



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**MICROALGAS EN LOS RÍOS GARRAPATA Y GRANDE, PROVINCIA DE
MANABÍ**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de

BIÓLOGA

AUTORA:

Loor Pinargote Emily Johana

TUTOR:

Blga. Cuenca Zambrano Mayra Magali M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTADAL PENÌNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÌA

MICROALGAS EN LOS RÍOS GARRAPATA Y GRANDE,
PROVINCIA DE MANABÍ

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de

BIÓLOGA

AUTORA:

Loor Pinargote Emily Johana

TUTOR:

Blga. Cuenca Zambrano Mayra Magali M.Sc.

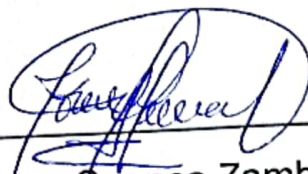
LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

Declaración del docente tutor

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, MICROALGAS EN LOS RÍOS GARRAPATA Y GRANDE, PROVINCIA DE MANABÍ, elaborado por Loo Pinargote Emily Johana, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Ms.C.

DOCENTE TUTOR

C.I. 1712887767

Declaración del docente de área

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular MICROALGAS EN LOS RÍOS GARRAPATA Y GRANDE, PROVINCIA DE MANABÍ, elaborado por LooR Pinargote Emily Johana, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, reading "Dadsania Rodríguez Moreira", is written over a horizontal line.

Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Ms.C.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0913042008

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis abuelos, quienes, con su amor incondicional, apoyo constante e incentivo han sido guía esencial en cada paso de este camino. A ellos les debo gran parte de mi perseverancia y determinación.

A mi madre Johanna, por su esfuerzo incansable y sacrificio, que me han permitido llegar hasta aquí. Gracias por enseñarme el valor de la dedicación y el trabajo duro, los cuales son la base de este logro.

A mi tío Víctor Joel, cuya experiencia y conocimientos fueron de gran ayuda en este proceso, su orientación y sabiduría enriquecieron cada etapa de esta investigación.

Y Rayla, por toda la alegría que me brinda al llegar a casa, su cariño y energía iluminan mis días más oscuros.

AGRADECIMIENTO

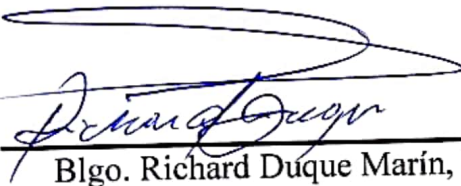
Agradezco en primera instancia a la UPSE y a la Facultad Ciencias del Mar, Carrera de Bióloga, por haberme dado la oportunidad de materializar mi sueño de ser bióloga. La colaboración, el empeño y la ayuda brindada por la tutora magister, Blga. Mayra Cuenca, lo cual ha hecho posible la realización de la presente tesis.

Agradezco también la colaboración de instituciones como la ESPAM MFL por haberme dado la oportunidad de utilizar sus laboratorios, la colaboración de profesionales como el magister Víctor Pinargote Bravo por su ayuda desinteresada y amigos como Denisse Jiménez quien siempre me estuvo apoyando en momentos difíciles.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Emily Johana Loor Pinargote** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2024



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC II

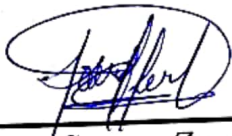
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

DIRECTOR/A DE CARRERA

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

DOCENTE TUTOR

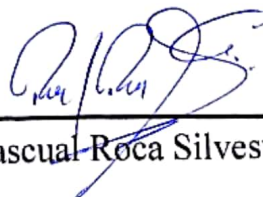
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, M.Sc.

PROFESOR DE ÁREA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

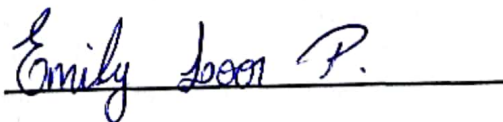


Lcdo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.

SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

Declaración expresa

Yo, **EMILY JOHANA LOOR PINARGOTE** con cédula de identidad 1313821116 declaro bajo juramento que la responsabilidad por las ideas, contenido y análisis de los resultados expuestos en el presente trabajo de titulación "MICROALGAS EN LOS RÍOS GARRAPATA Y GRANDE, PROVINCIA DE MANABÍ" corresponden de manera exclusiva y el patrimonio intelectual del mismo lo con la Universidad Estatal Península Santa Elena,



Emily Loor Pinargote
C.I.1313821116

CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. OBEJTIVO GENERAL.....	5
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3. HIPÓTESIS	6
Capítulo II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Generalidades de las microalgas	7
2.2. Clasificación	7
2.2.1. Bacillariophyta (Diatomeas).....	8
2.2.2. Chlorophyta (Algas verdes)	8
2.2.3. Cyanophyta (Cianobacterias)	9
2.2.4. Dinophyta (Dinoflagelados)	10
2.2.5. Euglenophyta.....	10
2.2.6. Ochrophyta	11
2.3. Microalgas en aguas continentales	11
2.4. Funciones ecológicas de las microalgas	12
2.4.1. Producción primaria y fotosíntesis.....	12
2.4.1. Interacción con otros organismos.....	13
2.5. Parámetros físico-químicos que afectan a las microalgas.....	13
2.5.1. Temperatura	13

2.5.2.	pH	14
2.5.3.	Oxígeno disuelto	14
2.5.4.	Nitritos (NO_2^-) y Nitratos (NO_3^-)	15
2.5.5.	Fosfatos (PO_4^-)	15
Capítulo III: METODOLOGÍA		16
3.1.	Área de estudio	16
3.2.1.	Fase de campo	17
3.2.2.	Toma de parámetros físicos-químicos	19
3.3.	Fase de laboratorio	19
3.3.1.	Identificación de microalgas	19
3.4.	Cuantificación de la densidad	20
3.5.	Índices ecológicos	20
3.5.1.	Índice de diversidad de Shannon-Weaver	21
3.5.2.	Índice de Pielou	21
3.5.3.	Índice de Simpson	22
3.5.4.	Análisis de datos	22
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		25
4.1.	Microalgas encontradas en los ríos Garrapata y Grande	25
4.2.	Densidad de especies	27
4.3.	Parámetros físicos-químicos	29
4.4.1.	Temperatura	29
4.4.2.	Oxígeno	31

4.4.3.	pH	32
4.4.4.	Nitrito	33
4.4.5.	Nitrato	34
4.4.6.	Fosfato.....	35
4.4.7.	Análisis de parámetros físico-químicos a lo largo de los nuestros.....	36
4.5.	Índices ecológicos (Shannon Weaver, Simpson y Pielou).....	37
4.6.	Comparación entre las variables físico-químicas y la diversidad de microalgas	39
4.7.1.	Correlación de Pearson de la Densidad de especies en los parámetros físico-químicos en el río Grande.....	41
4.7.2.	Correlación de Pearson de la Densidad de especies en los parámetros físico-químicos en el río Garrapata.....	42
4.7.3.	Regresión Lineal Múltiple	44
4.7.4.	Análisis de sensibilidad.....	47
4.7.5.	Análisis de Clustering	48
4.7.6.	Alto valor de R2	50
4.7.7.	p-Valores Significativos ($p < 0.05$):	51
4.8.	Comparación de la Diversidad entre los ríos Garrapata y Grande mediante Test de normalidad	51
4.8.1.	Test comparativo para la Diversidad de Shannon-Weaver.....	52
DISCUSIÓN.....		54
CONCLUSIONES.....		56

Recomendaciones.....	57
Bibliografía.....	58
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1 Zona de estudio Río Garrapata (azul) con sus respectivas estaciones y Río Grande (rojo) con sus respectivas estaciones	16
Figura 2: Estaciones de los ríos Garrapata y Grande con sus respectivas distancias	18

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Distribución en porcentaje de especies encontradas en los ríos Garrapata (GT) y Grande (GD), M corresponde al muestreo y E a la estación.....	26
Gráfica 2: Densidad de las especies de microalgas encontradas en el Río Grande (GD), donde M corresponde al muestreo y E a la estación.....	27
Gráfica 3: <i>Densidad en porcentaje de las especies de microalgas encontradas en el Río Garrapata (GT), donde M corresponde al muestreo y E a la estación.....</i>	28
Gráfica 4: Temperatura registrada durante los meses de monitoreo en Río Grande	30
Gráfica 5: Temperatura registrada durante los meses de monitoreo en Río Grande	30
Gráfica 6: Oxígeno disuelto(mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en Río Grande.....	31
Gráfica 7: Oxígeno disuelto (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en Río Garrapata.....	32
Gráfica 8: <i>pH registrado durante los meses de monitoreo en Río Grande.....</i>	32
Gráfica 9: pH registrado durante los meses de monitoreo en Río Garrapata.....	33

Gráfica 10: Nitrito (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande	34
Gráfica 11: Nitrato (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande	35
Gráfica 12: Fosfato (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande	35
Gráfica 13: Variables fisicoquímicos en los 5 muestreos de los ríos Garrapata y Grande. El azul representa la temperatura (°C), celeste corresponde al oxígeno (mg/L), pH es representado en color naranja, nitrito en naranja claro (mg/L), nitrato siendo representado en verde (mg/L) y fosfato corresponde a verde claro. En eje X se encuentran las muestras, M corresponde al monitoreo, E a la estación y entre paréntesis se encuentra el nombre del respectivo río, en el eje Y se muestra la concentración en unidades específicas para cada variable.	36
Gráfica 14: Índices ecológicos, donde M corresponde al monitoreo, E a la estación, GD a Río Grande y GT a Río Garrapata	38
Gráfica 15: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a la diversidad en el Río Garrapata.....	39
Gráfica 16: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a la diversidad en el Río Grande.....	40
Gráfica 17: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el río Grande	41

Gráfica 18: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el río Garrapata	42
Gráfica 19: Significancia de especies por p-valor y R^2 en el río Grande.....	44
Gráfica 20: Significancia de especies por p-valor y R^2 en el río Garrapata.....	47
Gráfica 21: Análisis de Clustering de las estaciones (E) 1 que corresponde al color rojo y 2 que corresponde al color azul del Río Grande	49
Gráfica 22: Análisis de Clustering de las estaciones (E) 1 que corresponde al color rojo y 2 que corresponde al color azul del Río Garrapata	50
Gráfica 23: Comparación del índice de Shannon-Weaver (diversidad) en los Ríos Garrapata y Grande, donde M corresponde al muestreo y E a la estación.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas del área de estudio.....	17
Tabla 2: Cronograma de recolección de muestras	19
Tabla 3: Resultados de Regresión Lineal Múltiple basado en p-valor y R^2 en el Río Grande	45
Tabla 4: Resultados de Regresión Lineal Múltiple basado en p-valor y R^2 en el Río Garrapata	46
Tabla 5: Test de normalidad para la Diversidad Shannon	51
Tabla 6: Test de comparación para la Diversidad Shannon	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Especies de microalgas presentes en cada estación de los ríos Garrapata y Grande.....	66
Anexo 2: Parámetros físico-químicos registrados a lo largo de los 5 muestreos (M) y estaciones (E).....	67
Anexo 3: Parámetros físico-químicos registrados a lo largo de los 5 muestreos (M) y estaciones (E) del Río Garrapata	68
Anexo 4: Tabla de los índices de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou, donde M corresponde al monitoreo, E a la estación, GT al río Garrapata y GD al río Grande	69
Anexo 5: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el río Grande	70
Anexo 6: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el río Garrapata	71
Anexo 7: Microalgas identificadas en los ríos Garrapata y Grande.....	76
Anexo 8: Colecta de las muestras de microalgas por arrastre	77
Anexo 9: Toma de parámetros físico-químicos	77
Anexo 10: Toma de parámetros in Citu.....	77
Anexo 11: Etiquetado de las muestras.....	77
Anexo 12: Utilización de la cámara Sedgewick Rafter para conteo celular	77
Anexo 13: Conteo celular y registro	77

ABREVIATURAS

M: Muestreo

E: Estación

GD: Río Grande

GT: Río Garrapata

NO₂: Nitrito

NO₃: Nitrato

PO₄: Fosfato

Mg/L: Miligramos por litro

Cell/ml: Células por mililitro

pH: Potencial de hidrógeno

OD: Oxígeno disuelto

RESUMEN

El presente estudio analizó la diversidad y abundancia de microalgas en relación con los parámetros físico-químicos en los ríos Garrapata y Grande, Manabí, Ecuador. Se plantearon como objetivos identificar y cuantificar la diversidad y abundancia de microalgas, además de establecer su correlación con variables como temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y fosfatos. La investigación incluyó cinco muestreos quincenales en cuatro estaciones por río, para la recolección de muestras se utilizó una red de arrastre de 45µm. La identificación de las especies se realizó con microscopía óptica y guías especializadas, mientras que la cuantificación se efectuó con una cámara Sedgewick-Rafter. Los parámetros físico-químicos fueron registrados in situ (temperatura, pH, oxígeno disuelto) y en laboratorio (nitritos, nitratos, fosfatos). Teniendo como resultado 43 especies identificadas en el río Garrapata, destacando *Pediastrum tetra* y *Fragilaria capucina*, y 42 en el río Grande, donde predominaron *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Phormidium sp.*. El análisis de Pearson evidenció correlaciones positivas entre el fosfato y especies como *Pediastrum duplex* (0.79) y *Rhopalodia gibba* (0.90), sugiriendo una influencia en ambientes eutróficos. Asimismo, el nitrito tuvo un impacto en la densidad de *Anabaena flos-aquae* (0.90) y *Epithemia turgida* (0.86). El río Grande mostró mayores concentraciones de fosfatos (0.88 mg/L), mientras que el río Garrapata presentó temperaturas de hasta 35 °C y niveles superiores de oxígeno disuelto (8 mg/L). Los resultados confirmaron la hipótesis alternativa (H1), que establece que los parámetros físico-químicos influyen en la abundancia de microalgas en ambos ríos. Se recomienda implementar un monitoreo continuo de los niveles de nutrientes.

Palabras clave: Microalgas, diversidad, índice de Shannon, parámetros físico-químicos, densidad, río Garrapata, río Grande, Manabí, Ecuador

ABSTRACT

The present study analyzed the diversity and abundance of microalgae in relation to the physicochemical parameters in the Garrapata and Grande rivers, Manabí, Ecuador. The objectives were to identify and quantify the diversity and abundance of microalgae, as well as to establish their correlation with variables such as temperature, dissolved oxygen, nitrites, nitrates, and phosphates. The research included five bi-weekly samplings at four stations per river, and a 45 µm drag net was used for sample collection. Species identification was carried out using optical microscopy and specialized guides, while quantification was performed with a Sedgewick-Rafter chamber. The physicochemical parameters were recorded in situ (temperature, pH, dissolved oxygen) and in the laboratory (nitrites, nitrates, phosphates). The results identified 43 species in the Garrapata River, with *Pediastrum tetra* and *Fragilaria capucina* being prominent, and 42 species in the Grande River, where *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Phormidium* sp. predominated. The Pearson analysis showed positive correlations between phosphate and species such as *Pediastrum duplex* (0.79) and *Rhopalodia gibba* (0.90), suggesting an influence in eutrophic environments. Additionally, nitrite had an impact on the density of *Anabaena flos-aquae* (0.90) and *Epithemia turgida* (0.86). The Grande River showed higher concentrations of phosphates (0.88 mg/L), while the Garrapata River had temperatures as high as 35°C and higher dissolved oxygen levels (8 mg/L). The results confirmed the alternative hypothesis (H1), which states that physicochemical parameters influence the abundance of microalgae in both rivers. Continuous monitoring of nutrient levels is recommended.

Keywords: Microalgae, diversity, Shannon index, physicochemical parameters, density, Garrapata River, Grande River, Manabí, Ecuador.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los ríos son ecosistemas acuáticos de gran importancia debido a que sirven como fuente de alimento, medio de transporte, recreación para las actividades humanas y albergan una gran cantidad de microorganismos. Entre ellas encontramos a las microalgas que son esenciales en la dinámica ambiental y su influencia en la calidad del agua (Bojorge-García & Cantoral Uriza, 2016).

En cuanto a los ecosistemas acuáticos continentales del Ecuador, también es palpable esta importancia que se evidencia en sus servicios tanto culturales como de sustento. Además, es importante recalcar el potencial para el desarrollo de investigaciones científicas y educativas (Limburg, 2009). El río Chone tiene como afluentes a los ríos Garrapata y Grande, por tanto, desempeñan un rol importante. Además, son vitales para la provisión de recursos hídricos, mantienen una biodiversidad y respaldan las diversas actividades de la localidad (GADM Chone, 2013).

Debido a que las microalgas son productores primarios, se considera que cumplen un papel crucial en los ecosistemas fluviales, son fuente de alimento de diversidad de organismos acuáticos en los ríos, también contribuyen a la producción de oxígeno y calidad del agua (Martínez-Silva, 2015). Además de ser productores primarios, las microalgas pueden ser indicadoras de la calidad del agua, esto debido al desarrollo de indicadores taxonómicos (Derot, y otros, 2020).

La creciente actividad humana en las proximidades de los ríos Garrapata y Grande no solo ha aumentado la presión sobre estos cuerpos hídricos, sino que

también ha intensificado la descarga de desechos, la deforestación y la introducción de productos químicos, incrementando significativamente el riesgo de contaminación. Esta situación plantea desafíos considerables para la preservación de la integridad ecológica de los ríos y su biodiversidad, en especial para las comunidades de microalgas (Pernía, Mero, Cornejo, & Zambrano, 2019). Por otro lado, existe el riesgo de que haya una eutrofización por actividades como la agricultura en áreas circundantes a estos ríos, generando problemas en este ecosistema como la disminución de la calidad del agua, reducción de oxígeno y potencial generación de toxinas perjudiciales para la vida acuática (Paredes García & Roldán Panaifo, 2022).

Los ríos Garrapata y Grande, además de ser de suma importancia para el desarrollo de la población local, han sido fundamentales para las actividades agrícolas e industriales; también han sido ecosistemas significativos que proporcionan una importante diversidad biológica, clave para mantener el equilibrio ecológico en la zona de interés (Gutiérrez C., Góngora P., & Melo C., 2008).

Sin embargo, específicamente en la región de Manabí, la investigación existente carece de una clasificación, distribución geográfica y rol ecológico en los ecosistemas de indicadores biológicos de microalgas y cianobacterias. Este hecho podría representar una amenaza potencial para la calidad del agua en las cuencas de estos ríos y para la biodiversidad asociada. En este contexto, se necesita con urgencia una investigación específica sobre la diversidad y distribución de microalgas como base para futuras estrategias a largo plazo en el campo de la conservación y manejo de cuerpos de agua.

JUSTIFICACIÓN

Como en el caso de la población local de Chone, los recursos hídricos son una fuente de agua potable, riego y otros fines agrícolas e industriales para la salud y el bienestar a nivel comunitario. Los ríos Garrapata y Grande son explotados por los recursos alóctonos, los cuales provienen de las actividades agrícolas e industriales. Según Tapia y Naranjo (2015) si se encuentran ciertas especies de microalgas en los ambientes acuáticos, pueden servir como indicadores sobre la calidad del agua.

. Variaciones en la composición y abundancia de las microalgas pueden indicar cambios en las condiciones ambientales y la presencia de contaminantes (Molina Alor, 2018). Debido a que las comunidades de microalgas interactúan de forma continua con las condiciones abióticas y bióticas, de las cuales se considera que las condiciones abióticas relevantes en el desarrollo de las especies de microalgas son la temperatura, la luz solar, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes.

