



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DELMAR CARRERA DE BIOLOGÍA

**DIATOMEAS EPILÍTICAS Y SU RELACIÓN CON LAS  
VARIABLES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA  
ROcosa DE LA COMUNA PALMAR**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

**Edwin Darío Malavé Rodríguez**

TUTOR:

**Blgo. Carlos Andrade Ruíz MS.c**

LA LIBERTAD – ECUADOR  
2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DELMAR CARRERA DE BIOLOGÍA

**DIATOMEAS EPILÍTICAS Y SU RELACIÓN CON LAS  
VARIABLES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA  
ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

**Malavé Rodríguez Edwin Darío**

TUTOR:

**Blgo. Carlos Andrade Ruíz MS.c**

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “DIATOMEAS EPILÍTICAS Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR”, elaborado por MALAVÉ RODRÍGUEZ EDWIN DARÍO 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 dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente:



**Blgo. Carlos Andrade Ruíz MSc.**

**DOCENTE TUTOR**

**C.I. 0910798750**

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA**

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “DIATOMEAS EPILÍTICAS Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR”, elaborado por Malavé Rodríguez Edwin Darío, 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



---

**Ing. Jorge Magallanes Tomalá, M.Sc.**

**DOCENTE DE ÁREA**

**C.I. 0928355346**

# DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera universitaria y por guiarme en este camino de crecimiento personal y profesional. Agradezco de manera especial a mis padres, Darwin Malavé y Narcisa Rodríguez, por su incondicional apoyo y dedicación a lo largo de este periodo. Su amor y aliento constante han sido fundamentales para culminar con éxito este trabajo.

A mis maestros y compañeros, gracias por su tiempo y por su apoyo que contribuyeron al desarrollo del presente trabajo para llegar a la culminación del mismo.

Finalmente dedico este trabajo a todas aquellas personas que han motivado mis sueños y esperanzas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Estatal península de Santa Elena por haberme dado la oportunidad de formar parte y desarrollarme profesionalmente. Quiero expresar mi gratitud a las autoridades y docentes que conforman la Facultad Ciencias del Mar por brindarme los recursos necesarios para realizar esta investigación.

A mi docente tutor Blgo. Carlos Andrade Ruíz quien estuvo predispuesto en brindarme su apoyo y orientación desde el inicio, por su experiencia, conocimiento, paciencia y contribuciones.

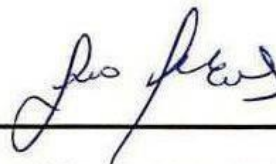
# TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Malavé Rodríguez Edwin Darío** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

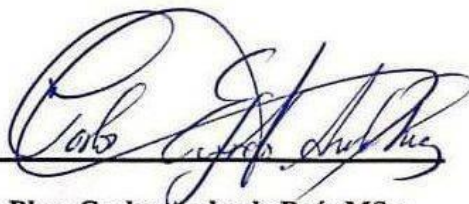
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10 de diciembre de 2025



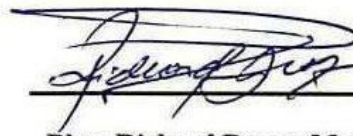
**Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc**  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



**Ing. Jorge Magallanes Tomalá, M.Sc.**  
**DOCENTE DE ÁREA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



**Blgo. Carlos Andrade Ruíz MS.c**  
**DOCENTE TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



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



**Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt**  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Yo, **MALAVÉ RODRÍGUEZ EDWIN DARÍO**, estudiantes de la Carrera de Biología, declaro que el Trabajo de Integración Curricular, cuyo títulos es **“DIATOMEAS EPILITICAS Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR”** corresponde exclusiva responsabilidad del autor por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan y pertenece al patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena.

Atentamente,

Edwin Malavé R.

**Malavé Rodríguez Edwin Darío**

**C.I. 2450110792**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
4.1.    Objetivo general.....	10
4.2.    Objetivos específicos .....	10
<b>5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>11</b>
<b>6. MARCO TEORICO.....</b>	<b>12</b>
6.1.    Fitoplancton y su clasificación.....	12
6.2.    Diatomeas .....	13
6.3.    Características generales .....	14
6.4.    Clasificación.....	16
6.5.    Reproducción de las diatomeas.....	17
6.5.1.  Reproducción asexual.....	17
6.5.2.  Reproducción sexual.....	17
6.6.    Nutrición .....	18
6.6.1.  Clorofila .....	19
6.6.2.  Carotenoides .....	19
6.7.    Ecología .....	20
6.8.    Hábitat y distribución .....	21
6.9.    Importancia de las diatomeas como bioindicadores .....	22
6.9.1.  Ubicuidad.....	22
6.9.2.  Cosmopolitismo .....	23

6.9.3.	Sensibilidad.....	23
6.9.4.	Diversidad.....	23
6.9.5.	Ciclos vitales.....	24
6.10.	Características de las diatomeas según su género.....	24
6.11.	<i>Género Gomphonema</i> .....	24
6.12.	<i>Género Navicula</i> .....	24
6.13.	<i>Género Pinnularia</i> .....	25
6.14.	<i>Género Cymbella</i> .....	25
6.15.	<i>Género Gyrosigma</i> .....	25
<b>7.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
7.1.	Área de estudio.....	26
7.2.	Trabajo de campo.....	27
7.3.	Obtención de la muestra.....	28
7.4.	Obtención de los parámetros fisicoquímicos.....	30
7.5.	Trabajo de laboratorio.....	30
7.6.	Análisis ecológicos.....	31
7.7.	Análisis estadístico.....	34
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
8.1.	Composición de las especies de diatomeas epilíticas.....	35
8.2.	Densidad las especies de diatomeas epilíticas.....	36
8.3.	Test de normalidad de Shapiro-Wilk.....	47
8.4.	Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.....	48
8.5.	Distribución de poblaciones.....	48
8.6.	Variación de parámetros fisicoquímicos.....	51
8.7.	Índices ecológicos Shannon Weaver, Pielou y Simpson.....	57
8.8.	Análisis de similitud (ANOSIM).....	65

8.9.	Escalado multidimensional no métrico (NMDS).....	65
8.10.	Análisis de correlación canónica.....	67
<b>9.</b>	<b>DISCUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ubicación geográfica de las estaciones .....	27
<b>Tabla 2.</b> Especies de diatomeas epilíticas identificadas durante agosto, septiembre y octubre	35
<b>Tabla 3.</b> Densidad poblacional del primer muestreo .....	84
<b>Tabla 4.</b> Densidad poblacional del segundo muestreo.....	85
<b>Tabla 5.</b> Densidad poblacional del tercer muestreo.....	86
<b>Tabla 6.</b> Densidad poblacional del cuarto muestreo .....	87
<b>Tabla 7.</b> Densidad poblacional del quinto muestreo .....	88
<b>Tabla 8.</b> Densidad poblacional del sexto muestreo .....	89
<b>Tabla 9.</b> Valores del Test de normalidad de Shapiro-Wilk por estación.....	90
<b>Tabla 10.</b> Variación promedia de parámetros fisicoquímicos .....	90
<b>Tabla 11.</b> Parámetros fisicoquímicos del primer muestreo .....	90
<b>Tabla 12.</b> Parámetros fisicoquímicos del segundo muestreo.....	91
<b>Tabla 13.</b> Parámetros fisicoquímicos del tercer muestreo .....	91
<b>Tabla 14.</b> Parámetros fisicoquímicos del cuarto muestreo .....	91
<b>Tabla 15.</b> Parámetros fisicoquímicos del quinto muestreo.....	91
<b>Tabla 16.</b> Parámetros fisicoquímicos del sexto muestreo.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Características de las diatomeas.....	16
<b>Figura 2.</b> Esquema del ciclo reproductivo de las diatomeas.....	18
<b>Figura 3.</b> Esquema de cloroplasto de las diatomeas .....	20
<b>Figura 4.</b> Zona rocosa de la Comuna Palmar .....	26
<b>Figura 5.</b> Esquema de muestreo con cuadrantes .....	28
<b>Figura 6.</b> Conteo usando transecto lineal adaptado .....	31
<b>Figura 7.</b> Densidad poblacional del primer muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 agosto.....	37
<b>Figura 8.</b> Densidad poblacional del segundo muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 agosto.....	39
<b>Figura 9.</b> Densidad poblacional del tercer muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 septiembre .....	41
<b>Figura 10.</b> Densidad poblacional del cuarto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 septiembre.....	43
<b>Figura 11.</b> Densidad poblacional del quinto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 octubre .....	45
<b>Figura 12.</b> Densidad poblacional del sexto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 octubre .....	47
<b>Figura 13.</b> Distribución de población de los 6 muestreos .....	50
<b>Figura 14.</b> Variación de temperatura promedio por muestreo .....	51
<b>Figura 15.</b> Variación de salinidad promedio por muestreo .....	52
<b>Figura 16.</b> Variación de pH promedio por muestreo .....	53
<b>Figura 17.</b> Variación de nitrito promedio por muestreo.....	54
<b>Figura 18.</b> Variación de nitrito promedio por muestreo.....	55
<b>Figura 19.</b> Variación de silicato promedio por muestreo .....	56
<b>Figura 20.</b> Índices ecológicos del primer muestreo.....	58
<b>Figura 21.</b> Índices ecológicos del segundo muestreo .....	59
<b>Figura 22.</b> Índices ecológicos del tercer muestreo .....	60
<b>Figura 23.</b> Índices ecológicos del cuarto muestreo .....	62
<b>Figura 24.</b> Índices ecológicos del quinto muestreo.....	63
<b>Figura 25.</b> Índices ecológicos del sexto muestreo .....	64
<b>Figura 26.</b> Ordenamiento estacional de la abundancia comunitaria de diatomeas epilíticas en las tres estaciones.....	66
<b>Figura 27.</b> Análisis de correlación canónica, donde se observa los patrones de distribución de las especies en función de las variables fisicoquímicos .....	68
<b>Figura 28.</b> <i>Pleurosigma elongatum</i> .....	79
<b>Figura 29.</b> <i>Cymbella sp</i> .....	79

<b>Figura 30.</b> <i>Pleurosigma angulatum</i> .....	79
<b>Figura 31.</b> <i>Nitzschia sigmoidea</i> .....	79
<b>Figura 32.</b> <i>Cymbella tumida</i> .....	79
<b>Figura 33.</b> <i>Nitzschia palea</i> .....	79
<b>Figura 34.</b> <i>Navicula longissima</i> .....	80
<b>Figura 35.</b> <i>Nitzschia lanceolata</i> .....	80
<b>Figura 36.</b> <i>Navicula cincta</i> .....	80
<b>Figura 37.</b> <i>Navicula directa</i> .....	80
<b>Figura 38.</b> <i>Gomphonema sp</i> .....	80
<b>Figura 39.</b> <i>Opephora sp</i> .....	80
<b>Figura 40.</b> <i>Nitzschia sp</i> .....	81
<b>Figura 41.</b> <i>Leptocylindrus danicus</i> .....	81
<b>Figura 42.</b> <i>Stephanopyxis palmeriana</i> .....	81
<b>Figura 43.</b> <i>Pinnularia stauroptera</i> .....	81
<b>Figura 44.</b> <i>Coscinodiscus sp</i> .....	81
<b>Figura 45.</b> <i>Navicula margalithii</i> .....	81
<b>Figura 46.</b> <i>Gyrosigma fasciola</i> .....	82
<b>Figura 47.</b> <i>Pyxidicula cruciata</i> .....	82
<b>Figura 48.</b> <i>Trachyneis antillarum</i> .....	82
<b>Figura 49.</b> <i>Amphora sp</i> .....	82
<b>Figura 50.</b> <i>Coscinodiscus concinnus</i> .....	82
<b>Figura 51.</b> <i>Cyclotella meneghiniana</i> .....	82
<b>Figura 52.</b> <i>Nitzschia closterium</i> .....	83
<b>Figura 53.</b> Extracción de las diatomeas.....	83
<b>Figura 54.</b> Método de NaGISA.....	83
<b>Figura 55.</b> Análisis microscópico en laboratorio .....	83
<b>Figura 56.</b> Fase de recolección .....	83

## GLOSARIO

**Antropogénico:** Efectos directos o indirectos causados por el ser humano hacia el medio ambiente, que causan contaminación o el calentamiento global.

**Bentónico:** Organismos que residen en la parte profunda de un cuerpo de agua.

**Clorofila:** Compuesto químico que poseen las plantas, algas y algunas bacterias, su función consiste en absorber la luz solar para transformar en energía durante el proceso fotosintético.

**Biogeoquímicos:** Circulación de elementos químicos entre los seres humanos y el medio ambiente.

**Influencia:** Capacidad de afectar o tener efecto sobre algo.

**Diversidad de especies:** Número de especies que están en un determinado hábitat

**Abundancia:** Número de individuos por especie que viven en comunidad en una región específica.

**Bioindicadores:** Los bioindicadores son organismos vivos que reflejan el estado de salud de un ecosistema y permiten evaluar la calidad del medio ambiente.

## **ABREVIATURAS**

**pH:** Potencial de hidrógeno (acidez o alcalinidad)

**Cel/ml:** Células por mililitro

**Mg/l:** Miligramos por litro

**°C:** Grados centígrados

**%:** porcentaje

**bits:** dígito binario

**sp:** Especie sin identificar

**ppm:** Partes por millón

## RESUMEN

En este presente estudio se analizó las diatomeas epilíticas de la zona rocosa de la Comuna Palmar, Santa Elena, Ecuador, durante los meses, agosto, septiembre y octubre de 2025, se identificaron 32 especies, mediante el método de raspado a sustrato rocoso en tres estaciones distribuidas en 800 m. La abundancia de especies se vio caracterizada de la siguiente forma, *Cymbella sp*, *Navicula cincta*, *Navicula lanceolata*, *Navicula directa* y *Nitzschia palea*. Los índices ecológicos revelaron que diversidad media (Shannon-Weaver: 2,48 – 2,71 bits), una distribución equitativa (Pielou: 0,66 – 0,77) y baja dominancia (Simpson: 0,08 – 0,11), sin mostrar diferencias significativas entre estaciones (Kruskal-Wallis: H=1.76; p=0.406). Los parámetros fisicoquímicos mostraron: salinidad 31.5-35.6 ppm, pH 8.0-8.43, temperatura 21.1 - 25.8 °C, nitrito 0.014 - 0.065 mg/l, silicato 0.92 - 2.48 mg/l y fosfato 0.037 - 1.92 mg/l. El análisis de correlación canónica (CCA) mostró que las especies: *Coscinodiscus concinnus*, *Nitzschia sigmoidea*, *Hemiaulus sinensis* y *Opephora sp* prefieren ambientes con altas cantidades de silicatos y nitritos, mientras que *Diploneis sp* y *Cyclotella meneghiniana* con temperatura y fosfatos elevados.

**Palabras clave:** diatomeas epilíticas, abundancia, índices ecológicos, parámetros fisicoquímicos, correlación canónica.

## **ABSTRACT**

*This study analyzed the epilithic diatoms of the rocky area of the Palmar Commune, Santa Elena, Ecuador, during the months of August, September, and October 2025. Thirty-two species were identified using the scraping method on rocky substrate at three stations distributed over 800 meters. Species abundance was characterized as follows: *Cymbella* sp, *Navicula cincta*, *Navicula lanceolata*, *Navicula directa*, and *Nitzschia palea*. Ecological indices revealed moderate diversity (Shannon-Weaver: 2.48–2.71 bits), an even distribution (Pielou: 0.66–0.77), and low dominance (Simpson: 0.08–0.11), with no significant differences between stations (Kruskal-Wallis:  $H=1.76$ ;  $p=0.406$ ). Physicochemical parameters showed: salinity 31.5–35.6 ppm, pH 8.0–8.43, temperature 21.1–25.8°C, nitrite 0.014–0.065 mg/L, silicate 0.92–2.48 mg/L, and phosphate 0.037–1.92 mg/L. Canonical correlation analysis (CCA) showed that the species *Coscinodiscus concinnus*, *Nitzschia sigmoidea*, *Hemiaulus sinensis*, and *Opephora* sp prefer environments with high silicate and nitrite levels, while *Diploneis* sp and *Cyclotella meneghiniana* prefer environments with high temperatures and phosphate levels.*

**Keywords:** *epilithic diatoms, abundance, ecological indices, physicochemical parameters, canonical correlation.*

## 1. INTRODUCCIÓN:

Los sistemas marinos costeros están definidos como aquellos que están ubicados en la costa con una clara influencia marina, tales como estuarios, manglares, entre otros, así como los marinos propiamente dichos, que incluyen ambientes pelágicos y más profundos (Cortés et al., 2020). En este sentido, estos ambientes comprenden la parte más baja de las cuencas fluviales, bahías, estuarios y lagunas costeras. Así mismo, abarcan zonas rocosas, playas y arrecifes, además de las plataformas continentales y taludes al igual que las zonas de afloramiento (FAO, 2019)

El fitoplancton es fundamental en los ecosistemas acuáticos debido a sus características dado que son los productores primarios en estos ambientes, su biodiversidad varía según las condiciones ambientales del área, está conformado por grupos como; dinoflagelados, clorófitas, cianobacterias y diatomeas, siendo esta última la más destacada por su alta abundancia (Costas, 2019).

Las microalgas bentónicas son organismos eucariotas, fotosintéticos presentan gran variedad de formas, laminillas, filamentos, redondas, ramificadas. Existen células desde muy pequeñas casi imperceptibles y algunas hasta medir más de 50 cm (Yépez Rendón, 2018). Se encuentran distribuidos en casi todos los ambientes acuáticos existentes, pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales, estos organismos se adhieren a sustratos rocosos o sedimentos arenosos (Garzón, 2019).

Las diatomeas son microorganismos fotosintéticos que se las encuentra de forma solitaria o en colonias (Soininen & Teittinen, 2019), conforman la base de las cadenas tróficas en ecosistemas acuáticos, tanto de agua dulce como los marinos, participan en la fijación del carbono, además se considera que producen entre el 20 y 40% del oxígeno global debido a su actividad fotosintética. La contaminación cambia la estructura de las comunidades (Barzallo & Sacoto, 2019), debido a su sensibilidad se las suele usar como bioindicadores de calidad, ya que, su presencia y diversidad reflejan las condiciones del hábitat en el que se desarrollan por medio de esto podemos saber cuándo existe alguna variación en el medio (Serodio, 2022).

Las diatomeas epilíticas son microorganismos que viven adheridos a las rocas, pueden registrar los cambios influenciados por los factores físicos y químicos del agua, han desarrollado estructuras que les permiten fijarse asegurando su permanencia a pesar del movimiento del agua producido por mareas (Castillejo et al., 2022).

Está establecido que las comunidades de diatomeas presentan modificaciones importantes en respuesta a diversos factores, incluyendo las condiciones ambientales del agua (Cruz Ramírez, 2024), la forma en que los parámetros como la temperatura, salinidad, pH, fosfato, silicato y nitrito determinan la diversidad y abundancia en ambientes costeros, como el de la Comuna Palmar, aún no ha sido suficiente investigada. Dada la complejidad de estas, junto con la variabilidad en tiempo y espacio, genera la necesidad de realizar estudios locales para comprender esta dinámica.

La comuna Palmar, situada en la zona costera de la provincia de Santa Elena, alberga diversos ecosistemas que favorecen a una rica biodiversidad de especies, destacando como un lugar apto para la observación y recolección de muestras, sin embargo, a pesar de ser importantes para estudiar el comportamiento de las diatomeas en relación con las variables ambientales, por ello el objetivo de esta investigación es analizar la diversidad y abundancia, mediante el raspado relacionado a los factores fisicoquímicos del agua como; salinidad, temperatura, pH, nitrito, fosfato y sílice. Representando así información base para entender la ecología de este grupo de microalgas en esta importante área.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La zona rocosa de Palmar alberga un ecosistema marino vulnerable a influencias naturales y antrópicas como, la contaminación por aguas residuales, actividades turísticas (Paredes, 2006) y pesquerías no reguladas (Tomalá, 2025) .En este ambiente, las diatomeas epilíticas cumplen un rol fundamental como productores primarios y bioindicadores de salud del ecosistema, ya que su presencia y diversidad reflejan las condiciones físicoquímicos del entorno. Sin embargo, la interacción entre los procesos naturales y las actividades antropogénicas generan alteraciones en las variables ambientales como, cambios en el pH, la temperatura (T), salinidad (ppm) y los nutrientes (mg/l), que influyen en la estructura y abundancia de las comunidades de diatomeas (León, 2025), lo cual puede tener repercusiones negativas en niveles tróficos superiores en los que están incluidos, larvas de peces, moluscos y crustáceos.

