.88	27.79	17.87	92.32
Coscinodiscaceae	2.98	13.90	13.90	16.88	10.92	58.57
Pleurosigmales	3.97	7.94	3.97	8.93	8.93	33.75
Protoperidiniaceae	1.99	6.95	6.95	8.93	8.93	33.75
prorocentraceae	0.99	7.94	7.94	7.94	4.96	29.78
Hemiaulaceae	3.97	5.96	3.97	4.96	3.97	22.83
Pyrocystaceae	-	-	5.96	4.96	4.96	15.88
Stephanopyxidaceae	-	-	-	7.94	3.97	11.91
Microcoleaceae	-	-	6.95	2.98	1.99	11.91
Leptocylindraceae	-	-	2.98	2.98	1.99	7.94
Total	114.16	182.65	167.76	195.56	128.05	788.18

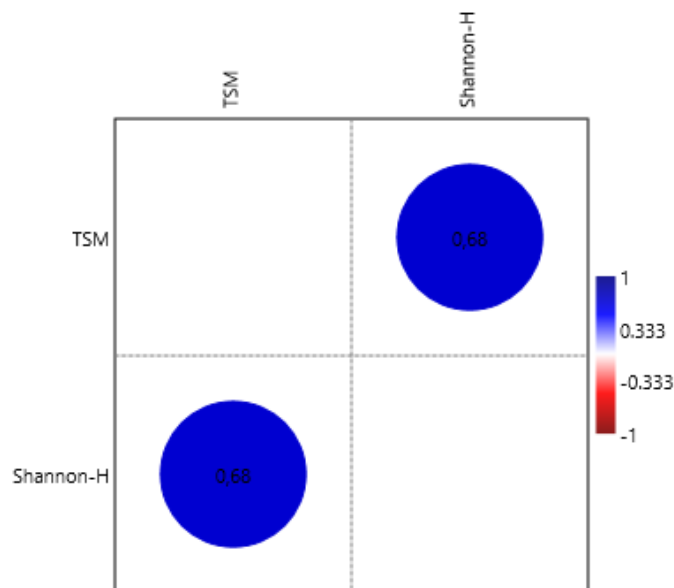
**Autor:** Angulo 2024

En la tabla 4 encontramos el registro de densidad de organismo de fitoplancton, donde destacan la familia Rhizosoleniaceae con un total de 371.26 Cel/ m<sup>3</sup>, en el mes de noviembre la familia se registró un total de 104.23 Cel/ m<sup>3</sup> siendo el mes con mayor volumen, Ceratiaceae, y chaetocerotaceae mantiene cantidades similares en el total de registro, en el mes de enero presentaron un aumento considerable en el afloramiento de estos organismos. Por otro lado, Leptocylindraceae presento un valor de 7.94 Cel/ m<sup>3</sup> convirtiéndose en la familia con menor presencia dentro de las muestras obtenidas.

De igual manera observamos que éxito un aumento en el registro de las especies en el mes de enero el que mantiene 195.56 Cel/ m3, seguido por el mes de noviembre donde el total fue de 182.65 cell/m3, en el mes de octubre se registró un menor volumen esto acompañado a que dentro de los dos primeros meses de monitoreos se registró una menor diversidad con un total de 8 familias registradas.

### 9.7.Relación de las familias fitoplancton y los parámetros ambientales.

- *Correlación Pearson de la diversidad y densidad de organismos y parámetros físicos – químicos*



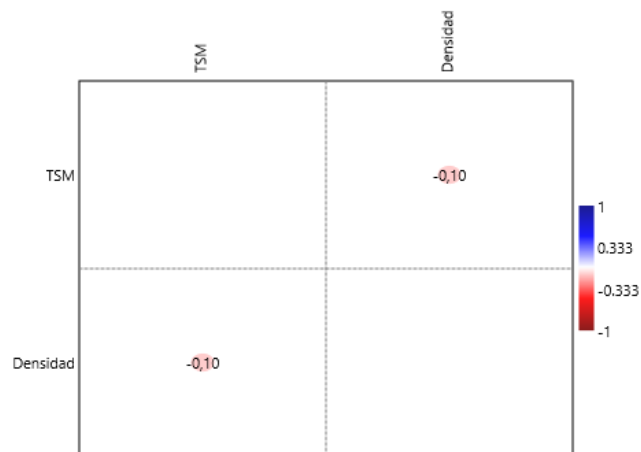
**Gráfica 15** Correlación de Pearson entre índice de Shannon H y TMS  
**Autor:** Angulo 2024

En la grafica 15 encontramos los datos de temperatura superficial del mar y índice de Shannon H al realizar el análisis de corrección de Pearson refleja la existencia de una relación alta directa de 0.68, donde a mayores niveles de TSM, se obtiene



una mayor diversidad de especies, esto observado con el aumento del índice de Shannon H.

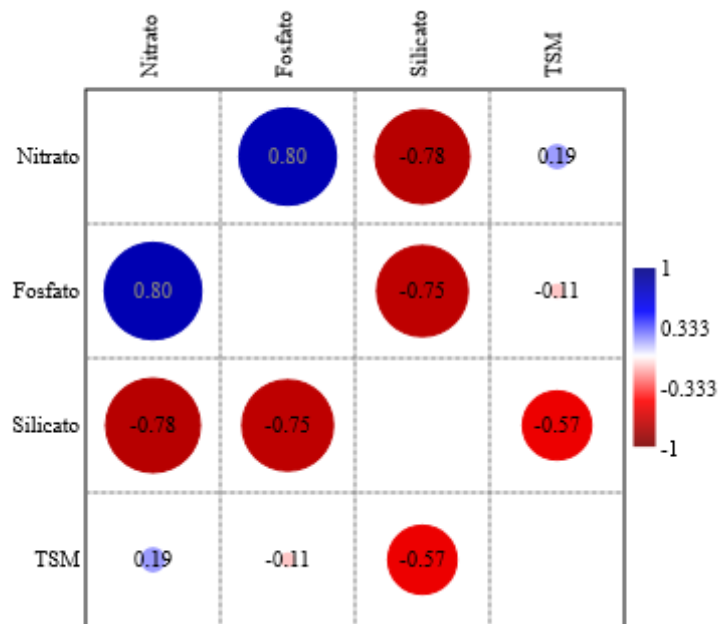
- ***Correlación Pearson de densidades de organismos y parámetros físicos – químicos***



