



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“Dinámica Espacial de fitoplancton y su
relación con las Variables Físico-químicas del
río Grande Colonche- Santa Elena.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de

BIÓLOGA

AUTORA:

Santiana Piguave Bélgica Leonor

DOCENTE TUTOR:

Blgo. Carlos Andrade Ruíz, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“Dinámica Espacial de fitoplancton y su
relación con las Variables Físico-químicas del
río Grande Colonche- Santa Elena.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

Santiana Piguave Bélgica Leonor

DOCENTE TUTOR:

Blgo. Carlos Andrade Ruíz, MSc.

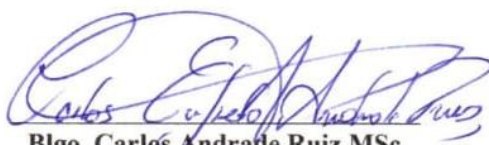
LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente tutor del Trabajo de Integración Curricular, “**DINÁMICA ESPACIAL DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL RÍO GRANDE COLONCHE-SANTA ELENA**”, elaborado por **SANTIANA PIGUAVE BÉLGICA LEONOR**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente:



Blgo. Carlos Andrade Ruiz MSc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0910798750

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“Dinámica espacial del fitoplancton y su relación con las variables Físico-químicas del río Grande Colonche – Santa Elena”**, elaborado por **Santiana Piguave Bélgica Leonor**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
C.I. 0905260881

DEDICATORIA

La presente investigación previa a la obtención del título de bióloga está dedicada en primer lugar a Dios, fuente de sabiduría y resiliencia en cada paso de este camino.

De manera especial a mis padres, Wilmer Santiana y Elsa Piguave, pilares fundamentales y quienes jamás me dejaron sola al brindarme su apoyo en todo momento, creyendo en mí incluso en los momentos de duda.

A mis hermanos, Alex y Andrés Santiana Piguave, por su compañía constante, a mis abuelitas María Pita y Gloria Malavé, cuya presencia amorosa han sido faro y refugio.

A Andy Muñoz por su apoyo incondicional y paciencia a lo largo de esta etapa, Gracias por motivarme a seguir adelante su compañía y confianza han sido una fuente constante de fortaleza para alcanzar esta meta.

A quienes ya no están, pero dejaron una huella imborrable en mi corazón; Manuel Piguave, Eloy Santiana y Andrea Pita su ejemplo sigue guiando mis pasos, y su amor se vuelve eterno en cada recuerdo que guardo.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Santiana Piguave Bélgica Leonor** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

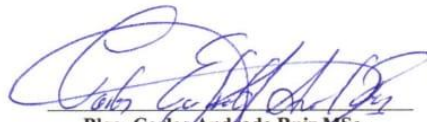
Trabajo de Integración Curricular. **APROBADO** EL: 12 de agosto del 2026.



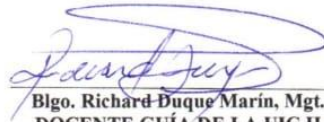
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



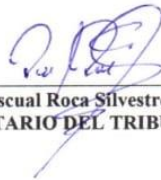
Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Carlos Andrade Ruiz MSc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **SANTIANA PIGUAVE BÉLGICA LEONOR**, estudiante de la Carrera de Biología, declaro que el Trabajo de Integración Curricular, cuyo título es:

“DINÁMICA ESPACIAL DEL FITOPLACTON Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FÍSICO- QUÍMICAS DEL RÍO GRANDE COLONCHE – SANTA ELENA”, corresponde exclusiva responsabilidad del autor por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan y pertenece al patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente,



Santiana Piguave Bélgica Leonor
C.I. 2450258682

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN	4
3.	OBJETIVOS	6
3.1	OBJETIVO GENERAL	6
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4.	HIPÓTESIS	7
5	MARCO TEÓRICO	8
5.1	Generalidades del río	8
5.1.1	Definición de río	8
5.1.2	Importancia de los ríos.....	8
5.1.3	Ciclo de agua y su relación con los ríos	9
5.1.4	Contaminación de los ríos	11
5.2	Generalidades del fitoplancton	12
5.2.1	Composición fitoplanctónicas	12
5.2.2	Diversidad del fitoplancton.....	13
5.2.3	Características morfológicas del fitoplancton	14
5.3	Parámetros físicoquímicos de la calidad de agua	14
6	MARCO LEGAL	16
6.1	Marco legal de la Republica del Ecuador	16
6.2	Ley orgánica de los recursos hídricos, uso y Aprovechamiento del Agua.....	18
7	METODOLOGIA.....	21
7.1	Diseño de estudio.....	21
7.2	Área de estudio	21
7.3	Fase de Campo.....	23
7.3.1	Obtención de muestras.....	23
7.3.2	Preservación de muestras.....	24

7.4	Variables fisicoquímicas.....	25
7.5	Fase de laboratorio.....	25
7.5.1	Análisis microscópico.....	25
7.6	Índices ecológicos.....	26
7.7	Ecuación para determinar caudal.....	28
7.7.1	Método Flotador	28
7.7.2	Cálculo del caudal por método Flotador.....	28
7.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
8	RESULTADOS	34
8.1	Densidad Poblacional	34
8.1.1	Densidad poblacional de febrero	34
8.1.2	Densidad poblacional de marzo.....	37
8.1.3	Densidad poblacional de abril	39
8.2	Estructura comunitaria.....	43
8.2.1	Estructura comunitaria de febrero	43
8.2.2	Estructura comunitaria de marzo	45
8.2.3	Estructura comunitaria de abril.....	47
8.3	Determinación del caudal del río por medio del método Flotador	49
8.4	CORRELACIÓN DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y ESPECIES.....	51
8.4.1	Variables Fisicoquímicas vs Especie de Febrero.....	51
8.4.2	VARIABLES FISICOQUÍMICAS vs ESPECIES DE MARZO	56
8.4.3	Variables Fisicoquímicas vs Especies de Abril	63
8.5	ANÁLISIS DE CORRELACION CANÓNICA (CCA)	69
8.6	Escalamiento Multidimensional No Métrico (nMDS)	71
8.7	Interpretación del análisis SIMPER.....	72
9	DISCUSIÓN	74

10	CONCLUSIONES.....	81
11	RECOMENDACIONES	83
12	BIBLIOGRAFÍAS.....	84
13	ANEXOS	96

Índice de Figuras

Figura 1.	Ciclo hidrológico del agua	10
Figura 2.	Ubicación geográfica del área de estudio Rio Grande”	22
Figura 3	Red canónica simple.....	24
Figura 4	Parámetros para el cálculo del caudal por método flotador.	28
Figura 5	Densidad Poblacional (%) de fitoplancton del primer monitoreo del mes de febrero 2026.....	35
Figura 6	Densidad poblacional (%) de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de febrero 2026.....	36
Figura 7	Densidad poblacional de fitoplancton (%) del primer monitoreo del mes de marzo 2026.	38
Figura 8	Densidad poblacional (%) de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de marzo 2026.	39
Figura 9	Densidad poblacional de fitoplancton del primer monitoreo del mes de abril 2026.	40
Figura 10	Densidad poblacional de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de abril 2026.	42
Figura 11	Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de febrero 2026.	44
Figura 12	Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de marzo 2026.	46
Figura 13	Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de abril 2026.	48
Figura 14	Calculo del caudal por método flotador.	50
Figura 15	Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de febrero 2026.....	53
Figura 16	Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de febrero 2026.	55

Figura 17 Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de marzo 2026.	59
Figura 18 Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de marzo 2026.....	62
Figura 19 Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de abril 2026.	65
Figura 20 Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de abril 2026.	68
Figura 21 Análisis de correlación canónica (CCA).....	70
Figura 22 Escalamiento multidimensional No métrico (nMDS).....	71
Figura 23 Análisis SIMPER- especies de fitoplancton con mayor contribución de la disimilitud.	73

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de muestreos en el Rio Grande. . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2. Valoración del índice de diversidad Shannon-Wiener.	27
Tabla 3 Datos de factor de corrección que está relacionado con la profundidad del rio ...	32
Tabla 4 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo del mes de febrero.....	96
Tabla 5 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo del mes de febrero ..	97
Tabla 6 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo del mes de marzo	98
Tabla 7 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo superficial del mes de marzo	99
Tabla 8 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo superficial del mes de abril.....	100
Tabla 9 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo superficial del mes de abril.....	101
Tabla 10 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de febrero	102
Tabla 11 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de febrero.....	102
Tabla 12 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de marzo	102
Tabla 13 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de marzo	102
Tabla 14 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de abril.....	103
Tabla 15 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de abril	103
Tabla 16 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo febrero	103
Tabla 17 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo febrero.....	103

Tabla 18 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo marzo.....	104
Tabla 19 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo marzo	104
Tabla 20 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo abril.....	104
Tabla 21 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo abril.....	104
Tabla 22 Calculo del caudal mediante el método flotador	105

ANEXOS

Anexos 1 Especies de fitoplancton identificadas en el río Grande durante los muestreos	107
Anexos 2 Certificación de especies otorgada por la especialista	109
Anexos 3 Permiso otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica	110
Anexos 4 Recolección de muestras de fitoplancton	111
Anexos 5 Medición de caudal.....	111
Anexos 6 Toma de parámetros Fisicoquímicos.....	112
Anexos 7 Identificación microscópica de Fitoplancton.....	112
Anexos 8 Muestreo con red canónica simple.	113

GLOSARIO

Abundancia: cantidad de individuos de cada especie que viven en una comunidad o en un área geográfica específica.

