



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN PEDERNALES**

Carrera de biología

Tesis de grado previo a la obtención del título de Biólogo.

TÍTULO:

Análisis de la Diversidad y Distribución del Fitoplancton en la zona
Costera del cantón Pedernales: Un Estudio Ecológico y Ambiental

AUTORA:

Mendoza Romero Lucia Isabel.

TUTOR:

Ing. Tyrone Antonio Zambrano Barcia Mg.

PEDERNALES – ECUADOR

2024 – 2025

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En la calidad de docente tutor de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí" CERTIFICO: Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante MENDOZA ROMERO LUCIA ISABEL, bajo la opción de titulación del trabajo de investigación, con el tema: **"ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN LA ZONA COSTERA DEL CANTÓN PEDERNALES: UN ESTUDIO ECOLÓGICO Y AMBIENTAL"**

La presente investigación ha sido desarrollada en el apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lo certifico.



Ing. Tyrone Antonio Zambrano Barcia, Mgs.
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACION DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION

El tribunal evaluador Certifica:

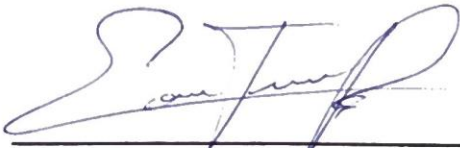
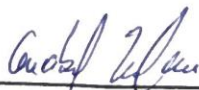
Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado:
**“ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON
EN LA ZONA COSTERA DEL CANTÓN PEDERNALES: UN ESTUDIO
ECOLÓGICO Y AMBIENTAL”**

Realizado y concluido por la Srta. Mendoza Romero Lucia Isabel, ha sido revisado y
evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos,
científicos y formales suficientes para ser aprobado.

Pedernales, 04 de septiembre del 2025.

Para dar testimonio y autenticidad firman:


Ing. Derli Francisco Álava Rosado, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Blga. Cecibel Tenelema, Mgs.
Miembro del tribunal
Ing. Luis Madrid, PhD.
Miembro del tribunal

DERECHOS DE AUTORIA

Yo, Mendoza Romero Lucia Isabel, con cedula de ciudadanía N° 1313735860, declaro que el presente trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN LA ZONA COSTERA DEL CANTÓN PEDERNALES: UN ESTUDIO ECOLÓGICO Y AMBIENTAL”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ellos me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.



Mendoza Romero Lucia Isabel
C.I : 1313735860

DEDICATORIA

A Dios, por darme fortaleza en los momentos difíciles, claridad en los desafíos y esperanza en los días grises. Gracias por iluminar mi camino y colocarme justo en el lugar donde debería estar.

A mi madre Lic. Paquita Romero, quien siempre me acompaño en esta travesía, en las largas noches de desvelo, para hoy culminar con esta meta, por ser mi ejemplo de fortaleza, dedicación y amor incondicional. Gracias por tus palabras de aliento, tus sacrificios silenciosos y tu fe constante en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis dos padres, Lic. Javier Mendoza y Señor Walter Romero, por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la disciplina. Sus guías y consejos ha sido clave para formar el carácter con el que hoy enfrento cada desafío.

A mis abuelos, que con su sabiduría, cariño y consejos me han dado una base firme desde la infancia. Agradezco cada momento compartido, su apoyo incondicional y el legado de valores que han sembrado en mí.

A mis hermanos, principalmente a Elkin Mendoza, Joel Romero, Jhorddy Bracero y Xavier Mendoza, mis compañeros de vida y cómplices de sueños. Gracias por su apoyo, por creer en mí, por estar a mi lado siempre que los necesite.

Finalmente, me lo dedico a mí misma, por el esfuerzo, el sacrificio y perseverancia, durante todo este proceso. Este logro también es un recordatorio de lo lejos que se puede llegar si te lo propones.

Mendoza Romero Lucia Isabel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a **Dios**, por darme la fortaleza, salud y sabiduría necesarias para superar cada desafío del camino académico.

A mi **familia**, especialmente a mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de motivación. A mis abuelos, por sus palabras de aliento y su ejemplo de vida. A mis hermanos, por su compañía, confianza y alegría en todo momento.

A Ing. Tyrone Antonio Zambrano Barcia Mg. y Blgo. Edison Leonardo Falcones Molina, Msc, **docentes** que compartieron sus conocimientos, me guiaron con compromiso y dedicación y por haber creído en este proyecto.

También quiero agradecer a mis amigos y compañeros, por su apoyo, compañerismo, por los momentos compartidos que hicieron este camino más llevadero.

Con profunda gratitud, deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la culminación de esta etapa tan importante en mi vida. A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Esta meta alcanzada es el reflejo del esfuerzo conjunto, la confianza y el amor que he recibido.

Mendoza Romero Lucia Isabel

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Identificación de variables.....	5
1.2.1.1. Variables independientes.....	5
1.2.1.2. Variables dependientes.....	5
1.2.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación del proyecto	6
1.5. Marco Teórico.....	8
1.5.1. Antecedentes.....	8
1.5.2. Bases Teóricas	10
1.5.2.1. Definición de fitoplancton	10
1.5.2.2. Características.....	11
1.5.2.3. Ciclos de vida	12
1.5.2.4. Importancia en los ecosistemas acuáticos.	13
1.5.2.5. Diversidad del fitoplancton.	14

1.5.2.5.1 <i>Diatomeas</i>	15
1.5.2.5.2. <i>Clasificación de las diatomeas</i>	15
1.5.2.5.3. <i>Habitad de las Diatomeas</i>	16
1.5.2.5.4. <i>Dinoflagelados</i>	17
1.5.2.5.5. <i>Clasificación de los dinoflagelados</i>	18
1.5.2.5.6. <i>Habitad de los dinoflagelados</i>	18
1.5.2.6. Factores físicos- químicos	19
1.5.2.7. El fitoplancton como bioindicador de contaminación.....	20
1.5.2.8. Costas de Pedernales	20
1.5.3. <i>Marco legal</i>	21
1.5.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)	21
<i>Artículo 72:</i>	21
<i>Artículo 400:</i>	21
<i>Artículo 405:</i>	22
1.5.3.2. Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca	22
<i>Artículo 1 - Objeto:</i>	22
<i>Artículo 3 - Fines de la Ley:</i>	22
1.5.3.3. Código Orgánico del Ambiente (2017)	23
<i>Artículo 1 (Objeto):</i>	23
<i>Artículo 3 (Fines):</i>	23
<i>Artículo 29:</i>	23
CAPÍTULO 2: DESARROLLO METODOLÓGICO.....	24

2.1. Área de Estudio.....	24
2.2. Enfoque de la investigación.....	25
2.3. Diseño de la Investigación.....	27
2.4. Métodos de investigación	27
2.4.1. Método Explicativo	27
2.4.2. Método correlacional.....	28
2.5. Población y/o muestra	28
2.6. Técnicas de investigación.....	29
2.6.1. Recolección de Muestras:.....	29
6.2.2. Variables Hidrológicas:	29
6.2.3. Análisis de Laboratorio	29
6.2.4. Identificación de Especies	30
6.2.5. Operacionalización de variables.....	31
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1. Resultados de métodos y técnicas de investigación utilizadas	32
<i>Objetivo 1. Determinar las diversidad y abundancia de fitoplancton presentes en la zona costera del cantón Pedernales.</i>	32
<i>Objetivo 2. Analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero del cantón Pedernales.</i>	34
<i>Objetivo 3. Evaluar la relación entre las condiciones ambientales (p. ej., temperatura, salinidad, nutrientes) y la diversidad de fitoplancton.</i>	36
3.2. Discusión	40

3.3. Contestación a las preguntas de investigación.....	42
3.3.1.¿Cuáles son las especies fitoplanctónicas más abundantes dentro de la zona costera del cantón Pedernales?.....	42
3.3.2. ¿Qué tipo de patrones climáticos pueden influir a la abundancia del fitoplancton relacionados con el espacio temporal dentro del cantón Pedernales?	42
3.3.3. ¿Como afecta las variaciones climáticas y las propiedades físico-químicas del agua, como la temperatura, el pH y la salinidad a la abundancia del fitoplancton?.....	43
3.4. Conclusiones.....	44
3.5. Recomendaciones	46
3.6. Referencias bibliográficas	47
3.7. Anexos	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del Fitoplancton según su tamaño	12
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	31
Tabla 3. Abundancia relativa de géneros fitoplanctónicos en la muestra evaluada.	32
Tabla 4. Tabla de contingencia de la Abundancia espacial y temporal del fitoplancton	34
Tabla 5. Estadístico de la Abundancia espacial y temporal del fitoplancton	35
Tabla 6. Correlación de Spearman: Coeficiente/Probabilidades	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona costera del cantón Pedernales.	24
Figura 2. Descripción de conteo cámara de Sedgwick-Rafter	30
Figura 3. Índice de Simpson en géneros fitoplanctónicos en la muestra evaluada.	33
Figura 4. Matriz de correlación de Spearman	38

INDICE DE TABLAS

Anexo 1. Toma de muestra.....	56
Anexo 2. Extracción de la muestra.....	56
Anexo 3. Toma de parámetros físicos-químicos.	57
Anexo 4. Análisis de muestras	57
Anexo 5. Conteo de fitoplancton.....	58
Anexo 6. <i>Coscinodiscus spp</i>	58
Anexo 7. <i>Chlorella spp.</i>	59
Anexo 8. <i>Bacteriastrum spp</i>	59
Anexo 9. <i>Thalassiosira Spp</i>	60
Anexo 10. <i>Ceratium Spp.</i>	60
Anexo 11. Identificación Laboratorio especies.	61
Anexo 12. Tabla de Contingencia análisis descriptivo	61
Anexo 13. Tabla Ordenada para correr los datos estadísticos.....	62
Anexo 14. Tabla de Correlación en Excel.....	62

Resumen

El fitoplancton constituye la base de la cadena trófica marina y desempeña un rol esencial en la producción primaria y la regulación del clima global. En la costa del cantón Pedernales, su estudio reviste gran importancia ante las presiones ambientales que podrían afectar su diversidad y distribución. Este trabajo experimental pretende evaluar la diversidad y distribución del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, identificando las especies predominantes y su relación con factores ambientales físico-químicos. Se recolectaron muestras de agua cada 15 días durante tres meses en diferentes horarios del día (8h00, 10h00 y 15h00), utilizando redes de plancton de 25 μm . Se analizaron 45 submuestras bajo microscopía óptica con cámara de Sedgwick-Rafter. Además, se midieron variables como temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y conductividad. Los datos fueron procesados mediante índices ecológicos (Simpson y Shannon-Wiener), Chi-cuadrado, correlación de Spearman y escalamiento multidimensional. Los resultados demuestran la identificación 13 géneros de fitoplancton, destacando *Thalassiosira spp.* con una abundancia relativa del 43.9%, seguida por *Coscinodiscus spp.* y *Skeletonema spp.* El índice de Simpson indicó una diversidad moderada ($1-D = 0.752$). Se evidenciaron diferencias significativas en la distribución temporal de los géneros ($p < 0.0001$). La temperatura mostró correlaciones positivas con la conductividad y salinidad, sugiriendo su influencia en la estructura comunitaria. La comunidad fitoplanctónica en Pedernales está dominada por diatomeas, cuya distribución está condicionada por variables ambientales. El monitoreo periódico es clave para anticipar cambios ecológicos. Se sugiere implementar programas de vigilancia ambiental que incluyan el fitoplancton como bioindicador, y ampliar el muestreo espacial y temporal para fortalecer políticas de conservación marina en la región.

Palabras claves: *fitoplancton, diversidad, parámetros fisicoquímicos, zona costera*

Abstract

Phytoplankton is the base of the marine food chain and plays an essential role in primary production and global climate regulation. In the coast of the Pedernales canton, its study is of great importance due to environmental pressures that could affect its diversity and distribution. This experimental work aims to evaluate the diversity and distribution of phytoplankton in the coastal zone of the Pedernales canton, identifying the predominant species and their relationship with physical-chemical environmental factors. Water samples were collected every 15 days during three months at different times of the day (8h00, 10h00 and 15h00), using 25 μ m plankton nets. Forty-five subsamples were analyzed under optical microscopy with a Sedgwick-Rafter camera. In addition, variables such as temperature, salinity, pH, dissolved oxygen and conductivity were measured. The data were processed using ecological indices (Simpson and Shannon-Wiener), Chi-square, Spearman correlation and multidimensional scaling. The results show the identification of 13 phytoplankton genera, highlighting *Thalassiosira spp.* with a relative abundance of 43.9%, followed by *Coscinodiscus spp.* and *Skeletonema spp.* Simpson's index indicated a moderate diversity ($1-D = 0.752$). Significant differences were evident in the temporal distribution of the genera ($p < 0.0001$). Temperature showed positive correlations with conductivity and salinity, suggesting its influence on the structure of the genus. The phytoplankton community in Pedernales is dominated by diatoms, whose distribution is conditioned by environmental variables. Periodic monitoring is key to anticipate ecological changes. It is suggested that environmental monitoring programs be implemented that include phytoplankton as a bioindicator, and that spatial and temporal sampling be expanded to strengthen marine conservation policies in the region.

Key words: *phytoplankton, diversity, physicochemical parameters, coastal zone.*

CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta es sumamente diverso, albergando una enorme variedad de hábitats y especies. Aproximadamente el 30% de su superficie corresponde a tierra firme, mientras que el 70% restante está cubierto por agua. La humanidad depende de ambos entornos para subsistir, aunque los océanos y sus corrientes son quienes juegan un papel fundamental para la vida en el planeta tierra (Commons, 2020).

Dentro de las corrientes marinas, se encuentra el plancton el cual se desplazan fácilmente gracias a su pequeño tamaño. Se clasifica en dos grandes grupos: fitoplancton y zooplancton. Su diversidad y cantidad suelen variar según las condiciones del entorno, como el estado del agua, el clima y la temperatura, factores que influyen en su abundancia. Además, estos organismos dependen en gran medida de los carbonatos y bicarbonatos que obtienen a través de la fotosíntesis acuática, proceso que realizan tanto en el día como en la noche (Luber López, 2019).

La mayoría de los seres vivos en el océano dependen de pequeños organismos fotosintéticos llamados fitoplancton. Estos diminutos seres, similares a las plantas, absorben dióxido de carbono del aire y generan oxígeno. El fitoplancton funciona como los pulmones del planeta, ya que es responsable de producir cerca de la mitad del oxígeno que utilizamos para respirar (Cassidy, 2022).

El fitoplancton se desarrolla especialmente en las zonas costeras, en las plataformas continentales, cerca del ecuador en los océanos Pacífico y Atlántico, así como en regiones de latitudes elevadas. Los vientos son clave en su distribución, ya que generan

corrientes que llevan aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie (Lindsey y Scott, 2010).