**Gráfica 16** Correlación de Pearson entre densidad y TMS.  
**Autor:** Angulo 2024

En la gráfica 16. se evidencia como estas correlaciones proporcionan información sobre cómo estas variables están relacionadas entre sí en el conjunto de datos, lo que puede ser útil para entender mejor el estudio realizado.

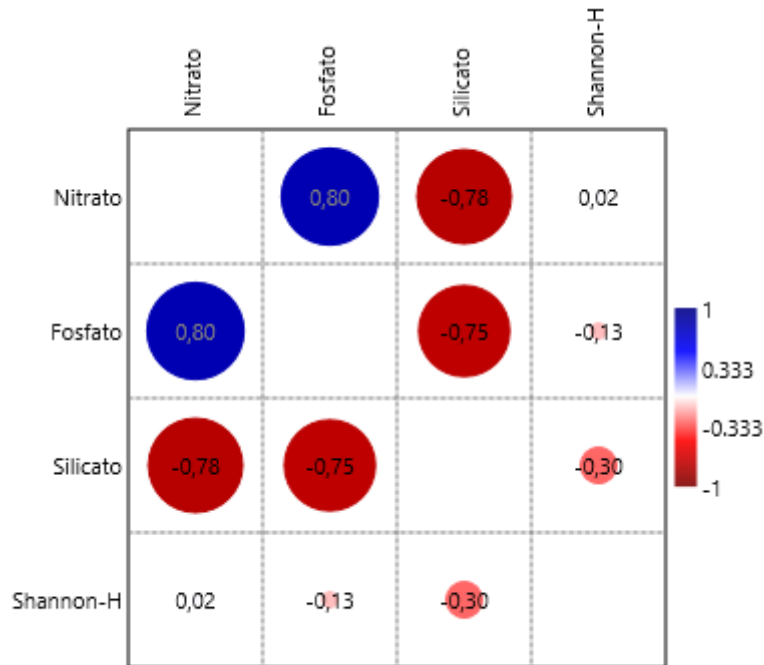
TSM y la densidad total existe una correlación baja inversa de -0.10 lo que indica que no existe una relación entre los datos.



**Gráfica 17** correlación de nutrientes y parámetros físicos.  
**Autor:** Angulo 2024

La grafica 17 se presenta la relación entre los nutrientes y los parámetros físicos donde la relación del fosfato con el nitrato es relación alta directa de 0.80, por otro lado la temperatura con el nitrato presenta correlación baja de 0.19, de manera inversa la relación entre el silicato y el nitrato es fuerte con un -0.78, al igual que con el fosfato donde se presenta un relación de -0.75, con el parámetro de temperatura el silicato mantiene una relación muy baja, en el caso del fosforo la relación con TSM es de -0.11 indicante una relación inversa y poco significativa, según estos datos el fosfato y nitrato fluctúan con el valor de la temperatura, sabiendo que a menor temperatura existe un aumento en los nutrientes.

- *Correlación de la diversidad de organismos y nutrientes del agua*



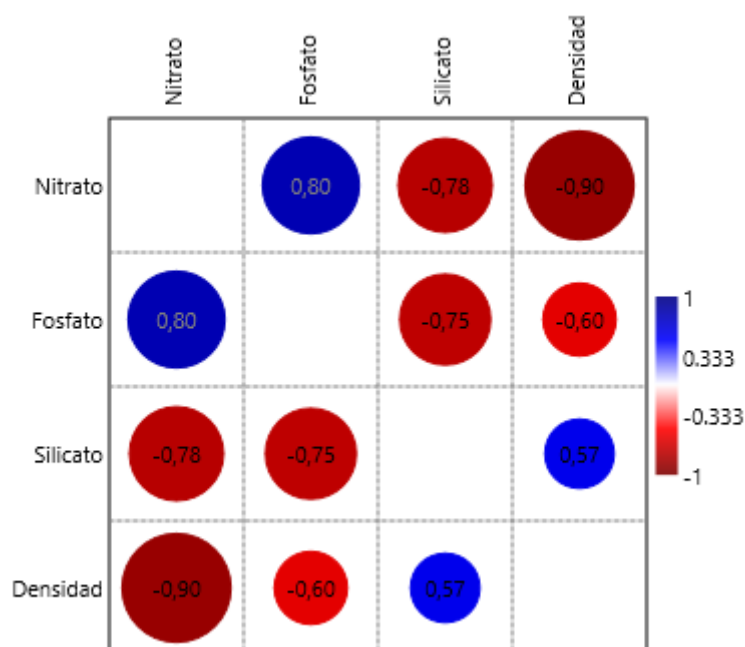
**Gráfica 18** Correlación entre índice de Shannon H y nutrientes del agua.  
**Autor:** Angulo 2024

La grafica 18. se evidencia como estas correlaciones proporcionan información sobre las concentraciones de nitrato, fosfato y silicato en el ambiente que pueden influir en la diversidad de especies según el índice de Shannon H. Los datos indican que el Nitrato y el Fosfato tienen una correlación moderada positiva con un valor de 0.80, lo que indica una relación significativa entre el nitrato y el fosfato, lo que sugiere que niveles más altos de nitrato tienden a coincidir con niveles más altos de fosfato. mientras que en cuanto al Nitrato y el Silicato se da una correlación moderada con un valor de -0.78 lo que muestra una relación inversa entre el nitrato y el silicato, donde niveles más altos de nitrato coinciden con niveles más bajos de silicato, y viceversa.