Las microalgas pueden desempeñar el de bioindicadores de la calidad del agua y la salud de los ríos, además de poder ayudar a identificar posibles efectos de la actividad humana en los ecosistemas acuáticos. La sobre carga de nutrientes o eutrofización es un fenómeno que va en aumento en muchos cuerpos fluviales, planteando nuevos desafíos ambientales. Según Véliz Cedeño y Seni Pinoargote (2022), esta situación de eutrofización favorece la proliferación excesiva de microalgas, afectando gravemente la salud de los ecosistemas acuáticos.

Poder comprender la influencia que tienen los parámetros físico-químicos en la dinámica y distribución de las microalgas en los ríos Garrapata y Grande de la provincia de Manabí, ayudará a contribuir al conocimiento de la diversidad de las microalgas presentes en ambos ríos y la relación que tienen con las variables físico-químicas, de modo que puede servir como una línea base para futuras investigaciones en estos ecosistemas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBEJTIVO GENERAL

Comparar la diversidad de microalgas en los ríos Garrapata y Grande mediante arrastre superficial y a través de observación microscópica determinando la relación los parámetros físicos-químicos.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de microalgas presentes en cada uno de los ríos mediante microscopía directa.
- Analizar las mediciones de parámetros físico-químicos del agua en las estaciones de muestreo mediante el uso del Software Phytom
- Relacionar los parámetros físico-químicos del agua con la composición y abundancia de las especies de microalgas

1.3. HIPÓTESIS

.

H1: Los parámetros físico-químicos influyen en la abundancia de microalgas de los ríos Garrapata y Grande

.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades de las microalgas

Las microalgas o fitoplancton son microorganismos que llevan presentes en la tierra desde hace millones de años, contienen clorofila a y otros pigmentos fotosintéticos, siendo capaces de realizar fotosíntesis oxigénica (Salgado Rivera *et al.*, 2019). Dependen de la luz solar, por lo tanto, suelen habitar la zona eufótica y optimizando su tiempo de residencia en los estratos superiores de la columna gracias a diversas estructuras como flagelos, vacuolas de gas o aumento de la relación superficie/volumen (Urdiales, Granillo, & Villareal D., 2014).

El fitoplancton es conformado por un conjunto taxonómico, morfométrico y fisiológico diverso de algas y cianobacterias, las cuales poseen requerimientos diferentes y respuestas a parámetros físicos y químicos (Delgado & Fortuño Alós, 1991). Varias especies pueden coexistir e interactuar en un mismo cuerpo de agua debido a esta diversidad fisiológica. Además, permite una distribución espacial y una sucesión estacional de la comunidad, adaptándose a los cambios en los factores ambientales.

2.2. Clasificación

La clasificación de las microalgas se basa en las características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas, permitiendo agruparlas en diferentes categorías. Presentan una diversidad de organismos que van desde procariotas como cianobacterias y eucariotas como diatomeas y dinoflagelados. Los principales filos son:

2.2.1. Bacillariophyta (Diatomeas)

Las diatomeas aparecieron hace 185 millones de años y la mayor cantidad de biomasa se encuentran en ambientes marinos, son los principales productores primarios y fijadores de carbono. En agua dulce, representan un grupo abundante a que son planctónicos. Se pueden encontrar formando colonias o siendo unicelulares su pared celular (también denominada frústulo) está compuesto de sílice, otorgándole rigidez (Guamán Burneo & González Romero, 2016).

El frústulo se compone de dos mitades, las cuales reciben el nombre de tecas: la interna se denomina hipoteca, la externa epiteca y ambas se componen por valvas aplanadas. La valva superior se llama epivalva y tiene un mayor tamaño, mientras que la inferior toma el nombre de hipovalva y es de un menor tamaño que se unen por pequeñas bandas llamadas epicíngulo (por la epivalva) e hipocíngulo (por la hipovalva). Incluso algunos géneros pueden presentar rafe que son ranuras que atraviesan la valva de forma longitudinal (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

2.2.2. Charophyta

También llamadas algas verdes conjugadas, se encuentran en ambientes de agua dulce, desempeñan un rol importante en la ecología y evolución de las plantas. Se caracterizan principalmente por carecer de flagelos en cualquier etapa del ciclo de vida y porque se reproducen mediante conjugación, en donde dos gametos ameboides se fusionan para formar un cigoto resistente, se encuentran de forma unicelular y su presencia puede indicar la calidad del agua, debido a que algunas

especies son sensibles a contaminantes, mientras que otras proliferan en condiciones eutróficas (Guamán Burneo & González Romero, 2016).

2.2.3. Chlorophyta (Algas verdes)

Este grupo de algas es muy diverso y pueden encontrarse en ecosistemas tanto acuáticos (marino-costeros) siendo abundantes en agua dulce de forma bentónica o planctónica como en ambientes terrestres (rocas y troncos de árboles). Son unicelulares, pluricelulares o cenocíticas. La característica principal es la presencia de clorofilas a y b, almidón y flagelos en forma de látigo (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

Las paredes celulares tienen celulosa como componente principal, aunque a veces es reemplazada por xilanos y mananos. Los cloroplastos tienen una envoltura de doble membrana sin retículo endoplasmático y tilacoides agrupados en bandas. Las vacuolas contráctiles, presentes en células vegetativas y biflageladas, controlan el contenido de agua y eliminan desechos de las células (Guamán Burneo & González Romero, 2016).

2.2.4. Cyanophyta (Cianobacterias)

Son el único grupo procariota que conforman las algas, se encuentran formando colonias o siendo unicelulares, habitan ambientes acuáticos y terrestres. Han desarrollado mecanismos químicos (toxinas) y físicos (forman grandes colonias) para evitar ser alimento del zooplancton. Contienen clorofila a y varios complejos de ficobilinas, aloficocianina, ficocianina (azul) y ficoeritrina (rojo) que producen una variedad de pigmentaciones. no poseen núcleo verdadero, pero si

organelos, también presentan diferentes formas como esféricas, ovales, filamentos como bastones e irregulares (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

2.2.5. Dinophyta (Dinoflagelados)

También conocidos como dinoflagelados, son un grupo mayoritariamente marino y cosmopolita. Morfológicamente son diversos y principalmente unicelulares, aunque también forman colonias. Tienen sacos que contienen láminas de celulosa, que varían en forma desde ovaladas, redondas hasta en forma de pera. En los plastidios se encuentran pigmentos como la clorofila *a* y *c2*, varios carotenoides como peridina y varias xantinas (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

La célula se divide en dos partes gracias al cíngulo, la parte anterior es el episoma o epicono y la posterior es el hiposoma o hipocono. Si la célula está cubierta de una teca, ambos términos equivalen a la epiteca e hipoteca repectivamente. La envoltura celular es una membrana celular compleja que consta de vesículas ubicadas debajo de la cáscara y poseen una mitocondria tubular y cloroplastos libres con forma discoidal o lobular. Su movilización es gracias a dos flagelos desiguales (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

2.2.6. Euglenophyta

Son organismos unicelulares que habitan en ambientes de agua dulce que son conocidos como algas euglenoides y presentan clorofila *a* y *b*, se distinguen por la presencia de carotenoides. La mayoría de las especies son unicelulares libres, aunque no están exentas de formar colonias en donde sus células se encuentren interconectadas por hebras mucilaginosas. Un tercio de las especies son organismos fotosintéticos mientras que el resto son heterótrofos o fagotróficos

por lo que generalmente se lo colocan en los protozoos (Guamán Burneo & González Romero, 2016).

Carece de pared celular, pero debajo del plasmalema se encuentra la membrana celular, o membrana proteica, que le da a la célula su apariencia estriada. En algunas especies, el periplasto es flexible, lo que le permite cambiar de forma, mientras que en otras es rígido. Tiene un núcleo visible circular o elíptico y flagelos que proporcionan motilidad (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

2.2.7. Ochrophyta

Son organismos heterocontos, que incluyen formas unicelulares, coloniales y filamentosas de color pardo, se caracterizan por la presencia de clorofilas a y c en sus plastidios, junto con pigmentos como carotenos y fucoxantina. La mayoría son autótrofos, aunque algunos pueden ser heterótrofos facultativos, y poseen células con flagelos heterocontos. Estos organismos son una fuente primaria de alimento para el zooplancton en ambientes de agua dulce, aunque también se encuentran en hábitats marinos y terrestres húmedos (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

Sus paredes celulares contienen celulosa y, en algunas especies, sílice. Las células presentan uno o más plastidios, rodeados por dos membranas de cloroplasto y dos membranas del retículo endoplasmático. Los tilacoides se agrupan en tríos, con una lamela zonal que los envuelve, y las células pueden contener fibrillas de quitina y otros polisacáridos (Mercado-Reye & Álvarez-Montero, 2022).

2.3. Microalgas en aguas continentales

Existe una gran diversidad taxonómica en las formas de microalgas continentales, desde unicelulares hasta formas multicelulares más complejas. Esto

les permite ocupar hábitats acuáticos con una amplia tolerancia, a veces incluso en condiciones bastante extremas de cambios en salinidad, temperatura y disponibilidad de luz. Esto favorece la evolución de aquellos organismos que están más especializados en características morfológicas y fisiológicas, colocándolos en una mejor posición para prosperar en un entorno cambiante. Esta adaptabilidad no solo aseguraría la supervivencia de los más aptos, sino también el mantenimiento de su funcionalidad ecológica bajo diversas condiciones, como parece ser el caso de algunas especies formadoras de tapetes que reciclan nutrientes debido a la formación de biofilms y tapetes (Peralta-Roldán, Montoya, & Tarazona Delgado, 2021).

2.4. Funciones ecológicas de las microalgas

2.4.1. Producción primaria y fotosíntesis

Las microalgas son los productores primarios y los motores de los océanos, estas generan la mayor parte del alimento para otros organismos gracias a la fotosíntesis. Ya que, transforman la luz solar en energía y liberando oxígeno, el fitoplancton es esencial para la vida en el planeta (Sánchez-Baracald & Cardona, 2020). Se cree que al menos la mitad del oxígeno que respiramos proviene de las microalgas, ya sean marinas o de agua dulce. Además de sustentar a otros organismos, las microalgas impulsan la productividad de los ecosistemas acuáticos (Parveen, A., Bhatnagar, P., Gautam, P. et al., 2023).

Como productores primarios constituyen la base de la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos, tienen la capacidad de transformar nutrientes inorgánicos como nitratos y fosfatos en biomasa orgánica que sirve de alimento para

el zooplancton. La red trófica en estos ecosistemas se mantiene gracias a este flujo de energía, ya que el crecimiento y producción de organismos superiores depende de la disponibilidad de microalgas como fuente de energía (Parveen, A., Bhatnagar, P., Gautam, P. *et al.*, 2023)

2.4.1. Interacción con otros organismos

Las microalgas son la base de la pirámide trófica acuática, alimentando al zooplancton y, por consiguiente, a organismos de niveles tróficos superiores. No obstante, una abundancia excesiva de nutrientes puede provocar florecimientos algales nocivos, reduciendo drásticamente los niveles de oxígeno en el agua y alterando el delicado equilibrio de los ecosistemas (Rojas-Villalta, *et al.*, 2024).

En ciclo el nitrógeno, las microalgas son clave en la absorción de nitratos y amonio, transformando estos compuestos inorgánicos en proteínas y otros compuestos esenciales. Esta absorción de nutrientes no solo promueve su propio crecimiento, sino que también regula la disponibilidad de nitrógeno en el ambiente acuático, lo cual es crucial para el equilibrio de los ecosistemas (Ayre , Mickan, Jenkins, & Moheimani , 2021). Además, las microalgas influyen indirectamente en el ciclo del fósforo y otros nutrientes a través de su interacción con bacterias y otros microorganismos (Parveen, A., Bhatnagar, P., Gautam, P. *et al.*, 2023).

2.5. Parámetros físico-químicos que afectan a las microalgas

2.5.1. Temperatura

La temperatura afecta significativamente el crecimiento, la fotosíntesis y la composición bioquímica de las microalgas. En general, para la mayoría de las especies de microalgas, el rango óptimo de crecimiento es entre 20°C y 30°C, y

fuera de este rango habrá efectos negativos como reducción de la fotosíntesis y crecimiento, incluso provoca daño celular a temperaturas extremas (Singh & Singh, 2015).

2.5.2. pH

La fotosíntesis, el crecimiento y la supervivencia de las microalgas están estrechamente vinculados al pH del medio acuático. Valores de pH óptimos favorecen la absorción de nutrientes y la actividad enzimática, mientras que condiciones extremas pueden desencadenar estrés oxidativo y dañar las células (Zerveas et al., 2021).

2.5.3. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto es un factor fundamental para el desarrollo de las microalgas, ya que influye directamente en procesos vitales como la fotosíntesis y la respiración. Durante las horas de luz, la actividad fotosintética de las microalgas genera un aumento significativo en los niveles de oxígeno en el medio acuático. Sin embargo, en condiciones de sobresaturación de oxígeno, pueden ocurrir efectos negativos como el estrés oxidativo, que afecta la productividad y el metabolismo celular. Niveles bajos de oxígeno disuelto, especialmente durante la noche, cuando las microalgas respiran y no fotosintetizan, pueden limitar su crecimiento y afectar las funciones metabólicas (López Muñoz & Bernard, 2021).

2.5.4. Nitritos (NO_2^-) y Nitratos (NO_3^-)

El nitrato es el compuesto nitrogenado principal que es asimilado por las microalgas. Aunque los nitritos también son utilizados por ellas, se convierte de forma rápida en otras fuentes de nitrógeno. Por tanto, se considera al nitrato un factor determinante en el crecimiento y productividad de las microalgas (Sanz-Luque et al., 2015).

2.5.5. Fosfatos (PO_4^-)

Las microalgas son organismos muy eficientes en el manejo del fósforo. Pueden acumular grandes reservas de este elemento cuando hay suficiente disponible y, cuando escasea, son capaces de reciclarlo internamente. Sin embargo, es importante mantener los niveles de fósforo bajo control, ya que un exceso puede provocar problemas ambientales como la eutrofización, mientras que una deficiencia puede limitar el crecimiento de las microalgas (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017).

Capítulo III: METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en los ríos Garrapata y Grande, ubicados en el cantón Chone de la provincia de Manabí – Ecuador (Figura 1). Donde el primer río (Garrapata de color rojo) abarca una distancia de 5.3 km y el segundo río (Grande de color azul) 5.4 km, teniendo ambos cuerpos de agua 4 estaciones que corresponden a las siguientes coordenadas (tabla 1).

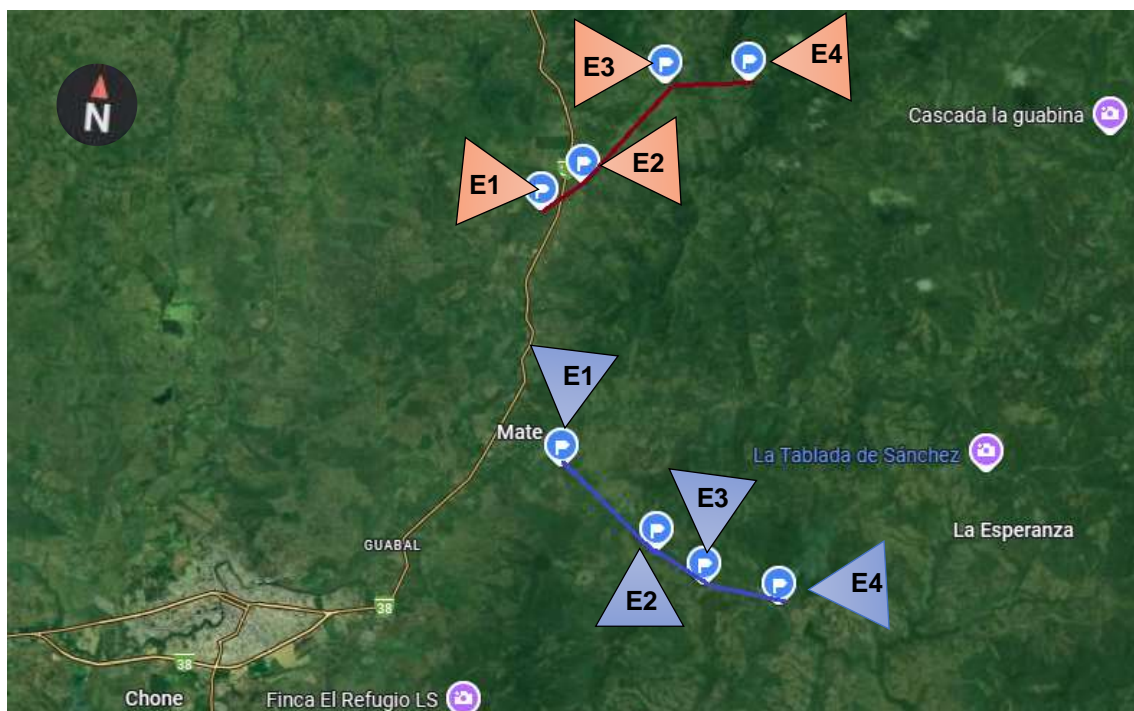


Figura 1: Zona de estudio Río Garrapata (azul) con sus respectivas estaciones y Río Grande (rojo) con sus respectivas estaciones

Fuente: (Google Earth, 2024)

Tabla 1: Coordenadas del área de estudio

RÍO GARRAPATA

ESTACIÓN	Longitud	Latitud
E1	0° 35' 59.15" S	79° 59' 57.15" W
E2	0° 36' 0.94" S	80° 0' 52.46" W
E3	0° 37' 7.25" S	80° 1' 47.54" W
E4	0° 37' 25.87" S	80° 2' 14.98" W

RÍO GRANDE

E1	0° 41' 48.08" S	79° 59' 36.78" W
E2	0° 41' 34.73" S	80° 0' 27.33" W
E3	0° 41' 11.61" S	80° 0' 58.11" W
E4	0° 40' 16.0" S	80° 2' 2.31" W

Elaborado por: Loor, 2024

3.2. Metodología

3.2.1. Fase de campo

La fase de campo se realizó en base a las recomendaciones de Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (UNMSM, 2014). Se tomó un total de cuatro estaciones de muestreo de forma lineal para los ríos Garrapata y Grande como se muestra en la figura 2. Se realizaron un total 5 muestreos para cada río que se hicieron cada 15 días durante dos meses y medio, es decir una frecuencia quincenal y se estableció un horario alternándose en

la mañana y tarde: en un muestreo, un río fue evaluado entre las 8:00 y las 11:00 a.m., mientras que el otro se analizó entre las 2:00 y las 5:00 p.m. (tabla)

Las muestras de microalgas se recolectaron mediante una red de arrastre de 45 μ m y dicho arrastre abarcó una distancia de 5 metros a una profundidad de 50 cm, luego se almacenaron en frascos de 100ml y se obtuvo dos muestras por cada estación con el fin de evitar su pérdida en el transporte, finalmente dichas muestras fueron preservadas con formol al 4% (UNMSM, 2014).