Los océanos y mares albergan gran cantidad de especies fitoplanctónicas como son las microalgas y cianobacterias las cuales son fuente principal de alimento para la mayoría de los peces, cuyas propiedades nutricionales son ampliamente reconocidas. Gracias a que el fitoplancton es rico en omega tres (3) los peces pequeños como las sardinas, boquerones y caballas lo consumen y acumula; estos valiosos ácidos grasos forman parte de nuestra dieta y son fundamentales para mantener una buena salud (Muriel, 2015).

El fitoplancton desempeña un papel crucial en los ecosistemas acuáticos, ya que constituye la base principal de la cadena alimenticia marina y sirve de alimento para numerosos organismos del océano. Además, las especies fitoplanctónicas tienen la capacidad de captar carbono en el medio marino, lo que las hace esenciales para la absorción y el almacenamiento de dióxido de carbono. Por otra parte, dado que el fitoplancton juega un papel esencial en la biología marina y en el clima, cualquier variación en su nivel de productividad podría afectar significativamente la biodiversidad, la pesca, el abastecimiento de alimentos para las personas y el ritmo del calentamiento global (Cobos y Cruz, 2025).

Por lo tanto, debido a los antecedentes antes expuesto este proyecto tiene la finalidad de determinar la diversidad y distribución del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, mediante un estudio ecológico ambiental; este proyecto permitirá conocer cual es la abundancia de dicha especie y como se relacionan con los parámetros físicos- químicos, como son el pH, salinidad y la conductividad eléctrica. Finalmente, se realiza una evaluación de la diversidad de especies de fitoplancton, lo que aporta

información esencial sobre la variedad de especies presentes y la composición de la comunidad fitoplanctónica.

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo principal evaluar la diversidad y distribución del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, a través de un estudio ecológico-ambiental. Esta investigación permitirá identificar la abundancia de esta comunidad y analizar su relación con parámetros físico-químicos del entorno, como el pH, la salinidad y la conductividad eléctrica. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación detallada de la diversidad específica del fitoplancton, lo que proporcionará información clave sobre la composición y estructura de esta comunidad biológica.

1.2. Planteamiento del problema

La zona costera del Ecuador son ecosistemas dinámicos y de alta productividad, donde la diversidad y distribución del fitoplancton juegan un papel crucial en la cadena trófica y en el ciclo de nutrientes. Sin embargo, estos ecosistemas están sujetos a múltiples presiones antropogénicas y naturales que pueden alterar la composición y abundancia del fitoplancton, afectando su equilibrio ecológico (Cabrera & Alió, 2020).

Principalmente las zonas costeras del Cantón Pedernales son ricas y abundantes en especies fitoplanctónicas las cuales son necesarias para la vida de las especies acuáticas; pero pese a esto, existe una falta de estudios detallados sobre cómo las variables ambientales influyen en la diversidad y distribución del fitoplancton, limitando la capacidad para gestionar y conservar adecuadamente estos ecosistemas críticos.

Además, el cambio climático está alterando las condiciones físicas y químicas del agua, afectando la distribución geográfica de las especies de fitoplancton. El aumento de la temperatura del agua y la acidificación de los océanos pueden favorecer a ciertas especies sobre otras, reduciendo así la diversidad del fitoplancton y alterando las

interacciones ecológicas dentro del ecosistema (Huang & Zimba, 2019) estas transformaciones pueden tener consecuencias graves no solo para la biodiversidad marina, sino también para la pesca y la seguridad alimentaria, dado que muchas especies de peces dependen del fitoplancton como fuente de alimento.

Por tanto, este trabajo de investigación tiene como objetivo llenar el vacío de conocimiento existente, proporcionando una base sólida de información sobre la diversidad y distribución de especies fitoplanctónicas que se encuentran en la zona costera del cantón Pedernales; siendo esta información de gran relevancia para desarrollar medidas de conservación y protección que logran contribuir al conocimiento científico regional, apoyando el desarrollo de políticas y prácticas de manejo ambiental más sostenibles en la zona.

La zona costera del cantón Pedernales, ubicada en el sector Noroccidental en la provincia de Manabí, alberga una notable riqueza biológica, cuya comprensión es fundamental para el desarrollo de estrategias de gestión ambiental sostenibles. En particular, el fitoplancton desempeña un papel clave en la dinámica ecológica marina, al constituir la base de las redes tróficas acuáticas y contribuir significativamente al ciclo del carbono y la producción primaria. No obstante, a pesar de su relevancia ecológica, existe un vacío considerable en el conocimiento sobre la diversidad, distribución y abundancia de estas comunidades en esta región específica.

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito principal generar una base de información científica robusta sobre las especies fitoplanctónicas que habitan en la franja costera de Pedernales. Para ello, se analizará su composición, patrones de distribución y relaciones ecológicas en función de variables físico-químicas del agua, tales como el pH, la salinidad y la conductividad eléctrica. La caracterización de estas

comunidades permitirá no solo mejorar la comprensión de los procesos ecológicos locales, sino también proporcionar insumos fundamentales para el desarrollo de medidas de conservación y manejo ambiental.

Los resultados obtenidos constituirán un aporte significativo al conocimiento científico regional y contribuirán al fortalecimiento de políticas públicas orientadas a la protección de los ecosistemas marino-costeros. Asimismo, esta investigación busca sentar las bases para futuros estudios ecológicos en la zona, promoviendo una gestión más informada, participativa y sostenible de los recursos naturales marinos en el cantón Pedernales.

1.2.1. Identificación de variables

1.2.1.1. Variables independientes

- Distribución y diversidad de fitoplancton.
- Factores ambientales.

1.2.1.2. Variables dependientes

- Abundancia
- Físico-químicas

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuál es la diversidad y la distribución del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, provincia de Manabí en diferentes horas del día?

1.2.2.1. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las especies fitoplanctónicas más abundantes dentro de la zona costera del cantón Pedernales?

- ¿Qué tipo de patrones climáticos pueden influir a la abundancia del fitoplancton relacionados con el espacio temporal dentro del cantón Pedernales?
- ¿Como afecta las variaciones climáticas y las propiedades físico-químicas del agua, como la temperatura, el pH y la salinidad a la abundancia del fitoplancton?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la diversidad y distribución del fitoplancton en la costa de Pedernales, identificando especies predominantes y su relación con factores ambientales para comprender su variabilidad ecológica espacial y temporal.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad y abundancia de fitoplancton presentes en la zona costera del cantón Pedernales.
- Analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero del cantón Pedernales.
- Evaluar la relación entre las condiciones ambientales (p. ej., temperatura, salinidad, nutrientes) y la diversidad de fitoplancton.

1.4. Justificación del proyecto

La zona costera del cantón Pedernales provincia de Manabí, posee una gran variedad de especies fitoplanctónicas las cuales son de gran importancia para el ecosistema acuático, además fitoplancton es fundamental para la cadena trófica alimentaria, pero pese a esto, no existe información relevante de cómo gestionar de manera rentable el fitoplancton, ni mucho menos de cómo aprovechar al máximo todas sus funciones (Salcedo y Coello, 2019). Por lo cual es necesario analizar la diversidad y

abundancia actual de dicha especie, teniendo en cuenta los parámetros físicos- químicos como son: la temperatura, salinidad, pH y la conductividad eléctrica para determinar si los cambios climáticos están afectado a la productividad de dichas especies antes mencionada.

Desde la perspectiva teórica, esta investigación contribuirá al conocimiento científicos, analizando los beneficios óptimos de las especies fitoplanctonicos y cómo aprovechar sus nutrientes al máximo, llenado un vacío importante desde la literatura existente. De acuerdo con Bestion (2021) menciona que “El cambio climático está afectado severamente a la productividad del fitoplancton amenazado la biodiversidad local”.

En términos prácticos, este proyecto establecerá llevar un registro detallado de cuáles son las especies de fitoplancton que se distribuye en mayor abundancia en la zona costera del cantón Pedernales, lo cual es fundamental para mantener un equilibrio acuático dentro de la cadena trófica, para evitar un desequilibrio que podría traer consecuencias graves para dicho ecosistema.

Entender la diversidad y cantidad de fitoplancton es fundamental para manejar las pesquerías y proteger la biodiversidad marina. Las variaciones en la composición del fitoplancton pueden impactar la distribución de especies comerciales y la dinámica de las pesquerías, lo que a su vez afecta la economía local y la seguridad alimentaria.

La zona costera del cantón Pedernales, no ha sido investigada en su totalidad, por lo cual no se presentan datos relevantes sobre la cantidad de abundancias y distribución existentes en determinadas zonas, siendo necesario realizar investigaciones que aportes datos actuales. Es por ello que este proyecto, permitirá enriquecer conocimientos que servirá de base para futuras investigaciones; los resultados obtenidos serán de gran

utilidad que ya permitirá analizar la distribución de especies fitoplanctónicas en dichas áreas que ayudaran a mejorar la biodiversidad marina.

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Antecedentes

Se revisaron diversos antecedentes a nivel macro, meso y micro que permiten en conjunto obtener una mejor comprensión de la problemática objeto de estudio:

De acuerdo con Martínez et al. (2014) con su artículo titulado Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México, menciona que dada la relevancia del fitoplancton como productores primarios y como indicadores de la calidad del agua, así como la falta de un inventario completo para México, el estudio tuvo como objetivo establecer una referencia inicial sobre la diversidad de este grupo en el país. Los resultados mostraron que, aunque se ha documentado una considerable riqueza taxonómica, la verdadera diversidad del fitoplancton en México probablemente sea mucho mayor, ya que existen extensas áreas que apenas han sido exploradas o no han sido estudiadas en absoluto. La investigación resalta la necesidad urgente de intensificar los esfuerzos de muestreo y análisis en los estados con pocos o ningún registro, además de promover la colaboración y el intercambio de información entre los científicos para crear una base de datos más robusta. De tal modo, que se proporciona un punto de partida para futuras investigaciones y para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo de los recursos hídricos en México.

Por otra parte, Caicedo y Quijije (2020) en su artículo titulado “*Composición y diversidad de la comunidad de fitoplancton en dos sectores contiguos de la Bahía de Manta, Ecuador*” determina que, aunque la Bahía de Manta está dominada principalmente por diatomeas, la cantidad de fitoplancton es considerablemente mayor en la zona de Los Esteros, donde se presume que el impacto ambiental es más intenso. No

obstante, este aumento en la abundancia no implica una reducción en la diversidad o equidad de especies, las cuales se mantienen similares en ambas áreas. Las diferencias en la composición de las especies predominantes y en la abundancia total sugieren que los distintos grados de impacto ambiental en cada sector podrían estar afectando la estructura de la comunidad de fitoplancton, aunque los parámetros fisicoquímicos medidos no explicaron directamente estas variaciones en la abundancia. Como restado este estudia indica la importancia de realizar monitoreos constantes para entender mejor las dinámicas de estas comunidades frente a las presiones ambientales.

Además, Rodríguez (2024) menciona que evaluar cómo ciertos factores físicos del agua como son; la temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez y velocidad de corriente, tiene un alto impacto en la diversidad y la cantidad de diatomeas epilíticas. La investigación busca dilucidar la manera en que estas condiciones ambientales específicas modelan las poblaciones de diatomeas, las cuales son reconocidas por su utilidad como indicadores biológicos de la calidad del agua. De tal manera que las diferencias en el espacio y el tiempo de estos factores son fundamentales para comprender cómo funcionan estas comunidades. Las diatomeas encontradas pueden actuar como valiosos bioindicadores para evaluar la calidad del agua en este ecosistema, lo que resalta la importancia de gestionar y preservar las condiciones del río para conservar su biodiversidad.

Por último, de acuerdo con el informe realizado por el instituto de pesca (2022) se realizó un análisis detallado sobre la composición, cantidad y diversidad del plancton durante el VI Crucero Hidroacústico. Los hallazgos destacan la compleja relación entre las comunidades planctónicas y las variables oceanográficas, enfatizando la importancia del plancton como un elemento fundamental en la cadena trófica marina y como un indicador clave del estado ecológico de los océanos. La información obtenida resulta

esencial para la gestión de la pesca y para comprender las dinámicas del ecosistema marino en la zona estudiada.

En conjunto, estos antecedentes subrayan la importancia de estudiar la diversidad y distribución de especies fitoplanctónicas, proporcionando un marco teórico sólido para entender como los factores climáticos se relaciona como la variación climática

1.5.2. Bases Teóricas

1.5.2.1. Definición de fitoplancton

El fitoplancton consiste en un conjunto de organismos unicelulares que habitan en el agua y se mantienen suspendidos, siendo desplazados de forma pasiva por medio de corrientes. Estos microorganismos son los encargados de convertir la materia inorgánica en materia orgánica utilizando la energía solar a través de la fotosíntesis, formando así la base de la cadena alimentaria y resultando esenciales para la conservación de los ecosistemas acuáticos (Contreras et al., 2021).

El fitoplancton está compuesto por microorganismos autótrofos, como diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias, que flotan en la columna de agua y llevan al cabo la fotosíntesis. Constituyen la base de las redes tróficas acuáticas y aportan cerca del 50 % de la producción primaria global y del oxígeno atmosférico. Este grupo es esencial para transformar el dióxido de carbono (CO_2) y los nutrientes en materia orgánica, lo cual sustenta al zooplancton ya organismos de niveles tróficos superiores (López, 2019).

Al ser autótrofos, son capaces de realizar fotosíntesis, se localizan en la zona superficial del océano, hasta una profundidad donde llega la luz solar (de 0 a 200 metros), conocida como la capa eufótica. Para sobrevivir, este grupo depende en gran medida de diversos procesos físicos y químicos, tales como las corrientes marinas, las surgencias de

aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie, la salinidad, la disponibilidad de nutrientes y luz, entre otros factores (López et al., 2016).

Se ha comprobado que la diversidad de comunidades de fitoplancton en hábitats naturales de agua dulce y salobre contribuye a aumentar la estabilidad del ecosistema y la eficiencia en la utilización de los recursos. No obstante, el papel que desempeña la diversidad del fitoplancton marino en el funcionamiento y la estabilidad del ecosistema oceánico aún es, en gran medida, desconocido. Las distintas especies pueden ocupar nichos ecológicos diferentes y, en consecuencia, reaccionan de manera variada ante los cambios ambientales, lo que genera una asincronía en la dinámica de las poblaciones individuales (Vallina et al., 2017).

1.5.2.2. Características

El fitoplancton presenta una gran variedad en cuanto a su tamaño, forma y agrupación en colonias. Su crecimiento está principalmente condicionado por factores ambientales, como la disponibilidad de nutrientes y la profundidad de la capa de mezcla, los cuales a su vez son regulados por elementos externos, como el viento, la lluvia y la radiación solar, así como por factores internos, tales como la turbulencia, la estratificación y la tasa de renovación del agua (Hernández et al., 2021).