Por otro lado, entre el nitrato y el índice de Shannon H se evidencia una correlación baja positiva con un valor de 0.02 que indica una correlación débil entre los niveles de nitrato y la diversidad de especies.

En el caso del Fosfato y el Silicato se observa que existe una relación alta inversa con un valor de - 0.75. Mientras que la comparación del fosfato y el índice de Shannon H evidencia una correlación muy baja negativa de -0.13, por último, el análisis del Silicato y el índice de Shannon H se observa una relación baja negativa de -0.30 lo que indica que no se puede estimar si existe una interacción entre los parámetros.

- *Correlación de la densidad de organismos y nutrientes del agua*



**Gráfica 19** Correlación entre densidad total y nutrientes del agua.  
**Autor:** Angulo 2024

Las correlaciones presentadas en la gráfica 19 que proporcionan información sobre cómo las concentraciones de nitrato, fosfato y silicato en el ambiente pueden influir en la densidad total. Los datos de Nitrato y Fosfato demuestran una correlación moderada directa de 0.80, donde niveles más altos de nitrato tienden a coincidir con niveles más altos de fosfato.

De acuerdo con el análisis entre nitrato y el silicato se evidencia una relación alta negativa de -0.78 lo que muestra una relación inversa entre el nitrato y el silicato, donde niveles más altos de nitrato coinciden con niveles más bajos de silicato. Mientras que el nitrato con la densidad total evidencia una correlación negativa alta (-0.90), donde niveles más altos de nitrato tienden a coincidir con una densidad total más baja.

En cuanto a los datos del fosfato y el silicato se observa una correlación alta inversa negativa (-0.75), donde niveles más altos de fosfato coinciden con niveles más bajos de silicato. Lo que difiere si se analiza los datos entre fosfato y la densidad total, la cual, indica una correlación muy alta inversa (-0.60). Por otro lado, el silicato y la densidad total dan como resultado una correlación moderada positiva (0.57), donde niveles más altos de silicato tienden a coincidir con una densidad total más alta.

## 9. DISCUSIÓN

(Baylón, et al, 2019), mencionan que la composición y abundancia del fitoplancton son consideradas como bio-indicadores naturales de las variaciones en la calidad del agua debido a su sensibilidad y rápidas respuestas a los cambios de las condiciones ambientales como pH, luz, temperatura, salinidad, turbiedad y nutrientes, por aquello se realizó el análisis de la relación entre la temperatura superficial del mar y la concentración de nutrientes con los afloramientos de fitoplancton. se planteaba que esta relación incide significativamente en dichos afloramientos, los resultados obtenidos respaldan esta hipótesis.

Además, al considerar la variabilidad espacial y temporal, se observó que otros factores podrían tener una mayor influencia en la presencia de fitoplancton. Por ejemplo, eventos meteorológicos extremos, patrones de circulación oceánica y la presencia de microhábitats específicos parecen jugar roles cruciales en la presencia de fitoplancton en las áreas estudiadas. Estos factores podrían estar enmascarando cualquier relación directa entre la temperatura y la concentración de nutrientes.

Entre los registros se tiene un total de 12 familias, las diatomeas son las que presentan mayor abundancia durante los meses de monitoreos, seguidos por los dinoflagelados estos datos son semejantes a los expuestos en el trabajo realizado por (Rodríguez, 2021). También es mencionado que Las especies de dinoflagelados

con mayor densidad poblacional fue Ceratiaceae, en los datos que se obtuvieron un total 98.27 Cel/ m<sup>3</sup>.

(MAFLA, 2015), identifico a la familia Rhizosoleniaceae con mayor dominancia, también registro especies de las familias: chaetocerotaceae, Ceratiaceae, presentes dentro de las aguas marinas de la provincia en las fechas de monitoreo. Otras familias presentes en el estudio fueron: Pleurosigmales, Protopheridiales, Prorocentrales, Hemiaulales, Pyrocystales, Stephanopyxidales, Microcoleales, Leptocylindrales lo que concuerda por el trabajo descrito por otros investigadores, (Rodríguez, 2021) en su estudio describe que la abundancia de las diatomeas se evidenció en los meses de diciembre a marzo, siendo representada con la familia Rhizosoleniaceae, los registros que obtuvimos colocan con una mayor dominancia de las Rhizosoleniaceae con un total de 371.26 Cel/ m<sup>3</sup> a lo largo de los meses de diciembre a febrero siendo noviembre el que mantuvo un mayor registro 104.23 cell/m<sup>3</sup>.

Se observa una tendencia de aumento en la temperatura superficial del agua de octubre a febrero, con un incremento gradual en los valores. en base a los datos la temperatura más baja registrada fue en octubre con 25.57°C, y la temperatura más alta se alcanza en febrero con 27.32°C, esta variación en la temperatura del agua puede estar influenciada por factores estacionales, como la radiación solar, la intensidad de los vientos y la circulación oceánica, existe un incremento en la temperatura, (TAPIA, 2014) menciona que para la época de verano la temperatura

superficial del mar fluctuó entre un mínimo de 23.7°C en el mes de noviembre, con una máxima en el mes de diciembre con 24.7°C, lo que nos indica que la temperatura entre los meses de estudios si tienden a aumentar, sin embargo existe un aumento considerable de 2 °C por las diferencias de años. también menciona que los cambios en la temperatura del agua pueden tener efectos significativos en la vida marina, incluyendo la distribución de especies, la reproducción, la migración y el comportamiento alimenticio. En el trabajo realizado por (Rodríguez, 2021) registran datos de temperatura muy similares a los obtenidos en este trabajo.