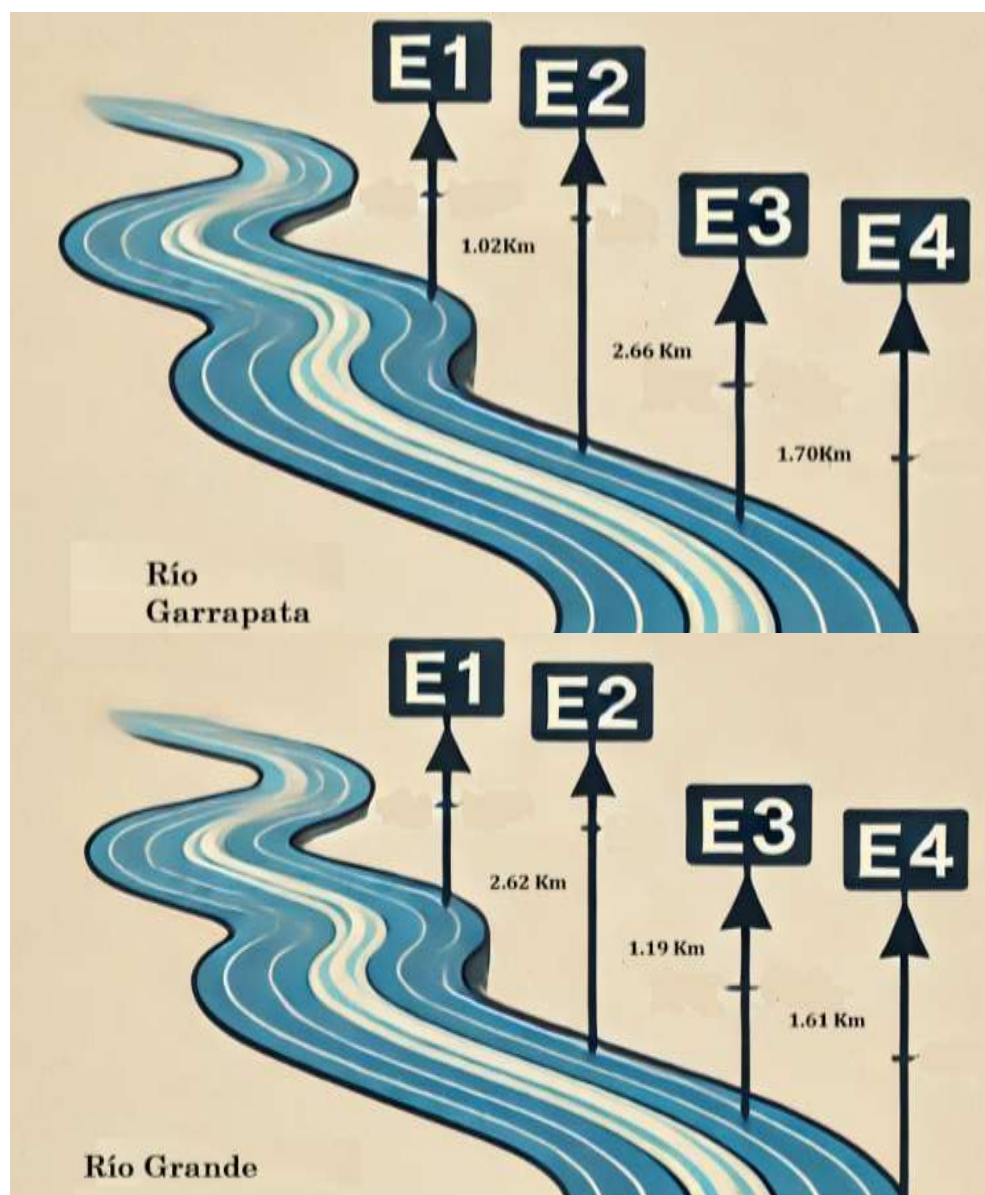


Figura 2: Estaciones de los ríos Garrapata y Grande con sus respectivas distancias

Tabla 2: Cronograma de recolección de muestras

Muestreo	Fecha	Río Grande	Río Garrapata
1	31-08-2024	8:00-11:00 a.m.	2:00-5:00 p.m.
2	15-09-2024	2:00-5:00 p.m.	8:00-11:00 a.m.
3	30-09-2024	8:00-11:00 a.m.	2:00-5:00 p.m.
4	15-10-2024	2:00-5:00 p.m.	8:00-11:00 a.m.
5	30-10-2024	8:00-11:00 a.m.	2:00-5:00 p.m.

3.2.2. Toma de parámetros físicos-químicos

Para medir el pH se utilizó un medidor combo PH y EC MW801 marca Milwaukee, se requirió un termómetro de mercurio para tomar la temperatura del agua y para el Oxígeno disuelto se utilizó un medidor Oxígeno Disuelto MW600 marca Milwaukee. Se recolectaron muestras de agua en la primera y última estación de cada río, las cuales fueron enviadas al laboratorio en la ESPAM MFL para estimar la concentración de los nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) mediante espectrofotómetro.

3.3. Fase de laboratorio

3.3.1. Identificación de microalgas

Se implementó el uso de un microscopio óptico en los objetivos 10x y 40x, lo que facilitó la observación de la morfología características de las microalgas, las guías utilizadas para la identificación de las especies de microalgas encontradas en los ríos Garrapata y Grande fueron:

- Catálogo de Microalgas y Cianobacterias de las Reservas Buenaventura y Jorupe, Jocotoco, Ecuador

- Catálogo de microalgas de Bahía de Todos Santos de Baja California.
- Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador
- Catálogo y claves de identificación de organismos fitoplanctónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico.
- Microalgas acuáticas: La otra escala de la biodiversidad en la Amazonia colombiana.
- Atlas de microalgas y cianobacterias, embalses Sucus y Mogotes.

3.4. Cuantificación de la densidad

Para la cuantificación de la densidad de microalgas, se utilizó una cámara de Sedgewick-Rafter, que es un dispositivo comúnmente empleado para contar organismos microscópicos. Previo a la cuantificación, se prepararon las muestras homogéneamente para garantizar una distribución uniforme de las microalgas en la cámara. La fórmula utilizada para calcular la densidad celular fue:

$$**Densidad** = \frac{\text{Número de microalgas} \times \text{Factor de dilución}}{\text{Volumen de la muestra}}$$

3.5. Índices ecológicos

Según el manual de métodos ecológicos de (Magurran, 2004), se utilizaron los siguientes índices ecológicos como Shannon-Weaver para la diversidad, Simpson para la dominancia de especies y Pielou para la equitatividad de las mismas.

3.5.1. Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Para evaluar la diversidad de microalgas en los ríos Garrapata y Grande, se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'), el cual es ampliamente utilizado en estudios ecológicos para medir la biodiversidad de una comunidad. La fórmula empleada fue:

$$H' = - \sum (p_i \times \ln p_i)$$

Donde:

- H' es el índice de diversidad de Shannon-Weaver
- p_i es la proporción de cada especie de la población
- \ln representa el logaritmo natural

3.5.2. Índice de Pielou

Para evaluar el grado de equitatividad en la distribución de las especies, se calculó el índice de equidad de Pielou (J'), que indica cuán equitativa es la comunidad en términos de abundancia relativa de las especies.

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

- H' es el índice de diversidad de Shannon-Weaver.
- S es el número total de especies.

3.5.3. Índice de Simpson

Se utilizó el índice de Simpson (D), que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie. Este índice pone mayor énfasis en las especies dominantes. La fórmula utilizada fue:

$$D = \sum \left(\frac{n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

Donde:

- D es el índice de Simpson
- n es el número total de organismos de una especie
- N es el número total de organismos de todas las especies

3.5.4. Análisis de datos

En el análisis de datos, se usó la plataforma Google Colaboratory, la misma que integra el lenguaje Python, mientras que en el programa Microsoft Excel donde se ingresaron los datos físico-químicos e índices ecológicos para su respectiva tabulación, para llevar a cabo el proceso se utilizó la siguiente metodología:

1. **Comparación entre las variables físico-químicas y la densidad de microalgas** se empezó realizando una matriz de correlación de Pearson con el objetivo de identificar las variables con mayor relevancia y su posible relación, luego se implementó una **Regresión Lineal Múltiple** con el objetivo de modelar la relación entre múltiples variables independientes

(oxígeno, temperatura, nitrato, nitrito y fosfato) y una variable dependiente, que en este caso es la densidad de cada familia de microalgas.

2. Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad basado en los coeficientes de la regresión lineal múltiple; en este caso se utilizaron el R^2 y el p-valor para, de tal manera que los altos valores de R^2 y la selección de predictores significativos fortalecen la robustez del modelo.

3. Análisis de Cluster

Se llevó a cabo un análisis de clustering para identificar las diferencias y similitudes en las variables físico-químicas entre las estaciones de muestreo (E1 y E2). Se seleccionaron las variables (temperatura, pH, oxígeno, nitrito, nitrato y fosfato) y se estandarizaron mediante la herramienta StandardScales de scikit-learn, asegurando una escala uniforme (media=0 y desviación estándar=1) para evitar el sesgo por diferencias en las unidades de medida. Posteriormente se aplicó la técnica del codo para determinar el número óptimo de clústeres. Este método consistió en calcular y graficar la inercia (suma de distancias cuadradas a los centroides) para valores de k entre 1 y 10, identificándose que los puntos óptimos correspondían a $k=2$ o $k=3$. Finalmente, se implementó el algoritmo K-means con $k=2$ y considerando el análisis del gráfico del codo se organizó las estaciones en dos clústeres, minimizando la distancia de los datos a sus centroides. Esto dio como resultado que cada estación fue asignada a un clúster de acuerdo a sus características físico-químicas y permitió identificar patrones de similitud entre ellas.

4. Comparación de la diversidad (índice de Shannon-Weaver) entre los ríos Garrapata y Grande

En la verificación de la normalidad de los datos de cada variable, se procedió a la aplicación de la prueba Shapiro-Wilk, un procedimiento esencial para seleccionar la prueba estadística adecuada: paramétrica (t-student) o no paramétrica (U de Mann-Whitney).

Se realizaron pruebas de comparación de medias, como las mencionadas anteriormente, para determinar si existía diferencias que fueran significativas de la diversidad de Shannon-Weaver en los ríos Garrapata y Grande.

Con la metodología antes mencionada se tiene los recursos suficientes para aceptar o rechazar la h_0 o h_1 .

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

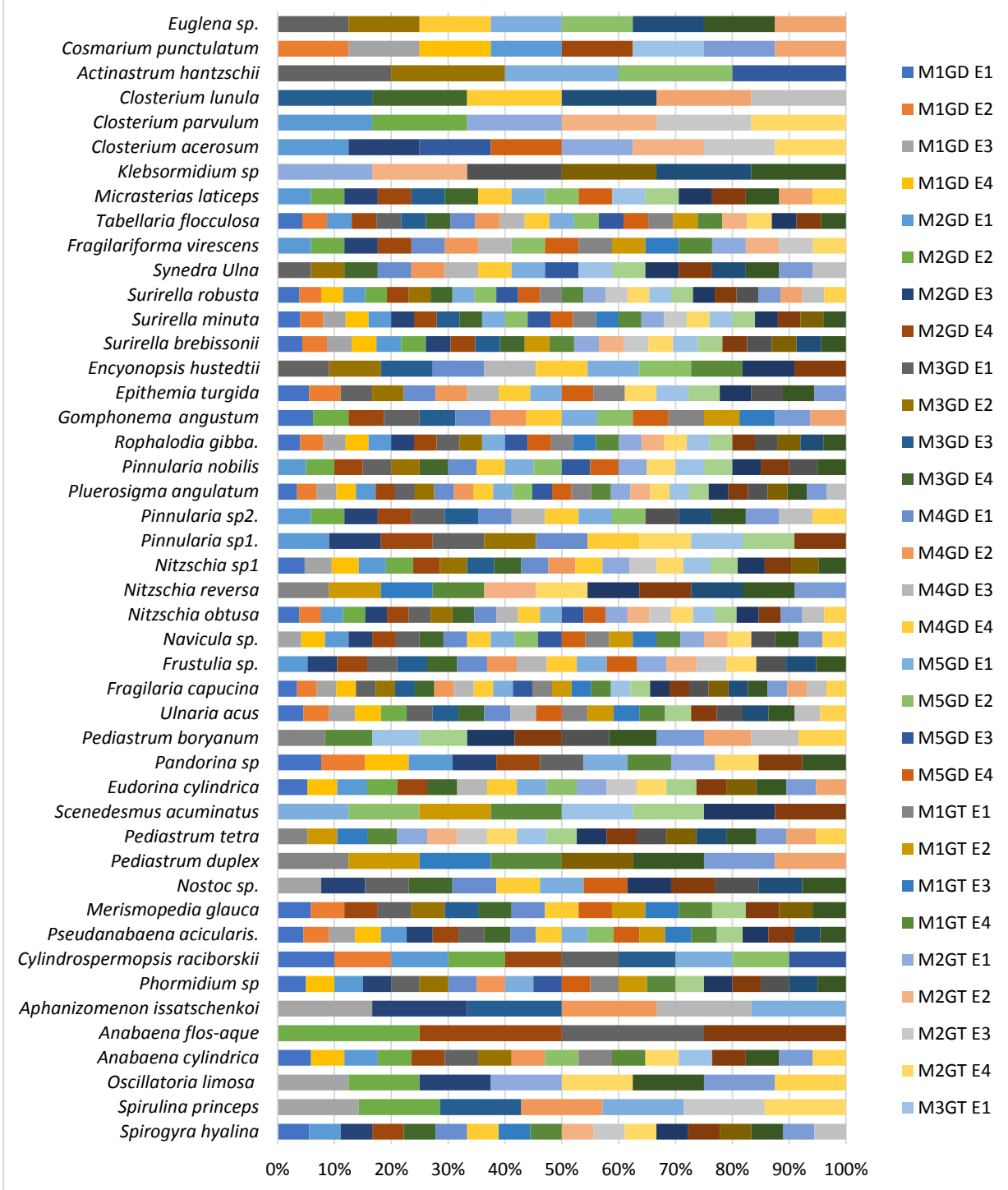
4.1. Microalgas encontradas en los ríos Garrapata y Grande

Se registraron un total de 45 especies durante los 5 monitoreos en ambos ríos como se muestra en el anexo 1 y 42 de ellas se presentaron en el río Garrapata, mientras que río grande presentó un total de 41 especies de microalgas. Por otro lado, las familias identificadas fueron 25 en el río Grande y 25 para el río Garrapata.

La gráfica 1 muestra la distribución porcentual de las distintas especies de microalgas encontradas en los ríos Garrapata (GT) y Grande (GD) durante los 5 muestreos (M 1-5) y sus respectivas estaciones (E 1-4), se observa una variabilidad en la composición de especies entre los diferentes puntos de muestreos. Algunas especies como *Surirella minuta*, *S. robusta*, *Nitzschia obtusa* y *Fragilaria capucina* se encuentran en diversas estaciones, mientras que especies como *Spirogyra hyalina* llegan a presentar una distribución más restringida.

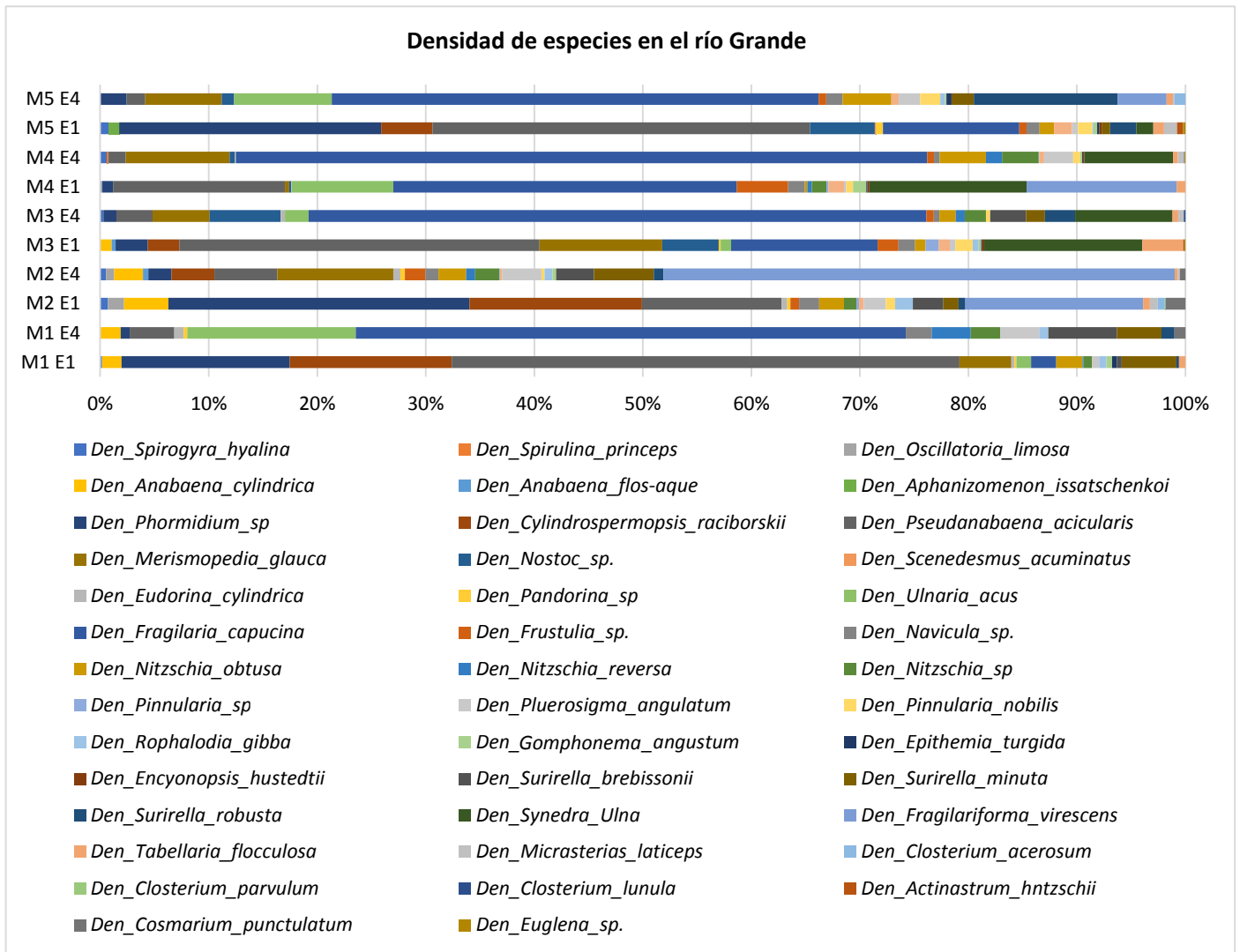
El río Garrapata presenta especies con patrones de distribución que se diferencian con aquellas especies asociadas al río Grande, lo cual sugiere en las condiciones ambientales diferentes en ambos cuerpos de agua.

Especies registradas en los ríos Garrapata y Grande



Gráfica 1: Distribución en porcentaje de especies encontradas en los ríos Garrapata (GT) y Grande (GD), M corresponde al muestreo y E a la estación.