Además, estas mismas presiones antropogénicas alteran las variables ambientales y afectan el equilibrio ecológico de estas comunidades microalgales, lo cual podría comprometer procesos ecológicos clave como, el reciclaje de carbono y la disponibilidad de oxígeno disuelto (Lora Vilchis et al., 2020).

En este contexto, se reconoce la necesidad de realizar investigaciones que permitan analizar la respuesta de las poblaciones de diatomeas ante las alteraciones ambientales. Por ello, este estudio plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo influyen los

gradientes espaciales de temperatura, pH, salinidad, nitrito, fosfato y silicato en la diversidad y abundancia de las comunidades de diatomeas epilíticas en tres estaciones de la zona rocosa de Palmar?

Para responder esta pregunta, se busca analizar la abundancia y composición de las diatomeas en tres estaciones ubicadas en un perímetro de 800 metros en la zona rocosa, entre la zona cercana al mar y la zona cercana al manglar, con el fin de comprender su relación con los cambios fisicoquímicos del ecosistema.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La relevancia de las microalgas, en particular las diatomeas, radica en su papel fundamental como productores primarios en los ecosistemas acuáticos. Dado a que son organismos que realizan la fotosíntesis, esta actividad no solo sostiene la base de las cadenas tróficas acuáticas, sino que también desempeña un papel esencial en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, la liberación de oxígeno en el agua y la atmósfera (Serodio, 2022).

Las diatomeas, como primer eslabón de la cadena alimentaria, constituyen la base nutricional para diversos grupos de niveles tróficos superiores, incluyendo larvas de peces, moluscos y pequeños crustáceos. Por ello, cualquier alteración en las condiciones fisicoquímicas del ambiente puede influir directamente en su diversidad, abundancia y distribución, desde una perspectiva ecológica, la composición y estructura de las comunidades de microalgas sirven como indicadores biológicos de la calidad del agua y de salud de los ecosistemas acuáticos (Albrecht, 2023). Su sensibilidad a los cambios ambientales los convierte en recursos valiosos para detectar alteraciones tempranas en el equilibrio ecológico.

A nivel operativo local, este estudio tiene aplicaciones directas para el manejo de la zona costera de Palmar. Los resultados permitirán generar líneas base que faciliten la detección temprana de procesos de eutrofización o deterioro ambiental.

Esta capacidad de alerta temprana es crucial para implementar medidas correctivas oportunas antes de que los impactos ambientales se vuelvan irreversibles, especialmente considerando las presiones constantes por aguas residuales y actividades turísticas en la zona. También, la información generada será de utilidad, al proporcionar herramientas científicas para la toma de decisiones sobre regulación de actividades pesqueras, control de vertimientos y zonificación de áreas de protección marina.

Además, el objetivo número 14 de las ODS (Objetivos de desarrollo sostenible), busca fomentar la protección y aprovechamiento responsable de los océanos, mares y recursos para garantizar un desarrollo sostenible (RECLA, 2024). En este contexto, este estudio va a proporcionar información importante para conservar y mantener la productividad marina.

Por estas razones, analizar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la estructura comunitaria de las diatomeas permitirá estudiar las condiciones ecológicas de la zona rocosa de Palmar, así mismo la comprensión de como responden estos microorganismos ante perturbaciones ambientales aportará información clave sobre la dinámica del ecosistema marino costero, por tanto, el presente estudio tiene una gran importancia científica, por lo cual, esta información no solo servirá como base para futuras investigaciones, sino que también podrá contribuir a la implementación de estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos marinos en la región.

## **4. OBJETIVOS:**

### **4.1. Objetivo general:**

Analizar la distribución y abundancia de diatomeas epilíticas mediante el método de raspado, relacionado a las variables fisicoquímicos del agua presentes en la zona rocosa de la comuna Palmar.

### **4.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la densidad y abundancia poblacional de las diatomeas epilíticas por el método de raspado.
- Estimar la estructura comunitaria de las diatomeas epilíticas mediante los índices ecológicos.
- Correlacionar las variables fisicoquímicos del agua con las comunidades de diatomeas epilíticas más abundantes, mediante análisis estadístico.

## **5. HIPÓTESIS**

Hi: Las diatomeas epilíticas están influenciadas por las variables fisicoquímicas del agua.

## 6. MARCO TEORICO

### 6.1. Fitoplancton y su clasificación

Entre los grupos más comunes que encontramos en el fitoplancton están incluidas las diatomeas, los dinoflagelados y las cianobacterias. Todos estos contienen clorofila y otros pigmentos que les permiten captar la energía del sol, las variaciones de estos pigmentos les dan diversas coloraciones, lo que permite a los investigadores estudiar su distribución. Algunas especies de estos grupos poseen bioluminiscencia produciendo destellos de luz cuando son agitadas por el movimiento de las olas. Este fenómeno natural es producto de reacciones químicas celulares que evidencian la diversidad y complejidad de estos microorganismos y es observado en las costas (Venuta, 2025).

Estas microalgas forman parte del primer eslabón de la cadena alimentaria oceánica. En el pacífico estas comunidades fitoplanctónicas se divide en siete grupos principales: *Pyrrophyta*, *Cyanophyta*, *Xanthophyta*, *Chrysophyta*, *Euglenophyta*, *Flagellata* y *Bacillariophyta*. Particularmente, de estos grupos las diatomeas destacan por su alta abundancia. El fitoplancton cumple una función esencial en la producción de oxígeno atmosférico generando una cantidad sustancial a escala global, además contribuye al enriquecimiento y diversificación de la vida oceánica integrándose a la flora marina gracias a la alta cantidad de organismos que lo componen (Solano, 2025).

## 6.2. Diatomeas

La super clase *Bacillariophyceae* o también conocida comúnmente como Diatomea, agrupa a más de 100.000 especies (Cabezas, 2025), es un grupo de microalgas caracterizadas por su contenido de silicio, representado por un aproximado del 60% de su composición. Poseen una pared celular muy pronunciada, ya que la célula se encuentra protegido por una cubierta de silicio de nombre frústulo que les proporciona resistencia y dureza estructural.

La clase *Bacillariophyceae* representa uno de los más importantes grupos que componen el fitoplancton. Son microorganismos unicelulares capaces de realizar el proceso de fotosíntesis, acoplados a pasar parte o todo su ciclo de vida suspendidos tanto en ambientes marinos como de agua dulce (Cabezas, 2025). Las diatomeas son responsables de producir un 20% del oxígeno total del planeta, ayuda a mantener el equilibrio en los ambientes acuáticos, también son el alimento de muchas especies siendo la base de las cadenas tróficas de estos ecosistemas, además, cumplen un papel importante en el ciclo del carbono, al captar y transportarlo desde la superficie hasta el fondo marino (Pierella Karlusich et al., 2024).

### 6.3. Características generales

Las diatomeas presentan una característica distintiva de nombre frústula, es una estructura externa que sirve de cubierta rígida que cumple la función de protección, formada por sílice (dióxido de silicio), esta estructura está compuesta de dos partes: la parte inferior se denomina hipoteca y la parte superior la epiteca. Estas dos estructuras están conectadas formando un cinturón que las une llamado cíngulo (Lira, 2024).

Estructuralmente esta formación les brinda una notable resistencia, además, los patrones que presentan las frústulas varían entre especies, siendo herramientas fundamentales que permiten su clasificación y estudio (Portillo, 2024).

- **Diatomeas pennadas:** Prevalecen mayormente en agua dulce, se distinguen por presentar simetría bilateral.
- **Diatomeas centrales:** Predominan los ecosistemas marinos y se caracterizan por presentar simetría radial.

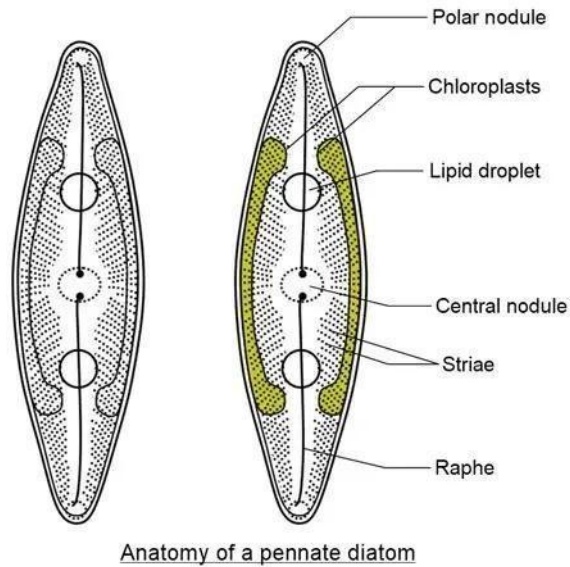
Las tecas pueden tener unas variaciones superficiales como perforaciones, crestas, estrías, estructuras radiales, espinosas y extensiones, además, pueden presentar una fisura central de nombre rafe (Figura 1), que puede tener formaciones que varían entre, triangulares, alargadas o circulares. También, existe un único grupo de diatomeas que carecen de frústula, estos son organismos que han evolucionado como endosimbionte de dinoflagelados.

Con respecto al tamaño, las diatomeas pueden alcanzar hasta 2 milímetros de longitud, pueden vivir de forma solitarias o en agrupaciones (colonias). Las células que viven de forma individual pueden tener simetría bilateral o radial, y las que viven en colonias presentan varias formaciones como filamentos, estructuras estrelladas, de abanico o en espiral (Lira, 2024).

Los pigmentos responsables del proceso fotosintético se encuentran dentro de los cloroplastos que tienen tonalidades pardas amarillentas que contienen clorofila a, c1 y c2, además de,  $\beta$ -caroteno, diatoxantina, fucoxantina y diadinoxantina, mientras almacenan gotas de aceites que tienen funciones como, sustancias de reserva y la flotabilidad (Cruz, 2025). Las especies que habitan en el sustrato o viven adheridas a superficies, son denominadas bentónicas, estas presentan una capacidad limitada de movilidad y se desplazan gracias a movimientos que se dan por el citoplasma celular a través del rafe.

En algunas especies, los gametos masculinos presentan movilidad debido a la presencia de un flagelo, estructura se pierde al momento de la fecundación, por otra parte, los gametos femeninos, algunos masculinos y las diatomeas adultas, no presentan estas estructuras, por lo cual su capacidad de movimiento es limitada o totalmente ausente y dependen del flujo de las corrientes o dispersión para distribuirse en el medio (Lira, 2024).

**Figura 1.** Características de las diatomeas



**Fuente.** Boyle V, 2024

## 6.4. Clasificación

La clasificación de las diatomeas está basada en su simetría y forma que se denominan pennadas, que presentan simetría bilateral alargada y céntricas, que se caracterizan por su simetría radial circular. Las diatomeas céntricas pertenecen a la clase Coscinodiscophyceae y las pennadas presentan dos tipos: las de la clase Fragilariophyceae (sin rafe) y la clase Bacillariophyceae (con rafe). El rafe es una hendidura que permite la secreción de sustancias que les permiten fijarse a sustratos o la capacidad de desplazarse sobre superficies. Las birrafidas son especies que poseen dos rafees y pueden presentar diversos tipos de movimientos, a diferencia de las

diatomeas céntricas que dependen de estructuras como setas, espinas y mecanismos para mantenerse en la columna de agua (Lora Vilchis et al., 2020).

## **6.5. Reproducción de las diatomeas**

Las diatomeas presentan dos formas de reproducción (Figura 2).

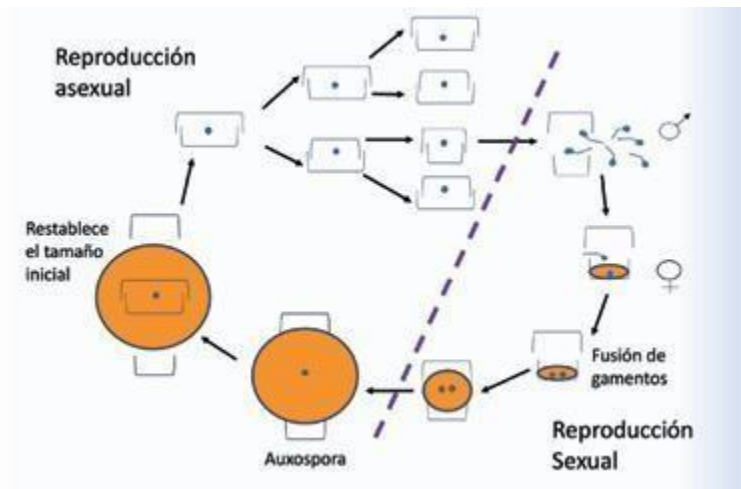
### **6.5.1. Reproducción asexual:**

Es el principal método de reproducción de las diatomeas, la célula se divide para formar dos células nuevas. Para que este proceso ocurra, la diatomea debe de separar sus válvulas, y a partir de esto, se originarán células hijas de cada una de las válvulas. La frústula no puede expandirse, debido a esto, cada célula nueva que se origina es de un tamaño inferior a la célula parental, lo que provoca que, en cada proceso de duplicación, las diatomeas presenten una reducción en su tamaño (Verger, 2017).

### **6.5.2. Reproducción sexual:**

La reproducción asexual no es el único método de multiplicación de las diatomeas, también lo llevan a cabo mediante reproducción sexual, aquí se producen gametos que no cuenta con frústulas y que al fusionarse forma una auxospora. Las auxosporas son células especializadas que tienen una membrana orgánica que presentan bandas de sílice, que se las conoce como perizonias, que permiten el crecimiento de la diatomea hasta alcanzar su tamaño máximo, una vez terminado su crecimiento se forma la frústula rígida característica de su especie (Verger, 2017).

**Figura 2.** Esquema del ciclo reproductivo de las diatomeas.



**Fuente.** Lora, 2020.

## 6.6. Nutrición

Son seres autótrofos, elaboran su propio alimento mediante el proceso de fotosíntesis, el cual consiste en aprovechar la luz solar y transformarla en energía química, que luego será almacenada como glucosa (Figura 3). Para realizar este proceso, la célula necesita de fósforo, nitrógeno y silicio, los cuales son nutrientes fundamentales, en especial este último que es clave para la formación de las frústulas, de hecho, la disponibilidad del silicio puede influir en su desarrollo y distribución en el medio (Portillo, 2024).

Para absorber la energía emitida por la luz solar, estos organismos, usan pigmentos los cuales son, la clorofila y los carotenoides.

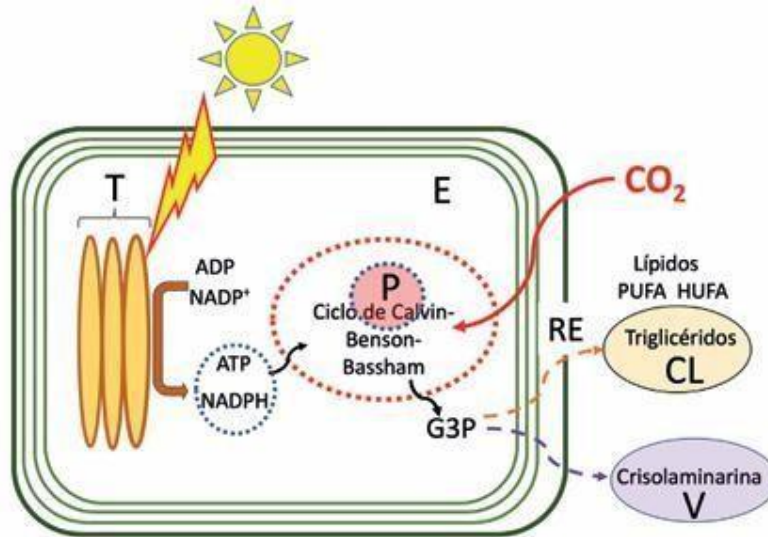
#### **6.6.1. Clorofila**

Estas microalgas tienen dos variantes de la clorofila: Clorofila a y clorofila c. La clorofila a es el principal pigmento que participa de forma directa en el proceso de transformación de energía, por otro lado, la clorofila c, participa como un pigmento accesorio para complementar la absorción de la energía solar.

#### **6.6.2. Carotenoides**

Los carotenoides, como la fucoxantina, son las encargadas de captar la energía solar en diferentes longitudes de onda, lo que facilita realizar la fotosíntesis en medios que tengan condiciones bajas de luminiscencia, además este pigmento les otorga el color característico de las diatomeas marrón-dorado.

**Figura 3.** Esquema de cloroplasto de las diatomeas



**Fuente.** Lora, 2020.

**Simbología:** tilacoides (T), retículo endoplásmico (RE), pirenoide (P), estroma (E), cuerpo lipídico (CL) y vesículas (V), ADP/ATP (energía), NADP<sup>+</sup>/NADPH (transportadores de electrones), G3P (gliceraldehido 3 fosfato), y PUFA/HUFA (ácidos grasos complejos).

## 6.7. Ecología

Las diatomeas cumplen con un papel fundamental en la regulación del clima a nivel global, debido a su capacidad para fijar el carbono. Durante la fotosíntesis estos organismos absorben grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que será trasladado hacia el fondo oceánico cuando las células mueran, contribuyendo a la mitigación del cambio climático, por otra parte, son base de múltiples cadenas tróficas (Lira, 2024).

Las afloraciones o también conocidos como afloramientos ocurren cuando existen condiciones del entorno que favorecen el crecimiento masivo. Estas proliferaciones masivas suelen presentarse en áreas que tengan disponibles grandes cantidades de nutrientes, así como factores fisicoquímicos que lo faciliten, esto pueden generar mareas rojas, eventos que en diversas circunstancias pueden afectar de forma negativa a las cadenas alimenticias e incluso un riesgo a la salud humana debido a la liberación de toxinas como el ácido domoico (Portillo, 2024). Durante estos eventos las diatomeas suelen ser los principales organismos presentes en la comunidad fitoplanctónica (Lira, 2024).

Además, debido a la sensibilidad que tienen a las variaciones en los parámetros ambientales, las diatomeas, son utilizadas en investigaciones como bioindicadores de calidad de agua, contaminación, acidificación entre otros elementos que alteran negativamente el medio (Portillo, 2024).

## **6.8. Hábitat y distribución**

Estos organismos son ubicuos, prácticamente se los encuentra en una amplia variedad de ambientes en todo el mundo, desde zonas árticas hasta las tropicales. Las diatomeas pueden vivir en diversos sistemas de agua dulce, ambientes salobres, oceánicas, lugares con salinidad extrema, además, pueden ser encontrados en películas húmedas en ambientes terrestres y también en gotas microscópicas de agua en el aire,

por último, debido a su gran resistencia a temperaturas elevadas, pueden sobrevivir en agua termales.

Mientras los ambientes árticos albergan una mayor abundancia de poblaciones de diatomeas, las zonas tropicales se caracterizan por tener diversidad de especies de estos microorganismos mucho mayores, a pesar de tener menor abundancia de organismos.

La mayor parte de las especies de este grupo habitan en zonas pelágicas, flotando en la columna de agua, aunque una parte se las encuentra asociadas a sustratos inertes en el fondo marino (bentónicos) o vivos (epibiontes) también hay las que viven dentro de cianobacterias (cianobacterias).

## **6.9. Importancia de las diatomeas como bioindicadores**

Para facilitar el análisis comparativo y determinar la metodología más apropiada para aplicar según el caso, es posible identificar una serie de ventajas generales que ofrece el usar las diatomeas como bioindicadores ecológicos en sistemas fluviales (Blanco et al., 2010).

### **6.9.1. Ubicuidad**

Las diatomeas se las puede encontrar en todos los sistemas acuáticos, se han desarrollado teniendo una variedad de modos de vida (pelágicas, planctónicas,

perifíticas, etc), lo que las convierte en recursos que pueden ser empleados como bioindicadores prácticamente en cualquier medio que tenga agua y forme parte del biotopo.

### **6.9.2. Cosmopolitismo**

La División Bacillariophyta (diatomeas) están distribuidas de forma global, se las encuentra prácticamente en todos los ecosistemas acuáticos. Estas microalgas se hallan desde las zonas árticas hasta las regiones desérticas, tanto en agua marina, hipersalinas, salobre, dulce, y termales, presentan una capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones ambientales.

### **6.9.3. Sensibilidad**

Las diatomeas son parte integra de los productores primarios en los ecosistemas acuáticos, presentan una alta sensibilidad a cambios en las variables fisicoquímicos del agua, especialmente a los nutrientes (fósforo, nitrógeno y silicio) y a la contaminación. Debido al constante contacto directo con el agua, responden de forma específica a los cambios ambientales en el ecosistema acuático.