Para mantenerse vivos, estos organismos dependen en gran medida de diversos procesos físicos y químicos, tales como las corrientes oceánicas, el ascenso de aguas profundas cargadas de nutrientes hacia la superficie, la salinidad, la disponibilidad de nutrientes y la luz, entre otros factores (López et al., 2016).

El fitoplancton está formado por organismos unicelulares o coloniales con una gran variedad de formas, tamaños y estructuras internas. Esta diversidad abarca desde cianobacterias fotosintéticas (bacterias) hasta protistas eucariotas como las diatomeas y

los dinoflagelados. El tamaño de las células es una característica fundamental que afecta la relación entre superficie y volumen, lo que determina la eficiencia en la absorción de nutrientes, la tasa de crecimiento, la capacidad de flotar y la susceptibilidad a ser consumidos por otros organismos (Oliva Martínez et al., 2013)

Cada tipo de fitoplancton posee rasgos morfológicos distintivos que les facilitan la adaptación a diversos ambientes acuáticos. Estas adaptaciones son fundamentales tanto para su sobrevivencia como para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos donde se desarrollan. Es por ello que el fitoplancton se categoriza de acuerdo con su tamaño, lo cual es fundamental para comprender su función ecológica.

Tabla 1. Clasificación del Fitoplancton según su tamaño

Categoría	Tamaño	Ejemplos
Femtoplancton	0.02-0.2 μm	Virus, bacterias
Picoplancton	0.2-2 μm	Cianobacterias, prasinofíceas
Nanoplancton	2-20 μm	Fitoflagelados
Microplancton	20-200 μm	Diatomeas, tintínidos
Macroplancton	0.2-2 mm	Medusas, alevines
Megaloplancton	>2 mm	Medusas grandes

Nota. Descripción de fitoplancton. Adaptado de Parra *et al.* (1982).

1.5.2.3. Ciclos de vida

Los ciclos de vida de las especies de fitoplancton se han desarrollado a lo largo de una extensa trayectoria evolutiva y constituyen un aspecto fundamental para entender su ecología y su historia natural, así como para comprender mejor el funcionamiento de los océanos. De tal manera que el fitoplancton eucariota (diatomeas, dinoflagelados, coccolitóforos) presentan ciclos de vida complejos, que incluyen fases de crecimiento vegetativo, reproducción sexual y asexual, quiescencia y muerte celular. En diatomeas, la división celular por fisión binaria reduce progresivamente el tamaño celular hasta que

se realiza reproducción sexual y formación de auxósporas para restaurarlo (Dassow & Montresor, 2011).

La morfología del fitoplancton varía considerablemente, a secundarias desde cianobacterias pequeñas de menos de 2 μm hasta microalgas que superan los 200 μm , y se clasifica en tres categorías de tamaño: pico-, nano- y microplancton. Esta clasificación en función del tamaño influye en su dinámica poblacional, su vulnerabilidad frente al pastoreo y su capacidad fotosintética (Vascotto et al., 2024).

Se debe de tener en cuenta la forma de las células (ya sea esférica, alargada, filamentosa o colonial), la proporción entre superficie y volumen, así como estructuras como flagelos o mucílagos, influyen en la flotabilidad, la eficiencia para captar nutrientes y la capacidad para evitar el hundimiento. Por ejemplo, las cadenas de *Skeletonema* proporcionan una mayor estabilidad dentro de la columna de agua y facilitan la absorción de nutrientes (Sonnet et al., 2022).

1.5.2.4. Importancia en los ecosistemas acuáticos.

El cambio climático representa uno de los retos más grandes que enfrenta la humanidad hoy en día. Las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO_2), son la causa principal del calentamiento global. En este contexto, el fitoplancton juega un papel importante, ya que absorbe CO_2 mediante la fotosíntesis, un proceso en el que la energía solar se transforma en energía química (Cobos-Murcia & Cruz-Ortiz, 2025).

Después de capturar el CO_2 , el fitoplancton puede contribuir a su almacenamiento en el fondo marino a través de la sedimentación. En este proceso, las células muertas de fitoplancton y los restos de materia orgánica se hunden y se acumulan en capas

sedimentarias. Esta acumulación, conocida como carbono orgánico enterrado, puede permanecer en el fondo oceánico durante siglos o incluso millas de años.

Por otra parte, el fitoplancton es el encargado de producir entre el 50% y el 85% del oxígeno que se libera en la atmósfera y al ser organismos autótrofos pueden sintetizar materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos, constituyendo el primer nivel de la cadena alimentaria. Por ello, representan una fuente directa de alimento para numerosos bivalvos, crustáceos y peces de gran importancia económica (Altamirano, 2022).

Su relevancia va más allá de ser simplemente una fuente de alimento. Gracias a su abundancia, rápido crecimiento y la extensa superficie acuática del planeta, el fitoplancton actúa como un importante sumidero de carbono. A pesar de su tamaño microscópico, su aporte a la oxigenación del planeta es significativo, llegando a producir el 50% del oxígeno total (Anellides, 2022).

Dado que el fitoplancton es un recurso crucial para la Tierra, es fundamental destinar recursos a la investigación para profundizar en su conocimiento y fomentar su conservación. En los últimos años, los científicos han estimado una disminución del 40% en su abundancia, atribuida principalmente al calentamiento global y otros factores. Si esta tendencia continúa, las consecuencias podrían ser muy graves.

1.5.2.5. Diversidad del fitoplancton.

La abundancia y la diversidad de las especies fitoplanctónicas dependen del tiempo, el espacio y las condiciones favorables para su desarrollo. De esta manera, la comunidad fitoplanctónica está conformada principalmente por numerosas diatomeas y dinoflagelados, aunque también se encuentran en menor proporción otros grupos como los *Haptophyta* y *Chlorophyta* (Carlos & José, 2020a).

1.5.2.5.1 Diatomeas

Las diatomeas constituyen uno de los grupos más variados y significativos tanto del fitoplancton como del fitobentos. Situadas en la base de las cadenas tróficas, desempeñan un papel clave en el reciclaje de carbono y silicatos, gracias a su característica pared celular compuesta de sílice. Como organismos autótrofos y fotosintéticos, las diatomeas generan aproximadamente el 20% del oxígeno que respiramos. Además, son el componente principal de la bomba biológica de carbono, encargado de secuestrar CO₂ en forma de materia orgánica que se deposita en las profundidades oceánicas como nieve marina, un proceso vital para mitigar el cambio climático global (María et al., 2020).

Las diatomeas se originaron en el fondo de lagos de agua dulce hace más de 70 millones de años, donde quedaron enterradas y se fosilizaron con el paso del tiempo. Tienen la particularidad de ser amorfas, debido a su capacidad de transformarse en elementos orgánicos en múltiples ocasiones. Además, cuentan con una cubierta externa de sílice que preserva su forma de manera duradera e inalterable (Ibañez et al., 2020).

1.5.2.5.2. Clasificación de las diatomeas

Las diatomeas presentan una simetría y forma que permitió su clasificación inicial en dos grupos: céntricas y pennadas. Las diatomeas céntricas, pertenecientes a la clase *Coscinodiscophyceae*, se distinguen por tener simetría en Múltiples planos, muchas con simetría radial. Por otro lado, las pennadas generalmente poseen simetría bilateral y se dividen en dos clases: *Bacillariophycidae*, que cuentan con una estructura llamada rafe, y *Fragilariophyceae*, que carecen de ella. El rafe es una hendidura que actúa como soporte estructural y les permite secretar sustancias mucosas que facilitan su fijación a superficie, además de posibilitar su desplazamiento mediante desplazamiento. (Lora et al., 2020).

Algunas especies tienen dos rafees (birrafidas), lo que les proporciona una mayor variedad de movimientos. En cuanto a las diatomeas céntricas del fitoplancton, estas dependen de otras estructuras como setas o espinas, así como de mecanismos fisiológicos, para mantenerse suspendidas en la columna de agua. Entre estos mecanismos se encuentra la síntesis de lípidos, que reduce su densidad en comparación con el agua circundante y favorece su movimiento vertical (Zamudio et al., 2023).

La clasificación por tamaño en el fitoplancton marino ha cobrado gran importancia, ya que investigaciones recientes han revelado las distintas aportaciones a la biomasa y productividad de diferentes fracciones, como el microplancton (mayores de 20 μm), el nanoplancton (entre 2 y 20 μm) y el picoplancton (menores de 2 μm). Además, estas investigaciones han descubierto una diversidad inesperada, especialmente entre los organismos de menor tamaño (picoplancton), gracias al uso de técnicas moleculares (Hernández Becerril, 2013).

1.5.2.5.3. Habitación de las Diatomeas

Este organismo habita en la zona epipelágica, que se extiende desde la superficie hasta los 200 metros de profundidad, ya que es la región donde el fitoplancton es más productivo debido a la disponibilidad de luz solar. Sin embargo, esta condición también limita su abundancia, dado que los rayos solares que penetran en la superficie del mar se absorben en mayor medida conforme aumenta la concentración de microalgas. Otro factor importante para el fitoplancton es la temperatura; en las aguas ecuatoriales, que son cálidas, el crecimiento del fitoplancton es más rápido en comparación con las aguas frías (Rodríguez & Andrade, 2022)

1.5.2.5.4. Dinoflagelados

Los dinófitos, también conocidos como dinoflagelados, representan un grupo muy importante dentro del fitoplancton tanto en aguas marinas como continentales. Son los segundos productores primarios más destacados en las zonas costeras marinas, después de las diatomeas. Estos organismos están adaptados a una amplia variedad de ambientes, lo que se refleja en su gran diversidad morfológica, con más de 550 géneros y 4000 especies, así como en sus diferentes formas de nutrición y en un extenso registro fósil que se extiende por cientos de millones de años (Cubas, 2008).

Los dinoflagelados son uno de los primeros grupos dentro de los eucariotas. Aunque comparten ciertas características con las bacterias, están más estrechamente relacionadas con los humanos. Poseen la capacidad de reproducirse tanto de forma asexual como sexual, lo que les proporciona una ventaja evolutiva al permitir la combinación genética y, por consiguiente, una mejor adaptación al entorno (Delgado Del Villar et al., 2021).

Los dinoflagelados muestran una gran variedad tanto en su forma como en su función; la mayoría son unicelulares, aunque algunos forman colonias o pseudocolonias. cuentan con características ultraestructurales únicas, especialmente en su núcleo. Las células móviles tienen dos flagelos bien diferenciados: uno transversal y ondulado que se encuentra en el círculo, y otro más convencional que se extiende hacia atrás alojado en el surco. Estos flagelos desiguales les permiten un movimiento rotacional característico, que da nombre al grupo. Muchos dinoflagelados presentan vesículas con placas de celulosa que les otorgan una apariencia rígida (Gómez & Moreira, 2011).

Los dinoflagelados exhiben una amplia variedad tanto en su forma como en su función: la mayoría son organismos unicelulares, aunque algunos pueden formar colonias

o pseudocolonias. Aunque pueden contener cloroplastos, pocas especies son completamente fotoautótrofas; Muchas son mixótrofas y un alto porcentaje funcionan como heterotrofas obligadas, ya sea alimentándose por fagocitosis o actuando como parásitos osmótrofos (Gómez et al., 2011).

1.5.2.5.5. Clasificación de los dinoflagelados

En la actualidad, se reconocen alrededor de 2.500 especies vivas de dinoflagelados, distribuidas en cinco clases, 16 órdenes, 65 familias y 259 géneros. La identificación tradicional de estos organismos se ha basado en las características de su pared celular. Según esta clasificación, los dinoflagelados se dividen en dos grupos: Thecales (dinoflagelados con teca) y Athecales (dinoflagelados sin teca o desnudos). Los dinoflagelados atecados se distinguen principalmente por tener una pared celular muy frágil, formada por vesículas delgadas y aplanadas. Hasta principios de la década del 2000, la identificación de las distintas especies de Gymnodiniales se fundamentaba en la posición, forma y movimiento del cíngulo y surco; Sin embargo, estos criterios resultan insuficientes e inapropiados para diferenciar claramente entre los diversos géneros (Escárcega Bata et al., 2023).

1.5.2.5.6. Habitación de los dinoflagelados

Se encuentran habitualmente en ambientes marinos, tanto en zonas pelágicas como bentónicas, aunque también existen unas 220 especies que habitan en agua dulce, principalmente en cuerpos acuáticos oligotróficos con altos niveles de calcio y pH bajo. En general, estos organismos son muy sensibles a la turbulencia, la cual puede causar daños directos en sus células vegetativas, favorecer la formación de quistes temporales o incluso inhibir su división celular (Meave & Zamudio, 2022).

1.5.2.6. Factores físicos- químicos

Los factores oceanográficos tienen un papel crucial en el ecosistema marino ecuatoriano, ya que la variabilidad diaria, estacional y espacial de los parámetros oceanográficos influye directamente en él. En consecuencia, la biodiversidad del fitoplancton está condicionada por diversos factores físico-químicos del medio acuático, los cuales afectan no solo la presencia y cantidad de las especies, sino también su composición taxonómica y funcional (Bucheli Quiñonez, 2016).

La temperatura es un factor clave que influye en cómo se distribuye el fitoplancton. Esta afecta la velocidad a la que se reproduce, la tasa de fotosíntesis y la solubilidad de gases como el oxígeno. En aguas cálidas, algunas especies como las cianobacterias tienden a predominar, mientras que en temperaturas más bajas las diatomeas suelen ser favorecidas (Righetti et al., 2019).

Se debe de tener en cuenta que el fitoplancton necesita de nutrientes fundamentales para su desarrollo, al elevarse la concentración de nitrógeno y fósforo puede incrementar su abundancia, aunque no necesariamente su diversidad, ya que favorece a las especies oportunistas que tienden a desplazar a otras. Teniendo en cuenta que pH controla la disponibilidad de algunos nutrientes y metales en el agua. Las variaciones en el pH pueden modificar la fisiología de las células del fitoplancton e influir en su capacidad para competir (Mence & Nicole, 2023).

Aunque el fitoplancton genera oxígeno, también requiere de este para realizar la respiración. Las concentraciones bajas de oxígeno pueden restringir su desarrollo, sobre todo en áreas estratificadas o contaminadas (Xu et al., 2023). Teniendo en cuenta que la intensidad de la luz que atraviesa la columna de agua afecta directamente el proceso de fotosíntesis. La turbidez disminuye la cantidad de luz disponible, lo que puede restringir

la diversidad a aquellas especies que están adaptadas a niveles bajos de irradiancia (Carlos & José, 2020).

1.5.2.7. El fitoplancton como bioindicador de contaminación

El fitoplancton es un indicador biológico muy útil para evaluar la calidad del agua, ya sea en ambientes de agua dulce o costeros. Su alta sensibilidad a las variaciones químicas y físicas del entorno permite detectar cambios ecológicos antes de que se manifiesten en niveles superiores de la cadena trófica. Gracias a su gran diversidad, rápida renovación y su posición fundamental en las redes tróficas, el fitoplancton reacciona rápidamente a la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos, lo que lo convierte en un excelente biosensor del estado ambiental acuáticos (Delgado-Fernández et al., 2025).