Cadena trófica: conexiones alimentarias entre las diferentes especies dentro de un ecosistema.

Caudal: cantidad de líquido que pasa a través de un tubo o sección transversal en un periodo determinado

Diversidad de especies: cantidad o variedad de especie distintas que se encuentra en un hábitat específico.

Ecosistema fluvial: sistema ecológico de gran relevancia debido a su capacidad de mantener recurso hídrico y ambientales para la comunidad

factores físicos: son las condiciones ambientales que impactan a los organismos vivos y al funcionamiento del ecosistema

Fitoplancton: Organismos fotosintéticos microscópicos que flotan en ambientes acuáticos.

Índices ecológicos: conjunto de herramientas que brindan información y permiten evaluar los diferentes individuos que están presentes en una comunidad.

Influencia: capacidad de causar algún efecto sobre algo.

ABREVIATURAS

ART: Artículo

μm: Micras

°C: Grado centígrado

m: metro

m^3/s : metros cubico sobre segundos

r_s : Coeficiente de correlación por rangos de Spearman

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

RESUMEN

En este presente estudio se analizó la variación espacial de fitoplancton y su relación con variables físico-químicas del ecosistema fluvial del Rio Grande de la comuna Febres Cordero, perteneciente a la parroquia Colonche, durante los meses, febrero, marzo y abril de 2026, en una longitud de 2.4 km, donde se establecieron tres estaciones para la recolección de muestras superficiales de fitoplancton, situadas a 800 metros de distancia a lo largo del cauce fluvial. Se identificaron 34 especies de fitoplancton, la abundancia de especies se vio caracterizada por: *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa*, *Pinnularia* spp, *Navicula directa*, *Navicula phyllepta*. Los índices ecológicos revelaron una diversidad media (Shannon- Weaver: 1.63 y 2.59 bits), una distribución equitativa variable (Pielou: 0.59-, 0.93) y baja dominancia (Simpson: 0.08, -0.23). El caudal varió entre 0.006m³/s y 0.373 m³/s mediante el método flotador. El coeficiente de Spearman evidencio correlaciones de significancia de ($p < 0.05$), mientras que el análisis de correlación canónica (CCA) corrobora las correlaciones mostrando que *Gyrosigma acuminatum*, *Rhopalodia gibba*, *Pleurosigma normanii* y *Cymbella* spp., estuvieron vinculadas a alta salinidad y temperatura; *Navicula directa*, *N. phyllepta*, *Pinnularia* spp., *N. lanceolata* y *Amphora ovalis*, asociados a nitrato y nitrito, en aguas menos salinas y ricas en nitrógeno; y *Nitzschia agnita* y *Amphora meridionalis*, relacionados positivamente con salinidad y negativamente con pH. El nMDS (stress = 0.157) mostro una agrupación de manera cohesiva en una región del espacio bidimensional en algunos sitios (muestreos), diferenciándose marcadamente del resto, finalmente el análisis SIMPER indicó que 7 especies de fitoplancton explicaron más del 53% de la disimilitud entre sitios de muestreo, evidenciando una alta heterogeneidad espacial en la comunidad.

Palabras claves: Fitoplancton, ecosistema fluvial, parámetros fisicoquímicos, diversidad, equitatividad, baja dominancia.

ABSTRACT

This study analyzed the spatial variation of phytoplankton and its relationship with physicochemical variables of the Grande river ecosystem in the Febres Cordero commune, Colonche parish, during February, March, and April of 2026. The study covered a 2.4 km stretch of the river, where three stations were established 800 meters apart along the river channel for collecting surface phytoplankton samples. Thirty-four phytoplankton species were identified, with the following species being the most abundant: *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa*, *Pinnularia* spp., *Navicula directa*, and *Navicula phyllepta*. Ecological indices revealed moderate diversity (Shannon-Weaver: 1.63 and 2.59 bits), variable even distribution (Pielou: -0.59, 0.93), and low dominance (Simpson: -0.08, -0.23). Flow rates ranged from 0.006 m³/s to 0.373 m³/s using the float method. Spearman's rank correlation coefficient showed significant correlations ($p < 0.05$), while canonical correlation analysis (CCA) corroborated the correlations, showing that *Gyrosigma acuminatum*, *Rhopalodia gibba*, *Pleurosigma normanii*, and *Cymbella* spp. were associated with high salinity and temperature. *Navicula directa*, *N. phyllepta*, *Pinnularia* spp., *N. lanceolata*, and *Amphora ovalis*, associated with nitrate and nitrite, were found in less saline, nitrogen-rich waters; and *Nitzschia agnita* and *Amphora meridionalis* were positively related to salinity and negatively related to pH. The nMDS (stress = 0.157) showed cohesive clustering in a region of two-dimensional space at some sites (samples), markedly differentiating from the rest. Finally, the SIMPER analysis indicated that 7 phytoplankton species explained more than 53% of the dissimilarity between sampling sites, demonstrating high spatial heterogeneity in the community.

Keywords: Phytoplankton, river ecosystem, physicochemical parameters, diversity, evenness, low dominance.

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton son microalgas que flotan libremente y habita la capa superior iluminada por el sol de la mayoría de los ambientes de agua dulce y marinos (Mendoza, 2024). Estos organismos microscópicos contienen clorofila, que les ayuda a absorber la energía solar; por lo que es uno de los principales grupos de productores de oxígeno en aguas marinas y dulces, así como en nuestra atmósfera, ya que produce al menos la mitad del oxígeno de la Tierra mediante la fotosíntesis (EPA, 2026). Está constituido por organismos microscópicos fotosintéticos que habitan prácticamente todos los ecosistemas acuáticos del planeta, presentando una amplia diversidad de tamaños, formas, estrategias ecológicas y características fisiológicas (Santillán & Guerrero, 2018).

La comuna de Febres Cordero, situada en la provincia de Santa Elena, alberga un valioso ecosistema acuático debido a la abundancia de recursos naturales que posee (Yepez, 2025). Entre estos ecosistemas destacan los ríos, ecosistemas lóticos caracterizados por el flujo continuo de agua y por su importancia en el mantenimiento de la biodiversidad (Tomala, 2026). Su estado de conservación depende, en gran medida, de las acciones del ser humano y de las condiciones ambientales, factores que influyen directamente en la permanencia de los organismos que habitan estos sistemas acuáticos (Cedeño, 2024).

El fitoplancton desempeña un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos debido

a que constituye la base de las redes tróficas y contribuye significativamente al flujo de materia y energía (Vizzo et al., 2025). Debido a sus cortos ciclos de vida y rápida respuesta frente a las variaciones ambientales, estas comunidades constituyen importantes indicadores biológicos de la calidad del agua, permitiendo evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y detectar posibles alteraciones ocasionadas por factores naturales o antrópicos (Piceno, 2016).

A pesar de la importancia ecológica de las comunidades fitoplanctónicas, los ecosistemas fluviales de agua dulce de la provincia de Santa Elena han sido escasamente estudiados, existiendo información limitada sobre la composición y dinámica de estos microorganismos (Tomala, 2026). Esta falta de conocimiento dificulta la comprensión de las relaciones entre las condiciones ambientales y la estructura de las comunidades biológicas presentes en dichos ecosistemas (Mirabá, 2026). Es decir, constituyen una restricción para el análisis de su dinámica ecológica, por lo que impide establecer parámetros de referencia que permitan evaluar la calidad del agua y diseñar estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos.

En este contexto, la presente investigación se orienta a la abundancia y estructura comunitaria y su relación con las variables fisicoquímicas del del rio Grande, Colonche de la provincia de Santa Elena, mediante la recolección de muestras biológicas y la evaluación de parámetros fisicoquímicos como pH, salinidad, temperatura, nitrito, nitrato y fosfato. Además, se determinó la influencia de estas

variables sobre la dinámica poblacional del fitoplancton con el propósito de contribuir al conocimiento de la biodiversidad local y generar información con fundamentos para próximas investigaciones y estrategias de conservación de los ecosistemas acuáticos de la región.

2. JUSTIFICACIÓN

La importancia del fitoplancton se centra más del 45% de la producción primaria neta del planeta. Sin embargo, su función principal es también canalizar energía y materia hacia arriba en la cadena alimentaria. Sirven como indicadores biológicos de las condiciones de los sistemas lóticos. Es decir, son organismos productores lo que los hace el primer paso de la cadena alimentaria acuática y garantizan la oxigenación del agua y de la atmósfera terrestre (Vera, 2023).