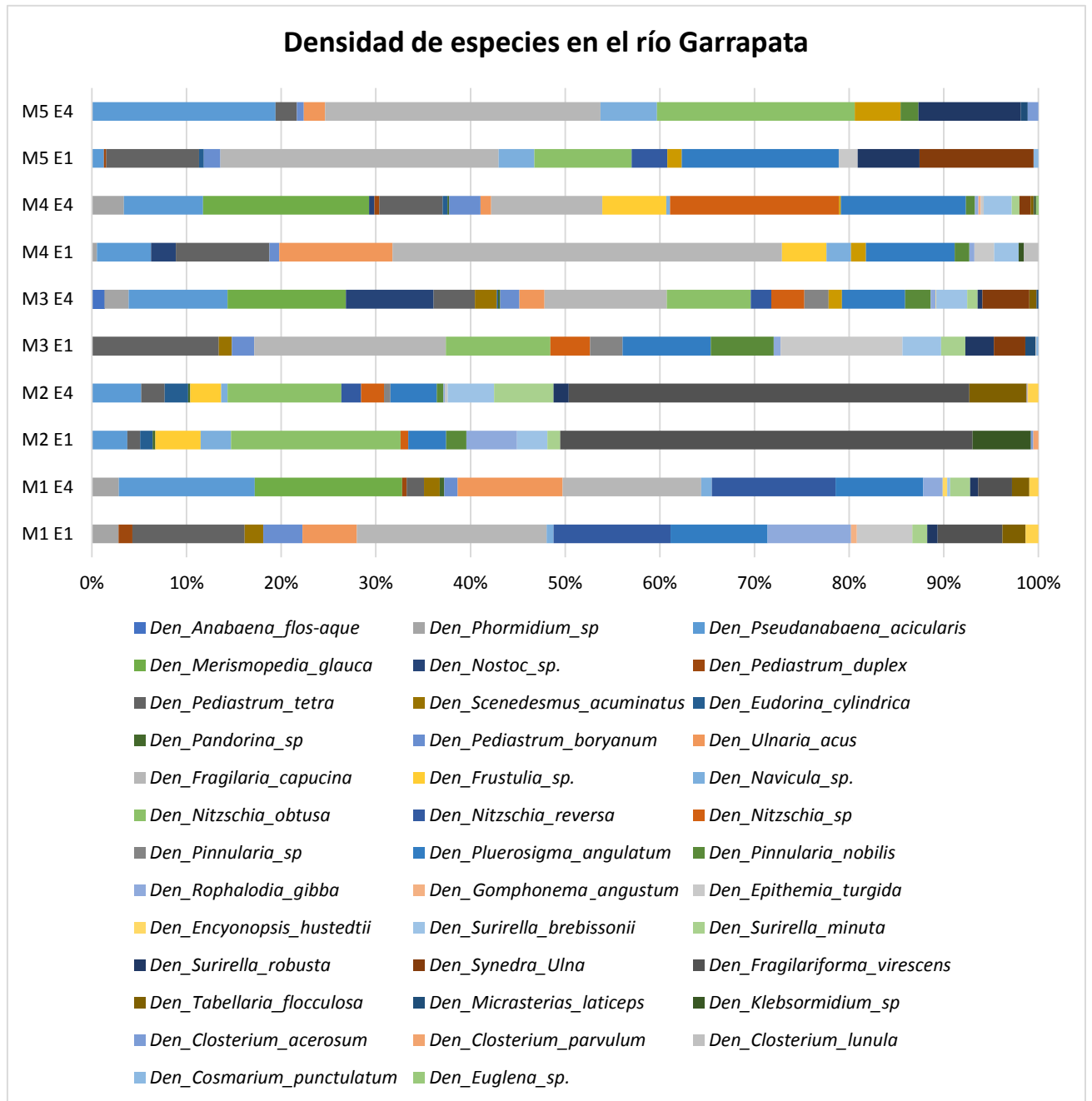
4.2. Densidad de especies



Gráfica 2: Densidad de las especies de microalgas encontradas en el Río Grande (GD), donde M corresponde al muestreo y E a la estación

Se puede observar en la gráfica 2 la densidad de especies en el río Grande, donde la distribución de las mismas no es uniforme. Es notable que algunas especies como *Surirella robusta* y *Nitzschia obtusa*, se registraron en la mayoría de las estaciones y otras como *Nostoc sp.* y *Oscillatoria limosa* tienen una distribución menos extendida. En cuanto a la dominancia y abundancia, especies como

Fragiliforma virescens llegan a dominar ciertas estaciones y monitoreo, en contraste con *Spirogyra hyalina* y *Anabaena flos-aque* son de una abundancia menor.



Gráfica 3: Densidad en porcentaje de las especies de microalgas encontradas en el Río Garrapata (GT), donde M corresponde al muestreo y E a la estación

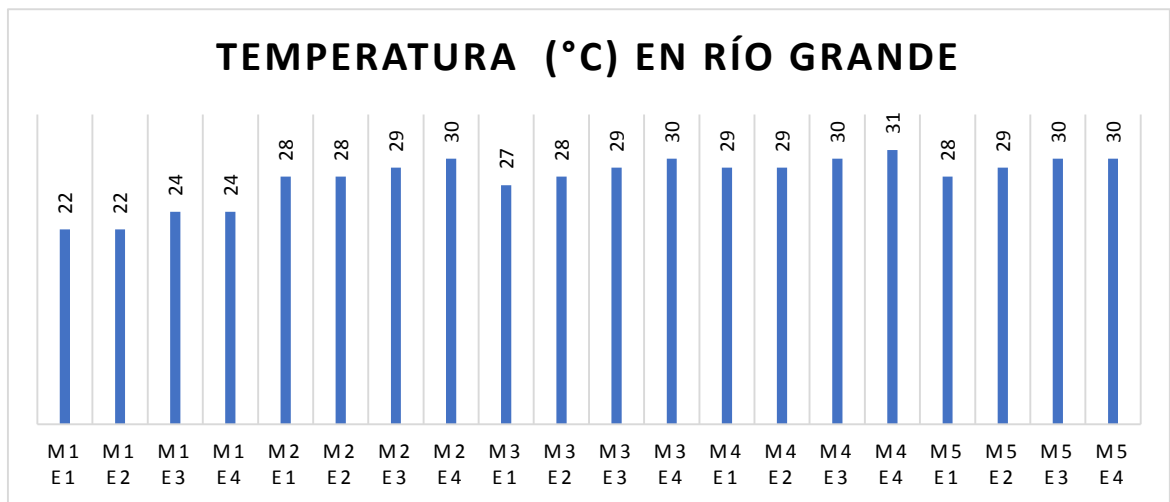
En la gráfica 3 se presenta la densidad existente de especies de microalgas en el río Garrapata, algunas especies como lo son *Fragilaria capucina* y las pertenecientes al género *Pediastrum* se registraron en diferentes estaciones a lo largo de los monitoreos, sugiriendo una distribución más extendida, contrastando con especies como *Spirogyra hyalina* y *Anabaena flos-aquae* que su distribución se muestra reducida, lo que puede sugerir que estas especies poseen una mayor sensibilidad a cambios en las condiciones ambientales.

4.3. Parámetros físicos-químicos

4.4.1. Temperatura

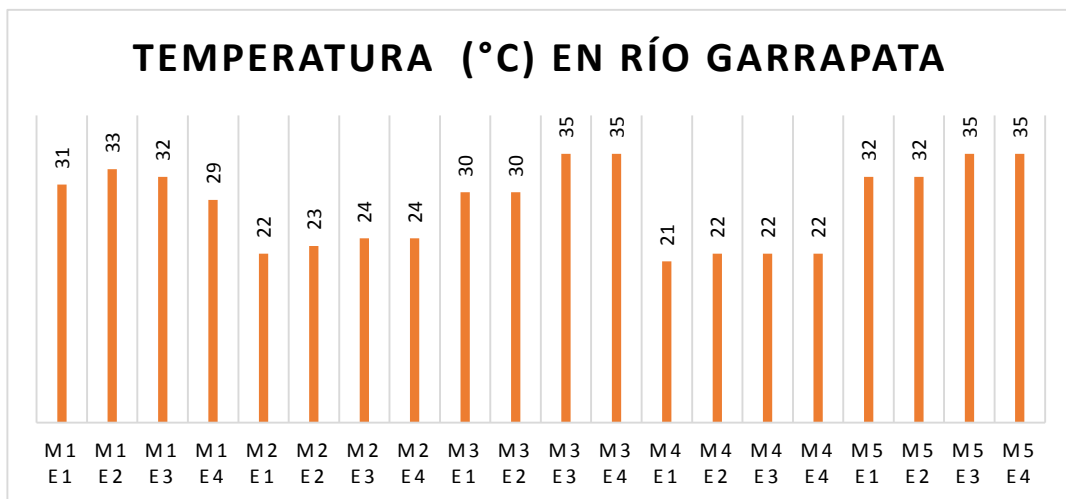
El monitoreo se realizó de manera alternada entre la mañana y la tarde en días diferentes, donde un monitoreo se efectuaba en la mañana (primeras cuatro muestras) y el siguiente en la tarde (siguientes cuatro muestras).

El río Grande presentó temperaturas que oscilaron entre un valor mínimo de 22°C y un máximo de 31°C, además de que la temperatura media en este cuerpo de agua fue de 27.8°C y en general las temperaturas bajas correspondieron a las mediciones matutinas, mientras que las mediciones correspondientes a la tarde corresponden a las más altas que se debe a la exposición sola, tal como se muestra en la gráfica 4.



Gráfica 4: Temperatura registrada durante los meses de monitoreo en Río Grande

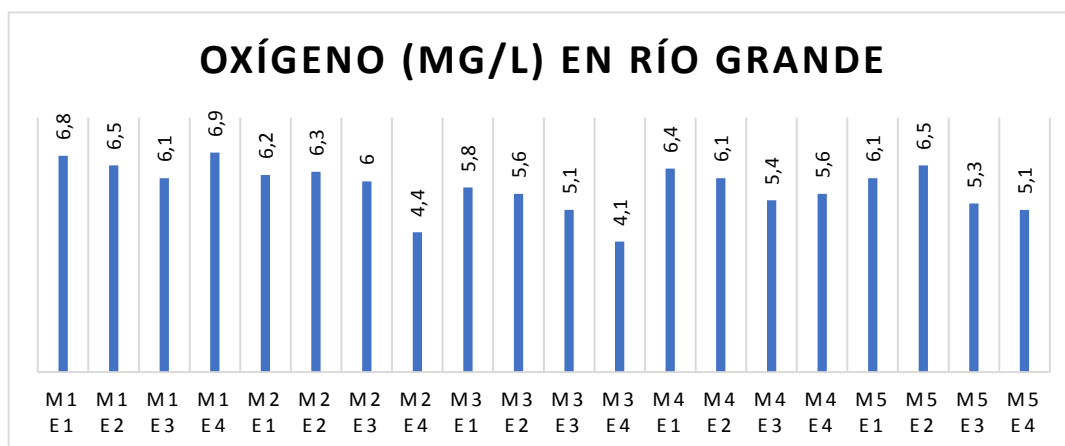
El río Garrapata presentó temperaturas que oscilaron entre un mínimo de 21°C y una máxima de 35°C, además su temperatura media fue de 28.1°C (Gráfica 5). Algunos puntos de la tabla presentaron temperaturas relativamente más bajas en contraste con los demás que podrían atribuirse la exposición solar.



Gráfica 5: Temperatura registrada durante los meses de monitoreo en Río Grande

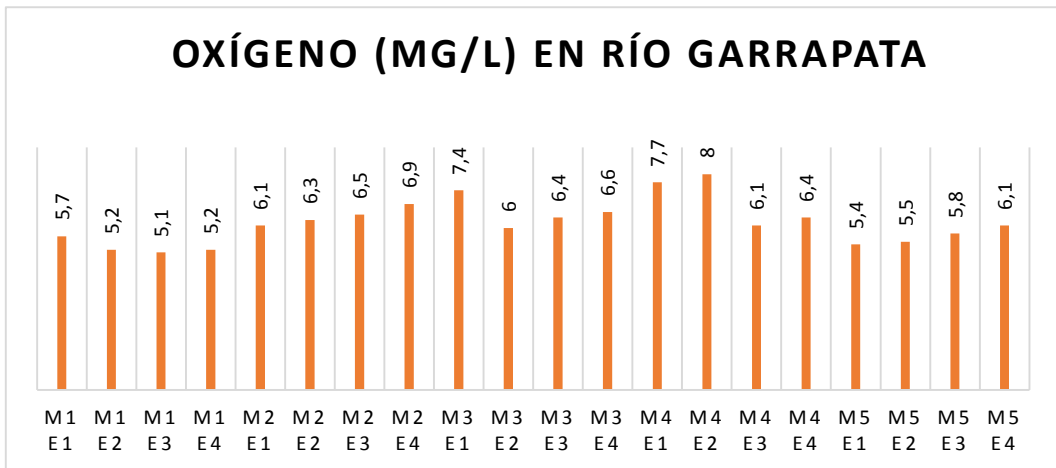
4.4.2. Oxígeno

El oxígeno disuelto registrado en el río Grande a lo largo de los monitoreos, se presenta en la gráfica 6 y se observó que tiene valores mínimos de 4 mg/L y máximos de 7 mg/L. Estaciones como M3E4 y M2E4 muestran los valores más bajos de 4.1 mg/L y 4.4 mg/L respectivamente, mientras que otras estaciones como lo son M1E4 y M1E1 llegaron a presentar los valores más altos de 6.9 mg/L y 6.8 mg/L respectivamente, mientras que el promedio fue de 5.8 mg/L.



Gráfica 6: Oxígeno disuelto(mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en Río Grande

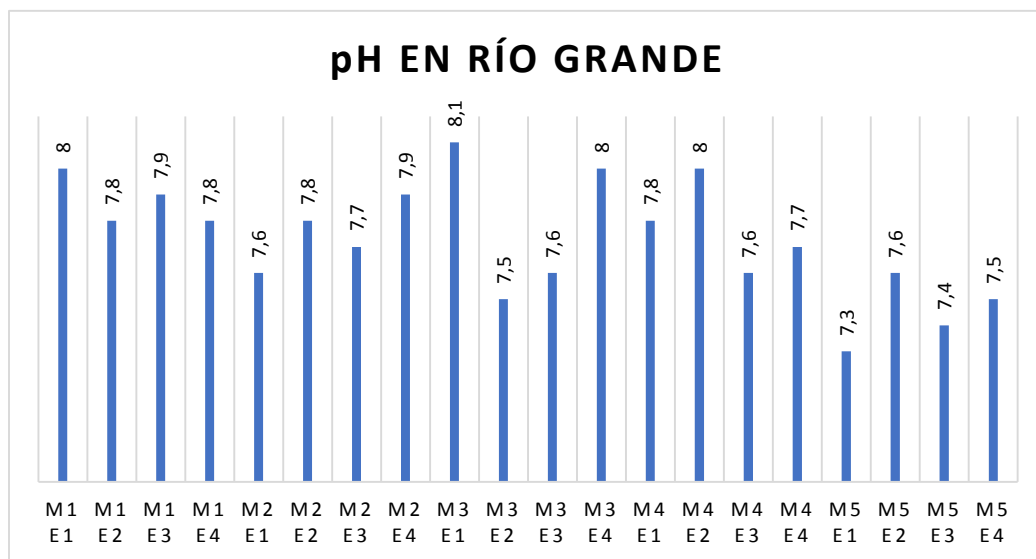
La gráfica 7 muestra las concentraciones de oxígeno disuelto que tenían variaciones entre 5.1 mg/L y 6.9 mg/L, los niveles intermedios correspondientes a las estaciones de monitoreos (M1 y M2) y teniendo una media de 7 mg/L.



Gráfica 7: Oxígeno disuelto (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en Río Garrapata

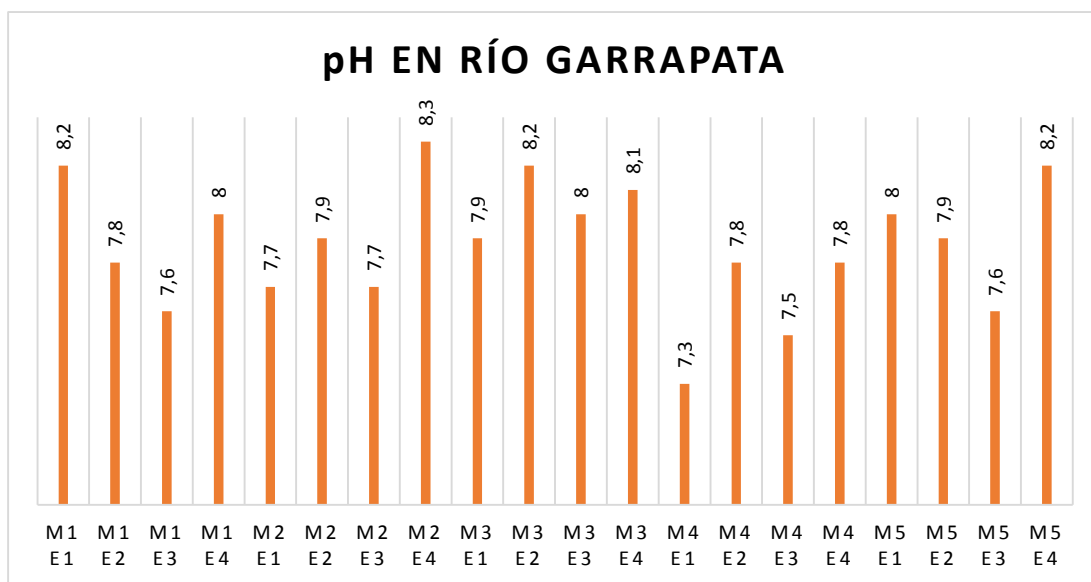
4.4.3. pH

El río grande mostró mediciones de pH que van de 7.0 a 8.1, esto sugiere que su carácter va de neutro a ligeramente alcalino. En los dos primeros monitoreos, el pH se mantuvo relativamente estable (7.6-7.9), mientras que el valor máximo de pH de 8.1 se registró en la estación M3. En las estaciones M4 y M5, los valores de pH fluctuaron ligeramente y se mantenían principalmente en el rango de 7.3 a 7.8 (Gráfico 8).