Por otro lado (Basilio 2014) nos dice que a menor temperatura la cantidad de nutrientes es mayor lo que generaría una mayor diversidad de fitoplancton, esto lo podemos observar en nuestros datos debido a que en el mes de febrero la temperatura fue de 27.32°C y la diversidad fue de 2.19 bits a comparación del mes de enero donde la temperatura fue de 26.05 °C y índice Shannon – H de 2.00 bits, sin embargo, esta condición no la cumpliría todas las estaciones debido a que existen más factores que influyen en la presencia de organismos.

(Sosa, et al, 2013) nos indica que las concentraciones de nutrientes presentan significativa variabilidad temporal entre los meses de estudio, en el caso del estudio las fluctuaciones de los nutrientes el nitrato van de 0.21 mmol/m<sup>3</sup> a 0.59 mmol/m<sup>3</sup> estas concentraciones se ven ligadas a factores estacionales como cambios por intervención humana, El fosfato es removido de la columna de agua por la asimilación del fitoplancton la concentración se mantiene relativamente constante,



con valores consistentes alrededor de 0.30 mmol/m<sup>3</sup> hasta un máximo de 0.33 mmol/m<sup>3</sup>.

En cuanto a la concentración de silicato también parece, con valores que varían entre 0.49 mmol/m<sup>3</sup> en febrero y 0.97 mmol/m<sup>3</sup> en diciembre. (Prado et al, 2015) destacaron que silicato y fosfato que presentaron una relación inversa con las especies de la familia Rhizosoleniaceae.

los análisis de correlación muestran una relación estadísticamente significativa entre la temperatura del mar y la concentración de nutrientes con los afloramientos de fitoplancton en las áreas estudiadas. A pesar de la expectativa de que temperaturas más bajas, combinadas con altas concentraciones de nutrientes, favorecerían un aumento en la biomasa de fitoplancton.

La revisión de estudios previos también sugiere que la relación entre estos factores y los afloramientos de fitoplancton es compleja. Varias investigaciones indican que, aunque la temperatura y los nutrientes son importantes, su interacción con otros elementos como la luz, la mezcla vertical del agua y la presencia de depredadores puede alterar significativamente la presencia de los organismos.

## 10. CONCLUSIÓN

- los resultados de este estudio aceptan la hipótesis: “La relación de la temperatura y concentración de nutrientes incide en los afloramientos del fitoplancton”. En el análisis de datos podemos encontrar como la temperatura y los nutrientes inciden en la presencia de fitoplancton.
- Dentro del estudio se registraron un total de 12 familias de fitoplancton dentro de ellos encontramos 7 Diatomeas, 4 Dinoflagelados, 1 Microalgas. Siendo la familia Rhizosoleniaceae quien mantuvo predominante en los meses de muestreo con un total final de 371.26 Cel/m<sup>3</sup>. el aumento en la diversidad en los meses de diciembre, enero y febrero con índices de Shannon H de 1.85 bits, 2.00 bits y 2.15 bits, los índices de pielou 0.77 bits, 0.80 bits y 0.86 bits, índice de Simpson 0.75 bits, 0.80 bits y 0.84 bits respectivamente. mostrando consistentemente los valores más altos en estos meses, en el sentido ecológico, si ambos índices son altos, significa que la comunidad es no solo diversa en términos de número de especies, sino también equitativa en la distribución de la abundancia entre esas especies. Esto suele ser un indicador de un ecosistema saludable y estable, donde los recursos están bien distribuidos y no hay una dominancia excesiva de una o pocas especies, en los meses de octubre y noviembre índices de Shannon H de 1.20 bits y 1.42 bits y índices de pielou 0.57 bits y 0.71 bits índice de Simpson 0.52 bits y 0.64 bits muestran valores más bajos en comparación

con los meses de invierno, el género *Rhizosolenia* es el que presenta mayor registro durante los monitoreos presentando dominancia.

- La concentración de nutrientes presente durante los meses de monitoreo no fluctúa de manera considerable, en el caso del nitrato los meses que presentan un aumento significativo es en octubre y febrero con 0.58 mmol/m<sup>3</sup>, 0.59 mmol/m<sup>3</sup> y se registran concentraciones bajas hasta de 0.21 mmol/m<sup>3</sup> como es el caso de noviembre; el fosfato mantiene una tendencia constante de 0.30 mmol/m<sup>3</sup> con ligeros cambios, en el caso del silicato existe un aumento significativo en diciembre donde presenta 0.97 mmol/m<sup>3</sup> a comparación de los otros meses. La temperatura superficial del mar presenta ligeros cambios, la más significativa es en el aumento de la temperatura en el mes de febrero donde llegó a presentar 27,32 °C, lo que se ve ligado al aumento de la diversidad en el mes, al igual que en el mes de noviembre donde presentó un incremento en la temperatura la diversidad de fitoplancton fue mayor comparado al mes de octubre.
- Al comparar los datos obtenidos en el tiempo de muestreo podemos observar la existencia de fechas con mayor densidad de organismos, En el mes enero se registró un mayor número de organismos. sin embargo, el mayor número de diversidad fue registrado en febrero presentando un aumento significativo coincidiendo con el aumento con la temperatura en el mes, esto

ligado a los parámetros ambientales presentes en las áreas de estudio en los meses de invierno.