Los ecosistemas dulceacuícolas enfrentan una presión cada vez mayor debido a la actividad humana, cambios en los regímenes hidrológicos y cambios climáticos. Estos factores que cambian las condiciones fisicoquímicas en el agua y, de ahí, la estructura de las comunidades biológicas asociadas a estos sistemas (Rojas & Castañeda, 2024). Ante este escenario, se debe generar información científica para comprender el estado ecológico de los ecosistemas fluviales y contribuir a su conservación.

Estos organismos pueden desarrollarse tanto en ecosistemas lénticos, caracterizados por aguas estancadas como lagos, lagunas y embalses, como en sistemas lóticos, donde el agua presenta un flujo continuo, tales como ríos, arroyos, manantiales y canales (Silva, 2022). En estos últimos, la estructura de las comunidades Fitoplanctónicas está fuertemente influenciada por las condiciones hidrológicas y diversos factores fisicoquímicos, entre ellos la temperatura, el pH, el oxígeno

disuelto, la radiación solar y la disponibilidad de nutrientes, variables que determinan la distribución espacial y temporal de las especies presentes en los ecosistemas fluviales (García et al., 2011).

La presente investigación se justifica por la limitada información existente sobre las comunidades fitoplanctónicas en los ecosistemas fluviales de la provincia de Santa Elena. Por otro lado, el mayor porcentaje de plancton tiene ciclos de vida relativamente cortos, lo que facilita la observación de cambios a corto plazo en su abundancia y composición (Mirabá, 2026), por ende, el presente estudio se fundamenta mediante la aplicación de técnicas de muestreo fitoplanctónicas y validación de muestras en laboratorio, haciendo énfasis en su relación con la diversidad de variables ambientales como temperatura, salinidad, pH, nitrito, nitrato y fosfato del ecosistema fluvial.

Dentro de este contexto, la investigación se vincula con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (Agua limpia y saneamiento), al aportar información relevante para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación de las fuentes de agua dulce (Sistema de las Naciones Unidas, 2018). En este sentido, los resultados obtenidos proporcionan insumos técnicos que pueden apoyar la toma de decisiones orientadas al manejo, conservación y saneamiento del recurso hídrico en la cuenca del río Grande de Colonche, provincia de Santa Elena.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la abundancia y estructura comunitaria de fitoplancton y su relación con las variables físico-químicas, mediante arrastres superficiales determinando la dinámica poblacional del río Grande.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la abundancia y estructura comunitaria del fitoplancton mediante el método de semina e índices ecológicos.
- Determinar el caudal del río por medio del método flotador.
- Correlacionar la densidad poblacional de Fitoplancton con las variables físicoquímicas mediante análisis estadísticos y multivariados.

4. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (Hi):

Las variables fisicoquímicas en el ecosistema fluvial influyen sobre la dinámica espacial del fitoplancton.

5 MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades del río

5.1.1 Definición de río

Un río es un cauce natural de agua que fluye de manera continua y significativa. Generalmente, desemboca en otros cuerpos de agua, como lagos o mares. Se trata de una corriente superficial que ocurre por un lecho definido. No obstante, también existen formas más pequeñas, como arroyos, riachuelos o quebradas (Laz Del Pezo, 2025).

Estas corrientes forman parte de los sistemas lóticos. Estos son redes de drenaje natural que transporta agua dulce. Su función es conectar las cuencas hidrográficas con los océanos (Sabater & Elosegí, 2009). Además de agua, estos sistemas movilizan una gran cantidad de elementos. Transportan sales disueltas, sedimentos en suspensión y organismos vivos. De esta manera participan activamente en los procesos físicos, químicos y biológicos de los ecosistemas acuáticos (Figuerola & Tubay, 2021).

5.1.2 Importancia de los ríos

Los ríos son fundamentales para el desarrollo ambiental, social y económico de las regiones. Actúan como vínculos dinámicos entre las cuencas terrestres, el océano y la atmosfera. Facilitan el movimiento del agua, sedimentos, organismos y nutrientes a gran escala (Prat, 2021). Estos ecosistemas reciben materia orgánica de fuentes tanto naturales como humanas.

Esta materia esta descompuesta por organismos heterótrofos, como bacterias y hongos. Al ser sistemas complejos, dinámicos e interconectados, los ríos no solo procesan nutrientes, sino que también los trasladan, siendo esenciales para los ciclos biológicos del planeta (UNAUES, 2022). Además, los ríos sirven como hábitat para una amplia variedad de seres vivos.

Esta biodiversidad abarca desde el plancton microscópico hasta los grandes vertebrados. Por estas razones, son imprescindible para la vida y la actividad humana. Su conservación es clave para su equilibrio de la biosfera (UNAUES, 2022).

5.1.3 Ciclo de agua y su relación con los ríos

El ciclo del agua, o ciclo hidrológico, describe el movimiento continuo del agua en la tierra (Córdova & Rodriguez, 2022). La energía solar es el motor principal de este ciclo; provoca la evaporación del agua de océano, lagos y la superficie terrestre.

Posteriormente, el agua se condensa en la atmósfera. Luego se precipita en forma de lluvia, nieve o granizo, regresando así a la superficie. Los elementos que forman parte de este ciclo se muestran en la (figura 1). A continuación, se explica cada uno de ellos.

Evaporación: Es un proceso físico que transforma el agua de estado líquido a gaseoso. Ocurre desde diversas superficies, como lagos, ríos, humedales y el suelo. La velocidad de este proceso aumenta con la temperatura ambiente.

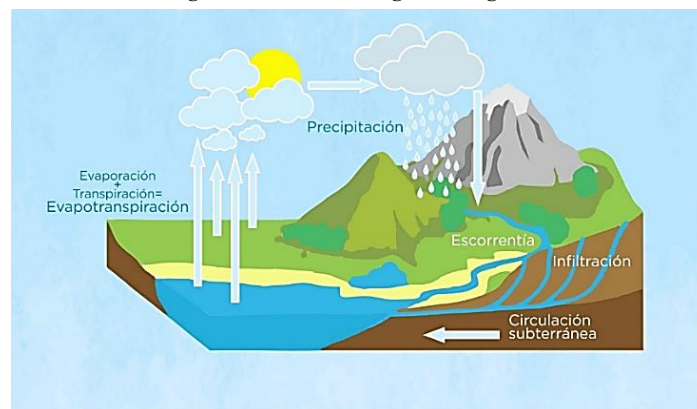
Precipitación: Es el proceso por el cual el agua cae a la tierra en estado líquido o sólido (lluvia, nieve o granizo). Actúa como la fuerza que impulsa la fase terrestre del ciclo hidrológico.

Escorrentía: Se refiere al agua que fluye sobre la superficie terrestre. La lluvia se mueve hacia abajo, bajo la influencia de la gravedad.

Infiltración: Es la penetración del agua en el suelo, cuya rapidez depende de su textura y estructura.

Circulación subterránea: el agua infiltra se mueve bajo la superficie. Los ríos juegan un papel central en el ciclo ya que regulan el clima.

Figura 1. Ciclo hidrológico del agua



Fuente: (Soria, 2026)

5.1.4 Contaminación de los ríos

La contaminación de los afluentes fluviales constituye una de las crisis ambientales más graves de la actualidad. El crecimiento poblacional y los asentamientos humanos en las han aumentado los residuos, que incluyen aguas residuales y sustancias químicas de origen industrial. Esto provoca que las aguas de los ríos pierdan su composición natural. El impacto es negativo tanto para la fauna y flora como para los seres humanos que las consumen (Cazco Balseca, 2024).

El origen de la contaminación es, principalmente, antropogénico. La creciente demanda de agua para diversas actividades humanas genera residuos(Quintanilla, 2021). Esto resulta en la inclusión de sustancias extrañas, como productos químicos, microorganismos y desechos industriales (Sinchiguano Baldeón, 2024).

Las acciones con mayor impacto en la contaminación de los ríos son:

- Descargas de aguas residuales: Estas se producen cuando el agua usada en actividades humanas es vuelta al medio ambiente. Contienen contaminantes como bacterias, virus, metales pesados y residuos orgánicos (Palacios, 2025).
- Deforestación: La pérdida de cobertura forestal reduce la capacidad de los bosques para filtrar contaminantes; esto agrava la erosión del suelo y la sedimentación en los ríos (Sinchiguano Baldeón, 2024).

- Actividades agrícolas: La agricultura representa una fuente importante de contaminación. El uso de fertilizantes y pesticidas contamina las aguas superficiales y subterráneas (Sinchiguano Baldeón, 2024).
- Actividades industriales: Las industrias contribuyen significativamente a la polución fluvial. Las descargas de afluentes, residuos sólidos y derrames de petróleo causan graves daños ambientales (Carrión et al., 2024).