Las microalgas pueden servir como indicadores de la presencia de metales pesados y materia orgánica mediante variaciones en su abundancia y composición, ya que capturan contaminantes directamente del agua. El estrés causado por estos contaminantes provoca en las microalgas respuestas bioquímicas, tales como la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), alteraciones en su metabolismo, actividad antioxidante y modificaciones en sus pigmentos y proteínas, las cuales pueden emplearse como biomarcadores para evaluar la toxicidad ambiental (Ugya et al., 2025)

1.5.2.8. Costas de Pedernales

Pedernales se encuentra situado en la zona noroccidente de la provincia de Manabí, dentro de la región litoral del Ecuador. Esta área se distingue por sus amplias llanuras costeras y playas formadas por sedimentos originados de procesos tanto marinos como continentales; posee un clima tropical de sabana que se caracteriza por tener dos estaciones bien definidas: una temporada lluviosa y cálida que va de diciembre a mayo,

y un período seco y algo más fresco entre junio y noviembre. Las temperaturas medias anuales se mantienen entre 23 °C y 26 °C, permaneciendo bastante constantes durante todo el año debido a su naturaleza isotérmica (Mora et al., 2024).

La zona costera de Pedernales cuenta con playas extensas y sistemas sedimentarios en constante cambio, compuestos por arenas finas y limos vinculados a la erosión de los acantilados y al aporte fluvial durante eventos climáticos intensos. Desde un punto de vista geomorfológico, el litoral presenta plataformas arenosas, bajíos y canales de marea que se extienden a lo largo de la costa de Manabí, mostrando patrones sedimentológicos distintivos en el área entre Cojimíes y Pedernales (Soledispa, 2014)

1.5.3. Marco legal

El marco legal ecuatoriano relacionado con el análisis de la diversidad y distribución del Fitoplancton en la zona Costera del cantón Pedernales, mediante un estudio ecológico y ambiental, se fundamenta en diversas normativas y regulaciones ambientales que buscan proteger los ecosistema y biodiversidad acuática.

1.5.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

Artículo 72: Reconoce el derecho de la naturaleza a la restauración. Esto es crucial para la biodiversidad acuática, ya que obliga al Estado y a los particulares a indemnizar y restaurar los ecosistemas acuáticos que hayan sido dañados, independientemente de la obligación de indemnizar a las personas afectadas. Con la finalidad de mantener la biodiversidad endémica intacta y precautelar la integridad de cada especie, desde la más diminuta a la de mayor tamaño.

Artículo 400: Declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes. El Estado ejerce soberanía sobre la biodiversidad, y su administración y gestión deben realizarse con responsabilidad intergeneracional. Esto

incluye explícitamente la biodiversidad acuática, reconociendo su valor intrínseco y la necesidad de protegerla para las futuras generaciones.

Artículo 405: Establece que el Sistema Nacional de Áreas Protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. Muchas de estas áreas protegidas abarcan ecosistemas acuáticos vitales, como manglares, arrecifes de coral, humedales y reservas marinas. Para precautelar la existencia de todas las especies en su hábitat natural sin invadir ni ser invadido.

1.5.3.2. Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca (2020)

Esta ley, aunque busca fomentar estas actividades, debe hacerlo en concordancia con los principios constitucionales de sustentabilidad y protección de la biodiversidad.

Artículo 1 - Objeto: Establece el régimen jurídico para el desarrollo de las actividades acuícolas y pesqueras, incluyendo la protección y conservación de los ecosistemas mediante un enfoque hidrobiológicos para el desarrollo sostenible y rentable; de tal manera que a su vez busque establecer un ecosistema acuático sano que implica condiciones favorables para mantener el desarrollo de las especies fitoplanctónicas.

Artículo 3 - Fines de la Ley: Asegurar la creación de mecanismos que contribuyan al fortalecimiento de la sanidad e inocuidad de los productos derivados de los recursos hidrobiológicos, la preservación del ambiente, los derechos de la naturaleza, la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad; asegurándose de preservar los derechos de la naturaleza y el ambiente acuático óptimo, el cual es indispensable para el crecimiento y la abundancia del fitoplancton, que es sensible a la contaminación y a los cambios en las condiciones ambientales.

1.5.3.3. Código Orgánico del Ambiente (2017)

Esta normativa ambiental es fundamental en Ecuador y, al igual que la Constitución, posee bases sólidas para la protección de la biodiversidad, incluyendo a las especies acuática, y por extensión al fitoplancton.

Artículo 1 (Objeto): Establece que el COA tiene por objeto "garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay". Un entorno saludable y balanceado, junto con el respeto hacia los derechos de la naturaleza, conllevan la protección de los cuerpos de agua y sus características físicoquímicas, las cuales son esenciales para el crecimiento del fitoplancton.

Artículo 3 (Fines): "Regular los derechos, garantías y principios relacionados con el ambiente sano y la naturaleza... Establecer los principios y lineamientos ambientales que orienten las políticas públicas del Estado; Prevenir, evitar y reparar de forma integral los daños y pasivos ambientales y sociales...". Estos objetivos son fundamentales para evitar la contaminación y el deterioro de los ecosistemas acuáticos, ya que tales daños afectarían de manera adversa al fitoplancton.

Artículo 29: "La conservación de la biodiversidad tendrá por objeto la preservación y restauración del patrimonio natural del Estado, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, el uso sostenible de los componentes de la biodiversidad, la prevención y control de amenazas y riesgos biológicos, y el acceso justo y equitativo a los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos." El fitoplancton constituye una parte fundamental de la biodiversidad y es vital para los servicios ecosistémicos, como la producción primaria y los ciclos biogeoquímicos, en los

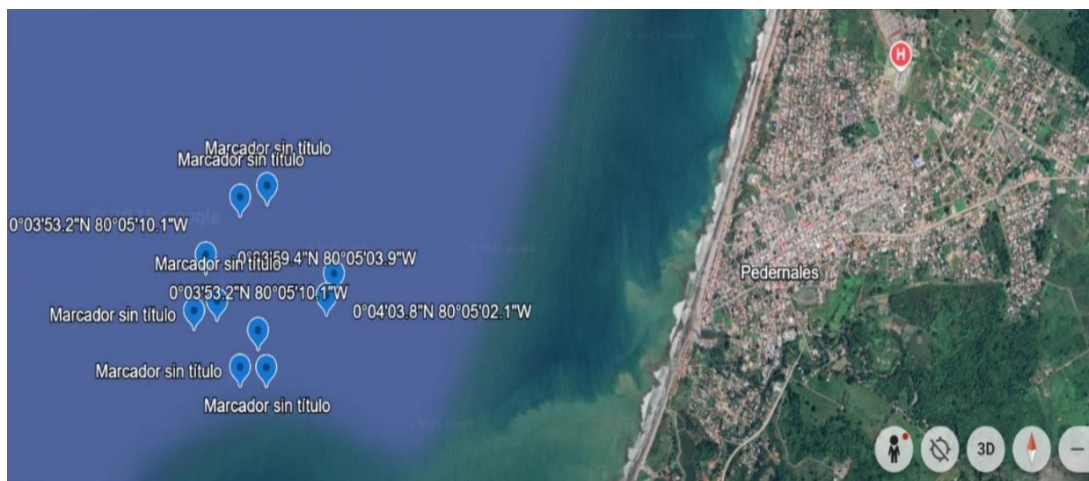
ecosistemas acuáticos. La conservación de la biodiversidad incluye tanto a los microorganismos como a las algas.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO METODOLÓGICO

2.1. Área de Estudio

El cantón Pedernales abarca una extensión de 1,965.98 km² y se localiza al norte de la provincia de Manabí, en la zona noroccidental de la región costera de Ecuador, específicamente en el noroeste de Manabí; Limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con los cantones Jama y Chone, al este también con Chone y al oeste con el océano Pacífico. Este cantón es atravesado por la línea ecuatorial, lo que significa que su territorio está dividido entre los hemisferios Norte y Sur. Esto le otorga un subsuelo fértil, húmedo y cálido. Sus coordenadas geográficas aproximadamente son de latitud S 0° 12' 26" y longitud W 79° 34' 12" (Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pedernales, [GADP]. 2023).

Figura 1. *Mapa de la zona costera del cantón Pedernales.*



Elaborado por: (Google Eearth, 2025.)

El clima del cantón Pedernales varía entre tropical húmedo en las zonas altas y tropical seco árido en las áreas bajas, con una temperatura media de 23 °C, entre junio y noviembre el clima es más cálido, mientras que de diciembre a mayo predominan las

lluvias. De acuerdo con el Sistema Nacional de Información (2013), en los 1965,98 km² que abarca el cantón, existen dos zonas climáticas bien definidas, una corresponde al clima tropical megatérmico seco y la otra al tropical megatérmico semihúmedo.

La zona costera del cantón Pedernales posee aguas de color turquesa y extensas que atraen a los viajeros que buscan la calidez de la costa del Pacífico. Su economía se sustenta principalmente en el turismo, la ganadería, la agricultura y la pesca. El clima en Pedernales varía entre tropical húmedo en las zonas altas y tropical seco árido en las áreas bajas, con una temperatura media de 23 °C (Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pedernales, [GADP]. 2023).

Lo que más destaca de este lugar son sus 53 kilómetros de playas, caracterizadas por su amplitud, extensión y aguas tranquilas, además de estar bordeadas por 17 kilómetros de palmeras, algo único en la costa ecuatoriana (Ver figura 1). La zona también posee una densa vegetación ideal para el turismo de aventura y las excursiones. En este cantón se encuentran el Cerro Pata de Pájaro y la Reserva Ecológica Mache Chindul, que ofrecen impresionantes cascadas y excelentes oportunidades para la pesca deportiva (Asociación de Municipalidades Ecuatoriana, 2010).

2.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo con orientación exploratoria, empleando metodologías mixtas que integran herramientas ecológicas e inferenciales con el propósito de analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton. El estudio se centró en medir y comprender las variaciones en la comunidad fitoplanctónica mediante el análisis de datos numéricos, lo que permite obtener conclusiones objetivas y generalizables.

En función del primer objetivo, se aplicaron los índices ecológicos más representativos: el Índice de Simpson, que mide la dominancia o la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, y el Índice de Shannon-Wiener, que considera tanto la riqueza de especies como la equidad en la distribución de sus abundancias. Estos indicadores son fundamentales para caracterizar la estructura y diversidad de las comunidades fitoplanctónicas.

Dado que los datos obtenidos no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se optó por el uso de estadísticos no paramétricos, apropiados para el análisis de datos ecológicos. El análisis de los datos fue llevado a cabo en Rstudio en donde se aplicaron pruebas de chi X^2 mediante una tabla de contingencia, para comparar medianas entre grupos espaciales o temporales, correlaciones de Spearman para analizar la relación entre los índices ecológicos y variables ambientales, y técnicas de ordenación no paramétrica como el escalamiento multidimensional (NMDS) para representar la similitud entre comunidades.

Según Survey Monkey (2024) la investigación cuantitativa es un enfoque metodológico que permite anticipar resultados y proporciona la base para obtener conclusiones generales a partir de los estudios realizados. Este tipo de métodos se enfoca en recolectar información numérica útil para medir diferentes variables. Los datos obtenidos deben organizarse de manera estructurada y analizarse estadísticamente, con el fin de ofrecer resultados objetivos y definitivos, basados en un proceso de recopilación y análisis sistemático (Compilación, 2024).

2.3. Diseño de la Investigación

La investigación descriptiva tiene como objetivo principal describir las características fundamentales de fenómenos homogéneos, utilizando criterios sistemáticos para establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos estudiados, y proporcionando información sistemática y comparable con otras fuentes. Se encarga de puntualizar las características de la población que se está estudiando (Guevara Alban et al., 2020). De tal manera que se aplicó con la finalidad de realizar un análisis detallado de composición y abundancia del fitoplancton, teniendo en cuenta los factores físicos- químicos del agua.

2.4. Métodos de investigación

2.4.1. Método Explicativo

Se empleó el método explicativo para examinar las causas y consecuencias de las variables físicos- químicas en diferentes puntos de la zona costera del cantón Pedernales. Este enfoque se distingue por centrarse en la identificación de vínculos causales entre distintas variables. Según lo señalado Sánchez *et al.* (2021), el método explicativo permite a los investigadores comprender no solo en qué consiste un fenómeno, sino también las razones detrás de su aparición.

Es por ello, que se tomaron en cuentas las variables físico-químicas del agua para determinar la abundancia y diversidad del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, con la finalidad de determinar cómo estas variables se relacionan con la biodiversidad de la especie.

2.4.2. Método correlacional

El método correlacional es un enfoque cuantitativo no experimental que consiste en medir dos o más variables en los mismos sujetos y estimar la relación estadística entre ellas (dirección y magnitud) mediante coeficientes como r de Pearson o ρ de Spearman, sin manipular variables independientes ni asignar tratamientos; por ello describe y permite predecir asociaciones, pero no establece causalidad, y se emplea cuando manipular la variable es impráctico o éticamente inaceptable. (Price, Jhangiani, & Chiang, 2015).

De tal modo, que en esta investigación se tomaron en cuenta datos relevantes como son a la salinidad, Ph, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto para determinar cómo dichas variables se relación con la abundancia del fitoplancton durante los meses de mayo-junio y julio meses del año 2025.

2.5. Población y/o muestra

Este estudio se realizó dentro de las costas de Pedernales con la finalidad de analizar la diversidad y abundancia de especies fitoplanctónicas que se encuentran distribuidas y suspendidas en la zona superficial.

Las muestras fueron tomadas en las coordenadas costera comprendidas desde $0^{\circ}3'53.2''N$ $80^{\circ}5'10''W$ - $0^{\circ}3'53.2''N$ $80^{\circ}5'10.1''W$ entre $0^{\circ}04'07''N$ $80^{\circ}05'17''W$ - $0^{\circ}04'03''N$ $80^{\circ}05'22''W$ del cantón Pedernales, a una distancia de 2 millas náuticas del perfil costero, los muestreos se realizaron cada 15 días durante los meses de mayo, junio y julio del presente año 2025.

2.6. Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación incluyeron:

2.6.1. *Recolección de Muestras:*

- Cada 15 días, se recolectaron 9 muestras en diferentes horarios: 8am, 10am y 15pm obteniendo un total de 45 submuestras de las diversas áreas de la zona costera del cantón Pedernales mediante arrastres superficiales, utilizando una red de fitoplancton de 30 cm de diámetro en la boca, 90cm de cuerpo y un ojo de malla de 50 micras.
- Cada arrastre se realizó durante 4 minutos a una velocidad de 2 nudos, recorriendo 0.11 a 0.15 millas náuticas lineales, para obtener una muestra de 80ml en cada lance
- Las muestras fueron recolectadas y transportadas en un frasco de plásticos estéril de 100ml; las cuales fijadas y conservadas con Lugol al 5%.