### **6.9.4. Diversidad**

En los ambientes de agua dulce se encuentran decenas de miles de especies, subespecies, variedades y formas diferentes, cada una con sus propios rangos de tolerancia a los cambios ambientales. Los índices diatomológicos se sustentan en amplios inventarios que tienen simultáneamente grandes cantidades de taxones, por lo

que su capacidad de análisis a la calidad de agua es superior a la de otros indicadores biológicos.

#### **6.9.5. Ciclos vitales**

Estas microalgas se caracterizan por poseer ciclos de vida cortos y homogéneos, como organismos unicelulares se multiplican de forma rápida respondiendo a los cambios en las variables ambientales.

#### **6.10. Características de las diatomeas según su género**

##### **6.11. *Género Gomphonema***

Presentan valvas robustas, en forma de clavos, heteropolaridad, la cabeza se reduce de tamaño de forma progresiva, poseen un rafe lateral ondulado, con extremos proximales que se curvan levemente hacia cada lado, además, muestra líneas longitudinales en ambos lados y estrías biseriadas (Bey & Ector, 2013).

##### **6.12. *Género Navicula***

En este grupo existen organismos con valvas lanceoladas con estrías transversales en la zona media, que se orientan en sentido contrario a los polos. Estos polos son redondeados.

### **6.13. Género *Pinnularia***

Organismos celulares de forma elíptica alargados. Sus paredes están compuestas por sustancias pécticas, dentro de una estructura formada por sílice. Los organismos que forman parte de este género presentan poblaciones variables y frecuentes en cuerpos de agua pequeños.

### **6.14. Género *Cymbella***

Presentan una fisura terminal en el rafe se inclina hacia la zona dorsal y presenta estigmas en la zona ventral. Presenta dimensiones entre 14  $\mu\text{m}$  de largo y un mínimo de 5  $\mu\text{m}$  de ancho y 16 estrías por cada 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente (Nadir et al., 2016).

### **6.15. Género *Gyrosigma***

Presenta valvas con forma sigmoideas y polos similares, y dos ramas de rafe situándose sobre la superficie de la valva (Blanco et al., 2010).

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en la zona rocosa de la Comuna Palmar, Parroquia Colonche, Provincia de Santa Elena, cuyas coordenadas son -2.019753863636716, 80.73890180622989, DATUM WGS84, zona 17 este lugar es una zona de desembarque de varias especies de peces, moluscos y crustáceos (Figura 4).

Figura 4. Zona rocosa de la Comuna Palmar



Fuente. QGIS, 2025.

Se delimito un área de 800 m, donde se distribuyeron tres estaciones cada 400 m dentro del área de estudio, la estación 1 (cercana al mar), estación 2 (lugar próximo a la zona de desembarque) y estación 3 (cercano al mangle), cuyas coordenadas están ubicadas en la tabla 1, los muestreos se llevaron a cabo dos veces al mes, en los siguientes meses, agosto, septiembre y octubre del 2025.

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de las estaciones.

<b>COORDENADAS</b>		
<b>ESTACIÓN</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>
<b>ESTACIÓN #1</b>	-2.017221	-80.737238
<b>ESTACION #2</b>	-2.018840	-80.738494
<b>ESTACION #3</b>	-2.020727	-80.739387

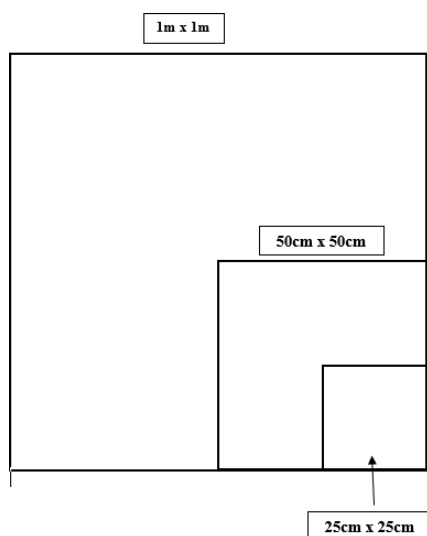
## **7.2. Trabajo de campo**

Para el estudio se establecieron tres estaciones de muestreo aplicando el método de NaGISA adaptado, el cual es un protocolo estandarizado para comunidades costeras (Rigby et al., 2007). En cada sitio de estudio, se empleó una estrategia de

muestreo aleatorio, se utilizaron cuadrantes de tres tamaños 1 m x 1 m, 50 cm x 50 cm y 25 cm x 25 cm considerando lo siguiente.

- Dentro del cuadrante de 1 m x 1 m, se introdujo el cuadrante de 50 cm x 50 cm y en el interior de este se colocó un cuadrante de 25 cm x 25 cm (Figura 5).

**Figura 5.** Esquema de muestreo con cuadrantes



**Fuente.** Malavé, 2025.

### **7.3. Obtención de la muestra**

Las muestras se tomaron durante la marea baja, utilizando como referencia las tablas de mareas del INOCAR (2025) y solo la información del cuadrante de 25 cm x 25 cm. Siguiendo los lineamientos de (Segura et al., 2012) y Taylor (2007),

seleccionando las que estén rocas completamente sumergidas que presentaron una coloración marrón o verde, indicativa de diatomeas epilíticas.

A partir de esto se seleccionaron rocas que estén dentro del cuadrante (25 cm x 25 cm) de una longitud aproximada de entre 10 – 20 cm, una vez elegidas se introdujeron en una bandeja para iniciar la extracción, luego de esto, se procedió a raspar 8 – 10 cm de la superficie con ayuda de un cepillo de cerdas suaves (Lobo et al., 2016), posteriormente, con ayuda de un recipiente con agua destilada se lavó la superficie de la roca seleccionada para facilitar el desprendimiento de las especies adheridas (Rojas, 2019), cada vez que se cambió de estación se limpió el cepillo y la bandeja con agua destilada para evitar la mezcla de las muestras, a continuación, las muestras obtenidas se llevaron a frascos de 100 ml, usando jeringas se añadió formaldehído al 4 % en proporción de 4 ml por cada 100 ml de agua, los frascos se etiquetaron con tiras de papel y cinta (Samanez et al., 2014), por último, se almacenaron en un cooler para su transporte al laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar, donde se realizó el análisis microscópico y la identificación de las diatomeas.

#### **7.4. Obtención de los parámetros fisicoquímicos**

Para el registro de los parámetros físicos (Salinidad, temperatura y pH) del área de estudio, se hizo uso del multiparámetro YSI HANNA HI98194, se realizó antes de cada extracción en cada estación de muestreo, para esto, se sumergió el sensor de este equipo hasta que refleje los datos en la pantalla.

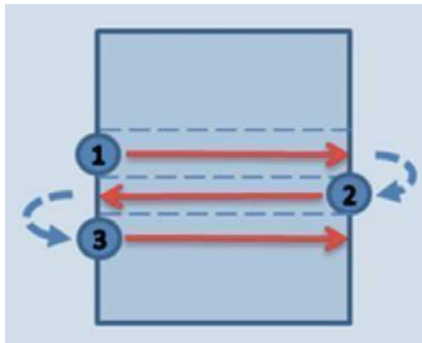
Para los parámetros químicos: nitrito, fosfato y silicato, se recogieron muestras de 1000 ml de agua de cada estación, se hizo usos de los kits de reactivos y el equipo de espectrofotometría HANNA HI801, siguiendo el procedimiento e indicaciones del fabricante, se registraron las concentraciones de cada nutriente.

#### **7.5. Trabajo de laboratorio**

Con las muestras obtenidas en el área de estudio se realizó la respectiva observación de las diatomeas presentes, se homogenizó la muestra, haciendo el conteo de gotas con una pipeta Pasteur en la placa portaobjeto y ser cubierto con la placa cubreobjeto, se observó con el microscopio de la Facultad Ciencias del Mar en el lente 40x que facilita la visibilidad de las especies, posteriormente usando el conteo de transecto lineal adaptado dispuesto en el medio (Lobo et al., 2016), que comienza desde el margen izquierdo hacia el derecho y así sucesivamente (Figura 6).

Para la identificación taxonómica de las diatomeas se utilizó material bibliográfico de trabajos realizados por autores como: (Haro, 2019), (Blanco, 2012) y (Quero, 2014). Además del Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR) Volumen 19.

**Figura 6.** Conteo usando transecto lineal adaptado



Fuente. Lobo, 2016.

## 7.6. Análisis ecológicos

Para el análisis de los datos a obtenidos en los muestreos, se creó una hoja de registro que incluye el número de organismos identificados y los parámetros medidos en las estaciones del área de estudio, estos datos se ordenaron utilizando la herramienta Excel. Las diatomeas recolectadas mensualmente en los puntos de muestreo fueron identificadas y cuantificadas bajo microscopio, posteriormente, para determinar las especies más abundantes, se aplicó la fórmula descrita por (Lobo et al., 2016) que indica.

Abundancia de especies = Número de individuos / Número de especie

- **Shannon – Wiener (1949)**

Para analizar la biodiversidad en cada zona de muestreo, se aplicó el siguiente índice biológico, cuyo calculo se basa en la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde:

S = Número de especies totales presentes en la muestra.

P<sub>i</sub> = Abundancia relativa de las especies.

- **Índice de Pielou**

Este índice cuantifica la equidad en las estaciones de muestreo, sus resultados expresados entre 0 y 1, los valores cercanos a la unidad se relacionan con una mayor igualdad en la de especies.

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

Donde:

$H'$  = índice de Shannon-Wiener

$S$  = número máximo de especies en la muestra

- **Índice de Simpson**

La dominancia de las especies presentes en las zonas de muestreo fueron cuantificadas a través del siguiente índice.

$$D = \sum P_i^2$$

Donde:

$P_i$ : proporción de individuos de cada especie.

## 7.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software Past 4.

Inicialmente se realizó el test de normalidad de Shapiro-Wilk, si los datos presentan una distribución normal, luego se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Ortega 2025). Ambas pruebas permiten analizar variables cuantitativas (continuas o discretas) en dos o más grupos independientes.

El análisis de similaridad (ANOSIM) permitió analizar las diferencias significativas en composición de la comunidad de diatomeas entre zonas de muestreo. Por otra parte, el análisis nMDS (escalamiento multidimensional no métrico), representó gráficamente los patrones de similitud entre las muestras, por último, la correlación Canónica (CCA) analizó las relaciones entre la abundancia de especies y los factores fisicoquímicos del ecosistema marino.

## 8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Composición de las especies de diatomeas epilíticas

Se analizó un total de 18 muestras de diatomeas epilíticas que se obtuvieron entre los meses de agosto, septiembre y octubre de 2025, en donde se identificaron 32 especies en 19 géneros, 17 familias y 12 orden (tabla 2).

**Tabla 2.** Especies de diatomeas epilíticas identificadas durante agosto, septiembre y octubre

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Naviculales</b>	Diploneidaceae	<i>Diploneis sp</i>
	Naviculaceae	<i>Gyrosigma fasciola</i>
		<i>Navicula directa</i>
		<i>Navicula lanceolata</i>
		<i>Navicula margalithii</i>
		<i>Navicula sp</i>
		<i>Trachyneis antillarum</i>
		<i>Navicula cincta</i>
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia stauroptera</i>
	Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma angulatum</i>
<i>Pleurosigma elongatum</i>		
<i>Pleurosigma sp</i>		
<b>Bacillariales</b>	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia sp</i>
	Bacillariaceae	<i>Nitzschia closterium</i>
		<i>Nitzschia longissima</i>
		<i>Nitzschia sigmoidea</i>
		<i>Nitzschia palea</i>
		<i>Nitzschia sp</i>
<b>Cymbellales</b>	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp</i>
		<i>Cymbella tumida</i>
		<i>Gomphonema sp</i>
<b>Mastogloiales</b>	<u>Achnanthaceae</u>	<i>Achnanthes adnata</i>
<b>Rhopalodiales</b>	Rhopalodiaceae	<i>Pyxidicula cruciata</i>

<b>Fragilariales</b>	Fragilariaceae	<i>Opephora sp</i>
<b>Hemiaulales</b>	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus sinensis</i>
<b>Leptocylindrales</b>	Leptocylindrales	<i>Leptocylindrus danicus</i>
<b>Melosirales</b>	Stephanopyxidaceae	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
<b>Thalassiophysales</b>	Catenulaceae	<i>Amphora graeffi var</i> <i>Amphora sp</i>
<b>Coscinodiscales</b>	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus concinnus</i> <i>Coscinodiscus sp</i>
<b>Thalassiosirales</b>	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i>

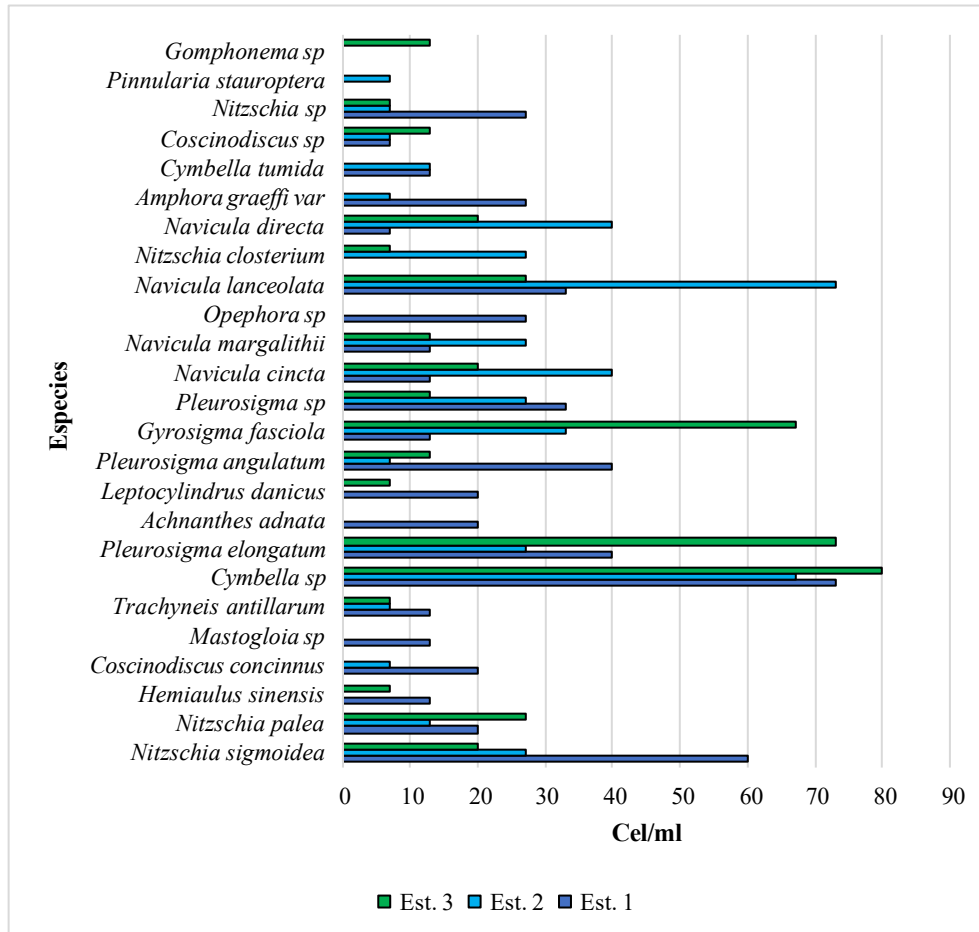
## 8.2. Densidad las especies de diatomeas epilíticas

En el primer muestreo se observaron 1442 individuos que están divididas en 25 especies (tabla 3). En la figura 7 se puede observar las especies más abundantes las cuales fueron: *Cymbella sp* con 220 cel/ml representando un 15.26 % de la densidad total, estando dividido en 73 cel/ml para la primera estación, 67 cel/ml en la segunda estación y 80 cel/ml para la tercera estación, seguido de esta, la especie *Pleurosigma elongatum* con 140 cel/ml que en porcentaje respecto a la densidad total es 9.71%, con 40 cel/ml, 27 cel/ml y 73 cel/ml en las respectivas estaciones 1,2 y 3, la especie *Navicula lanceolata* presentó 133 cel/ml que significa 7.84% y su composición es de 33 cel/ml, 73 cel/ml y 27 cel/ml en cada estación respectivamente.

En cuanto a las especies menos abundantes en durante ese muestreo fueron: *Pinnularia stauroptera* con 7 cel/ml representando un 0.49% y solo se la observó en la segunda estación. *Gomphonema sp* obtuvo 13 cel/ml que es 0.90% estuvieron

presente únicamente en la tercera estación y *Mastogloia sp* también se contabilizaron 13 cel/ml que representó el 0.90% y se la observo solo en la primera estación.

**Figura 7.** Densidad poblacional del primer muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 agosto

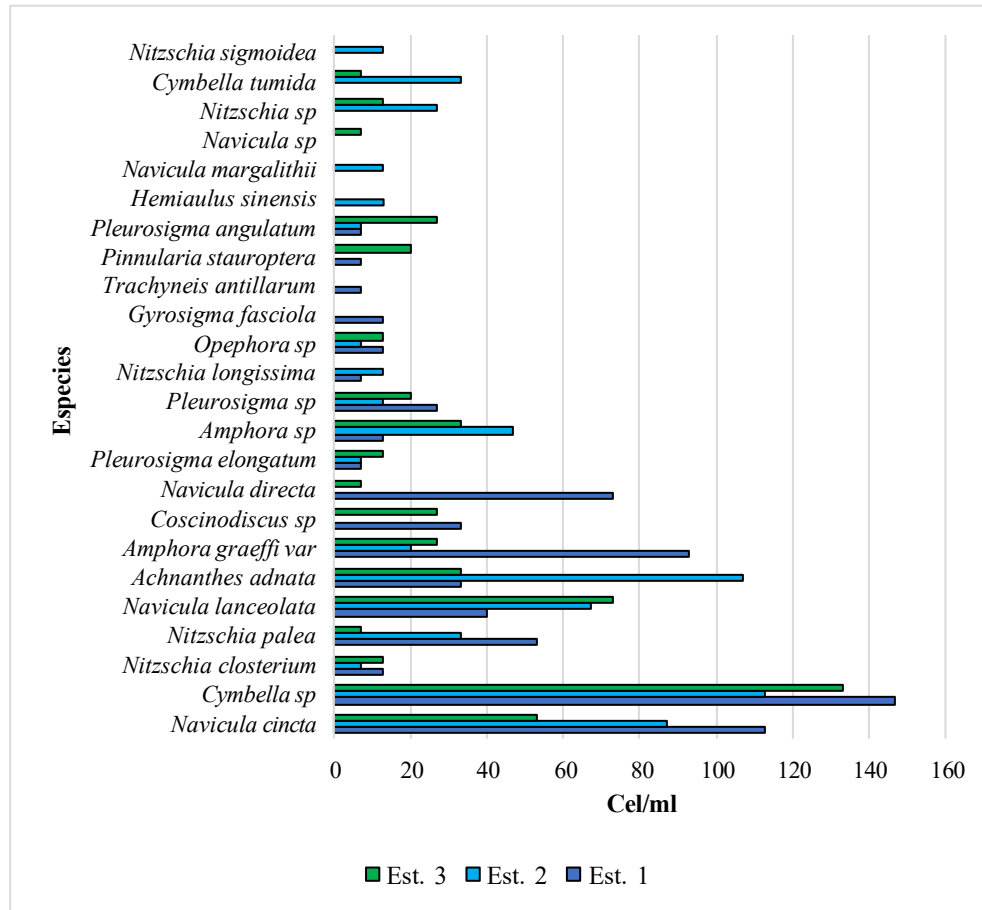


En el segundo muestreo se contabilizaron 24 especies de diatomeas epilíticas con un total de 1852 organismos (tabla 4). La abundancia de especies esta caracterizada de la siguiente forma (Figura 8): *Cymbella sp* representó el 21.22% de

la densidad total, obtuvo la mayor concentración con 393 cel/ml que estuvo dividida en 147 cel/ml en la primera estación, 113 cel/ml en la segunda estación y 133 cel/ml para la tercera estación. *Navicula cincta* obtuvo 12.66% con 253 cel/ml en concentraciones de 113 cel/ml, 87 cel/ml y 53 cel/ml en las estaciones correspondientes. La especie *Navicula lanceolata* presentó un 9.72% con la cantidad de 180 cel/ml, su concentración por estación es de 40 cel/ml, 67 cel/ml y 73 cel/ml.