5.2 Generalidades del fitoplancton

El fitoplancton es un grupo de organismos microscópico y unicelulares. Poseen capacidad fotosintética y viven en suspensión en la columna de agua (Gil et al., 2022). Pueden ser solitarios o coloniales, con tamaños que van desde menos de 1 μm hasta colonias mayores a 500 μm .

Su función es esencial para la producción primaria en cualquier ecosistema acuático, tanto marino como de agua dulce. Este grupo incluye una amplia diversidad taxonómica, desde algas unicelulares hasta cianobacterias. Por lo tanto, constituyen la base de la red trófica en entorno acuático (Tarazona, 2025).

5.2.1 Composición fitoplanctónicas

La composición fitoplanctónicas se refiere al conjunto de especies presente en un cuerpo de agua (marino, lacustre o fluvial) en un momento y lugar determinado. Esta composición no es estática, si no que varía en función de factores ambientales como la temperatura, salinidad, nutrientes y luz solar (Chérrez et al., 2017). La dinámica del agua, especialmente su circulación o mezcla, es fundamental, ya que juega un papel clave en la distribución y abundancia de estas comunidades. (Zumudio et al., 2024).

5.2.2 Diversidad del fitoplancton

Cada tipo de fitoplancton posee características morfológicas distintivas. Estas les permiten adaptarse a diversos ambientes acuáticos. Dichas adaptaciones son cruciales para su supervivencia y para presentar el equilibrio de los ecosistemas(Vera, 2023).

La clasificación de fitoplancton se fundamenta principalmente en su tamaño, la cual se crucial para comprender su función ecológica (Valcáre, 2024). Existe una gran diversidad de formas y dimensiones, categorizadas en:

- Picoplancton: Tamaño de 0,2 a 2 μm .
- Nanoplancton: Tamaño de 2 a 20 μm .
- Microplancton: Tamaño de 20 a 200 μm .
- Mesoplancton: Tamaño de 200 a 2000 μm .

5.2.3 Características morfológicas del fitoplancton

Las algas del fitoplancton son consideradas plantas inferiores. Carecen de una estructura compleja, pero realizan la fotosíntesis. Pueden encontrarse de manera individual o formando colonias (Mendoza, 2024). El crecimiento del fitoplancton esta influenciado por varios factores ambientales. Los principales son:

- El suministro en la luz solar en la zona fótica.
- La temperatura del agua.
- La disponibilidad de nutrientes.
- La competencia con otras plantas acuáticas por recursos.
- El parasitismo y la depredación.

5.3 Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua

Los parámetros fisicoquímicos proporcionan información sobre las propiedades y la naturaleza química del agua (Samboni et al., 2007)

. No muestran directamente su influencia en la vida acuática; sin embargo, son adecuados para evaluar la calidad del agua, ya que determinan las condiciones ambientales que impactan a los organismos (Escandón & Cáceres, 2022).

Los parámetros considerados en esta investigación son:

5.3.1 Parámetros físicos

- Temperatura: Se expresa en grado centígrados (°C). Es un aspecto fundamental para el desarrollo de la vida acuática (Carrillo & Urgilés, 2016). La temperatura en los ríos fluctúan por factores como altitud, latitud, profundidad, hora del día y estaciones del año (Cruz & Del Pozo, 2023).
- Salinidad: Se define como la cantidad de sales disueltas en el agua. Es un parámetro esencial para caracterizar los cuerpos de agua. En un parámetro esencial para caracterizar los cuerpos de agua. En ecosistemas fluviales, se expresa en partes por mil (ppt) (Márquez et al., 2024)
- pH: Mide si el agua es acida o básica, siendo esencial para valorar su calidad. Se define por la cantidad de iones de hidrogeno presentes. El pH afecta directamente los procesos químicos y biológicos (Márquez et al., 2024).

-

5.3.2 Parámetros químicos

- Nitrito y Nitratos: Estos iones forman parte del ciclo natural del nitrógeno. Las actividades humanas incrementan sus niveles en el suelo. Por su solubilidad, pueden alcanzar concentraciones significativas en ríos. Las fuentes principales son desechos animales y la escorrentía de fertilizantes (Escandón & Cáceres, 2022).

- Fosfato: La presencia de fósforo (como fosfato PO_4^{3-}) puede ser un nutriente o un contaminante. Su comportamiento depende del pH y la temperatura (Condori & Vargas, 2021). El exceso del fósforo provoca eutrofización y proliferación de cianobacterias en el ecosistema fluvial.

-

6 MARCO LEGAL

Desde la perspectiva normativa la presente investigación encuentra su fundamento en el marco constitucional ecuatoriano. Este marco está establecido por la Constitución de la Republica del Ecuador, publicada en el Registro Oficial en el año 2008 y reformada en 2021. Dicho cuerpo normativo constituye la base jurídica para la protección de la naturaleza y de los recursos naturales. Estos son principios fundamentales del Estado. Por lo tanto, los artículos constitucionales analizados sustentan el desarrollo de esta investigación. De igual manera La ley orgánica de los recursos hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua completa este marco legal. Fue publicada en el Registro Oficial Suplemento N° 305, el 6 de agosto de 2014. Esta ley establece las disposiciones para la gestión integral, conservación, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en el Ecuador.

6.1 Marco legal de la Republica del Ecuador

Derecho del buen vivir:

Art.12. “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable para todo ser humano ...” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En este artículo, se evidencia que el agua es reconocida como un derecho fundamental. Es indispensable para la vida, la salud y el desarrollo integral de las personas. Su carácter irrenunciable y de uso público resalta la responsabilidad del Estado. Esta responsabilidad consiste en garantizar un acceso equitativo, seguro y sostenible para toda la población.

Art.13

“Las personas y las colectividades son titulares de derecho propio a un acceso seguro y fiable a alimentos inocuos en cantidad para una nutrición...”(Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En el marco de los derechos del Buen Vivir, se establece que tanto las personas como los colectivos tienen derecho a acceder a alimentos saludables y seguros. Este derecho se relaciona orgánicamente con la plena vigencia de la seguridad alimentaria, dentro de la cual el agua destinada a las actividades agrícolas adquiere una importancia estratégica en la seguridad de los alimentos que llegan a la mesa de las personas. Por tanto, garantizar la calidad del agua no solo es una cuestión técnica, sino una obligación ética y sanitaria inevitable, de la que depende en gran medida el estado nutricional y la salud general de la población.

Art 411:

“El Estado garantizará y asume una responsabilidad inalienable de asegurar la preservación, restauración y manejo integral de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas”(Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

Este artículo destaca la responsabilidad primordial del Estado ecuatoriano en la protección y administración sustentable de los recursos hídricos. No solo garantiza su conservación, sino también su recuperación y aprovechamiento adecuado. Para ello, se considera esencial el manejo integral de las cuencas y sistemas hidrográficos, debido a su influencia directa sobre la calidad del agua. Asimismo, se reconoce que cualquier alteración en estos componentes puede repercutir significativamente en el equilibrio ecológico. Esto influye en los diferentes ecosistemas que dependen de este recurso esencial para su funcionamiento y conservación.

6.2 Ley orgánica de los recursos hídricos, uso y Aprovechamiento del Agua.

Art. 3. Objeto de la Ley

Esta ley tiene como objeto garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar su gestión, preservación, conservación y restauración para asegurar el recurso y el bienestar colectivo hídrico... (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Este artículo tiene como finalidad garantizar el derecho humano al agua mediante la regulación y protección de los recursos hídricos. Promueve su uso sostenible y

responsable en beneficio de la población y en respeto de los derechos de la naturaleza, conforme al principio del buen vivir.

Art. 4. Principios de la ley

El agua, como recurso natural debe conservarse y protegerse mediante una gestión sostenible, que garantice su durabilidad (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Este artículo establece que el agua debe ser vista como un recurso natural clave. Su conservación y cuidado son responsabilidades fundamentales tanto de la sociedad como del Estado. En este contexto, la administración del recurso hídrico debe llevarse a cabo siguiendo principios de sostenibilidad y sustentabilidad. Esto asegura no solo su disponibilidad para las generaciones actuales, sino también para las futuras.

Además, la normativa subraya la importancia de mantener la calidad del agua mediante acciones integrales de planificación, control y uso responsable. Por lo tanto, la gestión sostenible del recurso hídrico se considera un principio esencial. Este principio es clave para garantizar el equilibrio ambiental, el bienestar social y el desarrollo económico, previniendo su deterioro, contaminación o sobreexplotación.

Art. 8. Gestión Integrada a los recursos Hídricos

La Autoridad Unificada del Agua tiene la misión integrada de los recursos hídricos tiene la misión de gestionar los recursos hídricos. Los ecosistemas asociados y los

causes, en coordinación con los diferentes niveles de gobierno de conformidad con la ley. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Este apartado establece que la Autoridad unificada del Agua es la organización responsable de la gestión y protección de los recursos hídricos nacionales de manera integral. Esto significa que no solo se debe considerar el agua en sí, sino también los ecosistemas. También se estipula que la gestión del agua debe realizarse sobre la base de cuenca hidrográficas, dado que estas son las entidades naturales a través de las cuales circula y se distribuye este recurso.