Gráfica 8: pH registrado durante los meses de monitoreo en Río Grande

El pH en el río Garrapata se muestra en el gráfico 9, los cuales fluctuaron entre un mínimo de 7 y un máximo 8.2. Lo que sugiere condiciones ligeramente alcalinas en algunos puntos. En los primeros monitoreos (M1) el pH se mantuvo constante, oscilando entre 7.8 y 8.0. Sin embargo, en los puntos siguientes (M 2-5), los valores de pH presentaron cierta variabilidad, con un notable pico de 8.2 en M3E2, seguido de un ligero descenso en M4. Para estabilizarse nuevamente en un intervalo de 7.6 y 8.8 en M5

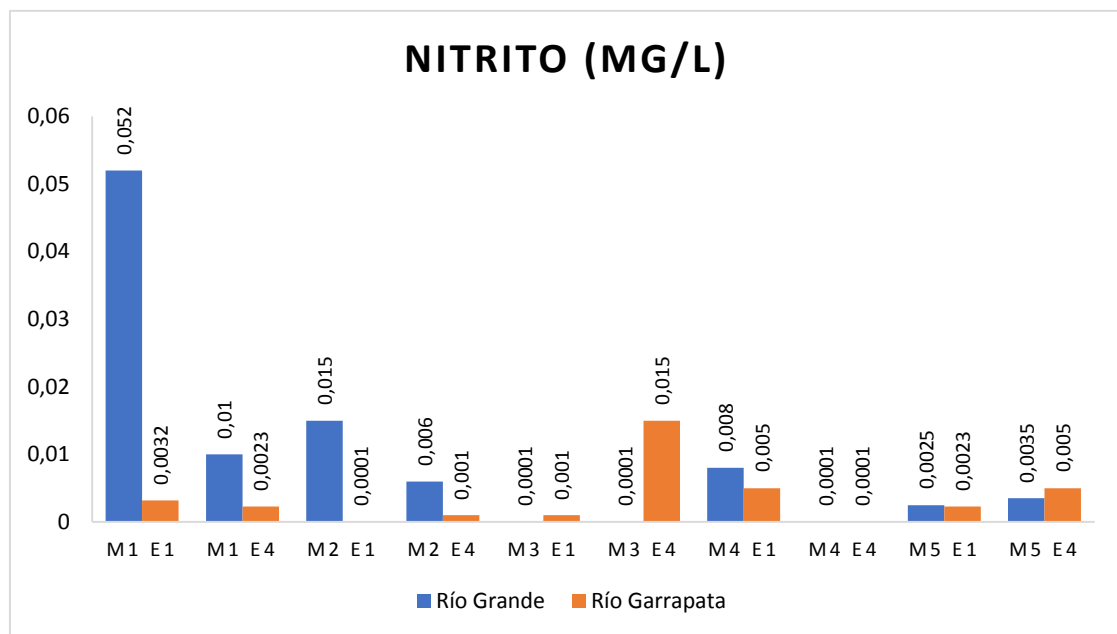


Gráfica 9: pH registrado durante los meses de monitoreo en Río Garrapata

4.4.4. Nitrito

La gráfica 10 muestra las concentraciones de nitrito en los ríos Garrapata (naranja) y Grande (azul) a lo largo de los monitoreos. El río Grande tuvo un amplio rango de niveles de nitrito, mostrando un valor máximo de 0.052 mg/L en M1E1. Mientras que la mayoría de las mientras exhibieron concentraciones de nitrito más

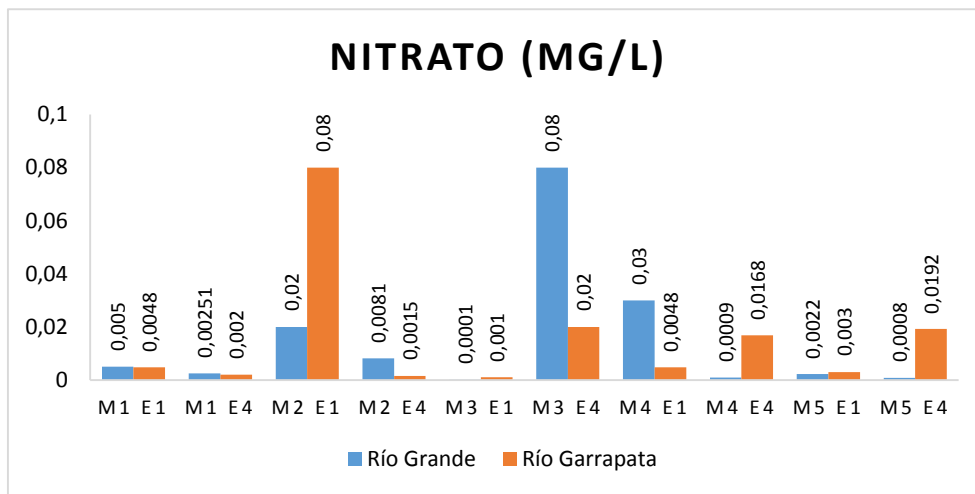
bajas, mayoritariamente por debajo de 0.01 mg/L. En contraste con el río Garrapata que presentó concentraciones de nitrito más bajas, siendo los valores mínimos por debajo de 0.001 mg/L, los más altos en M3E4 y M4E1 de 0.015 mg/L.



Gráfica 10: Nitrito (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande

4.4.5. Nitrito

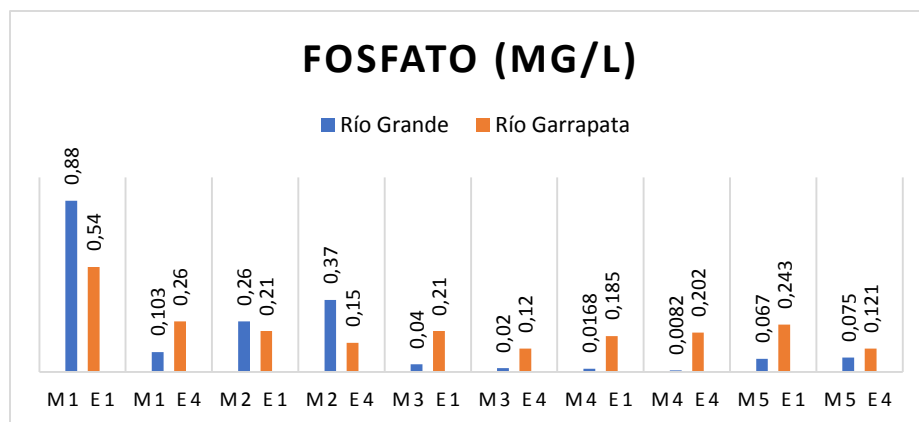
Los niveles de nitrito en el río Grande (barras azules) presentó un valor máximo de 0.08 mg/L en las muestras M2 E1 y M3 E4, mientras que en el resto de las muestras las concentraciones fueron menores, oscilando entre 0.0001 y 0.03 mg/L. En el río Garrapata (barras naranjas), las concentraciones de nitrito también alcanzaron un máximo de 0.08 mg/L en M2 E1, mientras que el resto de las muestras se mantuvieron en niveles más bajos, entre 0.0008 y 0.02 mg/L como se muestra en la gráfica 11.



Gráfica 11: Nitrato (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande

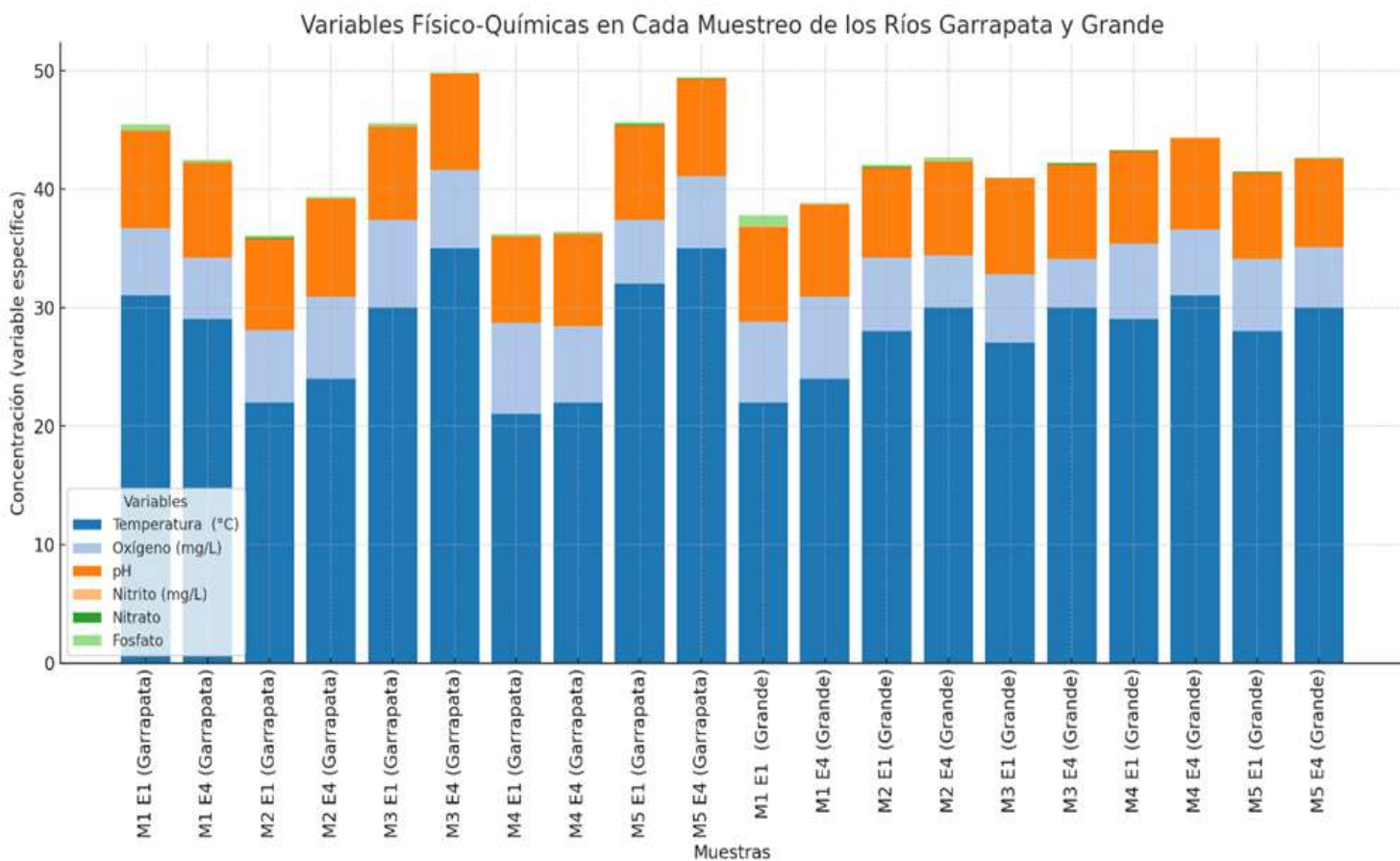
4.4.6. Fosfato

La mayor concentración de fosfato en GD fue 0.88 mg/L en M1E1, mientras que la mínima presentó 0.016 mg/L en M4E. Por otro lado, el Río Garrapata presentó un valor máximo de 0.54 mg/L en M1E1 y 0.12 mg/L en M3E4 como se muestra en la gráfica 12.



Gráfica 12: Fosfato (mg/L) registrado durante los meses de monitoreo en los ríos Garrapata y Grande

4.4.7. Análisis de parámetros físico-químicos a lo largo de los ríos



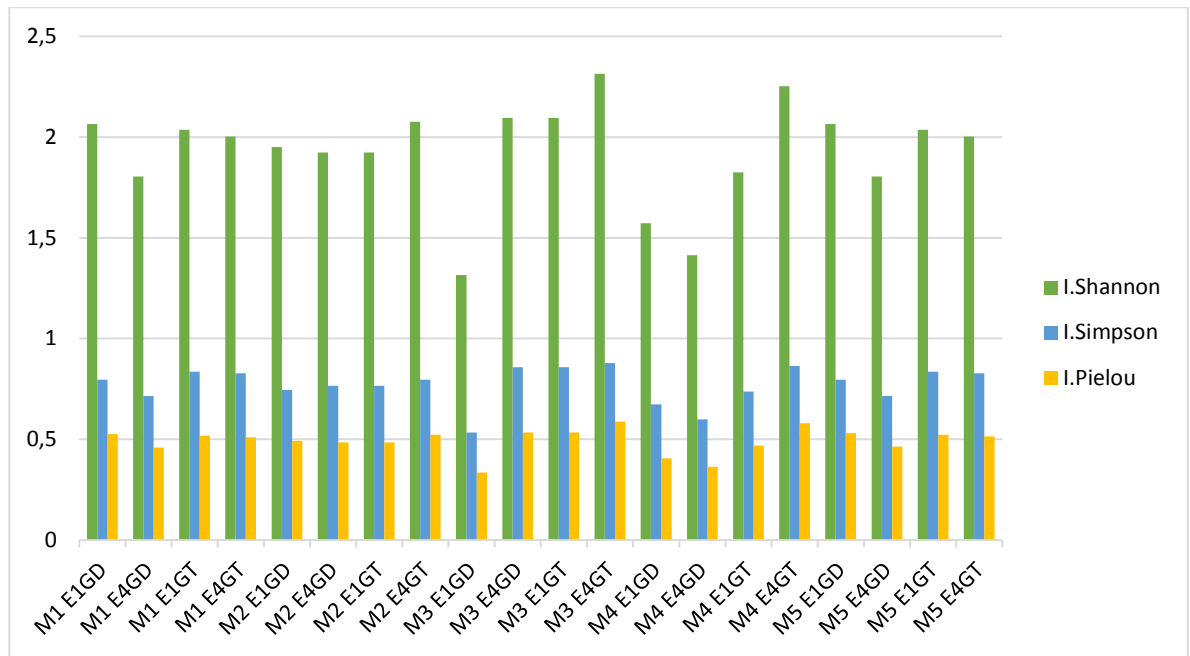
Gráfica 13: Variables físico-químicas en los 5 muestreos de los ríos Garrapata y Grande. El azul representa la temperatura (°C), celeste corresponde al oxígeno (mg/L), pH es representado en color naranja, nitrito en naranja claro (mg/L), nitrato siendo representado en verde (mg/L) y fosfato corresponde a verde claro. En eje X se encuentran las muestras, M corresponde al monitoreo, E a la estación y entre paréntesis se encuentra el nombre del respectivo río, en el eje Y se muestra la concentración en unidades específicas para cada variable.

La gráfica 13 muestra las diferentes concentraciones de las variables físico-químicas entre los ríos Garrapata y Grande. Ambos cuerpos de agua presentaron temperaturas similares, sin embargo, en algunos puntos, el río Garrapata registró temperaturas ligeramente más altas. Ambos cuerpos de agua presentaron un pH (naranja) ligeramente alcalino y sin diferencias significativas entre sí. Mientras que el oxígeno disuelto que es representado en color celeste, se puede observar

variaciones a lo largo de los monitoreos, en donde el río Garrapata expresó concentraciones de oxígeno más elevadas en comparación con el río Grande que, aunque presentó niveles de oxígeno aceptables, se puede apreciar una leve disminución como en el tercer muestreo (M3). Los nitritos (naranja claro) y nitratos (verde) presentaron niveles bajos y ligeramente similares en los ríos Garrapata y Grande. Por último, los fosfatos (verde claro) fueron bajos, aunque se observó un ligero aumento en M1E1 del río Grande.

4.5. Índices ecológicos (Shannon Weaver, Simpson y Pielou)

Los datos que se obtuvieron de los índices ecológicos durante el periodo de muestreo se muestran en la gráfica 13, donde la diversidad máxima fue 2.09 bits para M3 E4GD y M3 E1GT y los valores mínimos son 1.315 bits y 1.413 bits, para M3 E1GD y M4 E4GD respectivamente, debido a que los valores oscilan entre 1.3 y 2 bits, se considera una diversidad baja. Mientras que la dominancia del índice de Simpson mostró valores máximos de 0.87 bits en M3 E4GD y 0.86 bits en M4 E4GT, en cuanto a los valores mínimos, M3 E1GD presentó 0.53 bits y M4 E4GD con 0.67 bits. Por otro lado, la equitatividad del índice de Simpson presentó valores máximos de 0.53 para M3 E1GT y M5 E1GD, mientras que los valores mínimos fueron 0.33 en M3 E1GD y 0.4 en M4 E1GD

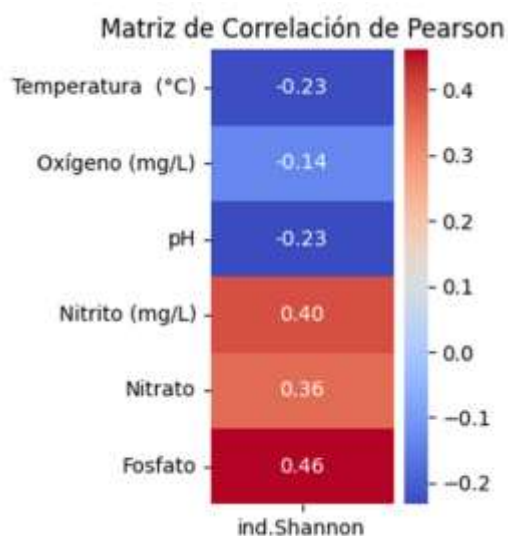


Gráfica 14: Índices ecológicos, donde M corresponde al monitoreo, E a la estación, GD a Río Grande y GT a Río Garrapata

4.6. Comparación entre las variables físico-químicas y la diversidad de microalgas

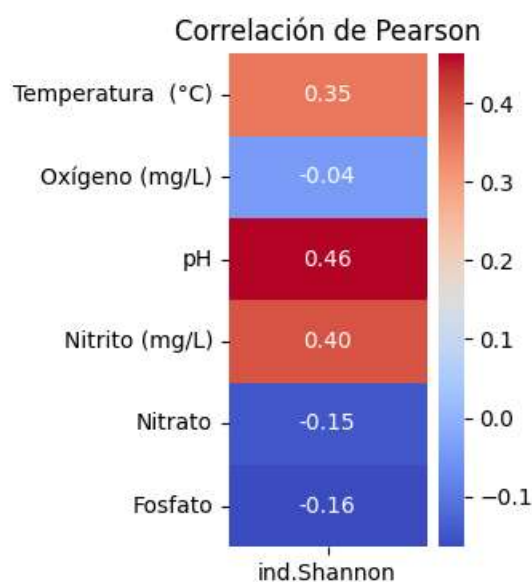
La comparación entre las variables físico-químicas y la diversidad, se realizó en base a los datos de los anexos 2, 3 y 4.

En el río Garrapata, existe una fuerte correlación positiva entre los niveles de fosfato (0.46) y nitrito (0.40) con el índice de diversidad de Shannon. Esto sugiere que estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento y la diversidad de las especies de algas. Por otro lado, la temperatura (-0.23), el pH (-0.23) y el oxígeno (-0.14) presentan correlaciones negativas débiles con el índice de Shannon, lo que indica que el aumento de estos parámetros puede reducir ligeramente la diversidad de especies (Gráfico 15). Este análisis sugiere que ciertos nutrientes (especialmente el fosfato y el nitrito) pueden ser importantes para mantener una alta diversidad de algas en este ecosistema, mientras que otros factores físicos y químicos tienen una menor influencia en la diversidad



Gráfica 15: Matriz de correlación de Pearson de las variables físicoquímicas del agua frente a la diversidad en el Río Garrapata

En el río Grande, la diversidad de especies que es medida por el índice de Shannon-Weaver, parece estar influenciado de manera positiva por el pH (0.46), nitrito (0.40) y temperatura (0.35). Mientras que el oxígeno (-0.04) no parece tener una relación significativa, el nitrato (-0.15) y el fosfato (-0.16) presentan una correlación levemente negativa, esta matriz (gráfica 16) indica que ciertas condiciones químicas como el pH y moderadas concentraciones de nitrito pueden estar condicionando la diversidad presente en el río Grande.



Gráfica 16: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a la diversidad en el Río Grande.

4.7. Comparación entre las variables físico-químicas y la densidad de microalgas

Entre los principales resultados de esta fase se encuentra la matriz de correlación de Pearson de las variables físico-químicas y la densidad de las especies de las microalgas presentes en los ríos Grande y Garrapata.

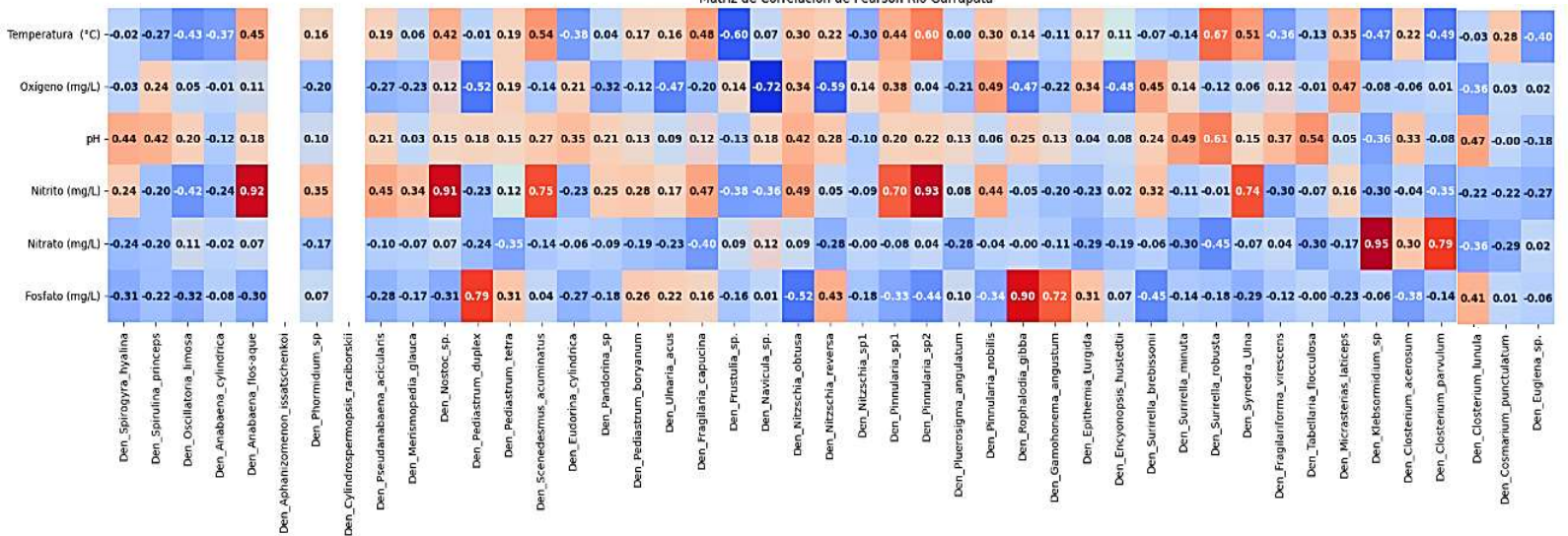
que podría asociarse a ciertos procesos de contaminación o acumulación de materia orgánica.