## **11. RECOMENDACIONES**

- Los resultados sugieren considerar un enfoque en el que se considere otras ciencias para entender los mecanismos detrás de los afloramientos de fitoplancton. Futuros estudios podrían beneficiarse de considerar otros factores como la intensidad y duración de la luz solar, la dinámica de las corrientes oceánicas y la interacción con otras especies marinas. Asimismo, la incorporación de modelos ecológicos más complejos podría ofrecer una perspectiva más precisa y detallada sobre las dinámicas de afloramientos de fitoplancton.
- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo y de alta resolución que mida la temperatura superficial del mar y la concentración de nutrientes. Este enfoque permitirá captar las variaciones temporales y espaciales asociadas con los eventos de afloramiento y su impacto en la proliferación del fitoplancton.
- Desarrollar modelos predictivos válidos que integren datos de temperatura superficial del mar y concentraciones de nutrientes para anticipar eventos

de afloramiento. Estos modelos ayudarán a comprender mejor los patrones de distribución del fitoplancton y a predecir cambios en la biomasa fitoplanctónica en respuesta a las fluctuaciones ambientales.

- Fomentar investigaciones multidisciplinarias que combinen oceanografía física, química y biológica para estudiar la interacción entre la temperatura superficial del mar, los nutrientes y el afloramiento del fitoplancton. Este enfoque holístico permitirá una comprensión más integral de los procesos ecológicos y ayudará a desarrollar estrategias de gestión sostenible de los recursos marinos.

## **12. BIBLIOGRAFÍA**

Almanza, V., Parra, O., De M. Bicudo, C. E., González, M. A., Lopez, M., & Urrutia, R. (2016). Floraciones de fitoplancton y variación de la estructura comunitaria fitoplanctónica en tres lagos someros eutróficos de Chile Central. *Gayana. Botanica*, 73(2), 191–205. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432016000200191>

- Álvaro, M. (2008). Cambios en el plancton están asociados a la variabilidad climática. Ucr.ac.cr. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2008/7/21/cambios-en-el-plancton-estan-asociados-a-la-variabilidad-climatica.html>
- Andrade, H., Gutiérrez, S., & Andrade, H. (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. In Comisión permanente del Pacificosur CPPS (pp. 22–30). Serie Estudios Regionales No.4.
- Baylón, M., Advíncula, O., Loyola, O., Norabuena, A., & Hernández-Becerril, D. (2019). VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON CON ÉNFASIS EN LAS FLORACIONES ALGALES FRENTE A LA PLAYA DE PESCADORES ARTESANALES DE CHORRILLOS / LIMA / PERÚ (Vol. vol. 28). Lima: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1332>
- Behrenfeld, et al. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*. Obtenido de Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*: <https://doi.org/10.1038/nature05317>
- Behrenfeld, M. J., O'Malley, R. T., Siegel, D. A., McClain, C. R., Sarmiento, J. L., Feldman, G. C., Milligan, A. J., Falkowski, P. G., Letelier, R. M., & Boss, E. S. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120), 752–755. <https://doi.org/10.1038/nature05317>.  
Revisado el 31 de julio del 2020.

- Beltrán, M., (2019). Respuestas del fitoplancton a los efectos del calentamiento global observadas sobre el Océano Pacífico Sudeste. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México pp. x, (pp. 65-80).
- Boyer, J. N., Fourqurean, J. W., & Jones, R. D. (1997). Spatial Characterization of Water Quality in Florida Bay and Whitewater Bay by Multivariate Analyses: Zones of Similar Influence. *Estuaries*, 20(4), 743–758. seagrasses
- Brightwell, T. (1858). WoRMS - world register of marine species - *Rhizosolenia*. [Marinespecies.org](https://www.marinespecies.org).  
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=149069>
- Burge, D. R. L., Edlund, M., & Furey, P. (2015). *Eunotia bilunaris*. [Diatoms.org](https://diatoms.org).  
[https://diatoms.org/species/eunotia\\_bilunaris](https://diatoms.org/species/eunotia_bilunaris)
- Burguera, E. (2013). Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos. Universidad Politécnica de València (pp. 2-4).
- Cabrera-Carreño, C., & Alió-Mingo, J. (2020). Abundancia, composición y diversidad del fitoplancton en la zona de Cojimíes – Manabí, durante los meses de mayo - octubre del 2018. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura YAKU*. ISSN: 2600-5824., 3(5), 2–20.  
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/yaku/article/view/6>
- Carmona J, Ramírez R, Bojorge, González B y Cantoral E, (2016), ESTUDIO DEL VALOR INDICADOR DE LAS COMUNIDADES DE ALGAS

BENTÓNICAS: UNA PROPUESTA DE EVALUACIÓN Y APLICACIÓN  
EN EL RÍO MAGDALENA, CIUDAD DE MÉXICO, DOI:  
10.20937/RICA.2016.32.02.01.

Carty, S. (2003). DINOFLAGELLATES. Sciencedirect.com.  
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/ceratium>

Castillo, F., & Vizcaino, Z. (1992). Principales organismos fitoplanctónicos como indicadores biológicos del fenómeno El Niño en el pacífico colombiano. Extraído el 08 de agosto del 2021. Obtenido de :[http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_nino/pdf/spa/doc9234/doc9234-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_nino/pdf/spa/doc9234/doc9234-contenido.pdf)

CCCP. (2002). Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. In Centro Control Contaminacion del Pacífico, CCCP (pp. 53–65). Imágenes de la Naturaleza.

CeNCOOS. (2018). Rhizosolenia. Ucsc.edu.  
<http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/Diatoms/rhizosolenia.html>

Ceseña, K. S. (2015). Distribución espacial de la abundancia y biomasa del nano y microfitoplancton en respuesta a las condiciones oceanográficas registradas en la capa de mezcla bajo condiciones de invierno en el Golfo de México. Repositorio institucional.mx.  
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/720/1/240921.pdf>