Por otra parte, las especies menos abundantes fueron: *Navicula sp* representado con el 0.38% con 7 cel/ml, siendo este la menor concentración de organismos en este muestreo y se encontró únicamente en la tercera estación, con el mismo porcentaje de 0.38% está la especie *Trachyneis antillarum* encontrándose exclusivamente en la primera estación, *Gyrosigma fasciola* estuvo presente con 0.70% que es igual a 13 cel/ml, en la primera estación.

**Figura 8.** Densidad poblacional del segundo muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 agosto

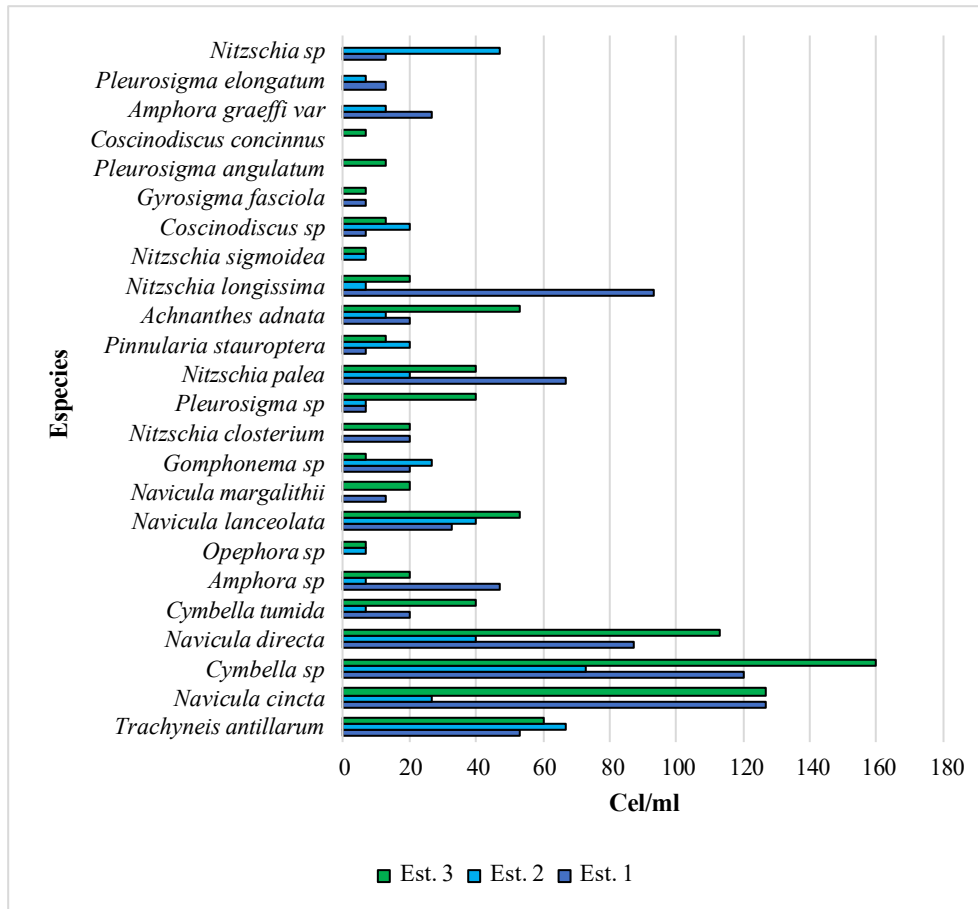


En el tercer muestreo se identificaron 24 especies de diatomeas epilíticas con un total de 2097 individuos (tabla 5), las especies más abundantes fueron: *Cymbella sp* con una densidad de 353 cel/ml representando un 16.83% de la concentración total de organismos, con densidades de 120 cel/ml en la primera estación, 73 cel/ml en la segunda estación y 160 cel/ml en la tercera estación. La segunda más abundante fue *Navicula cincta* con una concentración de 281 cel/ml que representó el 13.40%, que

se encontró dividido en 127 cel/ml, 27 cel/ml y 127 cel/ml en cada estación de estudio respectivamente. También sobresalió por su abundancia la especie *Navicula directa* con 240 cel/ml con respecto a la composición total de los organismos, que equivalió al 11.44%, con densidades de 87 cel/ml, 40 cel/ml y 113 cel/ml respectivamente en cada estación de la uno a la tres.

Por otra parte, las especies que presentaron menor abundancia fueron: *Coscinodiscus concinnus* que constituyó el 0.33% que equivalió a 7 cel/ml y solo se la encontró en la estación tres, la especie *Nitzschia sigmoidea* presento un porcentaje similar 0.67% y se la observó en la estación dos y tres. Otra especie que tuvo una baja abundancia es *Pleurosigma angulatum* con 0.62% y se la encontró en la estación tres con 13 cel/ml (Figura 9).

**Figura 9.** Densidad poblacional del tercer muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 septiembre

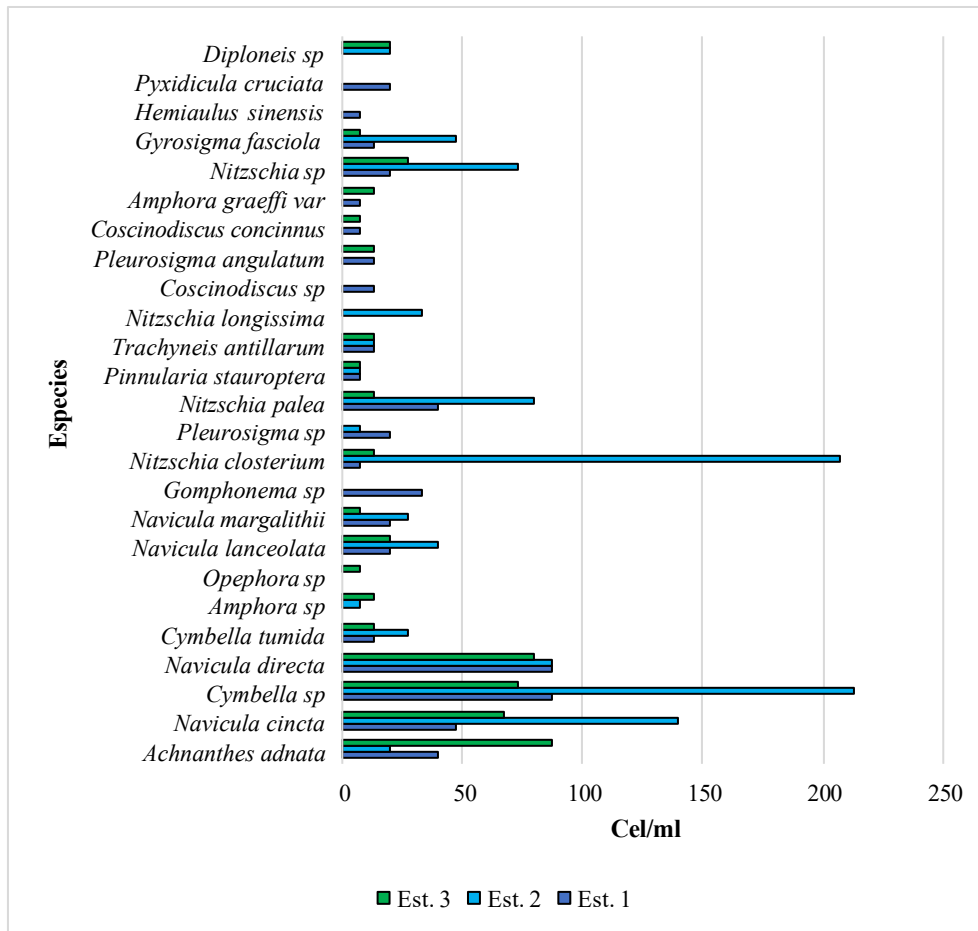


En el cuarto muestreo se registraron 25 especies de diatomeas epilíticas, con un total de 2082 organismos (tabla 6). La densidad poblacional se caracterizó de la siguiente forma (Figura 10). *Cymbella sp* con una densidad de 373 cel/ml representando un 17.92% de la densidad total de organismos, este se encontró dividido en 87 cel/ml para la primera estación, para la segunda estación es 213 cel/ml y para la tercera estación es de 73 cel/ml. La especie *Navicula directa* obtuvo densidades de 254 cel/ml que en porcentaje se encontró representado por 12.20% de la densidad total,

estando dividido por estación de la siguiente forma, en la primera y segunda estación se contabilizaron una misma densidad siendo de 87 cel/ml para cada estación, y para la tercera estación se registró 80 cel/ml. *Navicula cincta* registro una densidad similar a la especie anterior con 254 cel/ml así mismo su representación en porcentaje fue 12.20% de la densidad total, en la primera estación se encontraron 47 cel/ml, para la segunda estación es 140 cel/ml y para la tercera estación es 67 cel/ml.

Por otra parte, las especies que representaron menor abundancia fueron: *Coscinodiscus sp* representando el 0.62% de la densidad poblacional y su densidad es de 13 cel/ml y se la encontró únicamente en la primera estación. *Hemiaulus sinensis* su densidad es de 7 cel/ml que representó el 0.34% y se la encontró en la primera estación, por último, *Opephora sp* que también tuvo una densidad similar a la especie anterior con 7 cel/ml y que representó el 0.34% de la densidad total, en la estación tres.

**Figura 10.** Densidad poblacional del cuarto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 septiembre

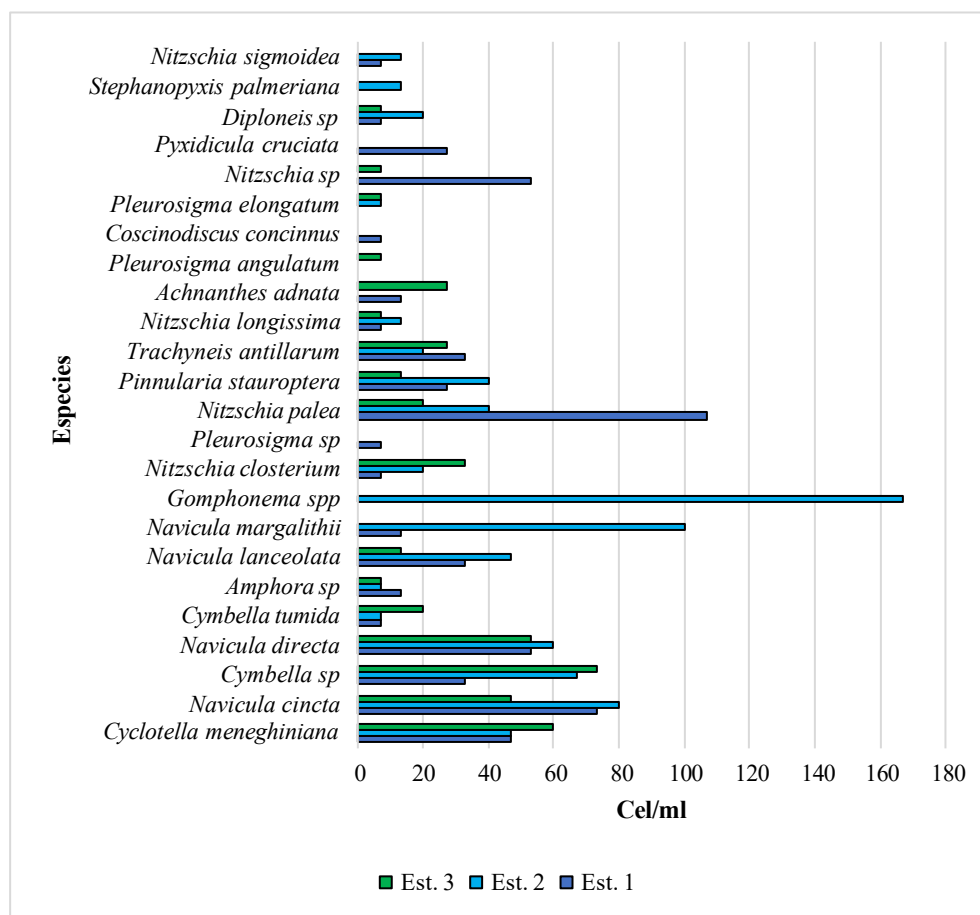


En el quinto muestreo se contabilizó 24 especies de diatomeas epilíticas, con un total de 1770 organismos (tabla 7). La densidad poblacional se caracterizó de la siguiente forma: *Navicula cincta* presentó una densidad de 200 cel/ml que equivalió al 11.30% de la densidad total de organismos, estando dividido para las tres estaciones, en la primera estación se encuentra 73 cel/ml, para la segunda 80 cel/ml y para la tercera es de 47 cel/ml. *Cymbella sp* obtuvo una densidad de 173 cel/ml, que representó

el 9.11% respecto al total de organismos presentes, en la primera estación se observaron 33 cel/ml, para la segunda estación 67 cel/ml y para la tercera 73 cel/ml. La especie *Nitzschia palea* fue la tercera más abundante durante este muestreo, su densidad está en 167 cel/ml con un porcentaje de 9.44%, estando dividido en 107 cel/ml, 40 cel/ml y 20 cel/ml para cada estación respectivamente.

Las especies que presentaron concentraciones bajas fueron: *Pleurosigma angulatum*, *Coscinodiscus concinnus* y *Pleurosigma sp* cada una de estas especies tuvo densidades de 7 cel/ml y así mismo su porcentaje respecto a la densidad población es de 0.40%. La especie *Pleurosigma angulatum* solo se la observó en la estación tres y las especies *Coscinodiscus concinnus* y *Pleurosigma sp* estuvieron presentes en la primera estación (Figura 11).

**Figura 11.** Densidad poblacional del quinto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 octubre

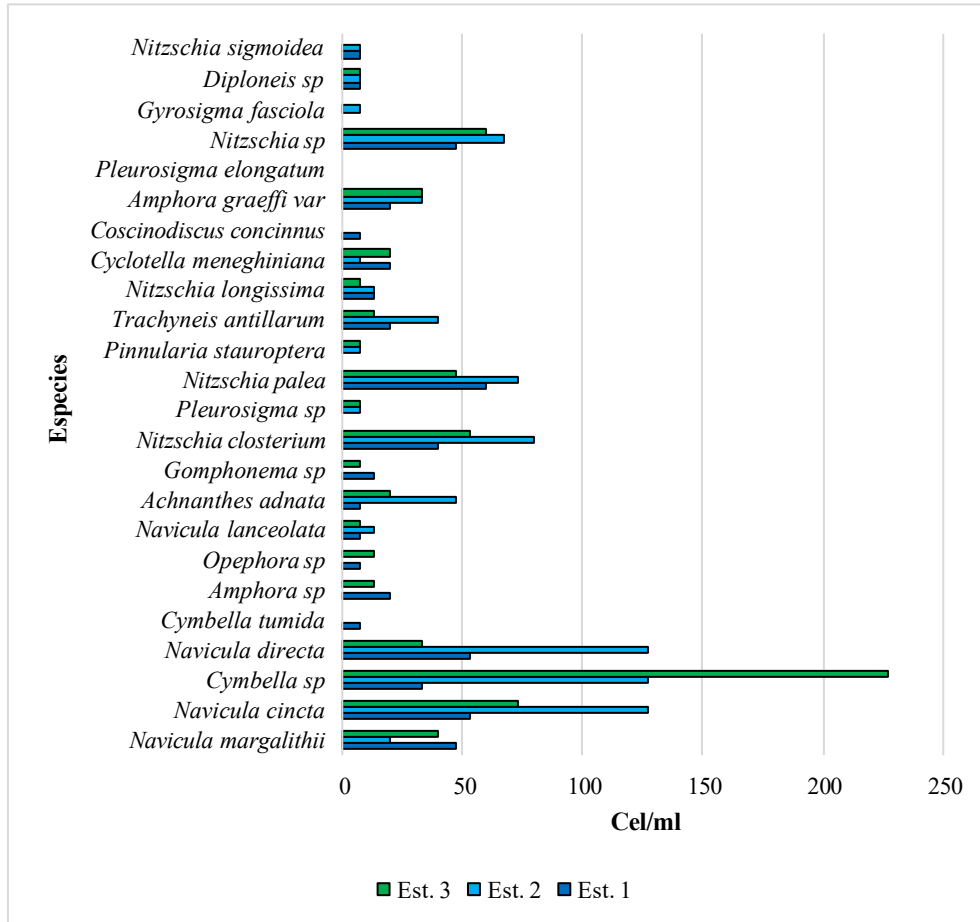


En el sexto muestreo se observaron 24 especies de diatomeas epilíticas con un total de 1984 organismos en total (tabla 8). Las especies más abundantes fueron: *Cymbella sp* con una densidad poblacional de 387 cel/ml respecto al total, representando el 19.51%, su densidad para la primera estación es 33 cel/ml, para la segunda estación es 127 cel/ml y para la tercera estación es 227 cel/ml. Para *Navicula cincta* su densidad fue de 253 cel/ml que equivalió al 12.75% estando dividida en 53

cel/ml, 127 cel/ml y 73 cel/ml en la primera, segunda y tercera estación respectivamente. *Navicula directa* tuvo una densidad poblacional de 213 cel/ml representando el 10.74%, su caracterización respecto a las estaciones es 53 cel/ml en la primera estación, 127 cel/ml en la segunda estación y 33 cel/ml para estación.

Las especies menos abundantes fueron: *Cymbella tumida*, *Coscinodiscus concinnus* y *Gyrosigma fasciola* cada especie representó el 0.35% de todos los organismos registrados, la densidad de cada una fue de 7 cel/ml, las especies *Cymbella tumida* y *Coscinodiscus concinnus* se las encontró únicamente en la primera estación y la especie *Gyrosigma fasciola* solo en la segunda estación (Figura 12).

**Figura 12.** Densidad poblacional del sexto muestreo de las estaciones 1, 2 y 3 octubre



### 8.3. Test de normalidad de Shapiro-Wilk

El análisis del test de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que todos los datos obtenidos, provienen de distribuciones no normales, los valores de  $p < 0.05$  y los estadísticos de  $W < 0.9$  (Tabla 9). El estadístico  $W$  mide la correlación entre los datos observados, los valores más cercanos a 1 indican una distribución normal y valores inferiores sugieren desviaciones significativas de la normalidad.

#### **8.4. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis**

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis muestran  $H = 1.76$ ;  $p = 0.406$ , estos datos reflejaron que “no existen diferencias estadísticamente significativas en la densidad y abundancia de las diatomeas epilíticas entre las zonas de muestreos”.

#### **8.5. Distribución de poblaciones**

La figura 13 muestra el análisis de distribución de poblaciones para los 6 muestreos. En el primer muestreo (Figura. 13A), la primera estación fue la más consistente presentando menor dispersión de sus datos, la estación 2 presentando una mayor variabilidad en cuanto a las especies presentes, no existen diferencias significativas entre zonas de muestreo entre medianas, esto se confirmó mediante la prueba de Kruskal-Wallis ( $H = 1.10$ ;  $p = 0.57$ ), que presento un valor mayor al de significancia establecido 0.05.

Para el segundo muestreo (Figura. 13B), se logró observar una homogeneidad entre las medianas y esto indicó que, no existen diferencias significativas entre el número de especies y las estaciones (Kruskal-Wallis:  $H = 0.12$ ;  $p = 0.94$ ).