El pH tuvo una correlación positiva notable con algunas especies como *Merismopedia glauca* (0.62), lo cual indica que esta especie puede tener preferencia por ambientes con niveles de pH más alcalinos.

El oxígeno disuelto, mostró una correlación negativa que se encontró, sugiriendo que la mayoría de las especies de microalgas pueden tolerar ambientes con bajos niveles de oxígeno disuelto. En cuanto a la temperatura, esta presentó correlaciones variadas, pese a que no son muy fuertes, especies como *Spirulina prínceps* (0.38) y *Anabaena flos-aquae* (-0.55). Por tanto, no se consideró a la temperatura como un factor determinante en la proliferación de estas especies de microalgas, como si parece serlo con los nitritos y fosfatos.

4.7.2. Correlación de Pearson de la Densidad de especies en los parámetros físico-químicos en el río Garrapata

Matriz de Correlación de Pearson Rio Garrapata



Gráfica 18: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el río Garrapata

El río Garrapata presentó correlaciones entre parámetros físico-químicos y la densidad de las especies de microalgas, entre las correlaciones positivas destacadas se encuentra el fosfato con *Pediastrum dúplex* (0.79), *Rhopalodia gibba* (0.90), *Gamphonema angustum* (0.71) y *Closterium lúnula* (0.41). Esto sugiere que las especies mencionadas prosperan en ambientes con mayores condiciones de fosfato, siendo un potencial indicador de eutroficación.

En cuanto a la temperatura las correlaciones positivas con varias especies como *Anabaena cylindriforme* (0.45), *Nostoc sp.* (0.42), *Scenedesmus acuminatus* (0.51), *Fragilaria capucina* (0.45), *Pinnularia sp.* (0.60) y *Surirella robusta* (0.67). Lo que puede indicar que estas especies están mejor adaptadas a condiciones más cálidas y periodos de temperaturas elevadas.

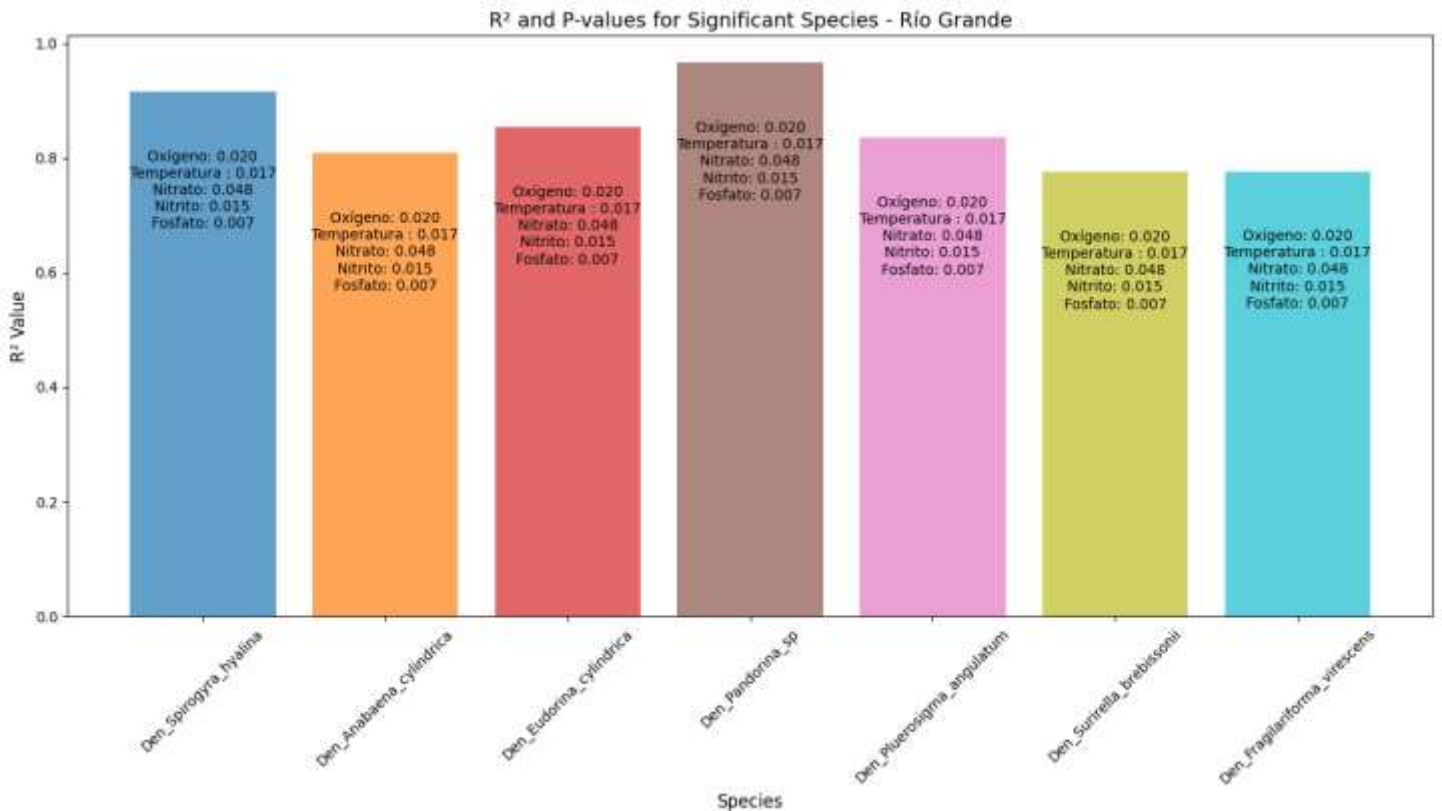
Por otra parte, el nitrógeno mostró correlaciones positivas altas con *Klebsormidium sp.* (0.95) y *Closterium parvulum* (0.79), mientras existe correlaciones inversas de especies como *Surirella robusta* (-0.35), *Tabellaria flocculosa* (-0.30) y *Pediastrum tetra* (-0.35). Por último, el oxígeno mostró correlaciones negativas con *Navicula sp.* (-0.72), *Nitzschia reversa* (-0.59) y *Pediastrum dúplex* (-0.52), en cuanto a las relaciones positivas con *Pinnularia nobilis* (0.59), *Surirella brebissonii* (0.45) y *Micrasterias laticeps* (0.47).

Aunque los resultados de la matriz de correlación de Pearson fueron prometedores no se tiene evidencia suficiente para aceptar o rechazar las hipótesis H_0 y H_1 , por lo que se procedió a realizar una Regresión Lineal Múltiple con el objetivo de modelar la relación entre múltiples variables independientes (oxígeno,

temperatura, nitrato, nitrito y fosfato) y una variable dependiente, que en este caso es la densidad de cada especie de microalga.

4.7.3. Regresión Lineal Múltiple

Se utilizó la biblioteca statsmodels de Python, donde se construyeron modelos de regresión lineal múltiple de cada especie de microalga. Gracias a estos modelos, se pudo determinar cómo variable dependiente la densidad de cada especie de microalga, mientras que los parámetros físico-químicos se establecieron como variables independientes.



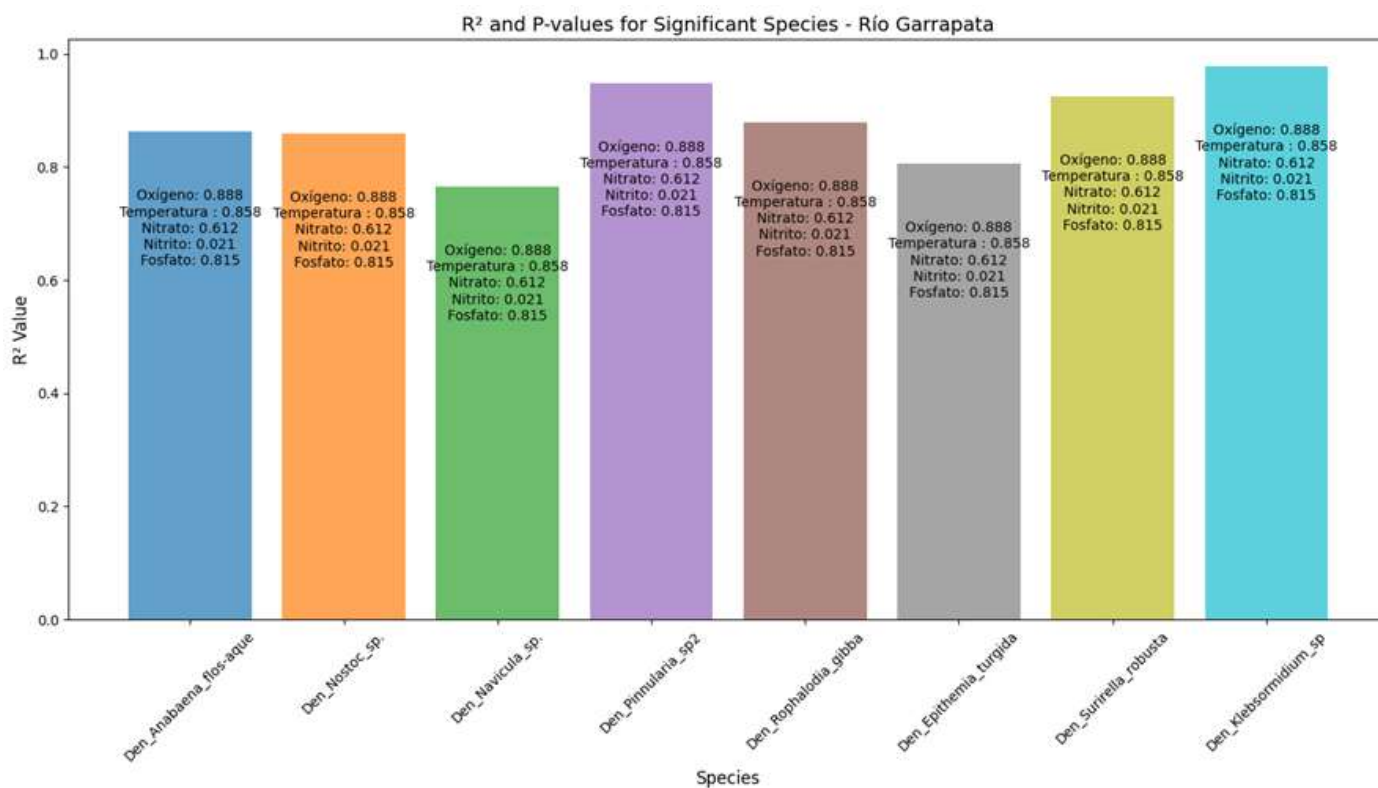
Gráfica 19: Significancia de especies por p-valor y R^2 en el río Grande

Tabla 3: Resultados de Regresión Lineal Múltiple basado en p-valor y R^2 en el Río Grande

Rio Grande		
Especies	R^2	p-valor
Den_Spirogyra_hyalina	0.9161171122436292	'Oxigeno (mg/L)': 0.01963291285176516; 'Temperatura (C)': 0.01687828593482009; 'Nitrato (mg/L)': 0.04832790811555949; 'Nitrito (mg/L)': 0.015381504904318097; 'Fosfato (mg/L)': 0.006848352306052822
Den_Anabaena_cylindrica	0.8081438640967802	'Oxigeno (mg/L)': 0.18236696819334094; 'Temperatura (C)': 0.530144898805025; 'Nitrato (mg/L)': 0.2690373012607062; 'Nitrito (mg/L)': 0.08699429523950376; 'Fosfato (mg/L)': 0.04581512026823295
Den_Eudorina_cylindrica	0.8540088233515407	'Oxigeno (mg/L)': 0.18141972060860087; 'Temperatura (C)': 0.4573859936828297; 'Nitrato (mg/L)': 0.1362736036037148; 'Nitrito (mg/L)': 0.05073309651175232; 'Fosfato (mg/L)': 0.026530829137931658
Den_Pandorina_sp	0.9663892586777901	'Oxigeno (mg/L)': 0.01788363200179969; 'Temperatura (C)': 0.893860950422612; 'Nitrato (mg/L)': 0.06393941448362972; 'Nitrito (mg/L)': 0.0018548404618408164; 'Fosfato (mg/L)': 0.001273522502957842
Den_Pluerosigma_angulatum	0.8357038589268182	'Oxigeno (mg/L)': 0.2743207035782743; 'Temperatura (C)': 0.28786584811391963; 'Nitrato (mg/L)': 0.6832087590273984; 'Nitrito (mg/L)': 0.06779147285951541; 'Fosfato (mg/L)': 0.04230001523567511
Den_Suirella_breissonii	0.7758087253449553	'Oxigeno (mg/L)': 0.24641721606906666; 'Temperatura (C)': 0.8240296420569958; 'Nitrato (mg/L)': 0.12581527727584713; 'Nitrito (mg/L)': 0.05688711568294154; 'Fosfato (mg/L)': 0.04449839633976644
Den_Fragilariforma_virescens	0.7771474753440667	'Oxigeno (mg/L)': 0.20870172638139617; 'Temperatura (C)': 0.288813988890313; 'Nitrato (mg/L)': 0.29556188818368506; 'Nitrito (mg/L)': 0.06872343356674744; 'Fosfato (mg/L)': 0.04779067598114095

Tabla 4: Resultados de Regresión Lineal Múltiple basado en p-valor y R² en el Río Garrapata

Río Garrapata		
Especies	R²	p-valor
Den_Anabaena_flos-aque	0.861869210777628 7	Oxígeno (mg/L)': 0.8883415285834713; 'Temperatura (C)': 0.8580544775333981; 'Nitrato (mg/L)': 0.6117837907767921; 'Nitrito (mg/L)': 0.021098223554647157; 'Fosfato (mg/L)': 0.8150333180161127
Den_Nostoc_sp.	0.858828700986196 7	Oxígeno (mg/L)': 0.8713116101114339; 'Temperatura (C)': 0.7520102555230346; 'Nitrato (mg/L)': 0.6601613642867399; 'Nitrito (mg/L)': 0.020467636274759768; 'Fosfato (mg/L)': 0.7996123475678013
Den_Navicula_sp.	0.764897416582043	Oxígeno (mg/L)': 0.04738036364364553; 'Temperatura (C)': 0.7679344996785735; 'Nitrato (mg/L)': 0.6939963943958847; 'Nitrito (mg/L)': 0.40025356525188716; 'Fosfato (mg/L)': 0.1683004501824352
Den_Pinnularia_sp	0.948428006123595 8	Oxígeno (mg/L)': 0.6287320592811455; 'Temperatura (C)': 0.34343459830961787; 'Nitrato (mg/L)': 0.452201744578679; 'Nitrito (mg/L)': 0.007961233259349571; 'Fosfato (mg/L)': 0.11352632954840136
Den_Rophalodia_gibba	0.878742203975851 9	Oxígeno (mg/L)': 0.6435754484461949; 'Temperatura (C)': 0.8313452065723037; 'Nitrato (mg/L)': 0.5158474377037011; 'Nitrito (mg/L)': 0.3584306982831982; 'Fosfato (mg/L)': 0.009919720328002504
Den_Epithemia_turgida	0.805150201223996 8	Oxígeno (mg/L)': 0.027870805901524978; 'Temperatura (C)': 0.04723928323741009; 'Nitrato (mg/L)': 0.6707583519942649; 'Nitrito (mg/L)': 0.06898135527261003; 'Fosfato (mg/L)': 0.12333228198098753
Den_Suirella_robusta	0.924501271869050 4	Oxígeno (mg/L)': 0.28223658680027325; 'Temperatura (C)': 0.00567654748102976; 'Nitrato (mg/L)': 0.2320013432665236; 'Nitrito (mg/L)': 0.01368263077015066; 'Fosfato (mg/L)': 0.07092922631277541
Den_Klebsormidium_s p	0.977478292324501 7	Oxígeno (mg/L)': 0.8979870341629871; 'Temperatura (C)': 0.3168007505842842; 'Nitrato (mg/L)': 0.00042682943715778717; 'Nitrito (mg/L)': 0.25286501599138594; 'Fosfato (mg/L)': 0.45128349671478235



Gráfica 20: Significancia de especies por p-valor y R² en el río Garrapata

4.7.4. Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad basado en el R² y el P-valor de cada especie en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

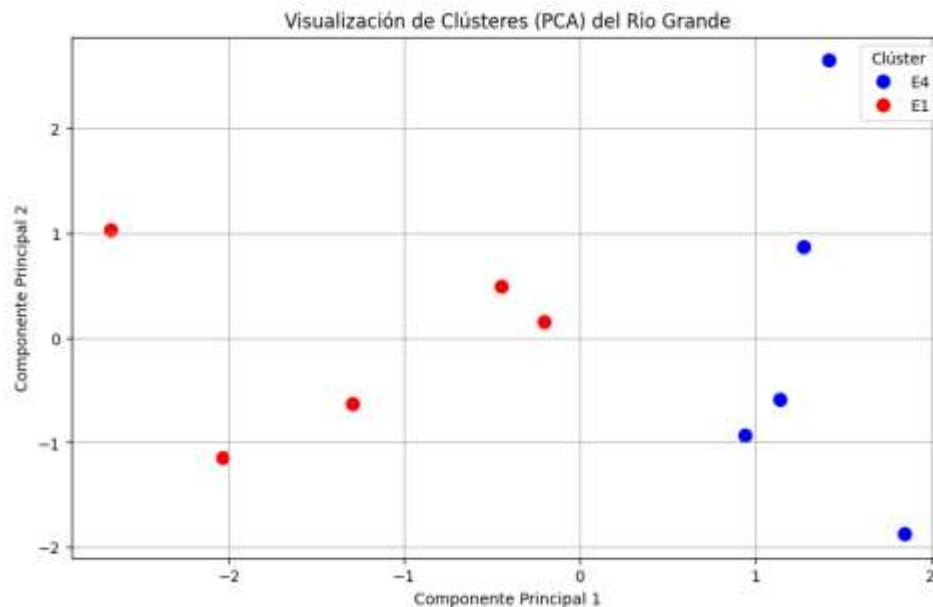
Para el río Grande se utilizó la tabla 3 en donde el desempeño del modelo que se evaluó a través del coeficiente R² mostró valores altos (>0.75), indicando una capacidad significativa para explicar la variabilidad de la densidad de microalgas mediante las variables físico-químicas. Un ejemplo es *Spirogyra hyalina* que su R² fue de 0.916, es decir un 91.6% de su variabilidad, mientras que *Pandorina sp.*, alcanzó un valor más alto con un R² de 0.966. las variables que

tuvieron más influencia fueron el oxígeno y el fosfato, que mostraron una consistencia en su impacto sobre múltiples especies y otros factores como nitrito, nitrato y temperatura tienen una relevancia dependiendo de la especie analizada. La especie *Spirogyra hyalina* se mostró influenciada significativamente por el oxígeno, temperatura, nitrato y fosfato ($P < 0.05$). Contrastando con *Anabaena cylindrica* con ($P = 0.0458$) sugiriendo que esta relación se encuentra un poco más limitada.