- Coello, D., & Prado, M. (1999). Variabilidad del fitoplancton y microozoplancton frente a la costa ecuatoriana durante 1995-1999. Instituto Nacional de Pesca, 72–108.
- Comas, A. A. (2017). Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Aquadocs.org. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10996/TESIS%20MAESTR%C3%8DA%20ROSELY%20PEREZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Luca, D. (2019). Una filogenia multigénica para inferir la historia evolutiva de Chaetocerotaceae (Bacillariophyta). Sciencedirect.com. <https://doi.org/10.1016/j.ympv.2019.106575>
- Del Carmen Cuéllar, T., & Rivera, C. G. (2010). Composición y abundancia de la comunidad Fitoplanctónica. Researchgate.net. [https://www.researchgate.net/publication/363774925\\_Composicion\\_y\\_abundancia\\_de\\_la\\_comunidad\\_Fitoplanctonica](https://www.researchgate.net/publication/363774925_Composicion_y_abundancia_de_la_comunidad_Fitoplanctonica)
- Ecuador, I. (2017). Raphidocystis pallida. iNaturalist Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/1423509-Raphidocystis-pallida>
- Encina, M. L. A., & Encina, A. B. A. (2022). Vista de Fitoplancton como indicador de calidad de agua. Edu.py. <https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/359/401>
- Evans, J. D. (1996). Straightforward statistics for the behavioral sciences. Thomson Brooks/Cole Publishing Co (pp. 56-60).

Ferronato, C. (2018). Influencia de parámetros físico-químicos sobre la distribución del fitoplancton en el área de El Rincón, plataforma surbonaerense del Mar Argentino. Edu.ar.

<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4481/TesisFerronato.pdf;jsessionid=7B7A9EB447225D570F4A244481064AD0?sequence=1>

G. ehrenberg, C. (1837). WoRMS - world register of marine species - Eunotia.

Marinespecies.org.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=149402>

Gama, J., Pavón, E., Ramírez, T., & Angeles, O. (2010). Análisis de calidad de agua. Relación entre factores bióticos y abióticos. (FES Iztaca, pp. 31–45). Universidad Nacional Autónoma de México.

Garcia, E. (2015). Parámetros abióticos y su relación con la abundancia del fitoplancton frente a Puerto López–Ecuador (2011-2012). Universidad de Guayaquil (pp. 11-35).

Gómez, F., Moreira, D., & Lopez, P. (2011). Avances en el estudio de los dinoflagelados (Dinophyceae) con la filogenia molecular. Hidrobiológica 21(3). pp 343-364.

Grunow. (1884). *Stephanopyxis palmeriana* (Greville). Gbif.org.  
<https://www.gbif.org/es/species/3193933>

Guillén, A. (2011, January 28). *Raphidiophrys pallida* - 342 - Biodiversidad Virtual / Mundo Microscópico. Biodiversidad Virtual Mundo Microscópico.

[https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Raphidiophrys-pallida-  
img342.html](https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Raphidiophrys-pallida-img342.html)

Guillén, A. (2019, February 8). *Eunotia pectinalis* - 3512 - Biodiversidad Virtual / Mundo Microscópico. Biodiversidad Virtual Mundo Microscópico. [https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Eunotia-pectinalis-  
img3512.html](https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Eunotia-pectinalis-img3512.html)

Gul, S., & Saifullah, S. M. (2011). THE DINOFLAGELLATE GENUS PROROCENTRUM (PROROCENTRALES, PROROCENTRACEAE) FROM THE NORTH ARABIAN SEA. Pakbs.org. [https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43\(6\)/70.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(6)/70.pdf)

Hernández Lalinde, J., Espinosa Castro , F., Rodríguez, J., Chacón Rangel, J., Toloza Sierra, C., Arenas Torrado, M., . . . Bermúdez Pirela, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones (Vol. Vol. 37). Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica, Venezuela. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55963207025>

Hernández, D. (2014). Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, (pp 44-53).

Hernandez, M. (2019, enero 7). El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra. UNAM; Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>

INTROPICA. (2013). Academia.edu. [https://www.academia.edu/109489994/PRESENCIA\\_DE\\_Stephanopyxis\\_nipponica\\_GRAN\\_y\\_YENDO\\_1914\\_STEPHANOPYXIDACEAE\\_EN\\_EL\\_AGUA\\_DE\\_LASTRE\\_DE\\_BUQUES\\_EN\\_LA\\_BAH%C3%8DA\\_DE\\_SANTA\\_MARTA\\_CARIBE\\_COLOMBIANO](https://www.academia.edu/109489994/PRESENCIA_DE_Stephanopyxis_nipponica_GRAN_y_YENDO_1914_STEPHANOPYXIDACEAE_EN_EL_AGUA_DE_LASTRE_DE_BUQUES_EN_LA_BAH%C3%8DA_DE_SANTA_MARTA_CARIBE_COLOMBIANO)

Jørgensen. (1911). *Ceratium massiliense* var. *protuberans* (G.Karsten) Jørgensen :: AlgaeBase. [Algaebase.org. https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=139967](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=139967)

Kampel, M. (2017). Los beneficios silenciosos de los océanos: el valor del fitoplancton. Iai.int. <https://www.iai.int/pdf/es/CRN-3094-sp.pdf>

Latorre, M. P., & Schloss, I. R. (2017). Efectos del calentamiento global sobre la producción fitoplanctónica: un estudio latitudinal. 27–27. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/135251>

Leticia Espinosa-Carreón, T., Gaxiola-Castro, G., Robles-Pacheco, J. M., & Nájera-Martínez, S. (2001). Temperatura, salinidad, nutrientes y clorofila a en aguas costeras de la ensenada del sur de california. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/480/48027305.pdf>

Lindao M, (2021), Distribución del fitoplancton en aguas marino- costeras en tres