6.2.2. *Variables Hidrológicas:*

Se midieron variables físicas- químicas como: Salinidad (g/L), Temperatura (°C), pH, Conductividad eléctrica en cada muestreo a través de un multiparámetro HI981994 con número de serie 202516888 a prueba de agua automático, el mismo que fue calibrado con Buffers estándar disponible pH 9.18 @ 25°C.

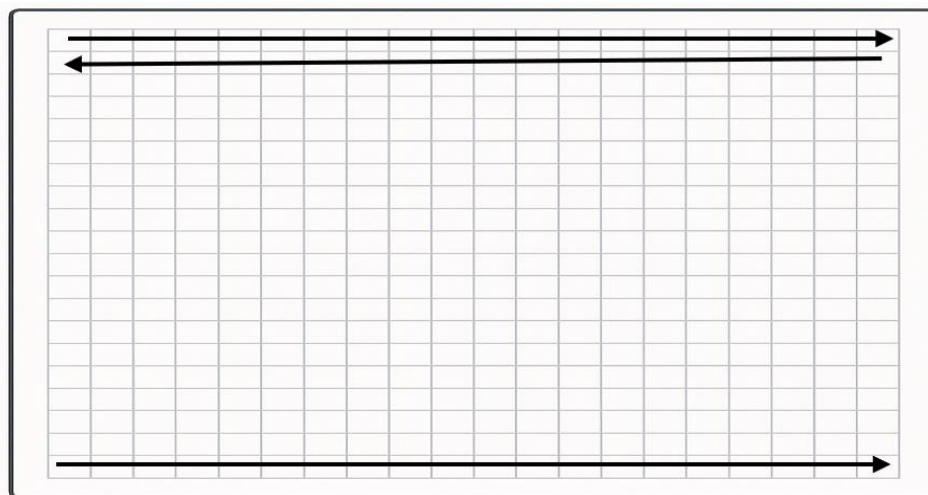
6.2.3. *Análisis de Laboratorio*

El conteo e identificación del fitoplancton se realizó utilizando un microscopio óptico compuesto trinocular Nikon Eclipse E200 (Nikon Corporation, Japón) para la identificación y conteo de fitoplancton. El equipo contó con objetivos plan-acromáticos de 4×, 10×, 20× y 40×, iluminación LED ajustable configurada bajo iluminación de Köhler, condensador Abbe NA 1.25 con diafragma de iris y portafiltros, y cabezal

trinocular acoplado a una cámara digital (≥ 5 MP) para registro fotográfico y mediciones. Se utilizó campo claro como técnica principal y contraste de fase en $10\times$ y $40\times$ para resaltar células hialinas. La calibración se efectuó con retícula ocular y micrómetro de platina, estableciendo la escala para cada objetivo.

Se homogenizo la muestra y se colocó un 1ml dentro de la cámara de Sedgwick-Rafter, la cual fue distribuida por todos los cuadrantes para contabilizar las dos primeras filas y la última, dando un total 150 cuadrantes, con el fin de realizar un conteo sistemático de los organismos (ver figura 2).

Figura 2. Descripción de conteo cámara de Sedgwick-Rafter



Elaborado por: *Mendoza, L. (2025).*

6.2.4. Identificación de Especies

Se utilizaron guías y claves taxonómicas de autores como (Calbet, 2024; Vázquez et al., 2021) para identificar las especies de fitoplancton encontradas en las muestras.

6.2.5. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Objetivos	Variables	Indicadores	Instrumentos de Medición
Objetivo general Evaluar la diversidad y distribución del fitoplancton en la costa de Pedernales, identificando especies predominantes y su relación con factores ambientales para comprender su variabilidad ecológica espacial y temporal.			
Objetivo 1 Determinar la diversidad y abundancia de fitoplancton presentes en la zona costera del cantón Pedernales.	Abundancias de especies fitoplanctónicas	Cambios en la abundancia y diversidad del fitoplancton	Recuento de células, análisis de muestras
Objetivo 2 Analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero del cantón Pedernales.	Abundancia por muestra recolecta	Abundancia	Microscopía, cámara de Sedgwick-Rafter Recuento en cámara de Sedgwick-Rafter
Objetivo 3 Evaluar la relación entre las condiciones ambientales (p. ej., temperatura, salinidad, nutrientes) y la diversidad de fitoplancton.	Muestras de coordenadas estudiadas	Abundancia relativa y tipo de especies identificadas Conteo de células por mililitro	Análisis estadístico
	Factores físicos-químicos	Oxígeno disuelto (mg/L) Salinidad (g/L) Temperatura (°C) pH Conductividad eléctrica en cada muestreo	

Elaborado por: *Mendoza, L. (2025).*

La tabla 2 evidencia un esquema claro para la aplicación práctica de las variables, facilitan el monitoreo del avance en la evaluación de los cambios en la comunidad fitoplanctónica dentro de la zona costera del Cantón Pedernales (Ver tabla 2).

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de métodos y técnicas de investigación utilizadas

Objetivo 1. Determinar las diversidad y abundancia de fitoplancton presentes en la zona costera del cantón Pedernales.

De forma inicial se identificaron y registraron un total de especies de 1294 espécimen de fitoplancton presentes en la zona costera del cantón pedernales de acuerdo con el objetivo inicial del estudio.

Tabla 3. Abundancia relativa de géneros fitoplanctónicos en la muestra evaluada.

Clase	Genero	# De especimen	Abundacia Relativa
Dinoflagelados	<i>Ceratium spp</i>	61	4,71
Dinoflagelados	<i>Protoperidinium spp</i>	13	1,00
Diatomeas	<i>Bacteriastrum spp</i>	5	0,39
Diatomeas	<i>Biddulphia spp</i>	62	4,79
Diatomeas	<i>Chaetoceros spp</i>	58	4,48
Diatomeas	<i>Coscinodiscus spp</i>	237	18,32
Diatomeas	<i>Ditylum spp</i>	36	2,78
Diatomeas	<i>Guinardia spp</i>	23	1,78
Diatomeas	<i>Hemiaulus spp</i>	18	1,39
Diatomeas	<i>Rhizosolenia spp</i>	71	5,49
Diatomeas	<i>Skeletonema spp</i>	132	10,20
Diatomeas	<i>Thalassiosira spp</i>	568	43,89
Diatomeas	<i>Trieres spp</i>	10	0,77

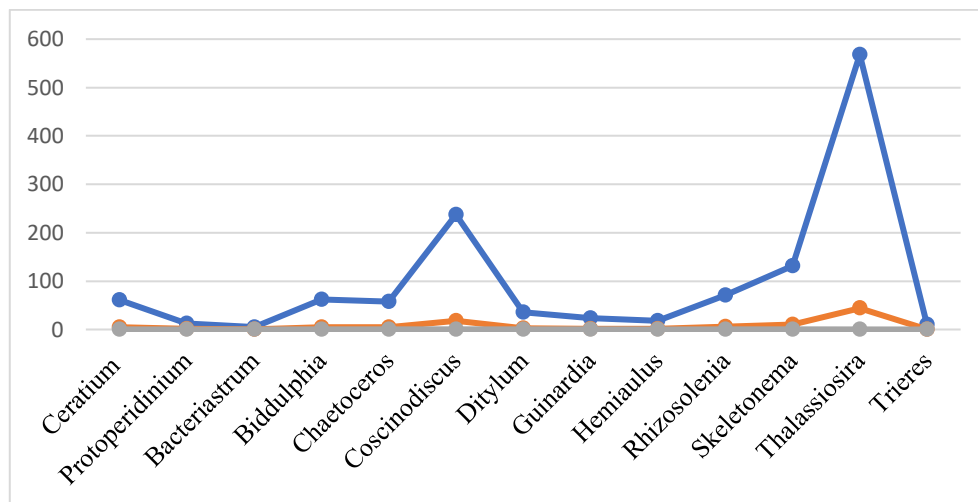
100,00

Elaborado por: Mendoza, L. (2025).

La tabla 3, refleja la abundancia relativa de los diferentes géneros de fitoplancton, mostrando que *Thalassiosira spp* predomina claramente en la comunidad con una

proporción aproximada del 44%. Le siguen *Coscinodiscus spp* y *Skeletonema spp*, mientras que géneros como *Bacteriastrums spp* y *Trieres spp* tienen una presencia muy reducida. Esta distribución desigual indica que la comunidad no es equilibrada.

Figura 3. Índice de Simpson en géneros fitoplanctónicos en la muestra evaluada.



Elaborado por: Mendoza, L. (2025).

La figura 3, muestra que *Thalassiosira spp* domina claramente la comunidad fitoplanctónica, representando casi una quinta parte del total (19,25 %), lo que refleja su gran relevancia ecológica y posiblemente su alta tolerancia a las condiciones del ambiente. Le siguen *Coscinodiscus spp* (3,34 %) y *Skeletonema spp* (1,03 %), que, aunque en menor proporción, también destacan como géneros importantes en la composición. Los demás géneros aportan valores muy reducidos, en especial *Bacteriastrum spp* (0,001 %) y *Protoperdinium spp* (0,01 %), que son prácticamente marginales. Esto indica que la comunidad presenta una diversidad moderada, pero con fuerte concentración en unos pocos géneros dominantes, lo cual es típico en ecosistemas donde ciertas condiciones ambientales favorecen el crecimiento acelerado de especies específicas.

Objetivo 2. Analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero del cantón Pedernales.

El segundo objetivo busco determinar la abundancia del fitoplancton a través de la variable espacial, teniendo en cuenta las horas en que fueron recolectadas las diferentes muestras, para definir en que área muestreada existía mayor abundancia relacionada con la hora y a que genero corresponde.

Tabla 4. Tabla de contingencia de la Abundancia espacial y temporal del fitoplancton

Cuenta de Genero	Hora			
Genero	8am	10am	15pm	Total, general
<i>Bacteriastrium spp</i>	2	2	1	5
<i>Biddulphia spp</i>	21	11	30	62
<i>Ceratium spp</i>	18	30	13	61
<i>Chaetoceros spp</i>	17	25	16	58
<i>Coscinodiscus spp</i>	103	74	60	237
<i>Ditylum spp</i>	12	12	12	36
<i>Guinardia spp</i>	9	3	10	22
<i>Hemiaulus spp</i>	11	4	3	18
<i>Protoperidinium spp</i>	6	5	2	13
<i>Rhizosolenia spp</i>	20	27	24	71
<i>Skeletonema spp</i>	30	46	57	133
<i>Thalassiosira spp</i>	166	211	191	568
<i>Trieres spp</i>	1	6	3	10
Total general	416	456	422	1294

Elaborado por: *Mendoza, L. (2025).*

De acuerdo con la tabla 4, al analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero de Pedernales, se observa que el género *Thalassiosira spp* presenta la mayor abundancia con un total de 568 individuos (43,9 %), destacando un pico máximo a las 10:00 am con 211 células, lo que evidencia su dominancia en la comunidad. Le sigue *Coscinodiscus spp* con 237 individuos (18,3 %), mostrando su mayor concentración a las 8:00 am (103), lo que sugiere una preferencia por las primeras horas del día. En tercer lugar, *Skeletonema spp* alcanza 133 individuos (10,3 %), con su

punto más alto a las 15:00 pm (57), lo que indica una variación temporal marcada en este género. Otros géneros con abundancia intermedia son *Rhizosolenia spp* (71 individuos), *Biddulphia spp* (62) y *Ceratium spp* (61), cuya distribución es más homogénea en los diferentes horarios. En contraste, géneros como *Ditylum spp* (36), *Guinardia spp* (22), *Hemiaulus spp* (18), *Protoperdinium spp* (13), *Trieres spp* (10) y *Bacteriastrum spp* (5) registran abundancias bajas y no presentan picos significativos en ninguno de los horarios. En conjunto, estos resultados evidencian que la comunidad fitoplanctónica está fuertemente dominada por unos pocos géneros principalmente *Thalassiosira spp*, *Coscinodiscus spp* y *Skeletonema spp*, mientras que la mayoría de los restantes se mantienen con una participación marginal en la estructura del fitoplancton.

Tabla 5. Estadístico de la Abundancia espacial y temporal del fitoplancton

Estadístico	Valor QI	p
Chi Cuadrado Pearson	63, 01 26	<0, 0001
Chi Cuadrado MV-G2	63, 95 26	<0, 0001
Coef. Conting. Gramer	0,13	
Coef. Conting. Pearson	0,22	

Elaborado por: Mendoza, L. (2025).

Los resultados de la prueba de Chi Cuadrado revelaron un valor de Pearson de 63,01 con 26 grados de libertad y un valor de $p = 0,0001$, mientras que el estadístico MV-G2 fue de 63,95 con $p < 0,0001$. Ambos resultados confirman la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la distribución de los géneros en función del momento de muestreo. Estas diferencias indican que la presencia de los géneros de fitoplancton no es homogénea en el tiempo, lo cual sugiere que ciertos géneros tienen picos de abundancia en momentos específicos, mientras que otros disminuyen o incluso están ausentes. Este comportamiento temporal no aleatorio sugiere una posible influencia de factores ambientales o estacionales sobre la dinámica comunitaria. (Ver tabla 5).

Adicionalmente, los coeficientes de contingencia de Cramer (0,13) y de Pearson (0,22) evidencian una asociación de magnitud débil a moderada entre las variables, lo que es característico en estudios ecológicos, donde múltiples factores interactúan en la composición y abundancia de las comunidades biológicas. A pesar de su moderada magnitud, estos valores refuerzan la existencia de un patrón de cambio temporal en la estructura del fitoplancton.

Dentro de las observaciones más destacadas, *Thalassiosira spp* fue el género más frecuente, con un total acumulado de 568 registros, siendo particularmente abundante en la muestra 1 y la muestra 3, con 211 y 191 observaciones respectivamente, lo que sugiere una preferencia o tolerancia a condiciones específicas de esas fechas. Por su parte, *Skeletonema spp* mostró un cambio marcado en su aparición, con 57 registros en la muestra 3 tras estar completamente ausente en la muestra 2, lo que indica una respuesta posiblemente aguda a un cambio ambiental. Además, géneros como *Coscinodiscus spp* y *Chaetoceros spp* también evidenciaron fluctuaciones notables en sus frecuencias relativas, contribuyendo a la variabilidad observada en la comunidad fitoplanctónica durante el periodo de estudio. Estos hallazgos permiten inferir que la composición del fitoplancton presenta variaciones temporales significativas, probablemente vinculadas a cambios en las condiciones fisicoquímicas del ecosistema evaluado.

Objetivo 3. Evaluar la relación entre las condiciones ambientales (p. ej., temperatura, salinidad, nutrientes) y la diversidad de fitoplancton.