En el tercer muestreo (Figura. 13C), la estación dos presentó una mediana más baja en comparación de las demás, sin embargo, la prueba de Kruskal-Wallis ( $H =$

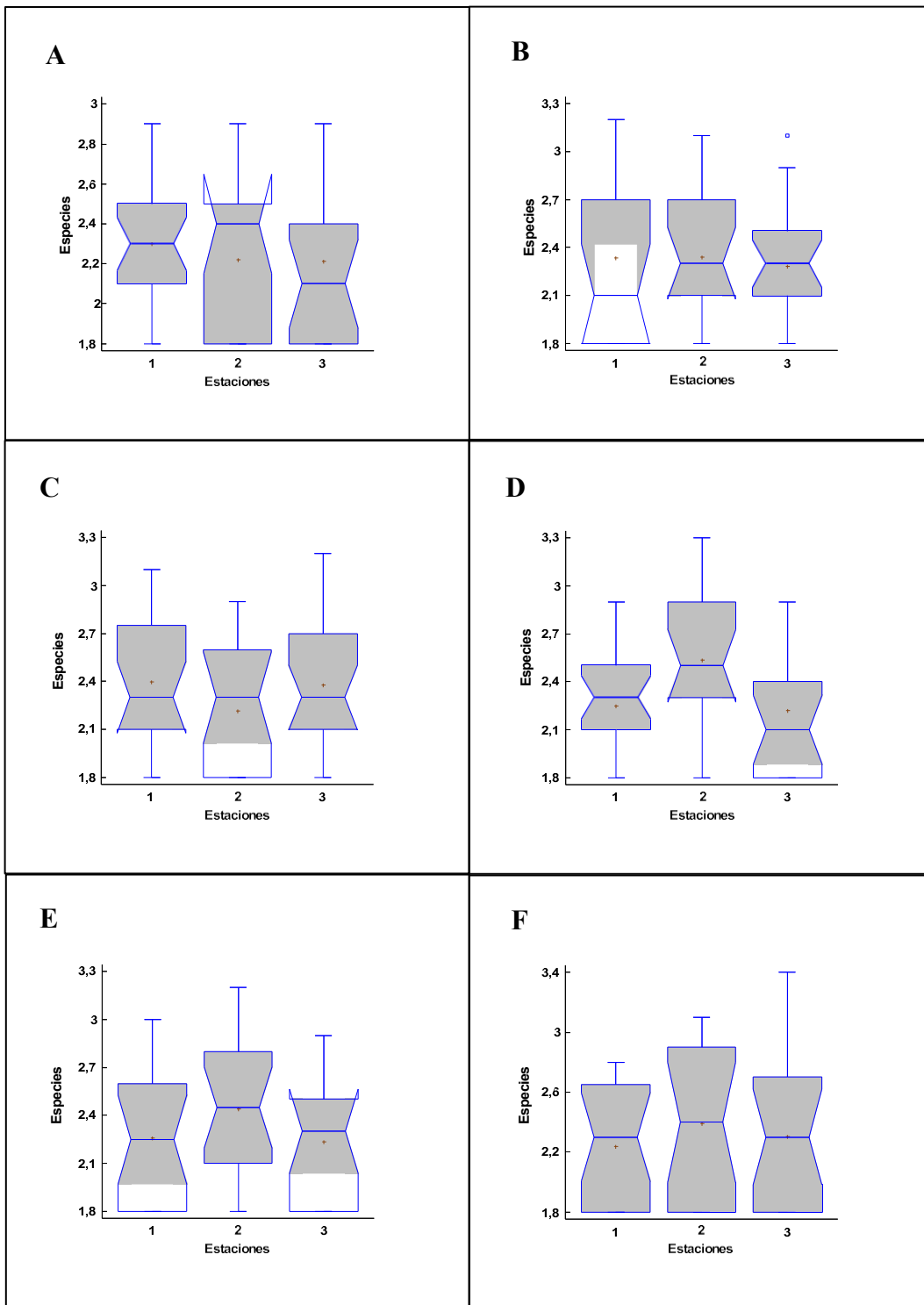
1.69;  $p = 0.43$ ), indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones.

Para el cuarto muestreo (Figura. 13D), la estación dos demostró diferencias ligeramente superiores a las estaciones uno y tres, sin embargo, estas diferencias no son suficientes para afirmar que existen diferencias significativas debido a los resultados de Kruskal-Wallis ( $H = 5.38$ ;  $p = 0.068$ ), estos datos reflejaron una tendencia marginal, se considera que la distribución entre estaciones es homogénea debido a que el criterio considerable es 0.05, siendo menor al valor obtenido.

Para el muestreo cinco (Figura. 13E), se observó una distribución de especies muy similares, no presentó diferencias significativas, con el análisis de Kruskal-Wallis ( $H = 2.29$ ;  $p = 0.318$ ), se reafirma esto, debido a que el valor de  $p$  es superior al valor habitual (0.05). Por ende, significó que no existen diferencias significativas entre las especies y las zonas de muestreo.

El sexto muestreo (Figura. 13F), la distribución de las tres estaciones es estadísticamente idéntica, presentaron medianas cercanas y similares, el resultado del análisis de Kruskal-Wallis ( $H = 0.92$ ;  $p = 0.631$ ) confirma esto, al reflejar valores mayores al habitual.

Figura 13. Distribución de población de los 6 muestreos

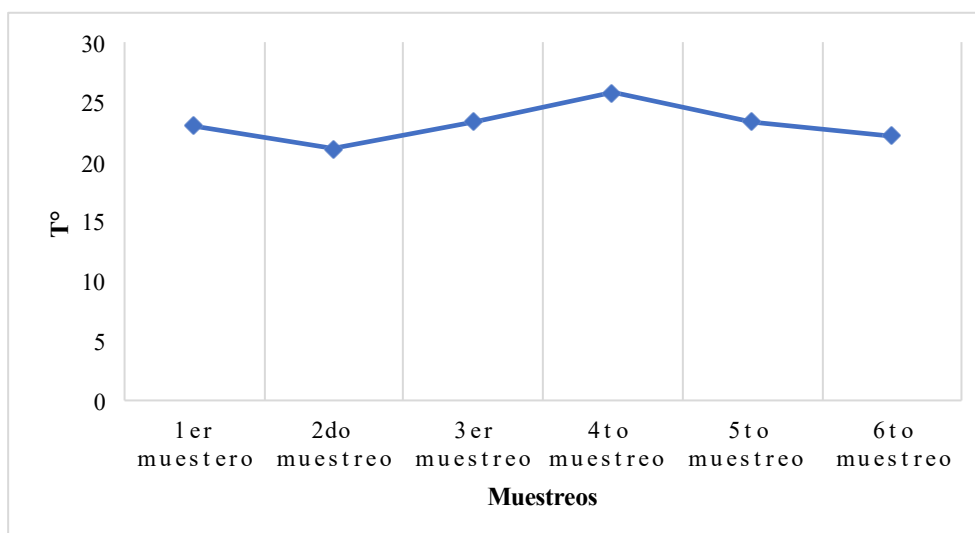


**Simbología.** Muestreo 1 (A); Muestreo 2 (B); Muestreo 3 (C); Muestreo 4 (D); Muestreo 5 (E); Muestreo 6 (F).

## 8.6. Variación de parámetros fisicoquímicos

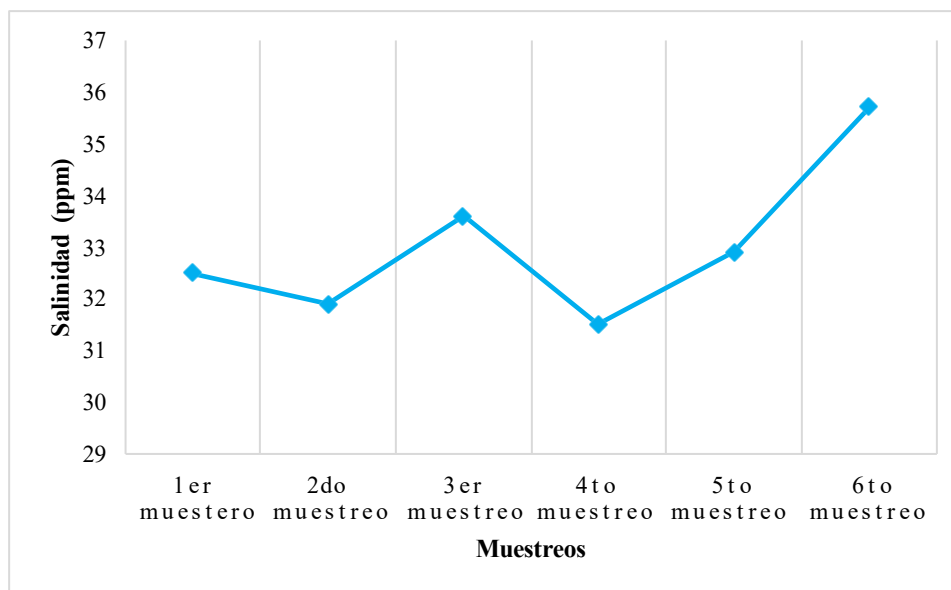
La variación de la temperatura promedio de las tres estaciones presentó variaciones que estuvieron en 21 y 25 °C durante los muestreos, presentándose el valor más bajo para el segundo muestreo con 21.1°C y el más alto se observó en el cuarto muestreo con 25.8 °C (Figura 14).

**Figura 14.** Variación de temperatura promedio por muestreo



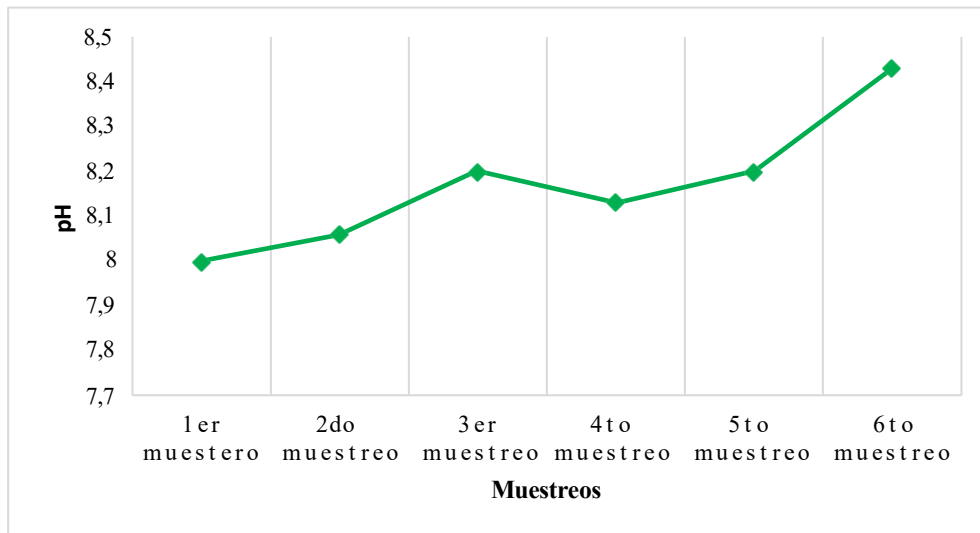
La variación de salinidad promedio por muestreo presentó variaciones considerables, la salinidad más baja observada fue durante el cuarto muestreo con 31.5 ppm y la más alta registrada fue en el sexto muestreo con 35.6 ppm, durante el tercer muestreo la salinidad aumentó hasta llegar a 33.6 ppm, sobrepasando al primer, segundo y quinto muestreo que estuvieron en valores entre 31.9 y 32.9 ppm (Figura 15).

**Figura 15.** Variación de salinidad promedio por muestreo



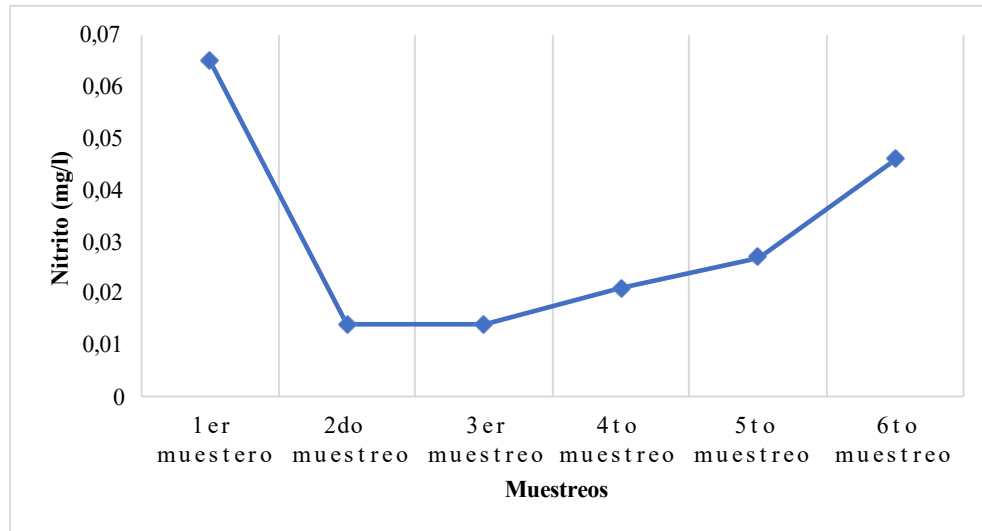
La variación de potencial de hidrogeno (pH) promedio por muestreo se caracterizó de la siguiente forma, durante el primer muestreo se presentó un valor de 8, aumentando para el segundo y tercer muestreo alcanzando 8.2 y luego presentó una disminución leve durante el cuarto muestreo y volvió a subir durante el quinto y sexto muestreo en donde alcanzó su punto máximo con 8.43 (Figura 16).

**Figura 16.** Variación de pH promedio por muestreo



Variación de nitrato promedio por muestreo presentó durante el primer muestreo su punto más alto con 0.065 mg/l, para el segundo muestreo estas cantidades tuvieron variaciones significativas reduciéndose hasta llegar a 0.014 mg/l siendo este el más bajo observado, estas cantidades se mantuvieron durante el tercer muestreo, a partir de esto en el cuarto muestreo presentó un aumento en sus cantidades hasta alcanzar 0.046 mg/l en el sexto muestreo (Figura 17).

**Figura 17.** Variación de nitrato promedio por muestreo



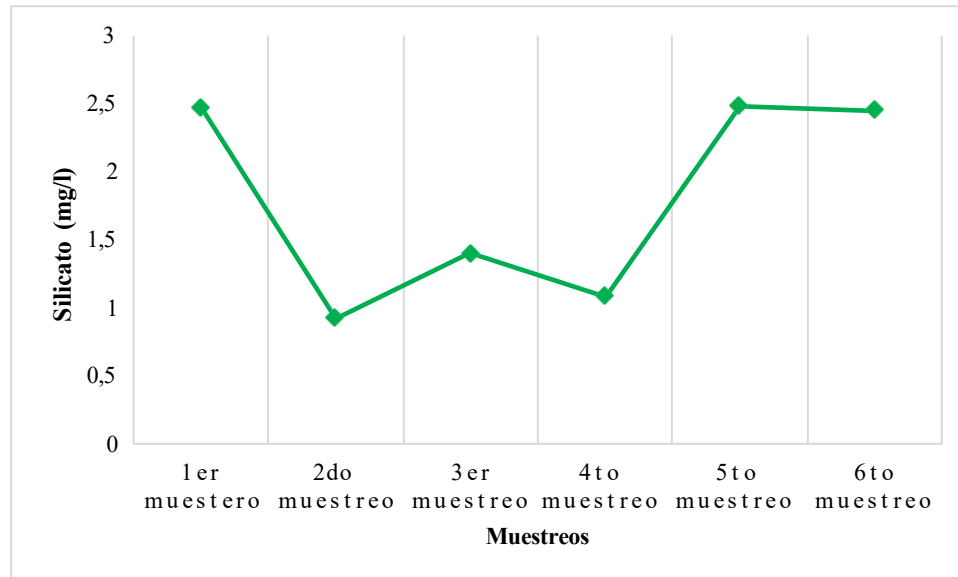
La variación de fosfato promedio por muestreo durante el primer muestreo fue de 0.37 mg/l, este valor se redujo hasta llegar a 0.08 mg/l en el segundo muestreo, para el tercer muestreo aumentó levemente y tener 0.27 mg/l, en el cuarto muestreo volvió a bajar llegando al punto más bajo observado con 0.037 mg/l, a partir de esto, las cantidades de fosfato se aumentaron a 0.53 mg/l en el quinto muestreo y para el sexto muestreo aumentó de forma considerable hasta llegar a la cantidad más alta registrada con 1.92 mg/l (Figura 18).

**Figura 18.** Variación de nitrito promedio por muestreo



La variación de silicato promedio por estación, en el primer muestreo se registró con 2.47 mg/l, este valor se redujo de forma drástica para el segundo muestreo en donde llegó a su punto más bajo con 0.92 mg/l, para el tercer muestreo esta cantidad aumentó llegando a 1.4 mg/l para luego volver a disminuir levemente durante el cuarto muestreo con 1.08 mg/l, luego de esto, para el quinto muestreo esta cantidad se elevó de forma considerable hasta llegar a su máximo con 2.48 mg/l y en el sexto muestreo se redujo de forma mínima a 2.48 mg/l (Figura 19).

**Figura 19.** Variación de silicato promedio por muestreo



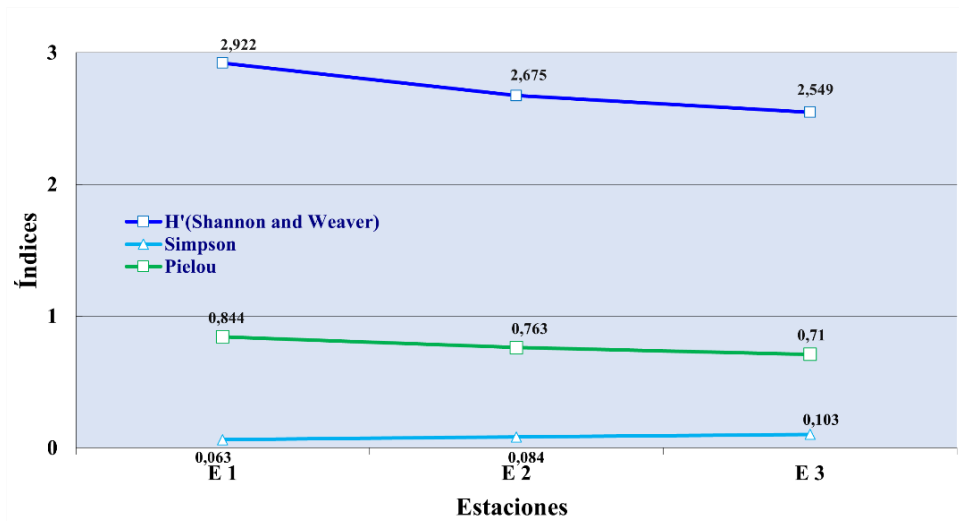
## 8.7. Índices ecológicos Shannon Weaver, Pielou y Simpson

En el primer muestreo (Figura 20) mediante el índice de Shannon Weaver ( $H'$ ) se obtuvo un valor promedio de 2,71 bits de las tres estaciones, para la primera estación el valor obtenido es de 2.92 bits, siendo el valor más alto de las tres estaciones, en la segunda estación el valor registrado es de 2.68 bits y en la estación tres se reflejó el valor más bajo con 2.55 bits. Estos datos reflejaron que en todas las estaciones existe una diversidad media de especies ya que los valores no varían de forma considerable.

Con el índice de Pielou se registró un valor promedio de 0.77, el valor más alto observado para este es de 0.84 que se encuentra en la primera estación, seguido de la segunda estación con 0.76 y la tercera estación que obtuvo el valor más bajo con 0.71, reflejando una equitatividad en la comunidad de especies presentes en la zona de estudio.

El índice de dominancia de Simpson en cual su valor promedio es de 0,08, para la estación uno el valor es de 0.06 siendo este el más bajo registrado entre las tres estaciones, en la segunda estación se obtuvo 0.08 y en la estación tres se observó el valor más alto con 0.1. Estos datos señalan que existe una dominancia baja, es decir, que no hay especies que dominen de forma considerable.

Figura 20. Índices ecológicos del primer muestreo



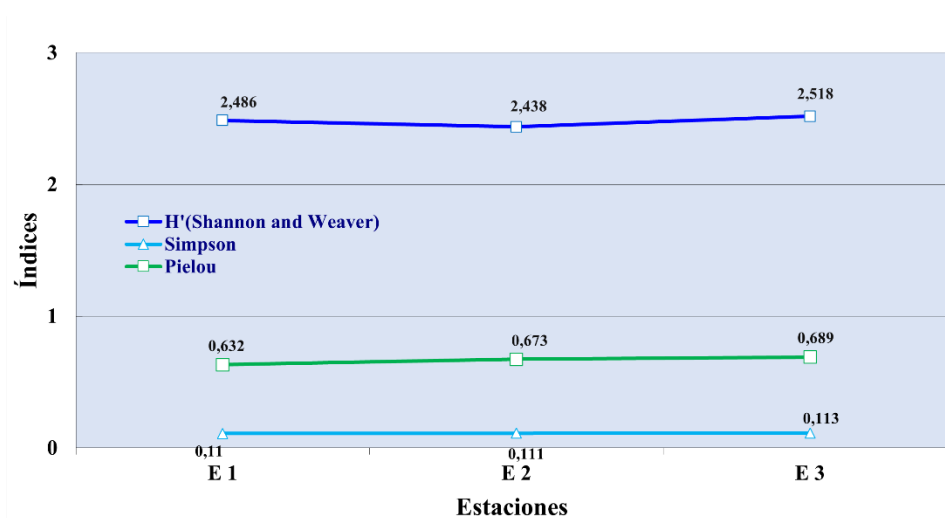
Para el segundo muestreo (Figura 21) el valor promedio del índice de diversidad de Shannon Weaver es de 2.48 bits, el valor más bajo obtenido está en la segunda estación con 2.43 bits, seguido de la estación uno con 2.48 bits y el valor más alto registrado está ubicado en la estación tres, el valor obtenido es 2.51 bits, estos datos reflejaron que existe una diversidad media de especies.