- López, Á. & Morán, X. (2015). Temperature affects the size-structure of phytoplankton communities in the ocean. *Limnology and Oceanography* 60: 733–738.
- Lora, M., Lopez, F., & Perez, C. (2020). Algas de cristal; Diatomeas. *Universidad Autonoma de Baja California Sur. Recursos Naturales y Sociedad* 6(1). pp 25- 42.
- Mafla, E. (2015). Comparación de la distribución y abundancia de Las especies de fitoplancton en las estaciones Fijas 10 millas costa afuera de la libertad y Manta en relación a la turbidez y temperatura Superficial del mar, durante el año 2014. Edu.Ec. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2202/1/UPSE-TBM-2015-029.pdf>
- Magurran, E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press (pp. 354-0).
- Marañón, E., Pérez-Lorenzo, M., Cermeño, P., & Mouriño-Carballido, B. (2017). Nutrient limitation suppresses the temperature dependence of phytoplankton metabolic rates, *The ISME Journal*, Csic.es. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0105-1>
- Mence, L. N. V. (2023). diversidad y abundancia de fitoplancton en relación con parámetros físicos presente en el río javita, santa elena- ecuador. Edu.ec. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10124/1/UPSE-TBI-2023-0087.pdf>

- Nioi, M. (1998). *Trachelomonas* sp. Sistema de Información de Biodiversidad.  
<https://sib.gov.ar/especies/trachelomonas-sp.?tab=habitat>
- NOAA. (2022, July 6). Propiedades del Océano - EcoExploratorio: Museo de Ciencias de Puerto Rico. EcoExploratorio: Museo de Ciencias de Puerto Rico; EcoExploratorio. <https://ecoexploratorio.org/vida-en-el-mar/mar-y-oceano/propiedades-del-oceano/>
- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L., & Zuñiga-Ramos, C. A. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 54–61. <https://doi.org/10.7550/rmb.32706>
- Peraza-Escarrá, R., Alonso-Hernández, C., & Armenteros, M. (2019). Diversidad y distribución del fitoplancton en aguas costeras y oceánicas de la Ciudad de La Habana. *Revistas.uh.cu*. <https://revistas.uh.cu/rim/article/view/51-6>
- Pérez, V. E. M. (2022, agosto 15). La importancia del plancton en los ecosistemas acuáticos. *Revista Disruptiva; Disruptiva Media*. <https://www.disruptiva.media/la-importancia-del-plancton-en-los-ecosistemas-acuaticos/>
- Prado M, Troccoli L, Calderero M, (2013), CAMBIOS ESTRUCTURALES DELMICROFITOPLANCTON EN LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA EL ORO - ECUADOR EN TEMPORADA SECA, <https://www.researchgate.net/publication/305346509>.
- programme of the european union. (2018). Copernicus. Copernicus.eu. <https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus>

- Pulido, J. M. M., & Aké-Castillo, J. A. (2019). *Coscinodiscus* y *Coscinodiscopsis* (Bacillariophyceae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. Researchgate.net. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2790>
- Pulido, P. C. (2015). El Fitoplancton En La Determinación Del Estado Trófico Del Humedal El Salitre (Bogotá D.C., Colombia) En Épocas Climáticas Contrastantes. Edu.co. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1765/T066.pdf?sequence=1>
- Quirumbay, K. Y. P. (2014). Distribución y abundancia de diatomeas y su relación con los parámetros ambientales en la bahía de Anconcito provincia de Santa Elena-Ecuador, noviembre 2013- marzo 2014. Edu.Ec. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1465/1/KARINA%20YOLANDA%20POZO%20QUIRUMBAY.pdf>
- Risso, A., Rodríguez, Juárez, D., Lavigne, Sar, E., & Sunesen, I. (2019). Morfología y caracterización molecular de especies del género *pleurosigma* (pleurosigmataceae, bacillariophyta) de ambientes costeros de la provincia de buenos aires (argentina. Researchgate.net. [https://www.researchgate.net/publication/337868864\\_MORFOLOGIA\\_Y\\_CHARACTERIZACION\\_MOLECULAR\\_DE\\_ESPECIES\\_DEL\\_G](https://www.researchgate.net/publication/337868864_MORFOLOGIA_Y_CHARACTERIZACION_MOLECULAR_DE_ESPECIES_DEL_G)
- Rivera, P., Avaria, S., & Cruces, F. (2003). La familia Hemiaulaceae (Bacillariophyceae) de las aguas marinas chilenas. *Revista Chilena de*

- Historia Natural (Valparaíso, Chile: 1983), 76(4), 651–664.  
<https://doi.org/10.4067/s0716-078x2003000400009>
- Rojas, P. J., & R. Ortiz, J. (2007). comportamiento del fitoplancton durante el evento enos en el océano pacífico colombiano. Redalyc.org.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2311/231120826001.pdf>
- Ruozhen, G., Wenke, L., Aimin, C., Xiaoyu, G., Hua, L., Gongliang, Y., & Renhui, L. (2021). Establishment of a new filamentous cyanobacterial genus, *Microcoleusopsis* gen. Nov. (Microcoleaceae, Cyanobacteria), from benthic mats in open channel, Jiangxi Province, China. Diversity, 13(11), 548. <https://doi.org/10.3390/d13110548>
- Saito, H., & Tsuda, A. (2003). Leptocylindrus. Sciencedirect.com.  
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/leptocylindrus>
- Salazar, S. G. A. (2022). Fitoplancton en relación con el gradiente salino en tres piscinas evaporadoras de ecuasal, dentro del periodo de noviembre 2021-junio 2022. Edu.ec.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8836/1/UPSE-TBI-2022-0029.pdf>
- Sanz, E. P., Sheinbaum, J., & Tenreiro, M. (2017). Fitoplancton y cambio climático. Conahcyt.mx. <https://conahcyt.mx/fitoplancton-y-cambio-climatico/>
- Schloss, I. (2020). Revelan efectos en el fitoplancton ante el aumento de la temperatura en la Antártida. Dicyt.com.



<https://www.dicyt.com/noticias/revelan-efectos-en-el-fitoplancton-ante-el-aumento-de-la-temperatura-en-la-antartida>

SEE ME Project. (2021, December 16). Inicio de los estudios de biodisponibilidad:

Presentamos al dinoflagelado *Prorocentrum micans*. SEE ME Project.