Este objetivo determino cómo las variaciones del entorno físico-químico influyen en la composición y riqueza del fitoplancton, organismo clave en la productividad primaria acuática. Al establecer esta relación, se pretende identificar patrones ecológicos, posibles impactos del cambio climático o contaminación, y generar conocimiento aplicable a la gestión sostenible de ecosistemas acuáticos.

Tabla 6. Correlación de Spearman: Coeficiente/Probabilidades

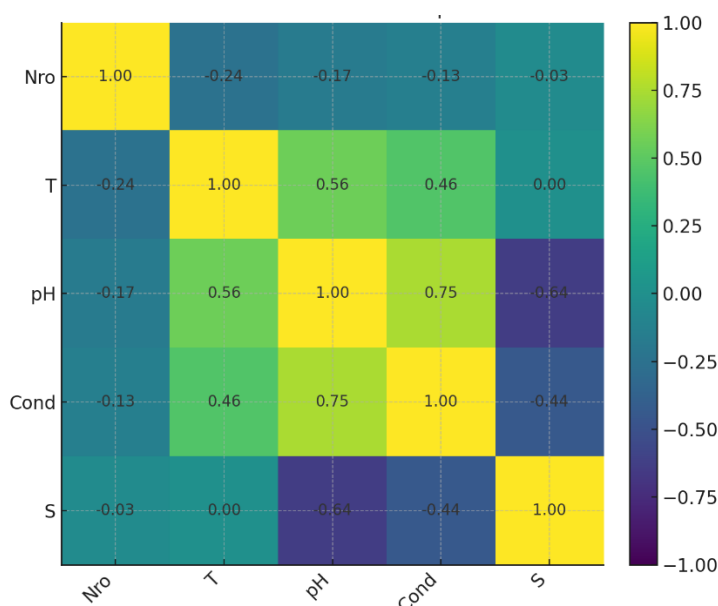
Género	Nro.	T (C°)	pH	(mS/cm)	S(ppm)
<i>Coscinodiscus spp</i>	237	28,0	7,8	48,8	30,6
May	100	28,2	7,9	48,9	29,8
Jun	66	27,9	7,9	48,4	32,4
jul	71	27,7	7,7	49,1	30,0
<i>Ditylum spp</i>	36	28,3	7,9	49,4	29,4
may	17	28,4	8,1	49,5	29,5
jun	14	28,4	7,9	49,4	29,3
jul	5	27,7	7,7	49,2	29,6
<i>Guinardia spp</i>	22	28,4	7,9	50,1	30,6
may	18	28,6	7,9	50,7	29,5
jun	2	28,4	8,1	48,2	38,6
jul	2	26,3	7,7	46,1	32,5
<i>Hemiaulus spp</i>	18	28,1	8,0	49,7	29,6
may	9	28,4	8,2	50,7	30,0
jun	9	27,8	7,8	48,7	29,2
<i>Protoperidinium spp</i>	13	28,1	7,8	48,6	31,0
May	6	27,9	7,7	48,3	30,1
Jun	6	28,2	7,9	48,6	32,3
Jul	1	28,3	8,4	50,2	28,6
<i>Rhizosolenia spp</i>	71	28,7	8,0	50,6	29,7
May	36	29,0	8,1	51,7	29,8
Jun	30	28,6	8,0	49,6	29,6
Jul	5	27,6	7,6	48,7	29,6
<i>Skeletonema spp</i>	133	27,8	7,8	48,7	30,0
May	35	27,8	7,7	48,5	29,7
Jun	79	27,8	7,8	48,7	30,2
Jul	19	27,8	7,8	49,3	29,4
<i>Thalassiosira spp</i>	568	27,9	7,8	49,0	30,0
May	203	28,0	7,8	49,0	29,7
Jun	183	28,1	7,9	49,0	30,2
Jul	182	27,7	7,8	49,0	30,1
<i>Trieres spp</i>	10	28,1	7,8	49,3	29,6
May	1	29,0	8,4	50,2	28,6
Jun	3	28,3	7,8	48,7	29,9
Jul	6	27,8	7,8	49,4	29,6
Total general	1294	28,0	7,9	49,1	30,0

Elaborado por: *Mendoza, L. (2025).*

Con base en las correlaciones de Spearman entre la abundancia mensual por género (mayo–julio) y las variables ambientales, se observa que temperatura y salinidad son los principales moduladores de la diversidad fitoplanctónica en el perfil costero: los

meses relativamente más cálidos y salinos favorecen la dominancia de diatomeas céntricas en especial *Thalassiosira spp* ($\rho T > 0$; $\rho Sal > 0$) lo que reduce la equidad y, por ende, disminuye la diversidad; en contraste, ligeros descensos de T° y salinidad, junto con menor conductividad, favorecen una comunidad más equilibrada con mayor participación de *Skeletonema* ($\rho Cond < 0$; $\rho Sal < 0$), *Coscinodiscus spp* y *Rhizosolenia spp* (esta última con $\rho T > 0$ y $\rho Cond > 0$), lo que eleva la diversidad; el pH, casi invariable ($\sim 7,7-8,0$), no mostró relación clara con la estructura comunitaria; si bien los p-valores asociados son $> 0,05$ por el tamaño muestral ($n=3$), las tendencias indican que el gradiente físico (T° , salinidad y contenido iónico) reorganiza la composición y, con ello, la diversidad, por lo que se recomienda incorporar nutrientes (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_2) y ampliar réplicas temporales para confirmar estadísticamente el vínculo condiciones–diversidad. (Ver tabla 6).

Figura 4. Matriz de correlación de Spearman



Elaborado por: Mendoza, L. (2025).

El mapa de calor generado por Rstudio representa la matriz de correlación de Spearman entre variables fisicoquímicas del agua (hora, muestra, temperatura, pH, salinidad y conductividad), relacionada con la abundancia por géneros; los colores

indican la magnitud y dirección de las correlaciones: tonos más fuertes reflejan correlaciones positivas, mientras que los tonos más débiles indican correlaciones negativas. (Ver figura 4).

El mapa de calor de correlaciones de Spearman evidencia un eje ambiental claramente definido por la co-variación pH–conductividad ($\rho \approx 0,75$), la asociación positiva más intensa del conjunto, lo que sugiere que, en las condiciones analizadas, aguas con mayor concentración iónica tienden a presentar valores de pH relativamente más altos; de forma concordante, la temperatura se correlaciona en sentido positivo y de magnitud moderada con pH ($\rho \approx 0,56$) y con conductividad ($\rho \approx 0,46$), indicando que los periodos/sectores más cálidos se acompañan de aguas algo más alcalinas y conductivas.

En contraste, la salinidad se relaciona de manera negativa con pH ($\rho \approx -0,64$) y con conductividad ($\rho \approx -0,44$), reflejando un gradiente en el que masas de agua más salinas muestran pH menores y una leve reducción de la conductividad relativa patrón que podría responder a la mezcla de aguas y al estrecho rango de variación observado.

Por su parte, la abundancia total por género exhibe correlaciones débiles y negativas con todas las variables ($|\rho| \leq 0,25$), por lo que no se identifica una dependencia monótona marcada con ninguno de los factores fisicoquímicos evaluados; esto sugiere que la variación en la abundancia estaría modulada por interacciones bióticas y/o por variables no incluidas (p. ej., nutrientes, turbulencia, aporte continental) y por la estacionalidad. En conjunto, el patrón resalta la importancia del binomio pH–conductividad como descriptor del ambiente, con salinidad actuando en sentido opuesto, mientras la respuesta del fitoplancton (abundancia agregada por género) no se explica por un único gradiente físico-químico.

3.2. Discusión

Dentro del estudio predominó la clase diatomeas céntricas, del género *Thalassiosira spp.* aportando la mayor fracción de abundancia relativa y un índice de Simpson (1-D) en rango moderado, lo que evidencia alta dominancia y equidad intermedia. Este patrón es congruente con registros cercanos de Manabí (Cojimíes–Pedernales), donde se describe una dominancia diatomácea y una contribución reiterada de géneros céntricos en condiciones meso-tróficas costeras (Cabrera-Carreño & Alió-Mingo, 2020).

Asimismo, en Bahía de Pedernales y Bahía de Manta se han reportado comunidades con fuerte peso de diatomeas y variaciones de riqueza/equidad a escala estacional, coherentes con tu señal de diversidad moderada bajo predominio de *Thalassiosira spp.* /*Coscinodiscus spp.* /*Skeletonema spp.* (Naranjo & Tapia, 2014; Naranjo & Tapia, 2013).

A nivel mecanístico, en la costa del Ecuador la interacción entre forzantes océano-climáticos (upwelling de la corriente de Humboldt, precipitación y escorrentía) y estrategias de vida del fitoplancton favorece episodios de alta biomasa y periodos de dominancia de pocos taxones, lo que explica comunidades poco equitativas como la observada (Borbor-Córdova et al., 2019).

Al analizar la distribución espacial y temporal del fitoplancton en el perfil costero de Pedernales, en los horarios de 08:00am - 10:00am 15:00am se detectó heterogeneidad temporal significativa en la composición (χ^2 , $p < 0,0001$) y relevos horarios entre géneros dominantes, lo que sugiere respuestas diferenciales a estratificación superficial, luz y micro-mezcla en escalas de horas. Hallazgos de Pedernales muestran, además, que la estacionalidad modula riqueza y equidad (mayores en época seca), patrón que ayuda a

interpretar tu variación temporal fina como parte de un mosaico más amplio de forcings físicos (Naranjo & Tapia, 2014).

En la costa central se han documentado cambios rápidos de la comunidad vinculados a pulsos físico-biogeoquímicos incluidos florecimientos súbitos que confirman la alta sensibilidad temporal del fitoplancton costero (Torres et al., 2022; Borbor-Córdova et al., 2019).

En conjunto, la literatura ecuatoriana respalda que la variabilidad intradiaria y estacional explican gran parte de la heterogeneidad observada en tu serie, más que diferencias espaciales puntuales a pequeña escala (Naranjo & Tapia, 2013).

La correlación de Spearman indica un eje físico compartido (temperatura–conductividad–pH) y asociaciones inversas con salinidad, patrón consistente con la modulación multi-escalar del plancton por circulación costera, mezcla, y ENSO descrita para el litoral ecuatoriano (Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquera [IPIAP], 2021).

Bajo condiciones más cálidas y conductivas se acentúa la dominancia de diatomeas céntricas (reducción de equidad), mientras que escenarios de menor estabilidad y conductividad favorecen mayor coexistencia y, por ende, diversidad un comportamiento esperado si consideramos que los diversos océano-climáticos que a su vez reorganizan nutrientes y la sucesión de géneros (Borbor-Córdova et al., 2019).

Casos locales de floraciones (p. ej., *Tetraselmis* frente a la Puntilla de Santa Elena en mayo de 2018) ilustran cómo pequeñas ventanas físico-químicas disparan cambios marcados en composición y biomasa, reforzando la necesidad de incorporar nutrientes (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_2) y turbulencia en futuros muestreos para fortalecer la inferencia causal en Pedernales (Torres et al., 2022; IPIAP, 2021).

3.3. Contestación a las preguntas de investigación

La abundancia de diversidad de especies fitoplanctónicas dentro de la zona costera del cantón Pedernales, relacionadas con los parámetros físicos-químicos en diferentes áreas de dicha zona se puede resumir de la siguiente manera contestando a las preguntas de investigación previamente planteadas:

3.3.1. ¿Cuáles son las especies fitoplanctónicas más abundantes dentro de la zona costera del cantón Pedernales?

Las especies fitoplanctónicas más abundantes en la zona costera del cantón Pedernales corresponden principalmente al grupo de las diatomeas. Dentro de este grupo, el género *Thalassiosira spp.* se destaca con la mayor representatividad, alcanzando una abundancia relativa del 43,89 %, lo que evidencia su papel dominante en la comunidad fitoplanctónica local. En segundo lugar, el género *Coscinodiscus spp.* presenta una abundancia relativa del 18,32 %, seguido por *Skeletonema spp.* con un 10,20 %. Estas tres diatomeas concentran más del 70 % de la abundancia total registrada, lo cual indica un claro predominio de este grupo sobre los dinoflagelados, representados en menor proporción por *Ceratium spp.* (4,71 %) y *Protoperidinium spp.* (1,00 %).

Este patrón confirma que la dinámica fitoplanctónica de Pedernales se encuentra fuertemente influenciada por la presencia de diatomeas, organismos que desempeñan un rol clave en la productividad primaria y en el sostenimiento de la cadena trófica marina de la región

3.3.2. ¿Qué tipo de patrones climáticos pueden influir a la abundancia del fitoplancton relacionados con el espacio temporal dentro del cantón Pedernales?

En el perfil costero del cantón Pedernales se observó un patrón diurno marcado de la abundancia fitoplanctónica, con un máximo a las 10h (456 individuos; 35,24 % del

total), levemente superior a los registros de las 15h (422; 32,61 %) y de las 8h (416; 32,15 %), lo que sugiere un control directo de la irradiación y del calentamiento superficial matutino que favorecen la fotosíntesis y la estratificación somera tras el amanecer.

La comunidad estuvo claramente dominada por diatomeas oportunistas, principalmente *Thalassiosira spp* (568; 43,89 %), *Coscinodiscus spp* (237; 18,32 %) y *Skeletonema spp* (133; 10,28 %), cuya preponderancia es consistente con pulsos de nutrientes (silicatos y nitratos) derivados de la dinámica mareal y de la resuspensión costera, así como de aportes continentales durante periodos lluviosos que modulan la salinidad y la turbidez.

En conjunto, los forzamientos climáticos y oceanográficos que operan a distintas escalas ciclo diario de radiación/temperatura, régimen de brisa marina que intensifica la mezcla vespertina, estacionalidad lluviosa-seca y la variabilidad interanual asociada a eventos ENSO emergen como los principales moduladores espacio-temporales de la magnitud y estructura de la comunidad fitoplanctónica en Pedernales.

3.3.3. ¿Como afecta las variaciones climáticas y las propiedades físico-químicas del agua, como la temperatura, el pH y la salinidad a la abundancia del fitoplancton?

En la zona costera de Pedernales, la abundancia fitoplanctónica mostró una respuesta clara a pequeñas variaciones climáticas y a gradientes físico-químicos estrechos del agua ($T \approx 27,7\text{--}28,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\text{pH} \approx 7,6\text{--}8,0$; salinidad $\approx 29\text{--}31\text{ }‰$): bajo temperaturas cercanas a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ y pH ligeramente alcalino ($\sim 7,8\text{--}7,9$), con salinidades próximas a $30\text{ }‰$, se registraron los mayores conteos y una marcada dominancia de diatomeas céntricas eurihalinas como *Thalassiosira spp* (568 ind.), *Coscinodiscus spp* (237 ind.) y *Skeletonema spp* (133 ind.); los picos mensuales se concentraron particularmente en junio

para *Coscinodiscus spp* (100) y *Skeletonema spp* (79), mientras que *Thalassiosira spp* se mantuvo alta y estable en mayo-junio-julio respectivamente (203-183-182), lo que sugiere que ligeras oscilaciones térmicas dentro del rango óptimo, junto con la estabilidad de un pH ligeramente alcalino y salinidades casi constantes, favorecen tasas de crecimiento elevadas y floraciones recurrentes.