Art. 12. Protección, uso y conservación de los recursos (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Esta disposición legal constituye una base importante para investigaciones que analizan la calidad ecológica de los cuerpos de agua, puesto que reconoce la necesidad de generar información científica que apoye la conservación de los recursos hídricos y el mantenimiento de sus funciones ecológicas.

7 METODOLOGIA

7.1 Diseño de estudio

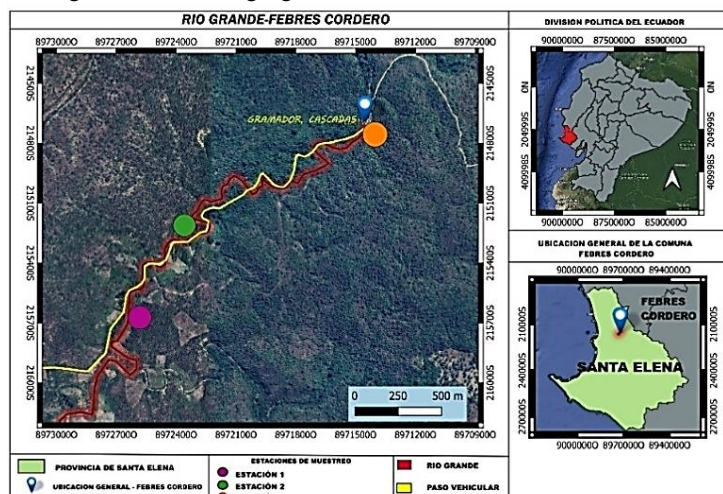
El presente estudio se sustentó en un diseño metodológico no experimental y de carácter longitudinal, debido a que las variables fueron analizadas sin manipulación y los datos se recolectaron durante un periodo definido de tres meses (Moreno Tovar et al., 2008). Lo que permitió adecuar la recopilación y análisis de información en el área de estudio (Romero Castro et al., 2018). Se interpretaron cualitativamente, las implicaciones ecológicas y de gestión ambiental de los resultados, mientras que el enfoque cuantitativo se basó en la obtención y estimación de densidad poblacional y caracterización de la composición de las comunidades fitoplanctónicas presentes en el área de estudio. El carácter descriptivo de la investigación permitió identificar los patrones de abundancia y diversidad de especies en cada una de las estaciones de muestreo, mientras que el componente correlacional facilitó el análisis de las relaciones existentes entre los parámetros ambientales y la estructura de las comunidades de fitoplancton, aportando evidencia científica sobre su papel como bioindicadores de la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales (Fernando et al., 2024).

7.2 Área de estudio

La presente investigación se realizó en el río Grande de la comuna Febres Cordero, perteneciente a la parroquia Colonche, localizada en el cantón de Santa Elena provincia de Santa Elena, dentro del bosque húmedo tropical seco de la Cordillera Chongón Colonche. El acceso al área de estudio se realizó a través del desvío cruce de Palmar, Colonche – Febres Cordero, recorriendo una distancia aproximada de 16 km hasta llegar al punto de muestreo (Pozo, 2015). Este ecosistema se caracterizó por presentar un bosque húmedo tropical seco con presencia de cactus y arbustos (Figura 2). Asimismo, contó con asentamientos poblacionales, zonas destinadas a actividades agrícolas-ganaderas y una amplia diversidad de aves distribuidas a lo largo del bosque de la comnidad (Tomala, 2026).

El tramo de estudio comprendió una longitud de 2.4 km, en este sector se establecieron tres estaciones para la recolección de muestras superficiales de fitoplancton, situadas a 800 metros de distancia a lo largo del cauce fluvial. Las coordenadas de cada estación se muestran en la (Tabla 1). Los muestreos se realizaron dos veces al mes durante tres meses (febrero, marzo, abril) garantizando así la respectividad temporal de los datos obtenidos.

Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio Río Grande”



Nota: Modificado en QGIS, 2026.

7.3 Fase de Campo

COORDENADAS		
ESTACIÓN (800m)	LATITUD	LONGITUD
E1	-1.936328	- 80.602525
E2	- 1.935073	- 80.601934
E3	-1.932562	-80.599705

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de muestreos en el Rio Grande

7.3.1 Obtención de muestras

Consistió en la recolección de componentes biológicos *in situ*. Se realizaron dos muestreos por mes durante tres meses (febrero, marzo y abril). Asimismo, se utilizó un sistema de posicionamiento Global (GPS) para la georreferencia de cada estación de muestreo. Los muestreos se realizaron en horarios matutinos, lo que permitió garantizar la comparabilidad entre estaciones; con dicha información se establecieron correlaciones entre la abundancia de especies y los parámetros fisicoquímicos (Vasca & Euskal, 2015).

Las muestras de fitoplancton fueron recolectadas mediante una red cónica simple (Figura 3), con una abertura de malla de 50 μm y una longitud de 1 metro. Esta red se adaptó a un marco cuadrado de 30 cm x 30 cm, el cual fue fijado al sustrato. Para la recolección, la red se colocó contra la corriente durante un periodo de 10 minutos, lo que permitió la retención de los organismos fitoplanctónicos presentes en la columna de agua.

Figura 3 Red canónica simple.



Fuente: (Moreno, 2022)

7.3.2 Preservación de muestras

Las muestras de fitoplancton fueron almacenadas en frascos esterilizados de 500 ml, correctamente rotulados con fecha, estación y número de muestreos. Para su preservación, se aplicó formaldehído al 4% mediante una jeringa de 5 ml siguiendo lo descrito por Sastre et al., (2021), colocando 4ml de formalina por cada 100 ml por un volumen de muestra; dicho fijador fue previamente neutralizado con bórax (tetraborato de sodio), con el fin de evitar la acidificación de las muestras y proteger las estructuras celulares, el mismo que garantizará su estabilidad de pH para posterior análisis de muestra. (Navarrete & Rodriguez, 2025). Posteriormente, las muestras fueron trasladadas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, donde se realizaron las identificaciones de los organismos mediante observación microscópica y uso de claves taxonómicas.

7.4 Variables fisicoquímicas

Se utilizó un multiparámetro YSI HANNA para la medición de las variables fisicoquímicas, como temperatura, salinidad, y pH, mientras para el análisis de nitrito, nitrato y fosfato se recolectaron 150 ml de muestra de agua en cada estación de muestreo; se conservaron en un cooler con hielo para luego ser transportadas al laboratorio “NUEVA GESTION”, donde se realizaron los respectivos análisis y se registraron las concentraciones de cada nutriente expresadas en mg/L(Dutscher, 2019).

7.5 Fase de laboratorio

7.5.1 Análisis microscópico

Para la identificación de las especies se utilizó material bibliográfico de trabajos realizados por diferentes actores como: (Vázquez et al., 2021),(Inostroza I., Aguilera A., 2019) y (Woelfl et al., 2018) Además el catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del ecuador (Guamán & Gonzáles, 2016) , el cual sirvió de apoyo para la determinación taxonómica de los organismos identificados.

Los valores de biomasa celular se expresaron en cel/m^3 empleando la metodología propuesta por Semina (1978). El método semi cuantitativo nos proporcionó una estimación de células por especie en cada muestra.

$$\frac{Cel}{m^3} o \frac{Esp}{m^3} = \frac{\left[\frac{(n \times V)}{v} \right]}{\eta}$$

Donde

n = Número de células por especie en cada estación

V = Volumen total de la muestra

v = Volumen/ alícuota cubreobjetos

η = eficiencia de filtración

7.6 Índices ecológicos

Shannon – Wiener

El presente índice permitirá analizar la diversidad mensual de Fitoplancton de cada área de estudio (Vera, 2023). por medio de la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log (p_i)$$

Donde:

S = Número de especies totales presentes en la muestra.

pi = Abundancia relativa de las especies

los valores de interpretación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valoración del índice de diversidad Shannon-Wiener.

VALORES	INTERPRETACIÓN
0.1- 1.5	Diversidad baja
1.6- 3.0	Diversidad media
3.1-	Diversidad alta

Fuente: (Saenz & Vilela, 2023)

- **Índice de Pielou**

El índice de equitatividad que se presenta a continuación permitió analizar si el fitoplancton mostró una distribución uniforme. Estos valores oscilan entre 0 a 1, donde los valores más cercanos a 1 señalan una mayor equidad en la distribución de especies (Santillán & Guerrero, 2018) siguiendo la siguiente formula:

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

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

S = número máximo de especies en la muestra.