<https://www.seemeproject.org/2021/12/16/prorocentrum-micans/?lang=es>

Silva, S. M. (2021). variabilidad de fitoplancton en aguas residuales de la playa

chipipe, salinas 2021. Edu.ec.

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8104/4/UPSE-TBM-2022-0022.pdf>

Smithsonian. (2012). EOS - Phytoplankton Encyclopedia Project. Ubc.Ca.

[https://phytoplankton.eoas.ubc.ca/research/phytoplankton/dinoflagellates/prorocentrum/p\\_micans.html](https://phytoplankton.eoas.ubc.ca/research/phytoplankton/dinoflagellates/prorocentrum/p_micans.html)

Sosa, R, Gaxiola, Olivos A y Silva L (2013) Nutrientes inorgánicos y producción

del fitoplancton en una laguna costera subtropical de México Vol. 48, N°1:

143-154, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000100012>.

*Stephanopyxis palmeriana*. (2015). NaturaLista Colombia.

<https://colombia.inaturalist.org/taxa/470480-Stephanopyxis-palmeriana>

Tapia, M. (2013). COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON

DURANTE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA COSTA

ECUATORIANA, DICIEMBRE DE 2008 (Vol. Vol 18). ACTA

OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO.

- Tapia, M. E. (2009). Productividad del fitoplancton en la bahía de Santa Elena, Ecuador durante mayo del 2006. Mil.ec.  
[https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta15/OCE1501\\_4.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta15/OCE1501_4.pdf)
- Torres, G., & Andrade, C. (2006). Dinámica del plancton marino costero con relación al flujo de mareas en Bahía Aeolián en septiembre 2006 (Baltra-Galápagos-Ecuador). Aquadocs.org.  
<https://aquadocs.org/bitstream/1834/5455/1/Din>
- Trimmer, M. (2015, diciembre 18). El aumento de temperaturas le sienta bien al fitoplancton. ciencia plus. <https://www.europapress.es/ciencia/cambio-climatico/noticia-aumento-temperaturas-le-sienta-bien-fitoplancton-20151218111652.html>
- Vásquez, A. R. (2023). el fitoplancton y zooplancton como bioindicadores de calidad del agua, durante el periodo del 2015 al 2020, en la laguna de yarinacocha, ucayali, 2023. Edu.pe.  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6962/B2\\_2024\\_UNU\\_MAESTRIA\\_2023\\_TM\\_FLOR-RODRIGUEZ\\_VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6962/B2_2024_UNU_MAESTRIA_2023_TM_FLOR-RODRIGUEZ_VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vera, K. E. A. (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. Edu.ec.

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8110/1/UPSE-TBM-2022-0001.pdf>

Vernet, M., & Cape, M. R. (2019). Antarctic marine ecosystems after ice barriers breaking off. Redalyc.org.

<https://www.redalyc.org/journal/5156/515661223004/html/>

Yulong, P., Ruixiang, L., Shuang, L., Sheng, Z., & Yiting, L. (2014). Taxonomy and morphological identification of Pyrocystaceae (Pyrocystales, Dinophyta) species on the coasts of China. Sheng Wu Duo Yang Xing [Chinese Biodiversity], 22(3), 329. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1003.2014.13249>

Zlatogursky. (2018). *Raphidocystis pallida* – microworld. Arcella.Nl. <https://arcella.nl/raphidocystis-pallida/>

Zoppi, E. (2019). Dinámica del microfítobentos y su relación ecológica con el plancton de la zona costera central de Venezuela. Ucv.ve. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20559/1/TESIS%20DOCTORAL%20CARLOS%20PEREIRA%20%28DCE%29.pdf>

### 13. ANEXOS

	Nitrato	Fosfato	Silicato	TSM	Densidad total	Shannon H
Octubre	0.58	0.33	0.69	25.57	114.157518	2.82
noviembre	0.21	0.30	0.87	26.37	182.652028	3.16
Diciembre	0.34	0.30	0.97	26.00	167.761917	4.09
Enero	0.34	0.32	0.73	26.05	195.556791	4.19
Febrero	0.59	0.32	0.49	27.32	128.054954	4.35

**Anexo 1** tabla de datos.

**Autor:** Angulo 2024

Tabla cuadrada de correlación (Pearson)				
	Nitrato	Fosfato	Silicato	Dnsd total
Nitrato			0.10361	0.14956
Fosfato	0.80062		0.1424	0.34401
Silicato	-0.77751	-0.75226		0.37654
Dnsd total	-0.74378	-0.54327	0.51317	

**Anexo 2** correlación nutrientes y densidad

**Autor:** Angulo 2024

Tabla cuadrada de correlación (Pearson)				
	Nitrato	Fosfato	Silicato	Shannon H
Nitrato		0,10361	0,12169	0,97167
Fosfato	0,80062		0,1424	0,83582
Silicato	-0,77751	-0,75226		0,62725
Shannon H	0,022248	-0,12931	-0,29719	

**Anexo 3** correlación nutrientes y densidad

**Autor:** Angulo 2024

Mes	Estación	Shannon/H log2	Indice de pielou	Simpson
Oct total	Total	1.205	0.5794	0.5297
Nov total	Total	1.496	0.7194	0.6461
Dic total	Total	1.859	0.7751	0.7507
Ene total	Total	2.008	0.8079	0.801
Feb total	Total	2.157	0.8682	0.8489

**Anexo 4** índices ecológicos.

**Autor:** Angulo 2024



**Anexo 5** toma de muestra en zona mareal de ballenita - Santa Elena.  
**Autor:** Angulo 2024



**Anexo 6** recolección de muestra.  
**Autor:** Angulo 2024



**Anexo 7** Análisis de muestras e identificación en el laboratorio.  
**Autor:** Angulo 2024