El índice de equitatividad de Pielou registró un valor promedio de 0.66, la estación tres reflejó el valor más alto con 0.68 a comparación de la estación uno que obtuvo el valor más bajo registrado con 0.63 y la estación dos que obtuvo 0.67, esto indicó que existe una moderada equitatividad de especies entre zonas de muestreo.

El valor promedio obtenido para la dominancia de Simpson es 0.11, la tercera estación obtuvo el valor de 0.113 siendo el valor más alto, sin embargo, la estación

uno que obtuvo el valor 0.11 reflejando que no existen diferencias importantes, la estación dos obtuvo 0.111, estos valores resaltaron el hecho de existe una distribución equitativa de especies, al no existir una alta dominancia, entre zonas de muestreo en el área de estudio.

**Figura 21.** Índices ecológicos del segundo muestreo



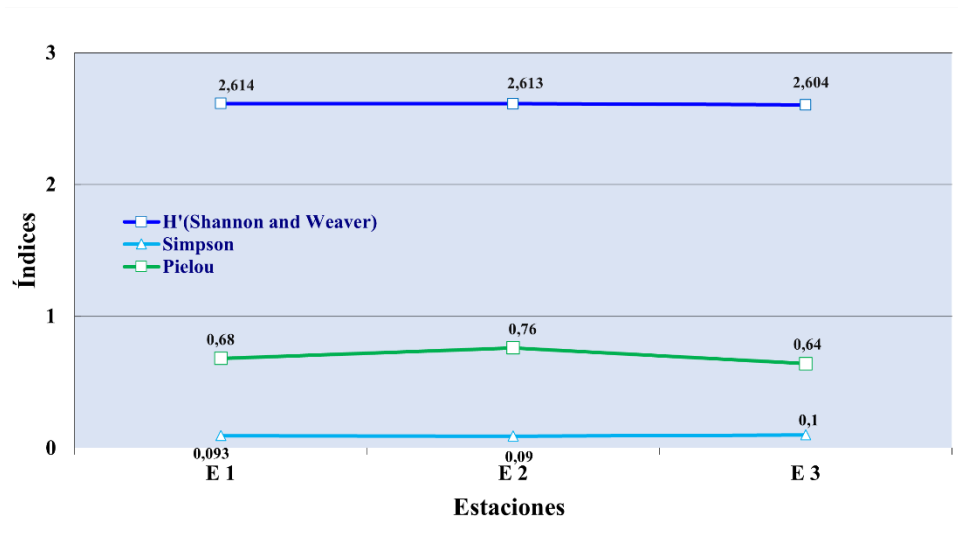
En el tercer muestreo (Figura 22) la diversidad de Shannon Weaver registró un valor promedio de 2.61 bits, los valores no tuvieron variaciones considerables, la estación uno obtuvo 2.614 bits, la segunda estación obtuvo 2.613 bits y la tercera estación obtuvo 2.6 bits, esto indicó que el área obtuvo una diversidad media y similar entre zonas de muestreo.

El valor promedio del índice de Pielou es 0.69, la estación dos obtuvo el valor más alto registrado para el índice de equitatividad con 0.76, el más bajo estuvo presente

en la tercera estación con 0.64 y la primera estación registró el valor de 0.68, esto reflejaron que los organismos están distribuidos de forma equitativa entre especies.

La dominancia de Simpson indicó un valor promedio de 0.09, la tercera estación estuvieron presente con el valor más alto registrado con 0.1, la estación dos obtuvo el valor más bajo con 0.09 y la primera estación con 0.093, no hay especies que tengan dominancia sobre otras, existe equilibrio entre individuos en el área de estudio.

**Figura 22.** Índices ecológicos del tercer muestreo



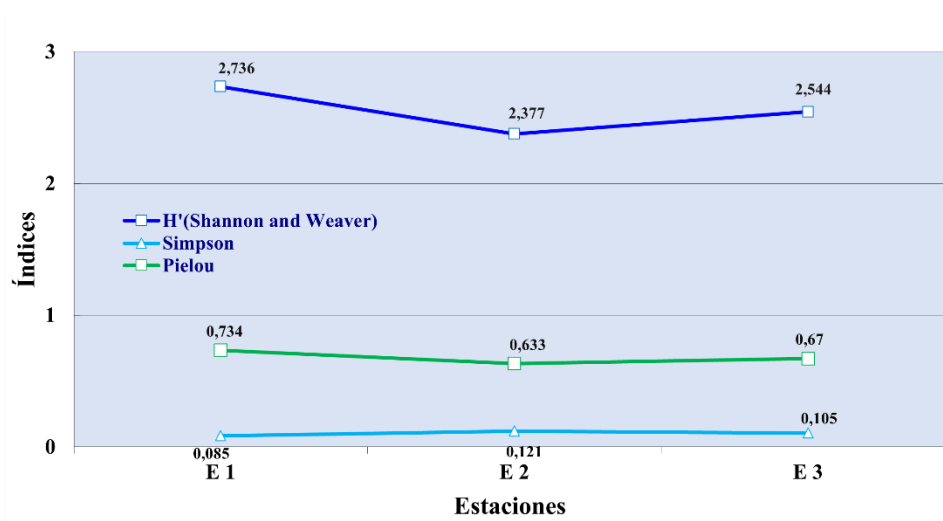
Durante el cuarto muestreo (Figura 23) el índice de diversidad de Shannon Weaver obtuvo el valor promedio de 2.55 bits, para la primera estación se registró el valor de 2.73 bits, siendo este el valor más alto observado entre las tres zonas de muestreos, seguida por el valor de la tercera estación 2.54 bits y la estación dos que

obtuvo el valor más bajo de este monitoreo con 2.37 bits, estos valores equivalieron a que en la zona de estudio obtuvo una diversidad media y similar entre zonas de muestreo.

Para el índice de equidad Pielou se registró el valor promedio de 0.67, los valores registrados para cada estación no tuvieron variaciones considerables, mostrándose para la primera estación de 0.73 siendo el valor más alto registrado, para la segunda estación el valor fue de 6.33 el cual fue el más bajo durante el monitoreo y la tercera estación con 0.67. Estos valores reflejaron que existe una distribución equitativa de especies en el área de estudio.

Por último, el índice de dominancia de Simpson con un valor promedio de 0.10, para la primera estación se obtuvo el valor de 0.08 el cual fue el más bajo observado, la segunda estación obtuvo el valor más alto de este índice en este muestreo con 0.12 y la tercera estación con 0.11, estos datos señalaron que no existen especies dominantes.

**Figura 23.** Índices ecológicos del cuarto muestreo

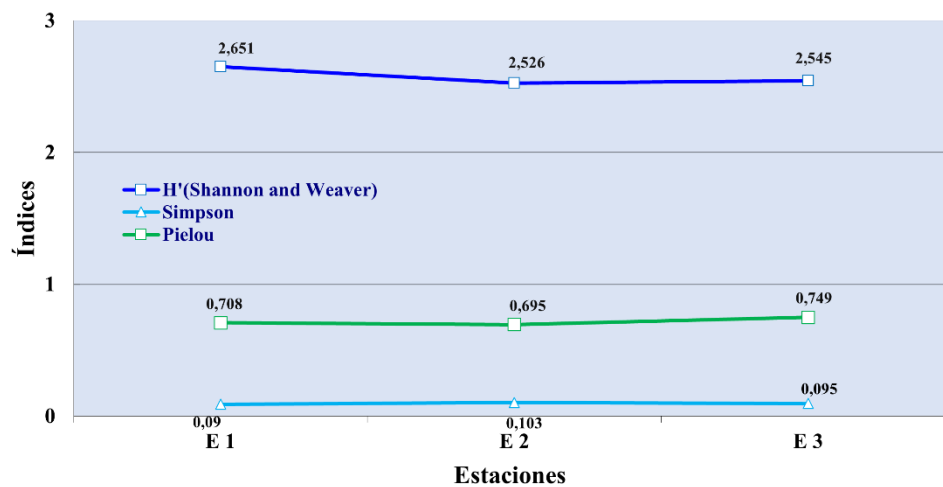


En el quinto muestreo (Figura 24) con el índice de diversidad de Shannon Weaver ( $H'$ ) se registró el valor promedio de 2.58 bits, para la primera estación se obtuvo el valor de 2.65 bits, siendo este el valor más alto registrado, en la estación dos, este valor se redujo levemente y llegó a 2.53 bits el cual es el más bajo, en cuanto, a la tercera estación se volvió a elevar levemente llegando a 2.56 bits. Estos datos reflejaron que existe una diversidad media entre las zonas de muestreo.

Con el índice de equidad de Pielou se obtuvo el valor promedio de 0.72, para la primera estación se obtuvo 0.70, para la segunda estación se redujo llegando a 0.69 bits el cual es el valor más bajo de este índice y para la tercera estación se aumentó llegando al valor más alto con 0.74, con estos registros se evidenció que existe una equidad de especies entre zonas de muestreos al percibir que los datos no varían significativamente.

El índice de dominancia de Simpson, su valor promedio para este muestreo es de 0.096, el valor más bajo observado para este es de 0.09 en la primera estación, seguido de la segunda estación con 0.10 con el valor más alto y la tercera estación donde se redujo a 0.095, estos valores no cambiaron significativamente lo que significa que en ninguna zona de muestreo existen especies dominantes.

**Figura 24.** Índices ecológicos del quinto muestreo

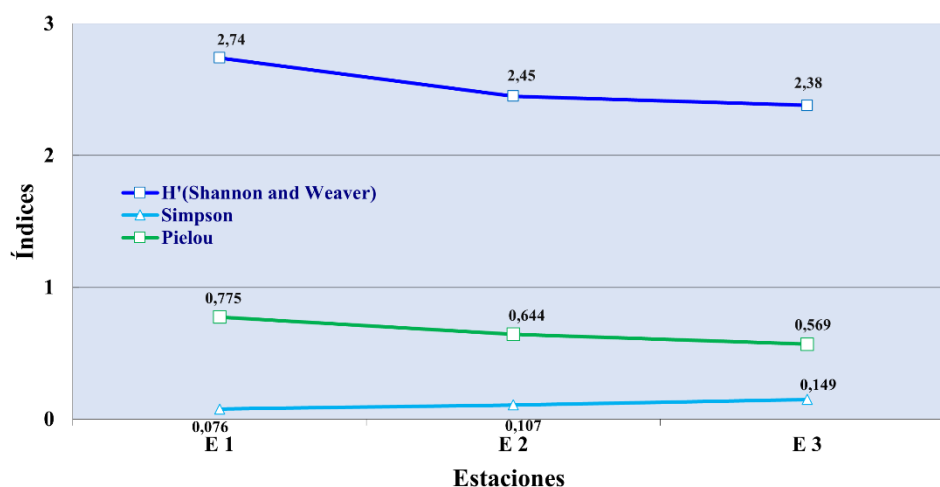


En el sexto muestreo (Figura 25), el valor promedio del índice de diversidad de Shannon Weaver es de 2.52 bits, en la primera estación se obtuvo el valor más alto con 2.74 bits, para la estación dos este valor se redujo a 2.45 bits y en la tercera estación también se redujo a 2.38 bits siendo este el más bajo registrado, estos valores reflejaron que existe una diversidad media de especies en el área de estudio.

Para el índice de equidad de Pielou se obtuvo un valor promedio de 0.66, en la primera estación se presentó el valor mayor registrado con 0.77, seguido de 0.64 en la segunda estación y en la tercera con 0.56 siendo el más bajo, estos indicaron que existe equidad de especies.

Para finalizar, el índice de dominancia de Simpson con un valor promedio de 0.11, para la primera estación y el dato más bajo registrado con 0.07, este valor se aumentó levemente en la estación dos con 0.10 y para la tercera estación se aumentaría llegando a su punto más alto con 0.14, estos datos señalaron que no existen especies dominantes.

Figura 25. Índices ecológicos del sexto muestreo



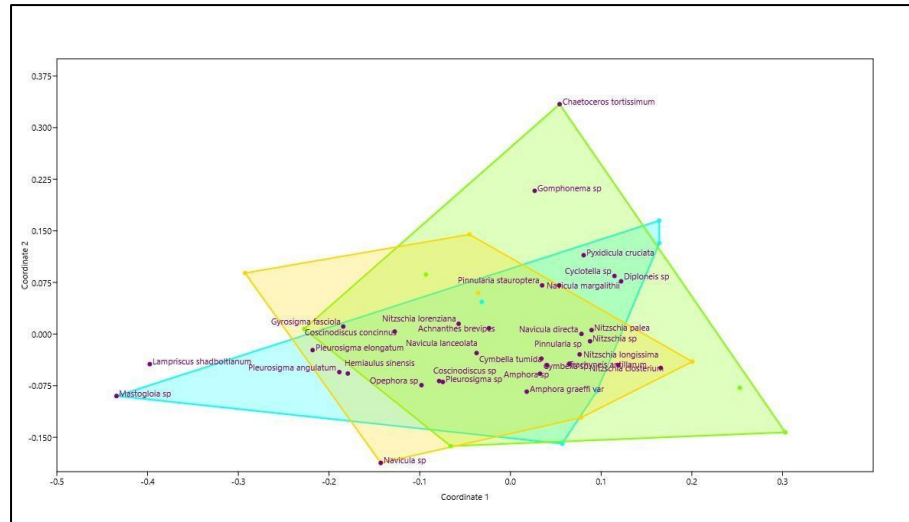
## **8.8. Análisis de similitud (ANOSIM)**

El análisis de similitud (ANOSIM) entre la abundancia de diatomeas epiliticas y las zonas de estudio (estación 1, 2 y 3) reflejó un R de -0.13 y P de 0.96 demostrando que no existen diferencias significativas entre las estaciones estudiadas. Debido a los resultados obtenidos, la prueba de similitud (SIMPER) no debe de aplicarse, debido a que este análisis determina el porcentaje de contribución de las especies.

## **8.9. Escalado multidimensional no métrico (NMDS)**

En el análisis de escalamiento multidimensional no métrico se reflejó el valor de estrés en 0.19 y también existe una superposición entre las estaciones, esto sugiere que la composición de comunidades es similar (Figura 26).

**Figura 26.** Ordenamiento estacional de la abundancia comunitaria de diatomeas epilíticas en las tres estaciones.



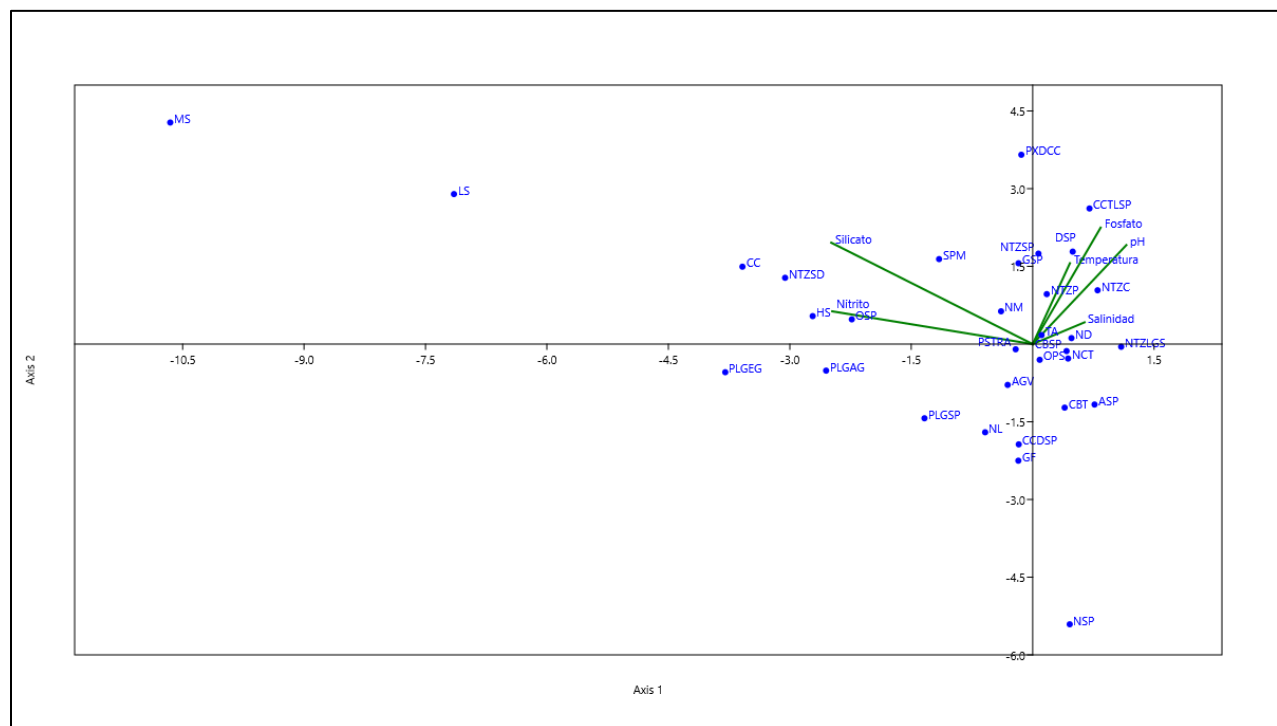
## 8.10. Análisis de correlación canónica

El análisis de correlación canónica evidenció los patrones de distribución de las especies en función de las variables ambientales (Figura 27), demostrando como las especies responden a las variables fisicoquímicas del medio. Los dos ejes principales determinan el 67% el ordenamiento espacial explicando la variabilidad en la distribución de las especies. El eje 1 refleja la disponibilidad de nitrito y salinidad, mientras que el eje 2, silicato, temperatura, pH y fosfato.

Las especies *Coscinodiscus concinnus*, *Nitzschia sigmoidea*, *Hemiaulus sinensis*, *Stephanopyxis palmeriana* y *Opephora sp*, mostraron una fuerte relación positiva por ambientes enriquecidos por silicatos y nitritos. Por otra parte, las especies que presentaron una afinidad por la temperatura y fosfato son *Diploneis sp* y *Cyclotella meneghiniana*, así mismo, *Nitzschia closterium* obtuvieron preferencias a estos ambientes y al pH, sugiriendo que es una comunidad adaptada a agua cálidas y saladas.

En la posición central se pueden observar las especies que presentaron respuestas a gradientes ambientales moderadas son, *Navicula margalithii*, *Pinnularia stauroptera*, *Trachyneis antillarum* y *Navicula directa*, esto sugiere que son organismos que requieren condiciones intermedias o moderadas en las variables ambientales. En el extremo superior derecho se encontraron *Leptocylindrus danicus* y *Mastogloia sp* que ocupan condiciones bajas de temperatura, salinidad, fosfato y pH.

**Figura 27.** Análisis de correlación canónica, donde se observa los patrones de distribución de las especies en función de las variables fisicoquímicas.



**Simbología:** *Achnanthes adnata* (OPS); *Amphora graeffi* var (AGV); *Amphora sp* (ASP); *Stephanopyxis palmeriana* (SPM); *Coscinodiscus concinnus* (CC); *Coscinodiscus sp* (CCDSP); *Cyclotella meneghiniana* (CCTLSP); *Cymbella sp* (CBSP); *Cymbella tumida* (CBT); *Diploneis sp* (DSP); *Gomphonema sp* (GSP); *Gyrosigma fasciola* (GF); *Hemiaulus sinensis* (HS); *Leptocylindrus danicus* (LS); *Mastogloia sp* (MS); *Navicula directa* (ND); *Navicula lanceolata* (NL); *Navicula margalithii* (NM); *Navicula sp* (NSP); *Nitzschia closterium* (NTZC); *Nitzschia longissima* (NTZLGS); *Nitzschia sigmoidea* (NTZSD); *Nitzschia palea* (NTZP); *Nitzschia sp* (NTZSP); *Opephora sp* (OPS); *Navicula cincta* (NCT); *Pinnularia stauroptera* (PSTRA); *Pleurosigma angulatum* (PLGAG); *Pleurosigma elongatum* (PLGEG); *Pleurosigma sp* (PLGSP); *Pyxidicula cruciata* (PXDCC); *Trachyneis antillarum* (TA).