En contraste, géneros de menor representación (*Guinardia spp*, *Hemiaulus spp*, *Triceres spp*) se asociaron a escenarios con pH más próximo a 8,0 y salinidades levemente superiores (>30,5 ‰), condiciones típicas de aguas más oceánicas y menos influenciadas por aportes continentales; no obstante, las diferencias observadas son sutiles, por lo que el forzamiento climático intraestacional (transición de meses y mezcla de la columna de agua) probablemente actúa modulando la disponibilidad de nutrientes y, con ello, la dominancia de diatomeas tolerantes a amplios rangos de salinidad.

3.4. Conclusiones

El análisis de la diversidad y distribución del fitoplancton en la zona costera del cantón Pedernales, ha revelado la abundancia de espécimen de fitoplancton que existen dentro del área de estudio y como estos se relacionan con los parámetros físicos-químicos. Se observó que los parámetros físico-químicos del agua, como el pH, la temperatura, y la salinidad, influyeron significativamente en la abundancia y composición del fitoplancton.

La abundancia de fitoplancton prevaleció durante todo el muestreo en la *Thalassiosira spp* de la clase diatomea, presentando una abundancia significativa a diferencia del demás espécimen lo cual refleja un ecosistema costero productivo y dinámico, considerando que los arrastres fueron superficiales a unos 0,80 cm de la superficie. La abundancia relativa de la *Thalassiosira spp* fue de 43,89%, lo cual sugiere condiciones favorables de nutrientes y una red trófica activa en la primera zona fótica.

En relación con la distribución del fitoplancton en las diversas áreas en las que fueron tomadas las muestras, se logró determinar que la temperatura, el pH y la salinidad son factores que influyen directamente en la productividad primaria, además se encuentran influenciadas por factores como la proximidad por la calidad del agua y los cambios climáticos locales.

Se identificaron zonas con mayor concentración y diversidad durante los meses de muestreo evidenciando la influencia del aporte continental y las condiciones de mezcla del agua. Lo cual a su vez destaca la importancia de realizar monitoreos constantes para determinar la calidad de agua en condición con la variedad de especies fitoplanctónicas que ayuden a optimizar la productividad de la zona.

La abundancia del fitoplancton se relacionó con las variables físico-químicas de las diferentes zonas analizadas en donde se observó una correlación significativa positiva entre la diversidad fitoplanctónica y variables como la concentración con la temperatura superficial del mar. Las condiciones físico-químicas del agua demostraron ser determinantes en la estructura y dinámica del fitoplancton, reafirmando su valor como bioindicador ambiental, salud y productividad primaria en zonas costeras.

La cantidad de fitoplancton constituye un indicador fundamental de la productividad y el estado de salud ecológica de los ecosistemas marinos costeros. Su fluctuación está estrechamente vinculada a factores físico-químicos como la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes, que controlan el crecimiento de distintos grupos taxonómicos. En áreas como la costa del cantón Pedernales, una elevada abundancia de fitoplancton especialmente de diatomeas indica condiciones óptimas para la fotosíntesis y el desarrollo trófico, subrayando el papel del fitoplancton como base de la red alimentaria marina. No obstante, estos niveles pueden variar significativamente según los cambios estacionales y climáticos, lo que enfatiza la importancia de llevar a

cabo un monitoreo constante para entender su dinámica ecológica y prevenir desequilibrios como floraciones perjudiciales o procesos de eutrofización.

3.5. Recomendaciones

Establecer un sistema de monitoreo periódico del fitoplancton y de las variables físico-químicas del agua (temperatura, salinidad, nutrientes), con el fin de detectar cambios ecológicos tempranos, posibles procesos de eutrofización o aparición de especies nocivas que puedan afectar la calidad del ecosistema marino y la pesca local en las zonas aledañas del cantón Pedernales, con la finalidad de determinar la abundancia y distribución del fitoplancton para aprovechar las condiciones del área, precautelando biodiversidad en la zona.

Integrar planes de manejo ambiental y ordenamiento costero, promoviendo acciones que regulen descargas de aguas residuales, actividades turísticas y pesca, para evitar impactos negativos sobre el equilibrio del fitoplancton y, en consecuencia, de toda la red trófica marina. Lo cual permitirá mantener un equilibrio óptimo y a su vez ayudará a aprovechar los beneficios del fitoplancton

Desarrollar proyectos de investigación científica y educación ambiental en colaboración con instituciones locales, pescadores artesanales y escuelas, para aumentar el conocimiento sobre la importancia del fitoplancton y su papel ecológico, promoviendo una conciencia colectiva sobre la conservación del entorno marino.

3.6. Referencias bibliográficas

- Altamirano, K. (2022). *Diversidad y abundancia de fitoplancton en cuatro estaciones fijas en la zona Suroeste del Golfo de Guayaquil en el período 2002, 2003 y 2005*. Universidad Estatal Península De Santa Elena Facultad De Ciencias Del Mar Carrera De Biología Marina.
- Anderson, S. I., Franzè, G., Kling, J. D., Wilburn, P., Kremer, C. T., Menden-Deuer, S., Litchman, E., Hutchins, D. A., & Ryneerson, T. A. (2022). The interactive effects of temperature and nutrients on a spring phytoplankton community. *Limnology and Oceanography*, 67(3), 634–645.
<https://doi.org/10.1002/lno.12023>
- Anellides. (2022, diciembre 19). *¿Qué importancia tiene el fitoplancton en el planeta?* Anellides.com; Anellides. <https://anellides.com/es/blog/que-importancia-tiene-el-fitoplancton-en-el-planeta/>
- Aquadocs Repository. (s/f). Aquadocs.org. Recuperado el 25 de julio de 2025, de <https://aquadocs.org/bitstreams/202c95f0-ab5d-40a5-95b4-7d86f5afa581/viewer?itemid=5220db06-a327-49a9-bca5-84157751fe17>
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (2010, 20 de mayo). Cantón Pedernales. AME. <https://repositorio.ame.gob.ec/cantón-pedernales>
- Bestion, E., Haegeman, B., Alvarez Codesal, S., Garreau, A., Huet, M., Barton, S. y Montoya, J. M. (2021). La biodiversidad del fitoplancton es más importante para el funcionamiento de los ecosistemas en ambientes térmicos altamente variables. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, 118 (35), e2019591118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2019591118>
- Borbor-Córdova, M. J., Torres, G., Mantilla-Saltos, G., Casierra-Tomala, A., Bermúdez, J. R., Rentería, W., & Bayot, B. (2019). Oceanography of harmful algal blooms on the Ecuadorian coast (1997–2017): Integrating remote sensing and biological data. *Frontiers in Marine Science*, 6, 13.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00013>

- Bucheli, R., García, D., & Cajas y León Vergara, J. (2022). *Composición, abundancia y diversidad del plancton con estimaciones de su estado trascendental durante el vi crucero hidroacústico, junio/julio 2022*. Gob.Ec.
<https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-Informe-Final-Crucero-Plancton-2022-.pdf>
- Cabrera, C., & Alió, J. (09 de Enero de 2020). *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura “YAKU”*. Obtenido de file:///C:/Users/Admin/Downloads/6-Texto%20del%20art%C3%ADculo-105-2-10-20201006.pdf
- Cabrera-Carreño, C., & Alió-Mingo, J. (2020). Abundancia, composición y diversidad del fitoplancton en la zona de Cojimíes – Manabí, durante los meses de mayo - octubre del 2018. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura YAKU*. ISSN: 2600-5824., 3(5), 2–20.
<https://publicacionescd.ulead.edu.ec/index.php/yaku/article/view/6>
- Caicedo, L., & Quijije, L. (2020). Composición y diversidad de la comunidad de fitoplancton en dos sectores contiguos de la Bahía de Manta, Ecuador. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura “YAKU,”* 6(3).
<https://publicacionescd.ulead.edu.ec/index.php/yaku/article/view/8/39>
- Carlos, C.-C., & José, A.-M. (2020). Abundancia, composición y diversidad del fitoplancton en la zona de cojimíes –manabí, durante los meses de mayo-octubre del 2018. . . ISSN, 3.
- Cassidy, E. (2022, December 27). *El fitoplancton da vida a los océanos*. NASA Science; NASA. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/el-fitoplancton-da-vida-los-oceanos/>
- Cobos-Murcia, J. A., & Cruz-Ortiz, L. (2025). Fitoplancton: Una solución prometedora para capturar y almacenar CO2. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12(24), 18-21. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12i24.12070>.
- Código Orgánico del Ambiente, Registro Oficial Suplemento 983 (Asamblea Nacional 12 de abril de 2017). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

- Compilación. (2024, 24 de julio). Estudio cuantitativo: definición, métodos, diseño y análisis. Compilación. <https://www.compilatio.net/es/noticias/investigacion-cuantitativa>
- Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial 449 (Asamblea Nacional 20 de octubre de 2008). Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Creative Commons. (2020). *Día Mundial de los Océanos: somos del planeta azul*. Org.ec. <https://www.wwf.org.ec/?364159/>
- Cubas, P. (2008). *Dinophyta (dinoflagelados)*. https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Dinofitos/5_Dinophyta_texto.pdf
- Dassow, P. y Montresor, M. (2011). Descubriendo los misterios de los ciclos de vida del fitoplancton: patrones y oportunidades detrás de la complejidad. *Revista de investigación de Plankton*, 33, 3-12. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq137>
- Delgado Del Villar, S. J., Alonso Rodríguez, R., & Jimenez-Gutierrez, L. R. (2021). Las extraordinarias formas de vida de los dinoflagelados del Pacífico mexicano. *Revista Digital Universitaria*, 22(4). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.4.3>
- Delgado Del Villar, S. J., Alonso Rodríguez, R., & Jimenez-Gutierrez, L. R. (2021). Las extraordinarias formas de vida de los dinoflagelados del Pacífico mexicano.
- Delgado-Fernández, E., Cruz, D., Ayavaca, R., Benítez, Á., & Hernández, B. (2025). Microalgal Diversity as Bioindicators for Assessing and Sustaining Water Quality in the High Mountain Lakes of Quimsacocha, Azuay, Ecuador. *Sustainability*, 17(4), 1620. <https://doi.org/10.3390/su17041620>
- Dory, F., Nava, V., Spreafico, M., Orlandi, V., Soler, V., & Leoni, B. (2024). Interaction between temperature and nutrients: How does the phytoplankton community cope with climate change? *The Science of the Total Environment*, 906(167566), 167566. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167566>

- Earth, G. (2025). *Mapa de la zona costera del canton Pedernales*. Google Earth.
<https://earth.google.com/web/@0.06512217,-80.07593273,-2.88038041a,16120.07301423d,30y,44.33498878h,50.13483808t,0r/data=CgRC AggBMikKJwolCiExUGU4NndWZHdaQUNFbFZDSHUxdUZjcUNXOHV3S VI1c0UgAToDCgEwQgIIAEoICJWBsf0DEAE>
- Escarcega Bata, A. de J., Núñez Resendiz, M. L., Ruiz-de la Torre, M. C., Dreckmann, K. M., Zamudio-Resendiz, M. E., & Senties, A. (2023). Diversidad de dinoflagelados atecados del orden Gymnodiniales (Dinophyceae), con énfasis en aquellos formadores de florecimientos algales nocivos en las costas del Pacífico Mexicano. *Acta botanica mexicana*, 130.
<https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2126>
- Falkowski, P. G., Barber, R. T., & Smetacek, V., V. (1998). Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science (New York, N.Y.)*, 281(5374), 200–207. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.200>
- Falkowski, P., & Raven, J. (2007). *Aquatic Photosynthesis*. Princeton University Press.
https://books.google.com.ec/books?id=kUCrAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- García, D., Coello, D., & Pernía, B. (2015). Parámetros abióticos y su relación con la abundancia del fitoplancton frente a Puerto López–Ecuador (2011-2012), Provincia de Manabí, Ecuado. *Revista Científica Ciencias Naturales del Ambiente*, 9, 33–45.
<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1795/4249>
- Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pedernales. (2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pedernales*. PDF.
https://pedernales.gob.ec/images/cuentas2022/PDOT_2023_PEDERNALES.pdf
- Gómez, F., Moreira, D., & López-García, P. (2011). Avances en el estudio de los dinoflagelados (Dinophyceae) con la filogenia molecular. *Hidrobiologica*, 21(3), 343–364. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000300011

- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Gutiérrez, C. (2010). Introducción a la Metodología Experimental. Limusa Noriega Editores. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cq3qiokyDggC&oi=fnd&pg=PA5&dq=m%C3%A9todo+experimental+metodologia&ots=o0W09K8whc&sig=Z9HZKozodMMFOm1gXxLYj0gWZiE#v=onepage&q=m%C3%A9todo%20experimental%20metodologia&f=false>
- Hernández Becerril, D. U. (2013). Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85. <https://doi.org/10.7550/rmb.32037>
- Hernández, Y., Pedroza, A., & Aranguren, N. (2021). Estructura del fitoplancton según la condición metabólica de lagos andinos ubicados en diferente rango altitudinal. *Intropica*, 2, 153–167. <https://doi.org/10.21676/23897864.4029>
- Huang, I.-S., & Zimba, P. V. (2019). Cyanobacterial bioactive metabolites-A review of their chemistry and biology. *Harmful Algae*, 86(101608), 139–209. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.05.001>
- Ibañez, A., Montes, M., & Munje, J. (2015). *Las “diatomeas”*. <https://www.um.es/documents/4874468/18051251/las-diatomeas-.pdf/47f60e58-b60a-40ba-a547-618e449029de>
- Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquera (IPIAP). (2021). Interacción bio-oceanográfica y pesquera (Vol. 2). Guayaquil, Ecuador. (Cap. sobre circulación costera, ENSO y plancton). institutopesca.gob.ec
- Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca, Registro Oficial N° 187 (Asamblea Nacional 21 de Abril de 2020). Obtenido de

https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-05/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-para-Desarrollo-Acuicultura-y-Pesca.pdf

Lindsey, R., & Scott, M. (2010). ¿Qué es el fitoplancton? *Earth Observatory Nasa*, 5(3), 10–14. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton>

López, J., Manzano, M., Hurtado, M., Piña, P., Hernández, Ó., Guzón, Ó., & Hernández, F. (2016). *Jorge López; Mercedes Manzano; Miguel Hurtado; Pablo Piña; Óscar Ubisha Hernández Almeida, Óscar Guzón Zatarain y Francisco Eduardo Hernández Sandoval*. Edu.Mx.
<https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/FitoPlancton.pdf>

López, R. (2019, enero 7). *El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra*. Gaceta UNAM; Gaceta UNAM.