- **Índice de Simpson**

El índice siguiente facilitó la evaluación de la dominancia de fitoplancton en los puntos de muestreos. Indicando la probabilidad de dos individuo seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Santillán & Guerrero, 2018).

$$D = \sum P_i^2$$

Donde:

Pi: proporción de individuos de cada especie.

7.7 Ecuación para determinar caudal

Caudal: Es la cantidad de agua que fluye en una sección específica de un conducto en un periodo de tiempo determinado (Breña & Jacobo, 2006) por lo tanto, los parámetros que influyen directamente en su cuantificación son el volumen de la masa de líquido y el tiempo de circulación m^3/s .

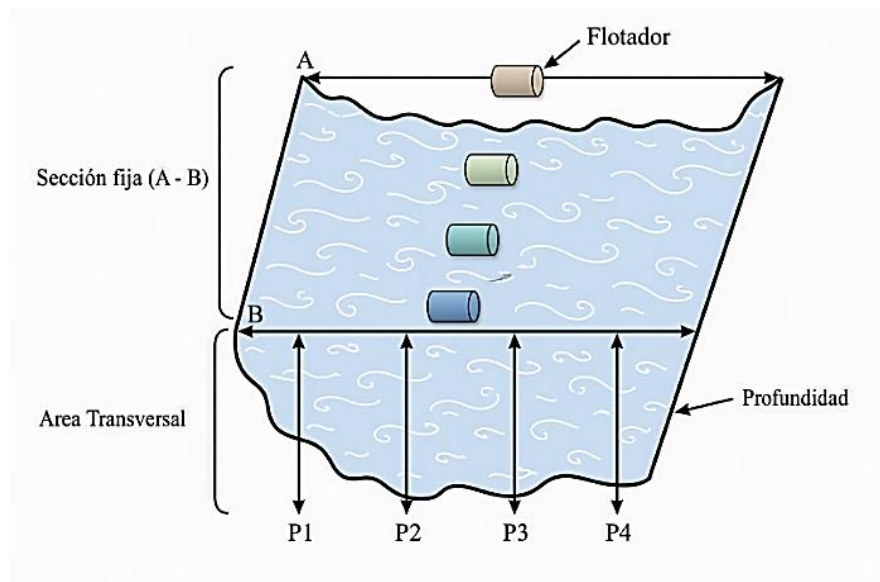
7.7.1 Método Flotador

7.7.2 Cálculo del caudal por método Flotador

La estimación del caudal del río se realizó mediante el método del flotador (Figura 3), técnica utilizada que permitió determinar la velocidad superficial de la corriente en cauce naturales. Para su aplicación, se seleccionó un tramo recto de arroyo con una longitud adecuada, lo que garantizó el libre movimiento de elemento de flotación. (Escandón & Cáceres, 2022)

La elección del segmento de medición se realizó de manera rigurosa, priorizando áreas con escasa vegetación, flujo uniforme y condiciones hidráulicas estables

durante las tres estaciones del muestreo. como elemento de flotación se utilizó una pelota ping-pong de 40 milímetros de diámetro, ligera con un peso de 2.7 gramos. El tiempo empleado para recorrer la distancia establecida fue registrado mediante un cronómetro, permitiendo calcular la velocidad superficial del flujo de agua (Placencio, 2018). A continuación, se detallaron los pasos y las fórmulas aplicadas para la medición del caudal de cada una de las estaciones mencionadas.



Fuente: (Placencio, 2018)

Se seleccionó un tramo uniforme en cada uno de los puntos de muestreo ubicados en el río Grande, procurando que el flujo del agua se desarrollara de manera estable, sin presencia de turbulencias ni de obstáculos significativos, tales como rocas de gran tamaño o troncos, que pudieran alterar su dinámica natural. Para la determinación de la velocidad de la corriente, se estableció un recorrido de 25 metros en cada afluente evaluado (Hidalgo, 2017).

Profundidad media

$$\frac{P1 + P2 + P3 + P4}{4} = \bar{P}$$

P1 = Profundidad media

4 = profundidades medias

Posteriormente, el tiempo empleado para cubrir dicha distancia fue registrado y el procedimiento se repitió en cuatro ocasiones consecutivas en cada uno de los tres transectos de muestreo. Esta metodología permitió reducir posibles errores de medición y mejorar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos utilizando la siguiente formula (Hidalgo, 2017).

Tiempo Promedio

$$T = \frac{t1 + t2 + t3 + t4}{4} = \bar{t}$$

T= tiempo

4 = Profundidad promedio

Una vez seleccionado el tramo de estudio, se establecieron dos puntos de referencia, denominados A y B, separados por una distancia previamente determinada. Posteriormente, se registró el tiempo que tardó el flotador en desplazarse desde el punto A hasta el punto B, siguiendo la dirección natural de la corriente. Este procedimiento se llevó a cabo en cada uno de los sitios de muestreo, considerando las características particulares de cada tramo de escorrentía. La aplicación de esta metodología permitió obtener mediciones más confiables para la estimación del caudal de aportación y, posteriormente, para el cálculo de la velocidad superficial del flujo de agua (Vasconez & Duran, 2015).

La determinación del área transversal del cauce se llevó a cabo mediante la selección de un tramo representativo en cada estación de muestreo. En cada sección se midió el ancho efectivo del río y se registraron las profundidades correspondientes. Para estimar con mayor precisión el área hidráulica, el ancho del cauce fue subdividido en cuatro segmentos de longitud similar; para ello, se efectuaron mediciones de profundidad en cada uno de ellos. Los datos obtenidos permitieron calcular un valor representativo del área transversal del ecosistema fluvial (Vasconez & Duran, 2015).

Velocidad Superficial

$$V = \frac{\text{Distancia } AB}{T}$$

T= tiempo

V= velocidad

Finalmente, se determinó el caudal del río Grande a partir de los valores previamente obtenidos. Para ello, se aplicó el correspondiente factor de corrección, asociado a las características hidráulicas del río y, en particular, a la relación entre la velocidad del flujo y la profundidad del cauce. Este procedimiento permitió estimar de manera más precisa el volumen de agua transportado por el río en cada sección evaluada (Vasconez & Duran, 2015)

$$V = V * A * K$$

V= velocidad

A=Área

Donde K : es el factor de corrección que está relacionado con la velocidad según la profundidad del río.

Tabla 3 Datos de factor de corrección que está relacionado con la profundidad del río

TIPO DE CAUSE	FACTOR DE CORRECCION K
Ríos con profundidad del agua ≥ 30 cm	0.85
Canal revestido de concreto con profundidad del agua > 15 cm	0.80
Canal sin revestimiento con profundidad del agua > 15 cm	0.70
Riachuelos con profundidad del agua > 15 cm	0.50
Riachuelos con profundidad del agua < 15 cm	0.25 -0.50
Fuente: (Vasconez & Duran, 2015)	

7.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El procesamiento de los datos se realizó mediante los programas estadísticos PAST 4 (Rodriguez et al., 2024). Inicialmente, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con el propósito de determinar si el conjunto de datos obtenido seguía una distribución normal. En esta ocasión los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, por ende, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar el grado de asociación entre las variables cuantitativas analizadas. En este contexto, valores próximos a -1 indicaron una fuerte asociación negativa, mientras que valores cercanos a 1 evidenciaron una fuerte asociación positiva entre las variables estudiadas. Por su parte, valores próximos a cero señalaron la ausencia de relación significativa entre ellas. Es importante mencionar que para todas las pruebas estadísticas se adoptó a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ considerando como estadísticamente significativos aquellos resultados con $p < 0.05$ (Martínez et al., 2009).

Por otro lado, la correlación Canónica (CCA) corrobora generalmente las relaciones entre la abundancia de especies y factores fisicoquímicos del ecosistema fluvial, mientras que el Escalamiento Multidimensional no métrico (nMDS) representó gráficamente los patrones de disimilitud entre las muestras (Romero, 2026). Finalmente, se aplicó el método de SIMPER (Similarity Percentage) para identificar las especies que presentaron la mayor contribución a la disimilitud observada entre los grupos.