## 9. DISCUSIONES

Durante los meses desde agosto a octubre de 2025, se realizó esta investigación la cual proporciona información sobre la diversidad y abundancia de las diatomeas epilíticas, en donde se identificaron 32 especies en tres zonas de muestreo, con densidades que estuvieron en 1442 y 2097 organismos. Un estudio de diversidad y abundancia realizado en la provincia de Santa Elena en el Río de Loma Alta identificó 47 especies de diatomeas epilíticas en dos zonas de muestreo (Rodríguez, 2024). Por otro lado, (Mero, 2019) logró identificar 54 especies de diatomeas epilíticas en un Río de Portoviejo en la provincia de Manabí. Esto resalta lo expresado por (López-Fuerte & Altamirano-Cerecedo, 2011) que dice “Las diatomeas son un grupo taxonómico abundante en ecosistemas acuáticos” y que existen diferencias en cuanto al hallazgo de organismos

La presencia constante del género *Nitzschia* y *Navicula* observados en este trabajo, coinciden con los estudios realizados en los ríos tropicales Andinos de Colombia donde el género *Navicula* fue el más representativo (Ospina et al., 2022) y también en la investigación realizada en Río amarillo donde los géneros dominantes fueron *Navicula*, *Nitzschia* y *Amphora* (Xing et al., 2022).

En cuanto a las variables ambientales en el estudio realizado en la Comuna Palmar menciona que entre los meses agosto hasta octubre la temperatura esta entre

23.5 – 24.3 °C, según los datos de (Jara, 2019), sin embargo, en este estudio reveló que este parámetro ambiental cambio estando en 21.1°C – 25.8°C.

En el manglar de la comuna Palmar, lugar cercano a una de las zonas de estudio de esta investigación, el género *Pleurosigma* fue uno de los más abundantes descritos por (Uriña & Cuenca, 2018) llegando a predominar con un 44.4%, sin embargo, en este estudio se le menciona con menor frecuencia.

(Rodríguez, 2024), realizo un estudio de nombre “Influencia de los factores físicos en la diversidad y abundancia de diatomeas epilíticas en el río de Loma Alta-Provincia de Santa Elena” indicó que el índice de Shannon – Weaver para el mes de Octubre esta entre los 2.97 – 3.35 bits reflejando que existe una diversidad alta de especies, al contrario del presente estudio, en el cual menciona que para el mes de octubre los valores fueron 2.52 – 2.65 bits, indicando que existe una diversidad media de especies.

Estos hallazgos proporcionan información base para analizar los resultados de estudios sobre las especies de diatomeas epilíticas en ambientes costeros, resaltando la importancia de estos microorganismos.

## 10. CONCLUSIONES

- En la zona costera de la Comuna Palmar durante los meses comprendidos entre agosto y octubre del 2025, se identificaron un total de 32 especies de diatomeas epilíticas distribuidas en tres zonas de muestreo donde las especies predominantes fueron: *Cymbella sp*, *Navicula cincta*, *Navicula lanceolata*, *Navicula directa* y *Nitzschia palea*. Por otra parte, las especies menos abundantes, *Pinnularia stauroptera*, *Gomphonema sp*, *Mastogloia sp*, *Navicula sp*, *Trachyneis antillarum*, *Gyrosigma fasciola*, *Coscinodiscus concinnus*, *Nitzschia sigmoidea*, *Pleurosigma angulatum*, *Coscinodiscus sp*, *Hemiaulus sinensis*, *Opephora sp*, *Pleurosigma sp* y *Cymbella tumida*.
- Los valores obtenidos en el índice de diversidad de Shannon-Weaver reflejaron que existe una diversidad media de especies para todas las zonas de estudio y en todos los muestreos, para el índice de equidad de Pielou los datos obtenidos mostraron que existe una distribución equitativa en el área de estudio y los muestreos, y para finalizar, el índice de dominancia se evidencio que no existen especies dominantes entre las zonas de estudio.
- El análisis de correlación canónica (ACC) evidencio las relaciones entre las comunidades existentes entre las diatomeas epilíticas y las variaciones ambientales, esto permitió explicar la variación de la distribución de las especies, lo cual proporcionó información importante sobre la ecología de estos microorganismos en zonas tropicales. Los resultados mostraron afinidad entre las especies y los parámetros ambientales destacándose, asociación entre

*Coscinodiscus concinnus*, *Nitzschia sigmoidea*, *Hemiaulus sinensis*, *Stephanopyxis palmeriana* y *Opephora sp* y los ambientes enriquecidos por silicatos y nitritos, mientras que *Diploneis sp* y *Cyclotella meneghiniana* presentaron afinidades por temperatura y fosfato, sumado a esto, *Nitzschia closterium* también obtuvieron preferencia a estos ambientes y al pH.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios en diferentes condiciones y extenderlo para capturar la variabilidad estacional de las comunidades de diatomeas epilíticas y su respuesta a cambios climáticos más pronunciados.
- Se recomienda realizar estudios con otros parámetros fisicoquímicos como amonio y oxígeno disuelto que permita a más profundidad comprender el comportamiento de los organismos para comprender mejor la dinámica poblacional de estas especies frente a variaciones ambientales a largo plazo.
- Realizar estudios en la misma zona con un grupo diferente de microalgas como los dinoflagelados para entender mejor el comportamiento del fitoplancton en esta área.

## BIBLIOGRAFIA

- Albrecht, M. (2023). Diatomeas como indicadores de la calidad del agua de embalses. *Impacto, Revista de Ciencia y Tecnología*, 3(1), 61–63.  
<https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/440>
- Barzallo, M., & Sacoto, A. P. (2019). *Diversidad de diatomeas bentónicas, en riachuelos de los páramos del sur del Ecuador*.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9474/1/151110.pdf>
- Bey, M.-Y., & Ector, L. (2013). *Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône-Alpes Tome 5: Naviculacées: Cymbelloidées, Gomphonématoidées*.
- Blanco Lanza, S. (2012). *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos fitobentónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*.  
[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Educacao\\_PereiraAS\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Educacao_PereiraAS_1.pdf)  
[http://www.anpocs.org.br/portal/publicacoes/rbcs\\_00\\_11/rbcs11\\_01.htm](http://www.anpocs.org.br/portal/publicacoes/rbcs_00_11/rbcs11_01.htm)  
[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7845/1/td\\_2306.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7845/1/td_2306.pdf)  
<https://direitofma2010.files.wordpress.com/2010/>
- Blanco Lanza, S., Álvarez Blanco, I., Cejudo-Figueiras, C., & Bécares Mantecón, E. (2010). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*. <https://www.chduero.es/web/guest>
- Castillejo, P., Ballesteros, I., Ríos-Touma, B., Ortiz, S., Heinrich, C., & Lobo, E. (2022). *Diatomeas epilíticas de los Andes del Ecuatorianos*.  
<https://www.udlaediciones.com.ec/wp-content/uploads/2022/08/Diatomeas.pdf>

- Cortés, J., Villamizar, A., Nagy, G. J., Girot, P. O., Villasante, S., & Miglioranza, K. S. B. (2020). *Ecosistemas marino-costeros*. 131–160. [https://www.researchgate.net/profile/Alicia-Villamizar/publication/341380846\\_Ecosistemas\\_marino-costeros/links/609ec37092851cfd332cd67/Ecosistemas-marino-costeros.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alicia-Villamizar/publication/341380846_Ecosistemas_marino-costeros/links/609ec37092851cfd332cd67/Ecosistemas-marino-costeros.pdf)
- Cruz Ramírez, Á. R. (2024). *Variación temporal de la composición y riqueza de diatomeas en la zona costera, estuario y río Tuxpan, Veracruz*. *March*, 1–55. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24730.56009>
- Garzón, A. (2019). *Presencia de microalgas bentónicas potencialmente tóxicas en la Costa del Ecuador*. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8fc0eee6-4ab2-4b9c-bb99-6d27d75273f0/content>
- Haro, A. (2019). *Evaluación De Dos Genes Como Código De Barras De Adn Para La Identificación De Diatomeas Epilíticas En Ecuador*. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11813/1/UDLA-EC-TIB-2019-36.pdf>
- Jara, F. (2019). Crecimiento de concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) a diferentes profundidades en la comuna Palmar. *Trabajo de Titulación*, 1–56. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5042>
- Lobo, E., Heinrich, C., Schuch, M., Dupont, A., Ben da Costa, A., Wetzel, C., & Ector, L. (2016). *ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA*. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- López-Fuerte, F., & Altamirano-Cerecedo, M. (2011). *Diatomeas Bentónicas De Los Oasis De Baja California Sur*. 57.
- Lora Vilchis, M., López-Fuerte, F., & Pérez Rojas, C. (2020). *Algas de Cristal*. Vol. 6, 1–

17.

[https://www.researchgate.net/publication/342646734\\_Algas\\_de\\_Cristal\\_diatomeas](https://www.researchgate.net/publication/342646734_Algas_de_Cristal_diatomeas)

Mero Santana, J. (2019). *Composición de la comunidad de diatomeas epilíticas del Río Portoviejo de la Provincia de Manabí, Ecuador.*

[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3350/1/Tesis Robert Mero Final 2019 03 28.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3350/1/Tesis_Robert_Mero_Final_2019_03_28.pdf)

Nadir, C., Kaleli, A., & Baytut, Ö. (2016). The Distribution of Cymbelloid Diatoms in Yalova Runningwaters Cüneyt. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16. <https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16>

Ospina, M. I., Peña-Salamanca, E. J., & Rivera-Rondón, C. A. (2022). *Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) in a tropical Andean River of Southwest Colombia*. 73. <https://www.scielo.br/j/rod/a/ryKxH4SkntyRWm3g34rkgnM/?lang=en>

Paredes Pozo, D. (2006). *Evaluación multicriterio social del manglar Evaluación multicriterio social del manglar “ Palmar , Guayas-Ecuador .”* 54. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3efd322f-dedc-439a-92e5-8e2407a922be/content>

Pierella Karlusich, J. J., Cosnier, K., Zinger, L., Henry, N., Nef, C., Bernard, G., Scalco, E., Dvorak, E., Oceans Coordinators, T., Jimenez Vieira, F. R., Delage, E., Chaffron, S., Ovchinnikov, S., Zingone, A., & Bowler, C. (2024). *Patterns and drivers of diatom diversity and abundance in the global ocean*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.06.08.598090v2.full.pdf>

Quero, O. (2014). *Identificación de diatomeas, para determinar la ubicación de zona de muerte, por sumersion, en la zona costera del puerto de Veracruz.*

<https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/identificacion-de-diatomeas-olivia-quero-151014.pdf>

Rigby, R., Iken, K., & Shirayama, Y. (2007). *Sampling Biodiversity in Coastal Communities*.

Rodríguez, J. (2024). *Influencia de los factores físicos en la diversidad y abundancia de Diatomeas Epilíticas en el río de Loma Alta provincia de Santa Elena*.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/11674/1/UPSE-TBI-2024-0051.pdf>

Rojas Gallego, S. (2019). *Identificación de diatomeas perifíticas en la intersección del Río Chocho, Río Subia y Río Barro Blanco, ubicados en el departamento de Cundinamarca*.

<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b29c7545-bdb6-4490-95a7-fa715d9e813b/content>

Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., Arana Maestre, J., Ortega Torres, H., Correa Roldán, V., & Hidalgo Del Águila, M. (2014). *Metodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Peru*.  
[https://www.researchgate.net/publication/271503980\\_Metodos\\_de\\_colectaidentificacion\\_y\\_analisis\\_de\\_comunidades\\_biologicasPlanctonDepartamento\\_de\\_Limnologia\\_departamento\\_de\\_Ictiologia-Lima\\_Ministerio\\_del\\_Ambiente\\_2014\\_75pil](https://www.researchgate.net/publication/271503980_Metodos_de_colectaidentificacion_y_analisis_de_comunidades_biologicasPlanctonDepartamento_de_Limnologia_departamento_de_Ictiologia-Lima_Ministerio_del_Ambiente_2014_75pil)

Segura-García, V., Cantoral-Uriza, E. A., Israde, I., & Maidana, N. (2012). Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. *Hidrobiológica*, 22(1), 16–27.  
<https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/676/267>

- Soininen, J., & Teittinen, A. (2019). Fifteen important questions in the spatial ecology of diatoms. *Freshwater Biology*, 64(11), 2071–2083.  
[https://www.researchgate.net/publication/335136220\\_Fifteen\\_important\\_questions\\_in\\_the\\_spatial\\_ecology\\_of\\_diatoms](https://www.researchgate.net/publication/335136220_Fifteen_important_questions_in_the_spatial_ecology_of_diatoms)
- Tomalá, J. (2025). Estrategias de conservación de los recursos naturales del Ecuador: al contexto de la Comuna Palmar, Provincia de Santa Elena año 2024. *Sustainability (Switzerland)*. [https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/08ce70d6 - 5079-4ec9-97bc-556a2ba41b66/content](https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/08ce70d6-5079-4ec9-97bc-556a2ba41b66/content)
- Uriña, J., & Cuenca, M. (2018). Diversidad De Especies De Microalgas Encontradas en Raíces De Mangle. *Espiraes Revista Multidisciplinaria de Investigación* .  
<https://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/360/266>
- Xing, L., Jichang, H., Yuhang, L., Baohua, Z., Yun, L., & Kehou, P. (2022). The Structure of the Seasonal Benthic Diatom Community and Its Relationship With Environmental Factors in the Yellow River Delta. *Frontiers in Marine Science*, 9(February), 1–10.  
<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.784238>
- Yépez Rendón, J. (2018). *Presencia de dinoflagelados potencialmente Tóxicos en la Reserva Marina de Galápagos*.

## ANEXOS

**Figura 28.** *Pleurosigma elongatum*



**Figura 29.** *Cymbella* sp



**Figura 30.** *Pleurosigma angulatum*



**Figura 31.** *Nitzschia sigmoidea*



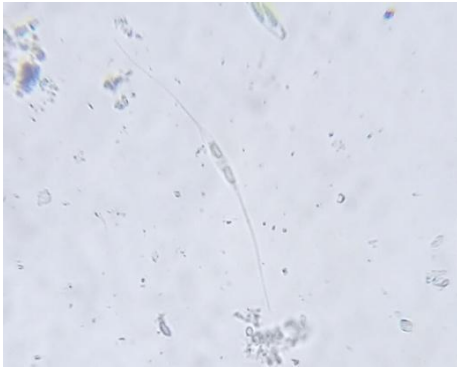
**Figura 32.** *Cymbella tumida*



**Figura 33.** *Nitzschia palea*



**Figura 34.** *Nitzschia longissima*



**Figura 35.** *Navicula lanceolata*



**Figura 36.** *Navicula cincta*



**Figura 37.** *Navicula directa*



**Figura 38.** *Gomphonema sp*



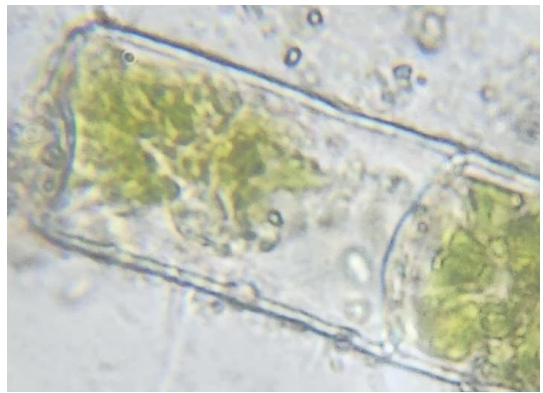
**Figura 39.** *Opephora sp*



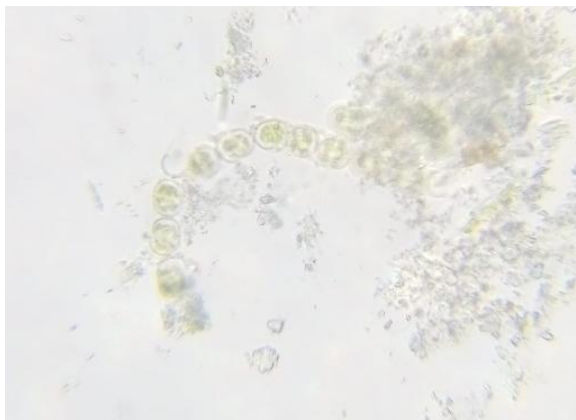
**Figura 40.** *Nitzschia sp*



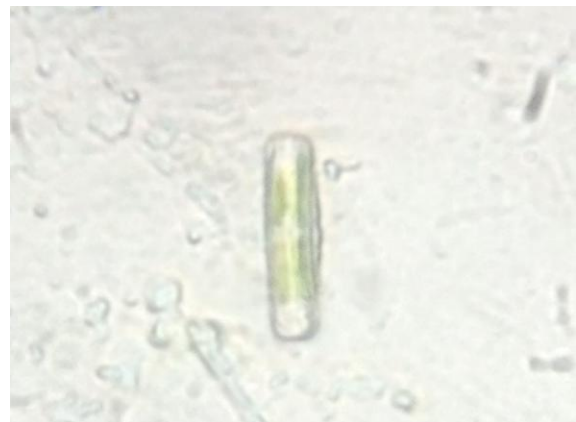
**Figura 41.** *Leptocylindrus danicus*



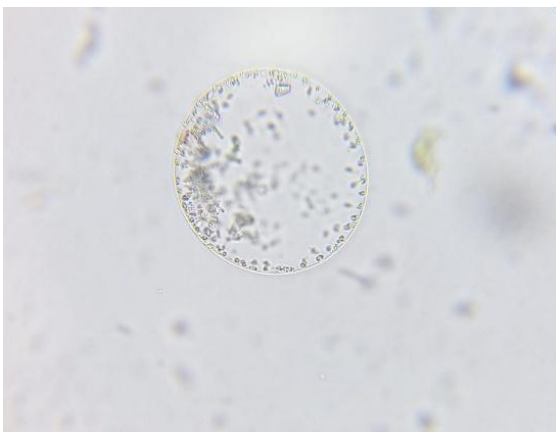
**Figura 42.** *Stephanopyxis palmeriana*



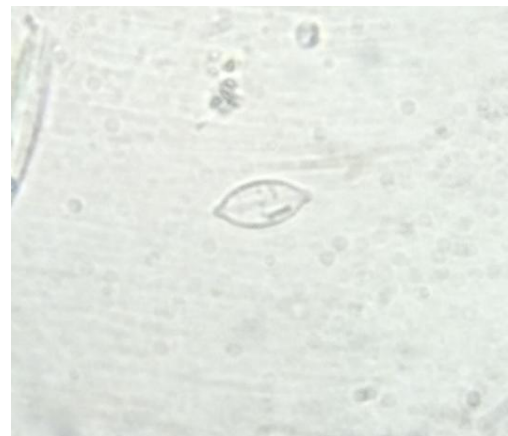
**Figura 43.** *Pinnularia stauroptera*



**Figura 44.** *Coscinodiscus sp*



**Figura 45.** *Navicula margalithii*



**Figura 46.** *Gyrosigma fasciola*



**Figura 47.** *Pyxidicula cruciata*



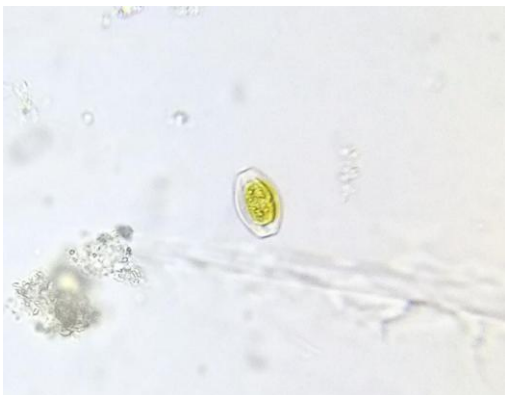
**Figura 48.** *Trachyneis antillarum*



**Figura 49.** *Amphora sp*



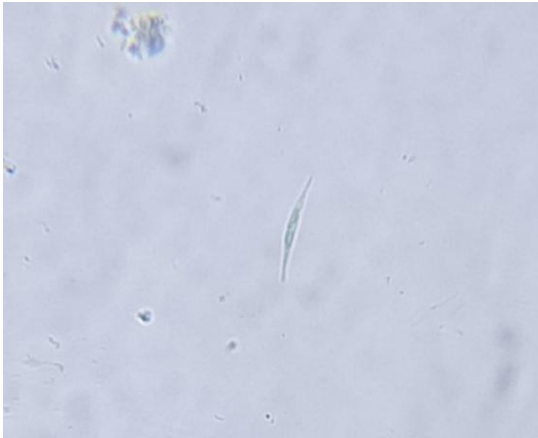
**Figura 50.** *Coscinodiscus concinnus*