En cuanto al análisis de sensibilidad para el río Garrapata, este se realizó con los datos de la tabla 4 y mostró que la densidad de especies como *Anabaena flos-aque* y *Nostoc sp.*, tenían valores de 0.862 y 0.859 respectivamente con el nitrito como único predictor significativo. Por otro lado, *Navicula sp.*, con un R^2 de 0.764 dependiendo del oxígeno ($P = 0.047$). Además, otras especies como *Pinnularia sp2.* y *Rophalodia gibba* tuvieron una fuerte relación con el nitrito ($P = 0.008$) y el fosfato ($P = 0.009$) respectivamente. El R^2 es de 0.977 de *Klebsormidium sp.*, aunque ningún predictor alcanza una significancia estadística clara. Los modelos presentaron una alta robustez con los valores de R^2 elevados y el nitrito se mostró como el factor más relevante, mientras que el fosfato y el oxígeno fueron destacados en casos específicos.

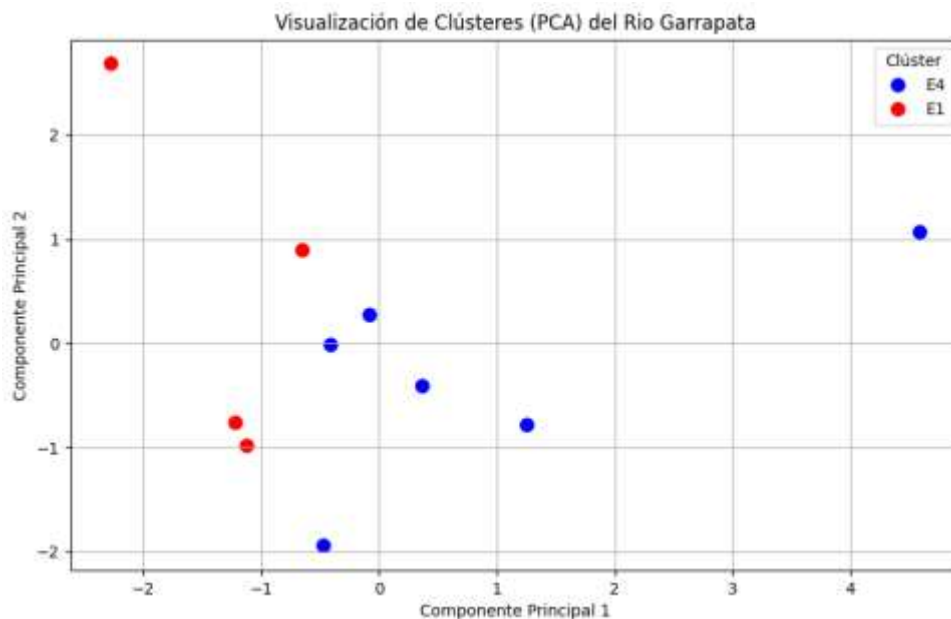
4.7.5. Análisis de Clustering

Se realizó un análisis de clustering para determinar si existe diferencia o similitud entre las variables físico-químicas en las estaciones de muestreo.



Gráfica 21: Análisis de Clustering de las estaciones (E) 1 que corresponde al color rojo y 2 que corresponde al color azul del Río Grande

La gráfica 21 mostró el agrupamiento que los puntos rojos (E1) y azules (E4) que se encontraron separados en el espacio, donde se evidencia diferencias significativas en sus características físico-químicas, sugiriendo que las estaciones E1 y E4 pertenecen a clústeres distintos, que posiblemente reflejando variaciones en las condiciones ambientales. Dentro de cada grupo, los puntos se encuentran más próximos, indicando una consistencia en las mediciones, las mayores distancias entre los grupos resaltan diferencias importantes en las variables.



Gráfica 22: Análisis de Clustering de las estaciones (E) 1 que corresponde al color rojo y 2 que corresponde al color azul del Río Garrapata

La Gráfica 22 mostró que los puntos rojos (E1) y los puntos azules (E4) se encontraron especialmente separados, reflejando diferencias en las características físico-químicas, pese a que existe cierta superposición en la región central, esto indica similitudes en algunas muestras. Esta separación visual sugiere que presentan diferentes tendencias, aunque no todas son estadísticamente significativas según el análisis t previo.

4.7.6. Alto valor de R²

Se incluyeron en los datos filtrados las especies que presentaron un valor R² superior a 0.6, ya que se traduce como más del 60% de la variabilidad en la abundancia de estas especies, lo que indica una alta relación entre los parámetros físico-químicos. Un R² sugiere un adecuado modelo de regresión que permite

describir la relación entre los parámetros físico-químicos y la abundancia de las especies específicas.

4.7.7. p-Valores Significativos ($p < 0.05$):

Los datos filtrados de cada especie que tiene al menos un P-valor considerado significativo ($p < 0$) para uno o más de los parámetros físico-químicos: oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitrito, nitrato o fosfato. Un P-valor menor a 0.05 revela que la relación entre un parámetro específico y la abundancia de la especie es significativa estadísticamente, sugiriendo que el parámetro en cuestión tiene un real efecto en la abundancia de las especies de microalga.

Debido a que los datos filtrados incluyen solo las especies con un R^2 alto y al menos un p-valor significativo, se tiene evidencia sólida para rechazar la hipótesis nula H_0 y consecuentemente aceptar la hipótesis alternativa **H1: Existen diferencias significativas en la abundancia de microalgas en los ríos Garrapata y Grande que se relacionan con los parámetros físico-químicos de ambos cuerpos de agua.**

4.8. Comparación de la Diversidad entre los ríos Garrapata y Grande mediante Test de normalidad

Tabla 5: Test de normalidad para la Diversidad Shannon

Rio	Shapiro-Wilk Statistic	Shapiro-Wilk P-value
Garrapata	0.946170449256897	0.6234681010246277
Grande	0.8901388049125671	0.17018777132034302

Se aplicó las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, como se mostró en la tabla 3 que ambas distribuciones fueron normales y se aplicó la prueba de t.student con en la comparación de las medias de diversidad en los ríos Garrapata y Grande.

4.8.1. Test comparativo para la Diversidad de Shannon-Weaver

Tabla 6: Test de comparación para la Diversidad Shannon

Test	Statistic	P-value
T-test	2,57496424	0,01907617

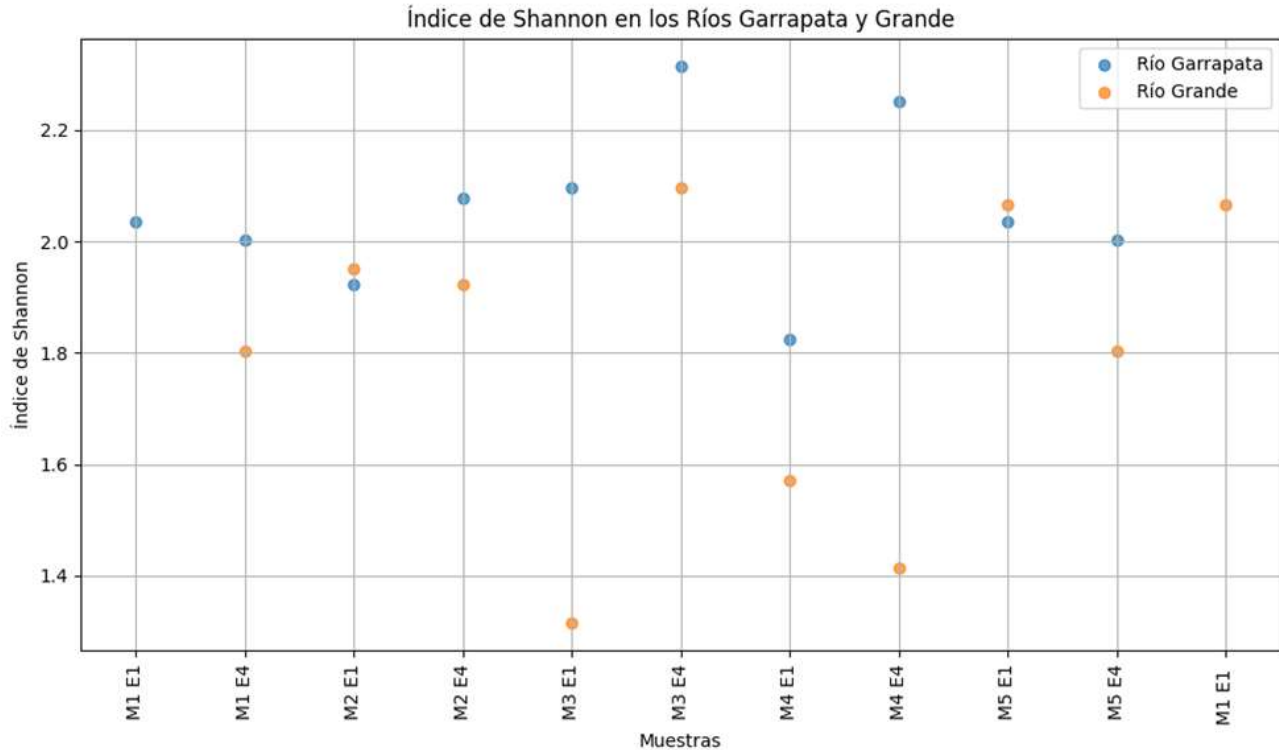
Elaborado por: Loor, 2024

En la Tabla 5 se utilizó la prueba t y el valor de p obtenido fue 0,019, que es inferior a 0,05. Esto muestra una diferencia estadísticamente significativa en la diversidad de Shannon entre los dos ríos. Estos resultados muestran que la diversidad de microalgas varía significativamente entre los ríos Garrapata y Grande. Luego de aplicar la variación promedio sobre el río, se obtienen los siguientes resultados:

Después de aplicar el promedio de la diversidad por ambos ríos, se obtuvo lo siguiente:

- El Río Garrapata tiene una diversidad Shannon promedio de aproximadamente 2,06.
- Río Grande tiene una diversidad Shannon promedio de alrededor de 1,80

Estos resultados muestran que el río Garrapata alberga una mayor diversidad de microalgas en comparación con el río Grande.



Gráfica 23: Comparación del Índice de Shannon-Weaver (diversidad) en los Ríos Garrapata y Grande, donde M corresponde al muestreo y E a la estación

Elaborado por: Loor, 2024

La gráfica 18 confirma los resultados del test comparativo para la diversidad en ambos ríos, en donde el río Garrapata es superior a su contraparte, debido a que la mayoría de las muestras están por encima de 2.0 bits, siendo las M1 E4 y M2 E1 las muestras con picos altos. Mientras que el río Grande se mantiene por debajo de los 2.1 bits.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de los ríos Garrapata y Grande muestran una similitud de especies de microalgas registradas por (Tapia & Naranjo, 2015) en el estuario del río Chone y Bahía de Caráquez. Esto sugiere que dichas especies tienen una tolerancia a diferentes rangos en las condiciones ambientales. Géneros como *Fragilaria* y *Synedra* son comunes en Garrapata y Chone; la composición de diatomeas es constante en estos dos ecosistemas. De igual manera, la identificación de cianobacterias, por ejemplo, *Oscillatoria* y *Anabaena* en ambas investigaciones, evidencia entornos ricos en nutrientes, típicos de lugares influenciados por actividades agrícolas o urbanas. Finalmente, la diatomea *Nitzschia* es bastante abundante en los sistemas acuáticos ecuatorianos; está presente en los ríos Garrapata y Grande y en el estuario del Chone, donde se encuentran patrones análogos enfáticos en la composición de microalgas en estos sistemas de agua.

El índice de Shannon muestra que en el río Garrapata la diversidad de microalgas es mayor y la comunidad es más equilibrada y estable que en el río Grande. Se relaciona directamente con la cantidad de fluctuaciones y la estabilidad de parámetros cercanos a valores bajos. Sin embargo, difieren con los resultados de Bojorge-García y Cantoral Uriza (2016), donde entornos químicos con valores de pH y oxígeno en rangos óptimos favorecen la diversidad de especies. Sin embargo, la diversidad en el río Garrapata no está directamente relacionada con estos parámetros y esto podría deberse a que solo ciertas especies se han visto favorecidas por la presencia de nutrientes como el nitrito y fosfato.

Especies como *Anabaena flos-aquae* (0.93) y *Phormidium spp* (0.73)

mostraron fuertes correlaciones positivas con concentraciones elevadas de fosfato y nitrito, lo que confirma su potencial como bioindicadores de eutrofización. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Rojas-Villalt et al. (2024), quienes identificaron a estas especies como marcadores importantes en ambientes acuáticos con alto contenido de nutrientes y mayor actividad antropogénica.

CONCLUSIONES.

Entre las especies de microalgas más representativas, para el río Grande fueron *Actinastrum hantzschii*, *Aphanizomenon issatschenkoi* y *Cylindrospermopsis raciborskii*, mientras que el río Garrapata alberga especies distintivas como, *Pediastrum duplex*, *Pediastrum tetra* y *Pediastrum boryanum*. Dichas diferencias pudieron deberse a las condiciones únicas de cada río.

En ambos ríos se observaron variaciones en los parámetros fisicoquímicos, las cuales reflejaban las diferentes en las condiciones ambientales y los impactos potenciales de actividades humanas en cada ecosistema. Por ejemplo, en el río Grande se encontraron concentraciones elevadas de fosfatos y nitratos, lo que sugiere un aporte de nutrientes posiblemente relacionado con actividades agrícolas o descargas de aguas residuales. Estos nutrientes favorecen procesos de eutrofización que influyen directamente en la proliferación de ciertas especies de microalgas. De igual manera, la temperatura y oxígeno disuelto presentaron variaciones entre los ríos, lo que podría atribuirse a diferencias en el flujo de agua, la cobertura vegetal en las cuencas o actividades microbiana.

Se identificaron correlaciones positivas y negativas entre los parámetros ambientales y la densidad de microalgas como el fosfato que se encontró asociado a *Pediastrum dúplex* (0.79) y *Rhopalodia gibba* (0.90), mientras que el nitrato mostró correlaciones altas con *Klebsormidium sp.* (0.95). Además, se observó que el oxígeno presentó correlaciones negativas o inversas con *Navicula sp.* (-0.72). Destacando cómo los cambios en los parámetros ambientales pueden alterar las comunidades de microalgas en los ríos.

Recomendaciones

- Debido a la presencia y abundancia de ciertas especies de diatomeas, se recomienda realizar análisis de silicato en los ríos
- Utilizar las microalgas como bioindicadores para evaluar la calidad del agua en los ríos Grande y Garrapata. La presencia y abundancia de ciertas especies pueden indicar niveles de contaminación y calidad ecológica, ayudando a identificar fuentes de impacto ambiental y priorizar medidas de conservación.
- Teniendo en cuenta el hecho de que la variabilidad en los parámetros fisicoquímicos se relaciona con la distribución y composición de la comunidad de microalgas, se recomienda que algunas de las estrategias de manejo se puedan ajustar con el cambio de estaciones. Por ejemplo, el aumento de la vigilancia durante los períodos de altas temperaturas o la variabilidad del oxígeno podría cambiar el equilibrio del ecosistema hacia la proliferación de una especie específica.

Bibliografía

1. Ayre , J., Mickan, B., Jenkins, S., & Moheimani , N. (2021). Batch cultivation of microalgae in anaerobic digestate exhibits functional changes in bacterial communities impacting nitrogen removal and wastewater treatment. *Algal Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2021.102338>.
2. Bojorge-García, M. G., & Cantoral Uriza, E. A. (2016). La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiológica*, 26(1), 1-8. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000100002
3. Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, , 30(4), 15-27. doi:10.18845/tm.v30i4.3408
4. Bossa, R., Di Colandrea, M., & Salbitani, G. (2024). Phosphorous Utilization in Microalgae: Physiological Aspects and Applied Implications. *Plants*, 15(13). doi:<https://doi.org/10.3390/plants13152127>
5. Delgado , M., & Fortuño Alós, J. M. (1991). Atlas de fitoplancton del Mar Mediterráneo. *Scientia Marina* , 1(55), 1-133.
6. Ferrer-Ledo, N., Stegemüller, L., Janssen, M., Wijffels, R., & Barbosa, M. (2023). Growth and fatty acid distribution over lipid classes in

Nannochloropsis oceanica acclimated to different temperatures. *Frontiers in Plant Science*, 14. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1078998>

7. GADM Chone. (2013). *GADM Chone*. Obtenido de Chone destino turístico: <https://www.chone.gob.ec/?gc=39>
8. Google Earth. (2024). *Google Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-0.59503302,-79.9772473,130.67101915a,20693.4413191d,35y,158.5888688h,59.27268299t,0r/data=MikKJwoICiExMjByQVJTTUNwQ3FhQi1uVIJBbURLLeUhRQUJ4M3MxemlgAToDCgEw>
9. Guamán Burneo , M. C., & González Romero, N. P. (2016). *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador*. Quito: Corporación para la Investigación Energética, Laboratorio de Biotecnología Energética.
10. Gutiérrez C., C., Góngora P, E., & Melo C, P. (2008). Estudio Hidrológico de Inundaciones en la Cuenca Alta del Río Chone (Garrapata, Mosquito y Grande). *Estudios e Investigaciones Hidrológicas Superficiales INAMHI, CLIRSEN y FAO*.
11. Limburg, K. E. (2009). Aquatic ecosystem services. In Likens, G. E. (ed), *Encyclopedia . Oxford*, 25-30.
12. López Muñoz, I., & Bernard, O. (2021). Modeling the Influence of Temperature, Light Intensity and Oxygen Concentration on Microalgal Growth Rate. *processes*, 3(9). doi:<https://doi.org/10.3390/pr9030496>

13. Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. *Blackwell Publishing*, 194-215. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
14. Martínez-Silva, P. (2015). Variación espacio-temporal de microalgas acuáticas del embalse de Betania – Huila y su relación con la calidad del agua. *Intropica*, 10(1), 11-19. Obtenido de <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/1642/1105>
15. Mercado-Reye, I., & Álvarez-Montero, X. (2022). *Catálogo de Microalgas y Cianobacterias de las Reservas Buenaventura y Jorupe, Jocotoco, Ecuador*. Guayaquil: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo .
16. Molina Alor, L. M. (2018). Diversidad de microalgas en tres sectores del río Ocoña (provincia de Camaná y Condesuyos, Región Arequipa) cercanos a asentamientos mineros, durante las épocas de estiaje y creciente del 2017. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2494d46b-4a57-4e3d-aa6b-2d01fcea74c6/content>
17. Parveen, A., Bhatnagar, P., Gautam, P., Bisht, B., Nanda, M., Kumar, S., . . . Kumar, V. (2023). Enhancing the bio-prospective of microalgae by different light systems and photoperiods. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 22, 2687-2698. doi:<https://doi.org/10.1007/s43630-023-00471-9>

18. Peralta-Roldán, E. S., Montoya, H., & Tarazona Delgado, R. (2021). Microalgas y cianobacterias: Importancia de sus roles funcionales en los ecosistemas acuáticos y su aprovechamiento sostenible. *Asociación Universidad Privada San Juan Bautista*.
19. Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (2019). IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LOS MANGLARES DE ECUADOR. *Manglares de américa*, 1, 423-466. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Beatriz-Pernia/publication/337424161_IMPACTOS_DE_LA_CONTAMINACION_SOBRE_LOS_MANGLARES_DE_ECUADOR/links/5dd69eada6fdcc5b17c575de/IMPACTOS-DE-LA-CONTAMINACION-SOBRE-LOS-MANGLARES-DE-ECUADOR.pdf
20. Rai, M. P., Gautam, T., & Sharma, N. (2015). Effect of Salinity, pH, Light Intensity on Growth and Lipid Production of Microalgae for Bioenergy Application. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 15(4), 260-267. Obtenido de <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2015.260.267>
21. Ras, M., Steyer, J.-P., & Bernard, O. (2013). Temperature effect on microalgae: a crucial factor for outdoor production. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 12, 153–164.
22. Rojas-Villalta, D., Rojas-Rodríguez, D., Villanueva-Ilama, M., Guillén-Watson, R., Murillo-Vega, F., Gómez-Espinoza, O., & Núñez-Montero, K. (2024). Exploring Extremotolerant and Extremophilic Microalgae: New Frontiers in Sustainable Biotechnological Applications. *MDPI*, 13.