Lora, M., López, F., & Pérez, C. (2020). Diatomeas Algas de Cristal. *Revista Digital de Divulgación Científica*, 6, 25-42.

Luber López, J. A. (Septiembre de 2019). Composición y diversidad de la comunidad de fitoplancton en dos sectores contiguos de la bahía de Manta, Ecuador. *Composición y diversidad de la comunidad de fitoplancton en dos sectores contiguos de la bahía de Manta, Ecuador*. Manta, Manabi: Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. SALUD Y VIDA. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/336065836_Composicion_y_diversidad_de_la_comunidad_de_fitoplancton_en_dos_sectores_contiguos_de_la_bahia_de_Manta_Ecuador

Martínez, M. G. O., Ortega, J. L. G., & Ramos., C. A. Z. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 54–61. <https://doi.org/10.7550/RMB.32706>

Meave, M., & Zamudio, M. (2022). *ATLAS DE DINOFLAGELADOS MARINOS DEL PACÍFICO MEXICANO*.
http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/DJ022_Anexo.pdf

- Mence, V., & Nicole, L. (2023). *Diversidad y abundancia de fitoplancton en relación con parámetros físicos presente en el río Javita, Santa Elena- Ecuador*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023.
- Mora, C., Durán, M., & Reinaldo, F. (2024). CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOGRAFÍA CLIMÁTICA DEL ECUADOR CONTINENTAL. *Revista científica UNEMI*, 17, 237–248. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss44.2024pp237-248p>
- Muriel, C. (2015, November 30). *Entrevista con el profesor Pierre Mollo, especialista en plancton, sobre los beneficios nutricionales y medioambientales de las microalgas*. eChlorial. <https://www.echlorial.es/blog/entrevista-pierre-mollo-plankton-chlorella/>
- Naranjo, C. y Tapia, E. (Eds.). (2014). *Productividad planctónica en la Bahía de Pedernales, Manabí-Ecuador durante el 2013* (Vol. 2). Acta Oceanográfica del Pacífico. <https://aquadocs.org/bitstreams/6c1f5d1b-613c-4df0-928b-43e76777003b/viewer?itemid=087e044e-fb81-494c-bed5-f39b674207e5>
- Naranjo, C., & Tapia, M. E. (2013). Variabilidad estacional del plancton en la Bahía de Manta en la costa ecuatoriana, durante el 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 18(1), 65–74.
- Oliva Martínez, M. G., Godínez Ortega, J. L., & Zuñiga Ramos, C. A. (2013). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 54–61. <https://doi.org/10.7550/rmb.32706>
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., & Rivera, P. (1982). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Cyanophyceae. Editorial Universidad de Concepción.
- Righetti, D., Vogt, M., Gruber, N., Psomas, A., & Zimmermann, N. E. (2019). Global pattern of phytoplankton diversity driven by temperature and environmental variability. *Science Advances*, 5(5), eaau6253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau6253>

- Rodriguez, 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* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR- CARRERA DE BIOLOGÍA].
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/11674/1/UPSE-TBI-2024-0051.pdf>
- Rodríguez, M., & Andrade, C. (2022). Distribución del fitoplancton en aguas marino-costeras en tres sectores de la Península de Santa Elena. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 4(1), 47–63. <http://file:///C:/Users/Equipo/Downloads/51-Texto%20del%20art%C3%ADculo-369-1-10-20230306.pdf>
- Rodríguez, Y., Soto, M., & Marín, L. (2020). *La sanidad vegetal en Venezuela: el rol del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral*.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.4323241>
- Salcedo, J. y Coello, D. (Eds.). (2019). *Dinámica del plancton en la primera milla náutica de la costa ecuatoriana, provincia de Manabí* (Vol. 1). Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente, Instituto Nacional de Pesca.
- Sánchez, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1), 107-121.
[doi:10.35290/rcui.v8n1.2021.400](https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400)
- Soledispa, B. (2014). *CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS DE LA ZONA COSTERA DE PEDERNALES, EN LA PROVINCIA DE MANABÍ*. 19.
- Sonnet, V., Guidi, L., Mouw, C. B., Puggioni, G., & Ayata, S.-D. (2022). Length, width, shape regularity, and chain structure: time series analysis of phytoplankton morphology from imagery. *Limnology and Oceanography*, 67(8), 1850–1864. <https://doi.org/10.1002/lno.12171>
- Torres, G., Recalde, S., Salazar, E., Narea, R., López, F., & Troccoli, L. (2022). Bloom algal de *Tetraselmis* sp. y variables bio-oceanográficas frente a la Puntilla de

Santa Elena-Ecuador durante mayo de 2018. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 4(2), 45–61.

Ugya, A. Y., Yan, C., Chen, H., & Wang, Q. (2025). Unravelling the eco-monitoring potential of phytoplankton towards a sustainable aquatic ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 216(118021), 118021.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118021>

Vallina, S. M., Cermenó, P., Dutkiewicz, S., Loreau, M., & Montoya, J. M. (2017). Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability. *Ecological Modelling*, 361, 184–196.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.06.020>

Vascotto, I., Mozetič, P., & Francé, J. (2024). Phytoplankton morphological traits and biomass outline community dynamics in a coastal ecosystem (Gulf of Trieste, Adriatic Sea). *Community Ecology: CE*. <https://doi.org/10.1007/s42974-024-00215-4>

Xiong, Z., Xie, Z., Li, H., Peng, C., Jia, J., Liu, X., Song, J., Liu, Y., Qin, Y., & Gong, B. (2024). The influence of temperature and river runoff on phytoplankton community diversity in Beibu Gulf: insight from 18 S rDNA metabarcoding analysis. *BMC Ecology and Evolution*, 24(1), 129.
<https://doi.org/10.1186/s12862-024-02315-1>

Xu, C., Ma, Y., Zhang, H., Li, X., & Chen, Q. (2023). The Impact of Environmental Factors on the Spatiotemporal Heterogeneity of Phytoplankton Community Structure and Biodiversity in the Qiongzhou Strait. *Water*, 15(21), 3792.
<https://doi.org/10.3390/w15213792>

Zamudio, M., Hernández, S., & Balboa, A. (2023). *Fitoplancton*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD IZTAPALAPA.

3.7. Anexos



Anexo 1. Toma de muestra



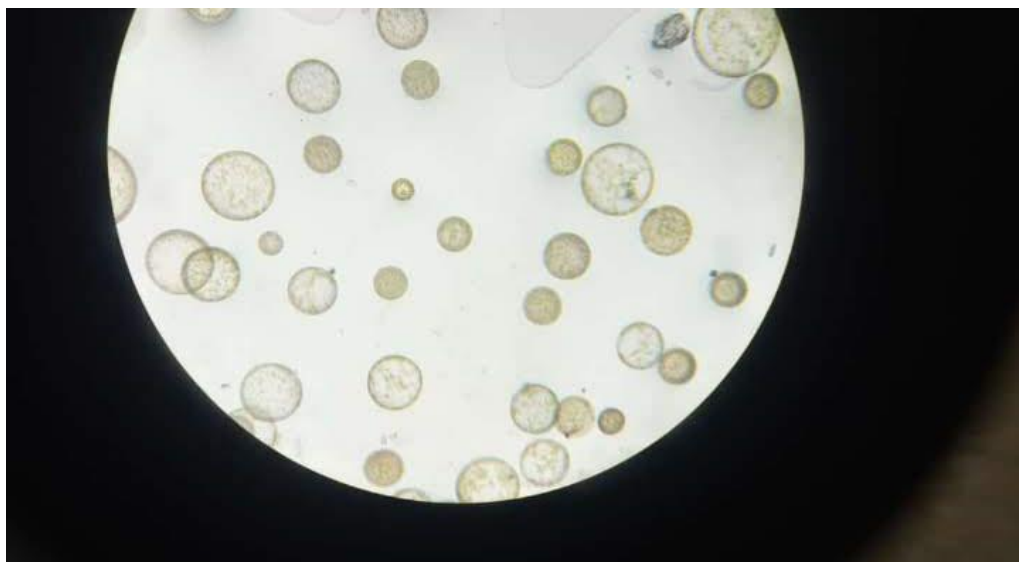
Anexo 2. Extracción de la muestra



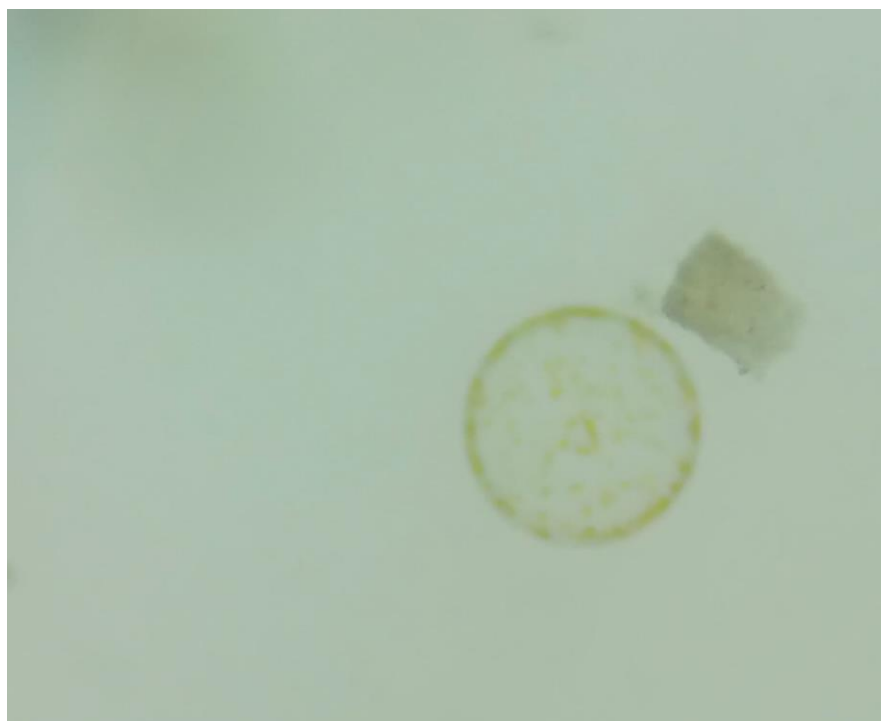
Anexo 3. Toma de parámetros físicos-químicos.



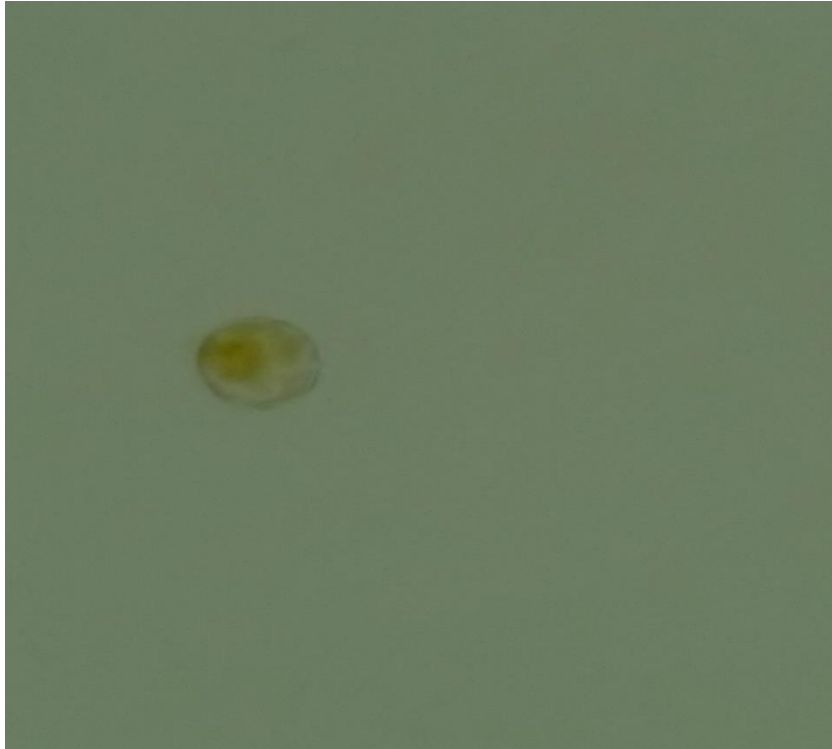
Anexo 4. Análisis de muestras



Anexo 5. Conteo de fitoplancton.



Anexo 6. Coscinodiscus spp



Anexo 7. Chlorella spp.



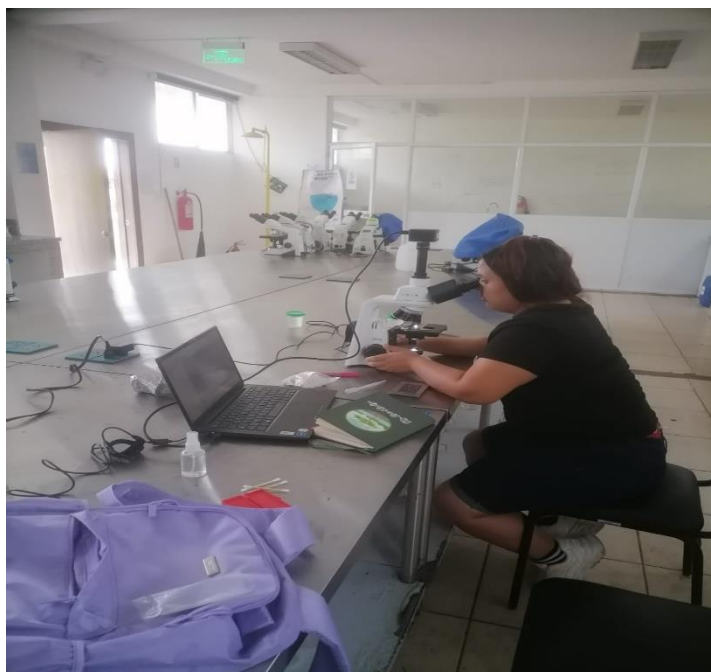
Anexo 8. Bacteriastrum spp



Anexo 9. Thalassiosira Spp.



Anexo 10. Ceratium Spp.



Anexo 11. Identificación Laboratorio especies.

Tablas de contingencia

Frecuencias absolutas

En columnas: Genero

Hora	Muestra	Bacteriastrum spp	Biddulphia spp	Ceratium spp	Chaetoceros spp	Coscinodiscus spp	Ditylum spp	Guinardia spp	Hemiaulus spp	Protoperidinium spp	Rhizosolenia spp
1,00	1	2	21	18	17	103	12	9	11	6	20
2,00	2	2	11	30	25	74	12	3	4	5	20
3,00	3	1	30	13	16	60	12	10	3	2	26
Total	Total	5	62	61	58	237	36	22	18	13	71

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	63,01	26	0,0001
Chi Cuadrado MV-G2	63,95	26	<0,0001
Coef.Conting.Cramer	0,13		
Coef.Conting.Pearson	0,22		

Anexo 12. Tabla de Contingencia análisis descriptivo