**Figura 51.** *Cyclotella meneghiniana*



**Figura 52.** *Nitzschia closterium*



**Figura 53.** Extracción de las diatomeas



**Figura 54.** Método de *NaGISA*



**Figura 55.** Análisis microscópico en laboratorio



**Figura 56.** Fase de recolección



Tabla 3. Densidad poblacional del primer muestreo

Especies	3	Cel/ml	3	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	Total	Porcentaje
	gotas	Est. 1	gotas	Est. 2		Est. 3		
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	9	60	4	27	3	20	107	7,42%
<i>Nitzschia palea</i>	3	20	2	13	4	27	60	4,16%
<i>Hemiaulus sinensis</i>	2	13	0	0	1	7	20	1,39%
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	3	20	1	7	0	0	27	1,87%
<i>Mastogloia sp</i>	2	13	0	0	0	0	13	0,90%
<i>Trachyneis antillarum</i>	2	13	1	7	1	7	27	1,87%
<i>Cymbella sp</i>	11	73	10	67	12	80	220	15,26%
<i>Pleurosigma elongatum</i>	6	40	4	27	11	73	140	9,71%
<i>Achnanthes adnata</i>	3	20	0	0	0	0	20	1,39%
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3	20	0	0	1	7	27	1,87%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	6	40	1	7	2	13	60	4,16%
<i>Gyrosigma fasciola</i>	2	13	5	33	10	67	113	7,84%
<i>Pleurosigma sp</i>	5	33	4	27	2	13	73	5,06%
<i>Navicula cincta</i>	2	13	6	40	3	20	73	5,06%
<i>Navicula marginalithii</i>	2	13	4	27	2	13	53	3,68%
<i>Opephora sp</i>	4	27	0	0	0	0	27	1,87%
<i>Navicula lanceolata</i>	5	33	11	73	4	27	133	9,22%
<i>Nitzschia closterium</i>	0	0	4	27	1	7	34	2,36%
<i>Navicula directa</i>	1	7	6	40	3	20	67	4,65%
<i>Amphora graeffi var</i>	4	27	1	7	0	0	34	2,36%
<i>Cymbella tumida</i>	2	13	2	13	0	0	26	1,80%
<i>Coscinodiscus sp</i>	1	7	1	7	2	13	27	1,87%
<i>Nitzschia sp</i>	4	27	1	7	1	7	41	2,84%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	0	0	1	7	0	0	7	0,49%
<i>Gomphonema sp</i>	0	0	0	0	2	13	13	0,90%
<b>Total</b>		<b>545</b>		<b>463</b>		<b>434</b>	<b>1442</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 4.** Densidad poblacional del segundo muestreo

Especies	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	Total	Porcentaje
		Est. 1		Est. 2		Est. 3		
<i>Navicula cincta</i>	13	113	13	87	8	53	253	13,66%
<i>Cymbella sp</i>	22	147	17	113	20	133	393	21,22%
<i>Nitzschia closterium</i>	2	13	1	7	2	13	33	1,78%
<i>Nitzschia palea</i>	8	53	5	33	1	7	93	5,02%
<i>Navicula lanceolata</i>	8	40	10	67	11	73	180	9,72%
<i>Achnanthes adnata</i>	5	33	16	107	5	33	173	9,34%
<i>Amphora graeffi var</i>	14	93	3	20	4	27	140	7,56%
<i>Coscinodiscus sp</i>	5	33	0	0	4	27	60	3,24%
<i>Navicula directa</i>	11	73	0	0	1	7	80	4,32%
<i>Pleurosigma elongatum</i>	1	7	1	7	2	13	27	1,46%
<i>Amphora sp</i>	2	13	7	47	3	33	93	5,02%
<i>Pleurosigma sp</i>	4	27	2	13	3	20	60	3,24%
<i>Nitzschia longissima</i>	1	7	2	13	0	0	20	1,08%
<i>Opephora sp</i>	2	13	1	7	2	13	33	1,78%
<i>Gyrosigma fasciola</i>	2	13	0	0	0	0	13	0,70%
<i>Trachyneis antillarum</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,38%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	1	7	0	0	3	20	27	1,46%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	1	7	1	7	4	27	41	2,21%
<i>Hemiaulus sinensis</i>	2	13	0	0	0	0	13	0,70%
<i>Navicula margalithii</i>	0	0	2	13	0	0	13	0,70%
<i>Navicula sp</i>	0	0	0	0	1	7	7	0,38%
<i>Nitzschia sp</i>	0	0	4	27	2	13	40	2,16%
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	5	33	1	7	40	2,16%
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	0	2	13	0	0	13	0,70%
<b>Total</b>		<b>712</b>		<b>614</b>		<b>526</b>	<b>1852</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 5. Densidad poblacional del tercer muestreo

Especies	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	Total	Porcentaje
		Est. 1		Est. 2		Est. 3		
<i>Trachyneis antillarum</i>	8	53	10	67	9	60	180	8,58%
<i>Navicula cincta</i>	19	127	4	27	19	127	281	13,40%
<i>Cymbella sp</i>	18	120	11	73	24	160	353	16,83%
<i>Navicula directa</i>	13	87	6	40	17	113	240	11,44%
<i>Cymbella tumida</i>	3	20	1	7	6	40	67	3,20%
<i>Amphora sp</i>	7	47	1	7	3	20	74	3,53%
<i>Opephora sp</i>	0	0	1	7	1	7	14	0,67%
<i>Navicula lanceolata</i>	5	33	6	40	8	53	126	6,01%
<i>Navicula marginalithii</i>	2	13	0	0	3	20	33	1,57%
<i>Gomphonema sp</i>	3	20	4	27	1	7	54	2,58%
<i>Nitzschia closterium</i>	3	20	0	0	3	20	40	1,91%
<i>Pleurosigma sp</i>	1	7	1	7	6	40	54	2,58%
<i>Nitzschia palea</i>	10	67	3	20	6	40	127	6,06%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	1	7	3	20	2	13	40	1,91%
<i>Achnanthes adnata</i>	3	20	2	13	8	53	86	4,10%
<i>Nitzschia longissima</i>	14	93	1	7	3	20	120	5,72%
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	0	0	7	1	7	14	0,67%
<i>Coscinodiscus sp</i>	1	7	3	20	2	13	40	1,91%
<i>Gyrosigma fasciola</i>	1	7	0	0	1	7	14	0,67%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0	0	0	2	13	13	0,62%
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	0	0	0	0	1	7	7	0,33%
<i>Amphora graeffi var</i>	4	27	2	13	0	0	40	1,91%
<i>Pleurosigma elongatum</i>	2	13	1	7	0	0	20	0,95%
<i>Nitzschia sp</i>	2	13	7	47	0	0	60	2,86%
<b>Total</b>		<b>801</b>		<b>456</b>		<b>840</b>	<b>2097</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 6.** Densidad poblacional del cuarto muestreo

Especies	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	Total	Porcentaje
		Est. 1		Est. 2		Est. 3		
<i>Achnanthes adnata</i>	6	40	3	20	13	87	147	7,06%
<i>Navicula cincta</i>	7	47	21	140	10	67	254	12,20%
<i>Cymbella sp</i>	13	87	32	213	11	73	373	17,92%
<i>Navicula directa</i>	13	87	13	87	12	80	254	12,20%
<i>Cymbella tumida</i>	2	13	4	27	2	13	53	2,55%
<i>Amphora sp</i>	0	0	1	7	2	13	20	0,96%
<i>Opephora sp</i>	0	0	0	0	1	7	7	0,34%
<i>Navicula lanceolata</i>	3	20	6	40	3	20	80	3,84%
<i>Navicula margalithii</i>	3	20	4	27	1	7	54	2,59%
<i>Gomphonema sp</i>	5	33	0	0	0	0	33	1,59%
<i>Nitzschia closterium</i>	1	7	31	207	2	13	227	10,90%
<i>Pleurosigma sp</i>	3	20	1	7	0	0	27	1,30%
<i>Nitzschia palea</i>	6	40	12	80	2	13	133	6,39%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	1	7	1	7	1	7	21	1,01%
<i>Trachyneis antillarum</i>	2	13	2	13	2	13	39	1,87%
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	5	33	0	0	33	1,59%
<i>Coscinodiscus sp</i>	2	13	0	0	0	0	13	0,62%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	2	13	0	0	2	13	26	1,25%
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	1	7	0	0	1	7	14	0,67%
<i>Amphora graeffi var</i>	1	7	0	0	2	13	20	0,96%
<i>Nitzschia sp</i>	3	20	11	73	4	27	120	5,76%
<i>Gyrosigma fasciola</i>	2	13	7	47	1	7	67	3,22%
<i>Hemiaulus sinensis</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,34%
<i>Pyxidicula cruciata</i>	3	20	0	0	0	0	20	0,96%
<i>Diploneis sp</i>	0	0	3	20	3	20	40	1,92%
<b>Total</b>		<b>534</b>		<b>1048</b>		<b>500</b>	<b>2082</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 7. Densidad poblacional del quinto muestreo

Especies	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	3 gotas	Cel/ml	Total	Porcentaje
		Est. 1		Est. 2		Est. 3		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	7	47	7	47	9	60	154	8,70%
<i>Navicula cincta</i>	11	73	12	80	7	47	200	11,30%
<i>Cymbella sp</i>	5	33	10	67	11	73	173	9,77%
<i>Navicula directa</i>	8	53	9	60	8	53	166	9,38%
<i>Cymbella tumida</i>	1	7	1	7	3	20	34	1,92%
<i>Amphora sp</i>	2	13	1	7	1	7	27	1,53%
<i>Navicula lanceolata</i>	5	33	7	47	2	13	93	5,25%
<i>Navicula margalithii</i>	2	13	15	100	0	0	113	6,38%
<i>Gomphonema spp</i>	0	0	25	167	0	0	167	9,44%
<i>Nitzschia closterium</i>	1	7	3	20	5	33	60	3,39%
<i>Pleurosigma sp</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,40%
<i>Nitzschia palea</i>	16	107	6	40	3	20	167	9,44%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	4	27	6	40	2	13	80	4,52%
<i>Trachyneis antillarum</i>	5	33	3	20	4	27	80	4,52%
<i>Nitzschia longissima</i>	1	7	2	13	1	7	27	1,53%
<i>Achnanthes adnata</i>	2	13	0	0	4	27	40	2,26%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0	0	0	1	7	7	0,40%
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,40%
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	0	1	7	1	7	14	0,79%
<i>Nitzschia sp</i>	8	53	0	0	1	7	60	3,39%
<i>Pyxidicula cruciata</i>	4	27	0	0	0	0	27	1,53%
<i>Diploneis sp</i>	1	7	3	20	1	7	34	1,92%
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	2	13	0	0	13	0,73%
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1	7	2	13	0	0	20	1,13%
<b>Total</b>		<b>574</b>		<b>768</b>		<b>428</b>	<b>1770</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 8.** Densidad poblacional del sexto muestreo

Especies	3	Cel/ml	3	Cel/ml	3	Cel/ml	Total	Porcentaje
	gotas	Est. 1	gotas	Est. 2	gotas	Est. 3		
<i>Navicula margalithii</i>	7	47	3	20	6	40	107	5,39%
<i>Navicula cincta</i>	8	53	21	127	11	73	253	12,75%
<i>Cymbella sp</i>	5	33	19	127	34	227	387	19,51%
<i>Navicula directa</i>	8	53	19	127	5	33	213	10,74%
<i>Cymbella tumida</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,35%
<i>Amphora sp</i>	3	20	0	0	2	13	33	1,66%
<i>Opephora sp</i>	1	7	0	0	2	13	20	1,01%
<i>Navicula lanceolata</i>	1	7	2	13	1	7	27	1,36%
<i>Achnanthes adnata</i>	1	7	7	47	3	20	74	3,73%
<i>Gomphonema sp</i>	2	13	0	0	1	7	20	1,01%
<i>Nitzschia closterium</i>	6	40	12	80	8	53	173	8,72%
<i>Pleurosigma sp</i>	0	0	1	7	1	7	14	0,71%
<i>Nitzschia palea</i>	9	60	11	73	7	47	180	9,07%
<i>Pinnularia stauroptera</i>	0	0	1	7	1	7	14	0,71%
<i>Trachyneis antillarum</i>	3	20	6	40	2	13	73	3,68%
<i>Nitzschia longissima</i>	2	13	2	13	1	7	33	1,66%
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3	20	1	7	3	20	47	2,37%
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	1	7	0	0	0	0	7	0,35%
<i>Amphora graeffi var</i>	3	20	5	33	5	33	86	4,33%
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Nitzschia sp</i>	7	47	10	67	9	60	174	8,77%
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	1	7	0	0	7	0,35%
<i>Diploneis sp</i>	1	7	1	7	1	7	21	1,06%
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1	7	1	7	0	0	14	0,71%
<b>Total</b>		<b>488</b>		<b>809</b>		<b>687</b>	<b>1.984</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 9.** Valores del Test de normalidad de Shapiro-Wilk por estación

<b>Test de normalidad de Shapiro-Wilk</b>			
<b>Muestreo 1</b>	0,882	0,821	0,712
<b>p (normal)</b>	0,00745	0,00051	0,0000105
<b>Muestreo 2</b>	0,743	0,745	0,689
<b>p (normal)</b>	3,98E-05	4,19E-05	9,60E-06
<b>Muestreo 3</b>	0,8	0,822	0,754
<b>p (normal)</b>	0,000291	0,000694	5,75E-05
<b>Muestreo 4</b>	0,7642	0,7071	0,6928
<b>p (normal)</b>	6,09E-05	9,11E-06	5,85E-06
<b>Muestreo 5</b>	0,8093	0,7772	0,8088
<b>p (normal)</b>	0,0004202	0,0001278	0,0004124
<b>Muestreo 6</b>	0,8425	0,7432	0,5738
<b>p (normal)</b>	0,001271	2,95E-05	2,18E-07

**Tabla 10.** Variación promedia de parámetros fisicoquímicos

	<b>Temperatura</b>	<b>Salinidad</b>	<b>pH</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Fosfato</b>	<b>Silicato</b>
<b>1er muestreo</b>	23	32,5	8	0,065	0,37	2,47
<b>2do muestreo</b>	21,1	31,9	8,06	0,014	0,08	0,92
<b>3er muestreo</b>	23,3	33,6	8,2	0,014	0,27	1,4
<b>4to muestreo</b>	25,8	31,51	8,13	0,021	0,037	1,08
<b>5to muestreo</b>	23,3	32,9	8,2	0,027	0,53	2,48
<b>6to muestreo</b>	22,16	35,7	8,43	0,046	1,92	2,45

**Tabla 11.** Parámetros fisicoquímicos del primer muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 1</b>	ph	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8,1	23	32,6	0,099	0,51	6,61
<b>Estación 2</b>	8	23	33,2	0,089	0,15	0,42
<b>Estación 3</b>	7,9	23	31,8	0,007	0,45	0,35
<b>Promedio</b>	8	23	32,5	0,065	0,37	2,47

**Tabla 12.** Parámetros fisicoquímicos del segundo muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 2</b>	pH	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8,1	21	32,6	0,013	0,09	1,3
<b>Estación 2</b>	8	21,1	30,4	0,011	0,03	0,85
<b>Estación 3</b>	8,1	21,3	32,7	0,019	0,12	0,6
<b>Promedio</b>	8,06	21,1	31,9	0,014	0,08	0,92

**Tabla 13.** Parámetros fisicoquímicos del tercer muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 3</b>	pH	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8,1	24	31,2	0,015	0,35	0,4
<b>Estación 2</b>	8,2	23	32,6	0,019	0,24	2,2
<b>Estación 3</b>	8,3	23	37	0,01	0,21	1,6
<b>Promedio</b>	8,2	23,3	33,6	0,014	0,27	1,4

**Tabla 14.** Parámetros fisicoquímicos del cuarto muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 4</b>	pH	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8	27,4	29,5	0,026	0,37	0,9
<b>Estación 2</b>	8,1	26,1	31	0,021	0,31	1,1
<b>Estación 3</b>	7,8	24,1	34,1	0,017	0,42	1,25
<b>Promedio</b>	8,13	25,8	31,51	0,021	0,037	1,08

**Tabla 15.** Parámetros fisicoquímicos del quinto muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 5</b>	pH	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8,1	24	31,2	0,029	0,48	2,91
<b>Estación 2</b>	8,2	23	32,6	0,031	0,62	2,68
<b>Estación 3</b>	8,3	23	35	0,022	0,5	1,85
<b>Promedio</b>	8,2	23,3	32,9	0,027	0,53	2,48

**Tabla 16.** Parámetros fisicoquímicos del sexto muestreo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>						
<b>Muestreo 6</b>	pH	Temperatura	Salinidad	Nitrito	Fosfato	Silicato
<b>Estación 1</b>	8,4	22,2	35	0,051	1,9	3,05
<b>Estación 2</b>	8,5	22,2	36	0,045	1,35	2,2
<b>Estación 3</b>	8,4	22,1	36,1	0,043	2,5	2,1
<b>Promedio</b>	8,43	22,16	35,7	0,046	1,92	2,45



Facultad de  
Ciencias del Mar  
*Biología*

Oficio No. 100-ECAR-2025-O

La Libertad, 31 de Octubre de 2025.

Ing.  
Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE BIOLOGÍA-UPSE.  
**En su despacho.**

De mi consideración:

Por medio del presente informo a usted que el estudiante **MALAVÉ RODRÍGUEZ EDWIN DARÍO**, con **C.I. 2450110792**, ha realizado todas las correcciones indicadas en las revisiones, de su propuesta cuyo tema es: **"DIATOMEAS EPILÍTICAS Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA ZONA ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR"**, por tal razón doy el **AVAL** respectivo para que pueda continuar con el proceso del Trabajo de Titulación.

Particular que comunico para los fines pertinentes

Sin otro particular.



FUERO CARLOS  
ANDRADE RUIZ

---

Blgo. Carlos Andrade Ruiz, MSc.

**Docente.**

**FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**

**PRONUNCIAMIENTO FAVORABLE No. MAE-ARSFC-2025-0952**

Sr. **MALAVE RODRIGUEZ EDWIN DARIO,**

Una vez que la propuesta para Autorización de Recolección de Especímenes de la Diversidad Biológica Sin Fines Comerciales para Investigación Científica, ha sido analizada, el Ministerio de Ambiente y Energía en uso de las atribuciones que le confiere el Acuerdo Interministerial SENESCYT-MAE N°001 aprueba el Proyecto **Diatomeas epilíticas y su relación con las variables fisicoquímicas del agua de la zona rocosa de la comuna Palmar**, al haber cumplido con los parámetros técnicos, administrativos y legales, establecidas en la ley.

En base a lo dispuesto en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria:

Atentamente,

ALAVA CASTILLO JOEL FERNANDO

**DIRECCIÓN DE BIODIVERSIDAD**

Santa Elena 29 de noviembre 2025



La suscrita Blga. Etelvina Vera Borbor, M.Sc. Investigadora Oceanográfica y en calidad de especialista en Fitoplancton (Diatomeas y Dinoflagelados) desde el 2004 y en funciones

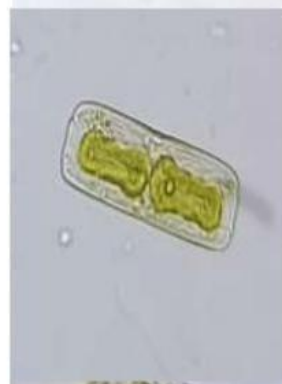
**CERTIFICA:**

Que el señor **Malavé Rodríguez Edwin Darío** con C.I. 0928212216 realizó su periodo de investigación desde el mes de agosto hasta octubre 2025, en base al proyecto para su titulación, cuyo tema es **“Diatomeas epilíticas y su relación con las variables fisicoquímicas del agua en la zona rocosa de la comuna Palmar”**.

Que el señor **Malavé Rodríguez Edwin Darío**, solicitó la colaboración de la suscrita para validar la determinación taxonómica de este grupo de fitoplancton en particular.

Para el estudio de las Diatomeas la suscrita validó la corroboración de forma voluntaria, identificándose 32 especies de Diatomeas, las especies fueron enviadas en forma fotográficas, todas encontradas en la zona rocosa de la Comuna Palmar.

Por lo que doy fe y testimonio de lo antes mencionado, por solicitud del interesado.



**Atentamente**



Firmado electrónicamente por:  
**ETELVINA ESTHER  
VERA BORBOR**  
Validar únicamente con FirmatEC

**Blga. Etelvina Vera Borbor, M.Sc.**  
**C.I. 0917518458**  
**Investigador Oceanografía Biológica**  
**Telef. 0981023453**  
**E-mail: everabor@yahoo.com**