23. Salgado Rivera, J., Barona Duque, K., Guzmán Jojoa, D. M., & Álvarez Aldana, A. (02 de diciembre de 2019). Microalgas y cianobacterias: ¿qué son? ¿dónde encontrarlos? ¿cómo cultivarlos? *Microciencia*, 8, 107-117. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/microciencia/article/view/7405/6458>
24. Sánchez-Baracald, P., & Cardona, T. (2020). On the origin of oxygenic photosynthesis and Cyanobacteria. *New Phytologist*, 225, 1440-1446.
25. Sanz-Luque, E., Chamizo-Ampudia, A., Llamas, Á., Galván, A., & Fernández, E. (2015). Influence of Nitrogen and Phosphorus on Microalgal Growth, Biomass, Lipid, and Fatty Acid Production: An Overview. *Frontiers in Plant Science*. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00899>
26. Singh, S., & Singh, P. (2015). Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 431-444. doi:<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.05.024>
27. Tapia, M. E., & Naranjo, C. (2015). Caracterización del plancton en Bahía de Caráquez y en el estuario del Río Chone, Ecuador durante marzo de 2012. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 57-69. Obtenido de https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10336/Caracterizaci%c3%b3n%20del%20plancton%20en%20Bah%c3%ada%20de....OCE20_5-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

28. UNMSM. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. / *Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología -- Lima: Ministerio del*, 75. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>
29. Urdiales, B. A., Granillo, M. d., & Villareal D., M. d. (2014). *Biología General: Los sistemas vivientes*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
30. Véliz Cedeño, C. R., & Seni Pinoargote, O. D. (Diciembre de 2022). Determinación de nitrógeno y fósforo en las aguas del Río Chone, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 7, 320-338. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227626>
31. Young, J., & Schmidt, K. (2020). It's what's inside that matters: physiological adaptations of high-latitude marine microalgae to environmental change. *The New phytologist*. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.16648>.
32. Zerveas, S., Mente, M. S., Tsakiri, D., & Kotzabasis, K. (2021). Microalgal photosynthesis induces alkalization of aquatic environment as a result of H⁺ uptake independently from CO₂ concentration - New perspectives for environmental applications. *Journal of environmental management*, 289. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112546>

ANEXOS

Filo	Clase	Orden	Especie	Río Grande	Río Garrapata
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	<i>Pluerosigma angulatum</i>	X	X
			<i>Navicula sp.</i>	X	X
			<i>Pinnularia sp.</i>	X	X
			<i>Pinnularia nobilis</i>	X	X
			<i>Frustulia sp.</i>		
		Bacillariales	<i>Nitzschia obtusa</i>	X	X
			<i>Nitzschia reversa</i>	X	X
			<i>Nitzschia sp.</i>	X	X
		Fragilariales	<i>Fragilariforma virescens</i>	X	X
			<i>Fragilaria capucina</i>	X	X
			<i>Synedra ulna</i>	X	X
			<i>Ulnaria acus</i>	X	X
		Rhopalodiales	<i>Epithemia turgida</i>	X	X
			<i>Rhopalodia gibba</i>	X	X
		Cymbellales	<i>Gomphonema angustum</i>	X	X
			<i>Encyonopsis hustedtii</i>	X	X
		Surirellales	<i>Surirella brebissonii</i>	X	X
			<i>Surirella minuta</i>	X	X
			<i>Surirella robusta</i>	X	X
		Tabellariales	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	<i>Pediastrum boryanum</i>		X
			<i>Pediastrum dúplex</i>		X
			<i>Pediastrum tetra</i>		X
			<i>Actinastrum hantzschii</i>	X	
			<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X

		Volvocales	<i>Pandorina sp.</i>	X	X
			<i>Eudorina cylindrica</i>	X	X
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	<i>Anabaena cylindrica</i>	X	X
			<i>Anabaena flos-aque</i>	X	X
			<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	
			<i>Nostoc sp.</i>	X	X
			<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	X	
		Oscillatoriales	<i>Oscillatoria limosa</i>	X	X
			<i>Phormidium sp.</i>	X	X
		Pseudanabaenales	<i>Pseudanabaena acicularis.</i>	X	X
		Spirogyrales	<i>Spirogyra hyalina.</i>	X	X
		Spirulinales	<i>Spirulina princeps.</i>	X	X
Chroococcales	<i>Merismopedia glauca</i>	X	X		
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	<i>Euglena sp.</i>	X	X
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	<i>Micrasterias laticeps</i>	X	X
			<i>Cosmarium punctulatum</i>	X	X
			<i>Closterium acerosum</i>	X	X
			<i>Closterium parvulum</i>	X	X
			<i>Closterium lunula</i>	X	X
	Klebsormidiophyceae	Klebsormidiales	<i>Klebsormidium sp.</i>		X

Anexo 1: Especies de microalgas presentes en cada estación de los ríos Garrapata y Grande

Río Grande	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	pH	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
M1 E1	22	6,8	8	0,052	0,005	0,88
M1 E2	22	6,5	7,8			
M1 E3	24	6,1	7,9			
M1 E4	24	6,9	7,8	0,01	0,00251	0,103
M2 E1	28	6,2	7,6	0,015	0,02	0,26
M2 E2	28	6,3	7,8			
M2 E3	29	6	7,7			
M2 E4	30	4,4	7,9	0,006	0,0081	0,37
M3 E1	27	5,8	8,1	0,0001	0,0001	0,04
M3 E2	28	5,6	7,5			
M3 E3	29	5,1	7,6			
M3 E4	30	4,1	8	0,0001	0,08	0,02
M4 E1	29	6,4	7,8	0,008	0,03	0,0168
M4 E2	29	6,1	8			
M4 E3	30	5,4	7,6			
M4 E4	31	5,6	7,7	0,0001	0,0009	0,0082
M5 E1	28	6,1	7,3	0,0025	0,0022	0,067
M5 E2	29	6,5	7,6			
M5 E3	30	5,3	7,4			
M5 E4	30	5,1	7,5	0,0035	0,0008	0,075

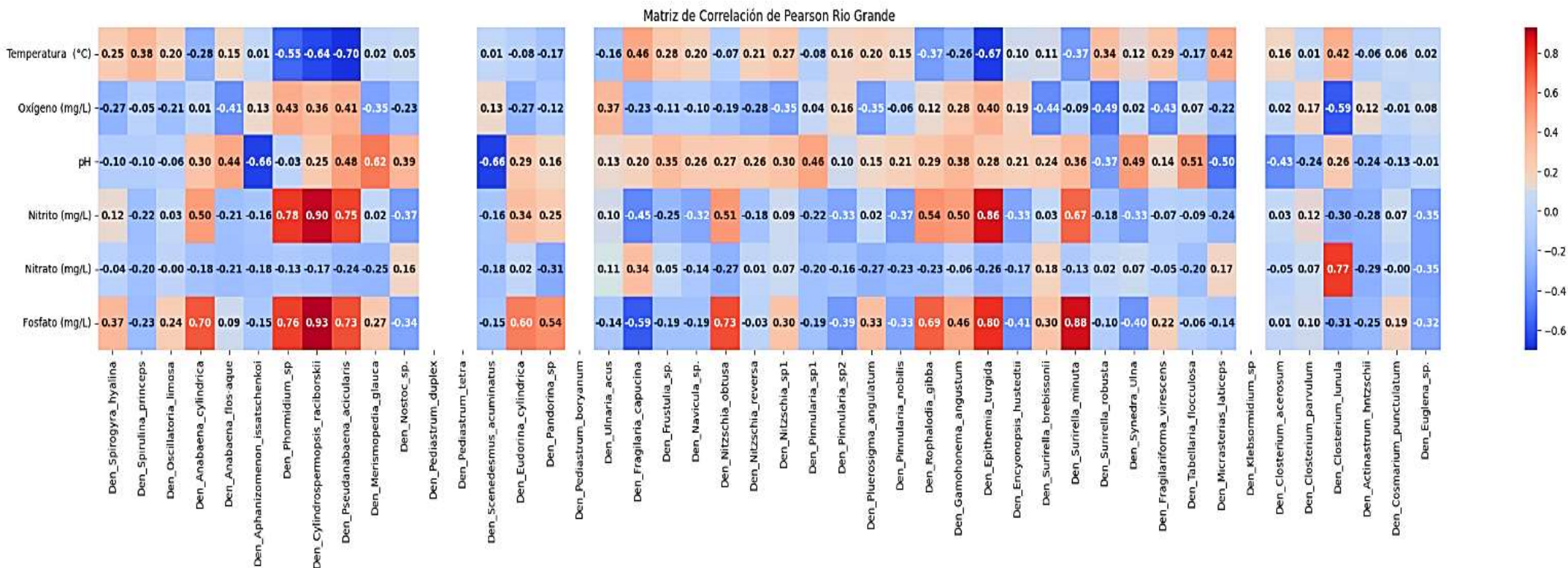
Anexo 2: Parámetros físico-químicos registrados a lo largo de los 5 muestreos (M) y estaciones (E).

Río Garrapata	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	pH	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
M1 E1	31	5,7	8,2	0,0032	0,0048	0,54
M1 E2	33	5,2	7,8			
M1 E3	32	5,1	7,6			
M1 E4	29	5,2	8	0,0023	0,002	0,26
M2 E1	22	6,1	7,7	0,0001	0,08	0,21
M2 E2	23	6,3	7,9			
M2 E3	24	6,5	7,7			
M2 E4	24	6,9	8,3	0,001	0,0015	0,15
M3 E1	30	7,4	7,9	0,001	0,001	0,21
M3 E2	30	6	8,2			
M3 E3	35	6,4	8			
M3 E4	35	6,6	8,1	0,015	0,02	0,12
M4 E1	21	7,7	7,3	0,005	0,0048	0,185
M4 E2	22	8	7,8			
M4 E3	22	6,1	7,5			
M4 E4	22	6,4	7,8	0,0001	0,0168	0,202
M5 E1	32	5,4	8	0,0023	0,003	0,243
M5 E2	32	5,5	7,9			
M5 E3	35	5,8	7,6			
M5 E4	35	6,1	8,2	0,005	0,0192	0,121

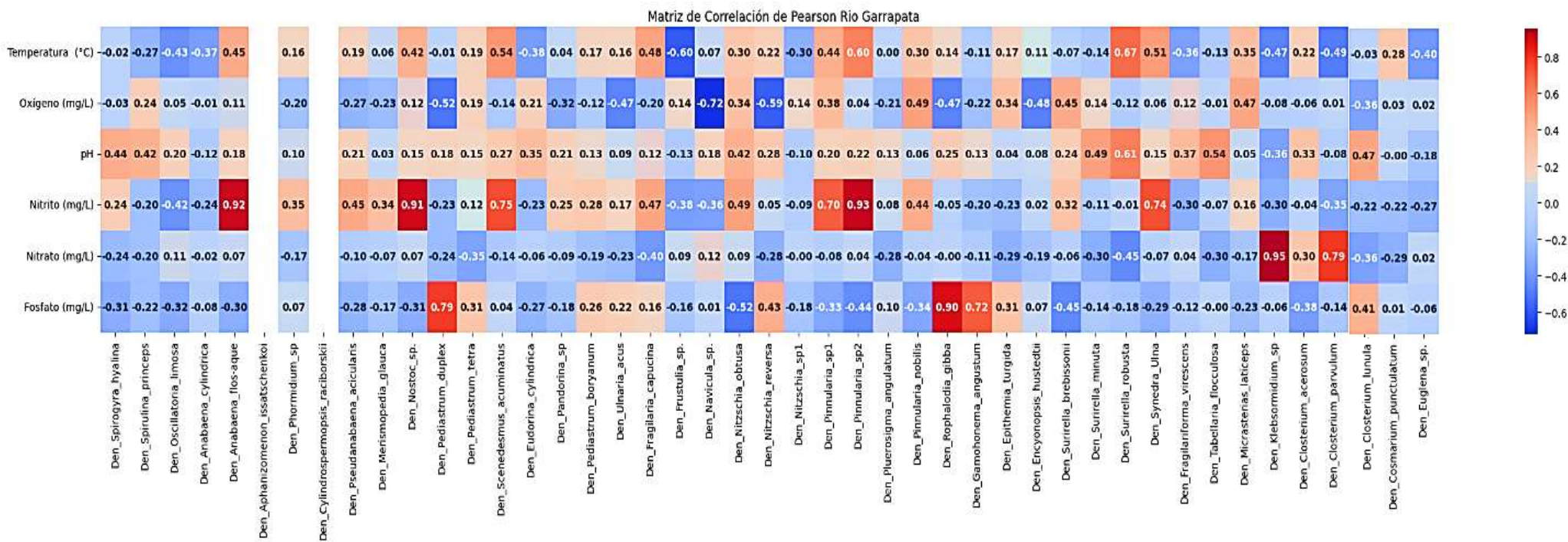
Anexo 3: Parámetros físico-químicos registrados a lo largo de los 5 muestreos (M) y estaciones (E) del Río Garrapata

	I.Shannon	I.Simpson	I.Pielou
M1 E1GD	2.065	0.796	0.525
M1 E4GD	1.804	0.715	0.459
M1 E1GT	2.036	0.835	0.518
M1 E4GT	2.003	0.827	0.509
M2 E1GD	1.951	0.745	0.492
M2 E4GD	1.923	0.765	0.484
M2 E1GT	1.923	0.765	0.484
M2 E4GT	2.077	0.796	0.523
M3 E1GD	1.315	0.533	0.334
M3 E4GD	2.096	0.858	0.533
M3 E1GT	2.096	0.858	0.533
M3 E4GT	2.314	0.878	0.588
M4 E1GD	1.572	0.673	0.404
M4 E4GD	1.413	0.598	0.363
M4 E1GT	1.825	0.736	0.469
M4 E4GT	2.252	0.864	0.579
M5 E1GD	2.065	0.796	0.531
M5 E4GD	1.804	0.715	0.464
M5 E1GT	2.036	0.835	0.523
M5 E4GT	2.003	0.827	0.515

Anexo 4: *Tabla de los índices de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou, donde M corresponde al monitoreo, E a la estación, GT al río Garrapata y GD al río Grande*





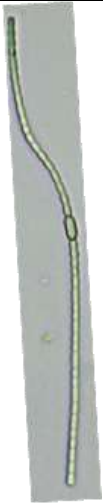
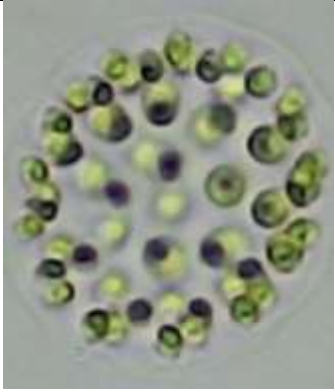









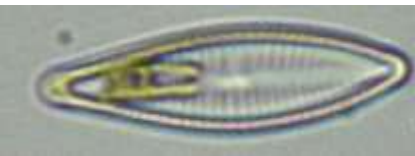
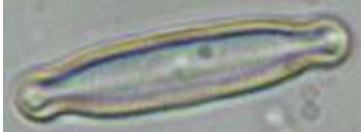



Anexo 5: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el rio Grande




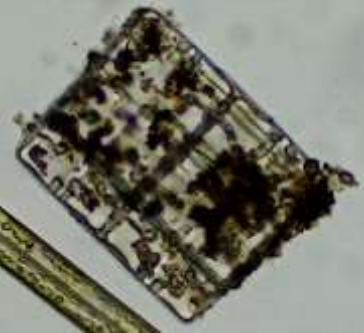











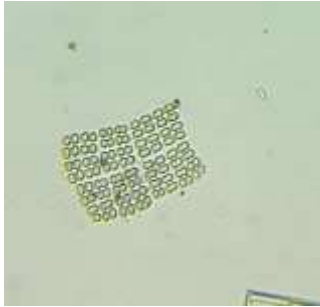
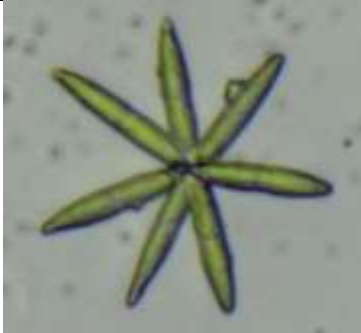

Anexo 6: Matriz de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas del agua frente a las densidades de las especies de microalgas presentes en el rio Garrapata

		
<p><i>Scenedesmus acuminatus</i></p>	<p><i>Cylandrospermopsis raciborskii</i></p>	<p><i>Pseudanabaena acicularis.</i></p>
		
<p><i>Klebsormidium sp.</i></p>	<p><i>Fragilariforma virescens</i></p>	<p><i>Oscillatoria limosa</i></p>

		
<p><i>Navicula sp.</i></p>	<p><i>Aphanizomenon issatschenkoi</i></p>	<p><i>Fragilaria capucina</i></p>
		
<p><i>Pinnularia nobilis</i></p>	<p><i>Anabaena cylindrica.</i></p>	<p><i>Pandorina sp.</i></p>
		

<i>Micrasterias laticeps</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Ulnaria acus</i>
		
<i>Eudorina cylindrica</i>	<i>Surirella robusta</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>
		
<i>Surirella brebissonii</i>	<i>Gomphonema angustum</i>	<i>Encyonopsis hustedtii</i>
		
<i>Rophalodia gibba.</i>	<i>Nitzschia obtusa</i>	<i>Pleurosigma angulatum.</i>

		
<i>Pediasstrum boryanum.</i>	<i>Cosmarium punctulatum</i>	<i>Pediasstrum duplex</i>
		
<i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Spirogyra hyalina.</i>	<i>Pediasstrum tetras</i>
		
<i>Closterium lunula</i>	<i>Spirulina princeps.</i>	<i>Nitzschia reversa</i>

		
<p><i>Phormidium sp.</i></p>	<p><i>Nitzschia sp1</i></p>	<p><i>Synedra Ulna</i></p>
		
<p><i>Closterium acerosum</i></p>	<p><i>Merismopedia glauca.</i></p>	<p><i>Actinastrum hantzschii</i></p>
		
<p><i>Pinnularia sp1.</i></p>		

Anexo 7: Microalgas identificadas en los ríos Garrapata y Grande



Anexo 8: *Colecta de las muestras de microalgas por arrastre*



Anexo 9: *Toma de parameros fisico-químicos*



Anexo 10: Toma de parámetros in Citu



Anexo 11: Etiquetado de las muestras



Anexo 12: Utilización de la cámara Sedgewick Rafter para conteo celular



Anexo 13: Conteo celular y registro