8 RESULTADOS

8.1 Densidad Poblacional

8.1.1 Densidad poblacional de febrero

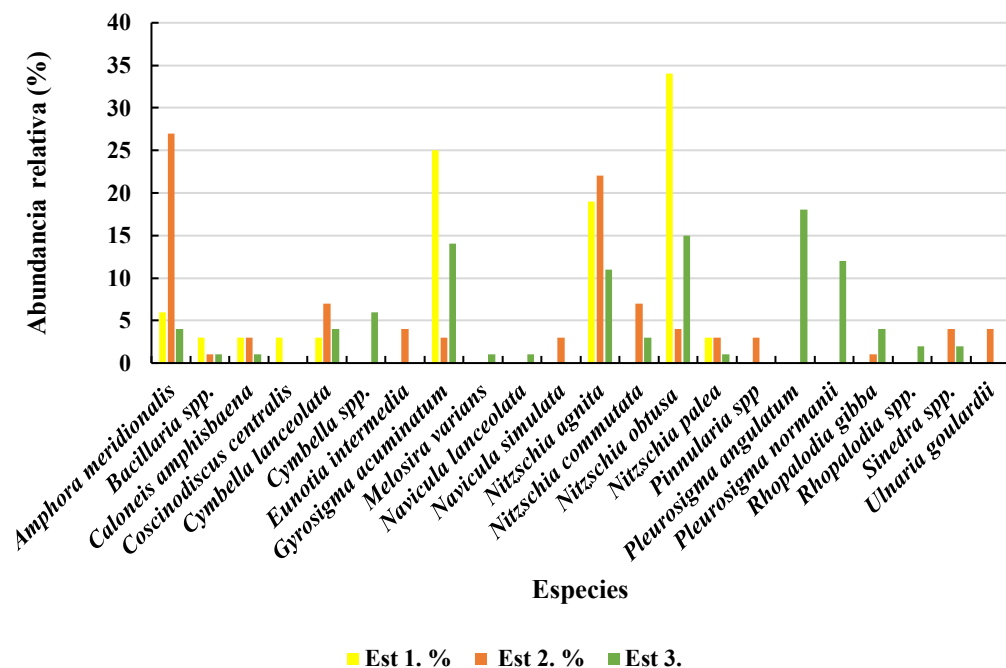
En el ecosistema fluvial del Río Grande se identificaron un total de 22 especies durante el primer muestreo, realizado en el mes de febrero, mediante filtración con red cónica simple, tal como se mostró en la (Figura.5 y tabla. 4). En la estación 1, la comunidad estuvo representada por alta dominancia de *Nitzschia obtusa*, que representó un 34 % del total; *Gyrosigma acuminatum* se posicionó como la segunda especie más abundante con un 25%, seguido de *Nitzschia agnita*, que alcanzó un 19% de frecuencia relativa. Mientras que *Amphora meridionalis* registró una proporción de 6%.

La estación 2 evidenció una clara dominancia de *Amphora meridionalis*, la cual alcanzó una abundancia relativa del 27%, seguido de *Nitzschia agnita*, que registró un 22%. Por su parte, *Cymbella lanceolata* y *Nitzschia communtata* representando una proporción de 7% cada una. Mientras tanto, otras especies como *Eunotia intermedia*, *Nitzschia obtusa*, *Sinedra* spp y *Ulnaria goulardii* presentaron contribuciones menores con un 4% cada una.

Finalmente, la estación 3 presentó un perfil comunitario en el que *Pleurosigma angulatum* se convirtió en una de las especies más abundante, alcanzando un 18%.

A continuación, se ubicó *Nitzschia obtusa* con un 15%, seguido de *Gyrosigma acuminatum*, que registró un 14%. Asimismo, *Nitzschia agnita* y *Pleurosigma normanii* mostraron valores relevantes, con un 11% y 12% cada una. Por otro lado, un grupo de especies evidenció una menor representatividad; entre ella, *Cymbella* spp alcanzó un 6%.

Figura 5 Densidad Poblacional (%) de fitoplancton del primer monitoreo del mes de febrero 2026.

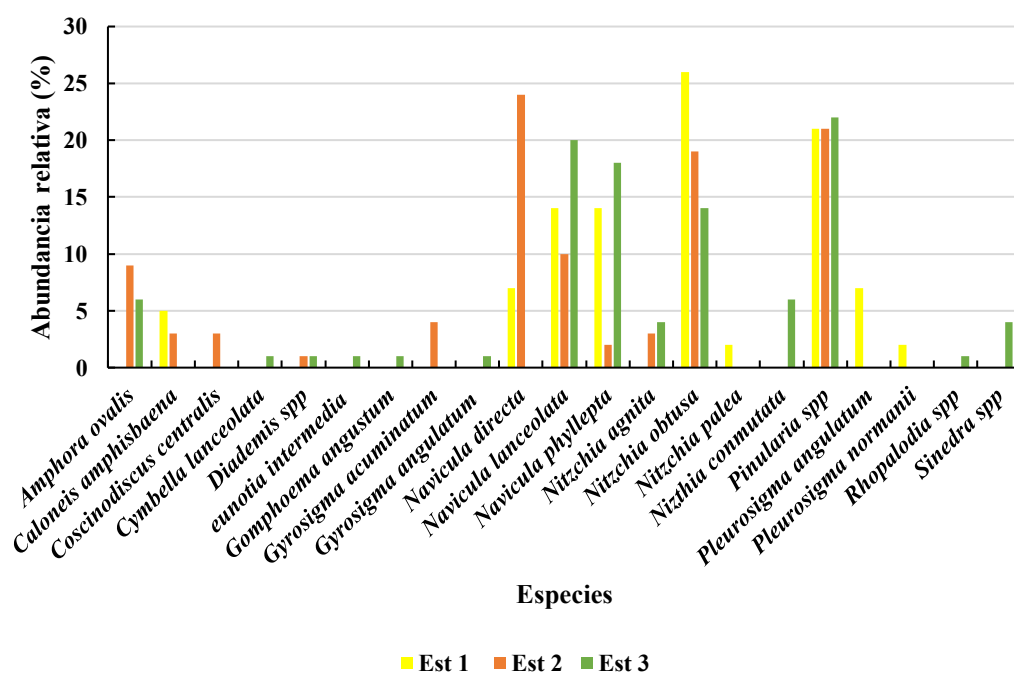


En la (Figura. 6) se mostró la densidad poblacional del segundo muestreo llevado a cabo el mismo mes, registró 21 especies (tabla 5). En la estación 1, la comunidad estuvo representada por *Nitzschia obtusa*, con un 26% del total, seguido de *Pinnularia* spp más abundante con 21%. De igual manera *Navicula lanceolata* y *Navicula phyllepta* en esta ocasión coexistieron cada una con un 14%. Así mismo, un grupo de especies evidenció una menor representatividad entre ellas, *Navicula directa* y *Pleurosigma angulatum* representaron el 7% cada una.

En la estación 2, se evidenció una estructura comunitaria caracterizada por la dominancia de *Navicula directa*, la cual alcanzó la mayor representatividad con un 22% del total. De igual manera, *Pinularia* spp se registró una abundancia de 21%, seguido de *Nitzschia obtusa*, que registró un 19%. Asimismo, *Navicula lanceolata* mostró una contribución importante con un 10%, mientras que *Amphora ovalis* alcanzó un valor intermedio de 9% respectivamente.

En la estación 3, la composición poblacional estuvo dominada por *Pinularia* spp que alcanzo una representación del 22%. Seguido de *Navicula lanceolata* y *Navicula phyllepta* que contribuyó con 20% y 18% cada una. Posteriormente, se registró la presencia de *Nitzschia obtusa* con un 14%. De manera conjunta, *Amphora ovalis* y *Nitzschia commutata* representaron un 6% cada una. *Rhopalodia* spp mostraron una baja frecuencia relativa, con un 1% cada una dentro de la comunidad analizada.

Figura 6 Densidad poblacional (%) de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de febrero 2026.



8.1.2 Densidad poblacional de marzo

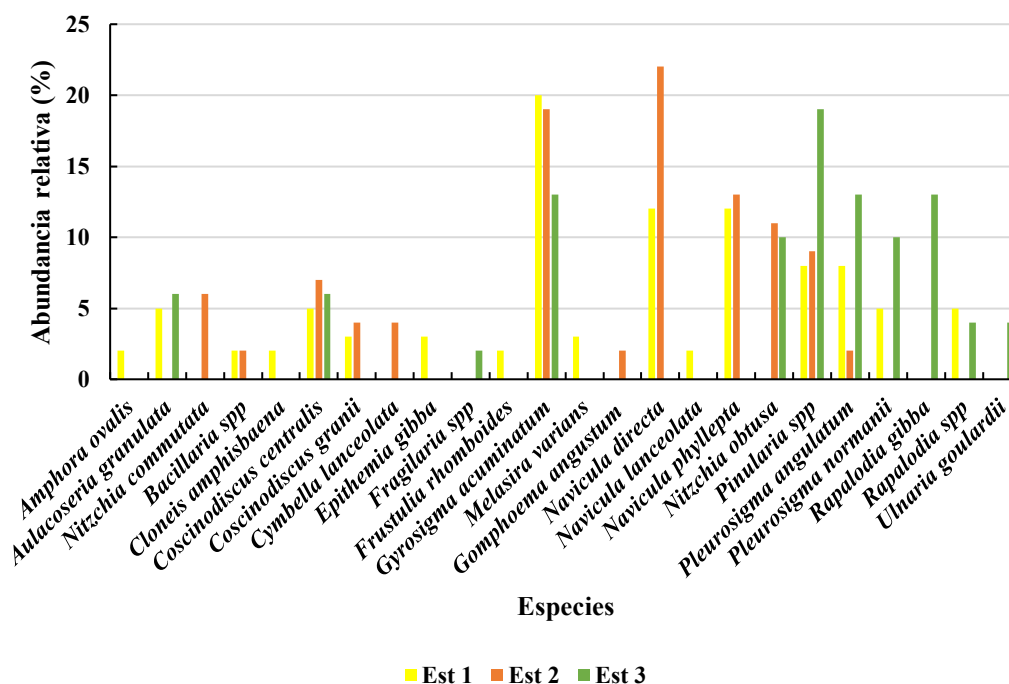
En el primer muestreo correspondiente al mes de marzo se identificaron un total de 24 especies (Figura. 7 y Tabla 6). En la estación 1, la estructura poblacional estuvo dominada por *Gyrosigma acuminatum*, que alcanzó una densidad relativa del 20% del total. A continuación, *Navicula directa* como *Navicula phyllepta* presentaron un 12% cada una. Posteriormente, *Pinularia* spp y *Pleurosigma angulatum* se ubicaron en el nivel intermedio con una contribución del 8% cada una. Mientras que *Aulacoceria granulata*, *Coscinodiscus centralis*, *Pleurosigma normanii* y *Rhopalodia* spp registraron valores del 5% cada una.

La estación 2, la especie más destacable fue *Navicula directa* la cual representó el 22% del total. De manera similar *Gyrosigma acuminatum* también evidenció una elevada densidad, alcanzando el 19%. Por su parte *Navicula phyllepta* registró con un 13 %, seguido de *Nitzschia obtusa* con una representación de 11%. Asimismo, *Pinularia* spp presentó un 9%, mientras que *Coscinodiscus centralis* y *Nitzschia commutata* con un 7% y 6% cada una respectivamente.

Finalmente, la estación 3 presentó un perfil comunitario que se caracterizó por la predominancia de *Pinularia* spp la cual alcanzó el 19% de la abundancia total. Asimismo, *Gyrosigma acuminatum*, *Pleurosigma angulatum* y *Rhopalodia gibba* en esta ocasión coexistieron en esta estación, registrando conjuntamente un 13%. En un nivel intermedio de representación, *Nitzschia obtusa* y *Pleurosigma normani*

evidenciaron una abundancia del 10%. Por otra parte, *Aulacoseria granulata*, *Coscinodiscus centralis* alcanzaron valores del 6% cada una.

Figura 7 Densidad poblacional de fitoplancton (%) del primer monitoreo del mes de marzo 2026.

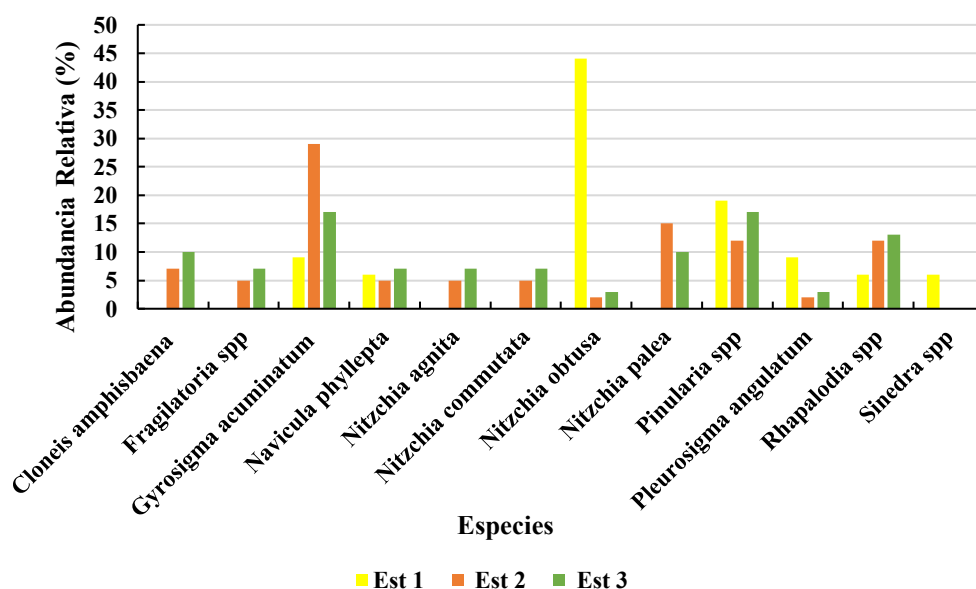


el mismo mes. Se registró un total de 12 especies. En la estación 1, la especie más representativa fue *Nitzschia obtusa* que alcanzó el 44% de densidad poblacional total. En menor proporción, *Pinularia* spp alcanzó el 15%, seguido de *Gyrosigma acuminatum* y *Pleurosigma angulatum* que registraron ambas un 9%.

La estación 2, *Gyrosigma acuminatum* se constituyó como la especie predominante, representando el 29% de densidad poblacional total. Seguido de *Nitzschia palea* registró una proporción del 15 %. Así mismo, *Pinularia* spp y *Rhopalodia* spp presentaron valores similares, con un 12% cada una.

En la estación 3, *Gyrosigma acuminatum* y *Pinularia* spp se identificaron como las especies predominante, cada una con una representación del 17% del total. En segundo lugar, se registró la presencia de *Rhopalodia* spp con un 13%. Asimismo, *Cloneis amphisbaena* y *Nitzschia palea* aportaron cada una con un 10% de la composición poblacional.

Figura 8 Densidad poblacional (%) de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de marzo 2026.



8.1.3 Densidad poblacional de abril

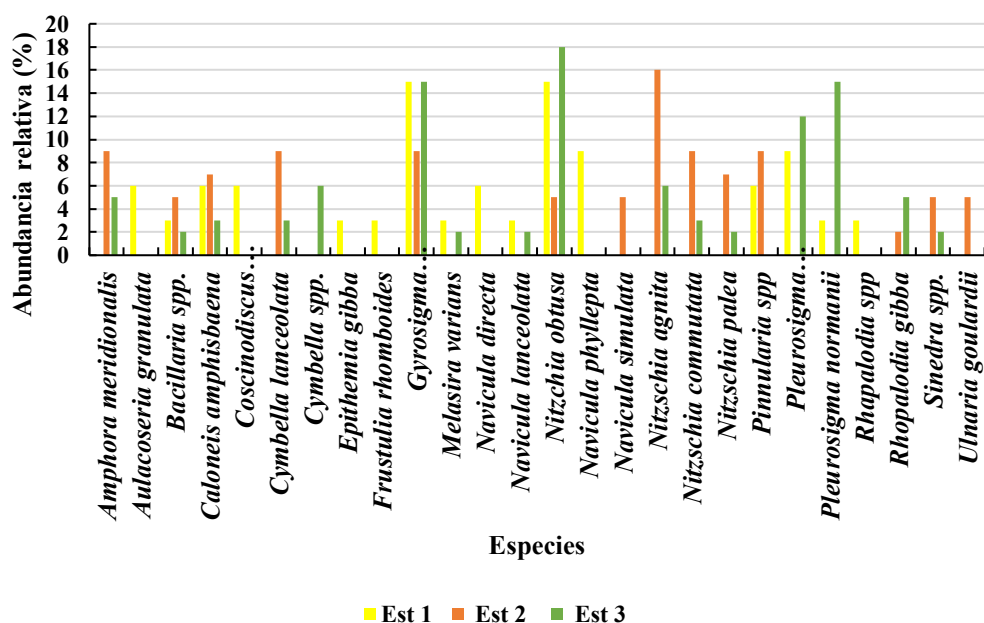
Durante el primer muestreo realizado en el mes de abril, se registraron 26 especies (Figura. 9 y Tabla 8). En la estación 1, la comunidad Fitoplanctónica estuvo mayormente representada por las especies *Gyrosigma acuminatum* y *Nitzschia obtusa*, las cuales alcanzaron conjuntamente el 15% del total. Asimismo, *Navicula phyllepta* y *Pleurosigma angulatum* contribuyeron con un 9% cada una. Mientras

la especies, *Aulacoceria granulata*, *Cloneis amphisbaena*, *Coscinodiscus centralis*, *Navicula directa*, *Pinularia* spp presentaron una proporción de 6% cada una.

En la estación 2, *Nitzschia agnita* se identificó como la especie dominante, alcanzando una representatividad del 16% del total registrado. Seguido por *Amphora meridionalis*, *Cymbella lanceolata*, *Gyrosigma acuminatum* y *Nitzschia commutata* cada una con una representatividad del 9%. Asimismo, se observó que *Cloneis amphisbaena* y *Nitzschia palea* presentaron un 7% cada una.

La estación 3, la composición poblacional estuvo particularmente representada por *Nitzschia obtusa*, con un 18% seguido de *Gyrosigma acuminatum* y *Pleurosigma normanii*, ambas con un 15%. Así mismo, *Pleurosima angulatum* contribuyó con un 12% de la densidad poblacional.

Figura 9 Densidad poblacional de fitoplancton del primer monitoreo del mes de abril 2026.

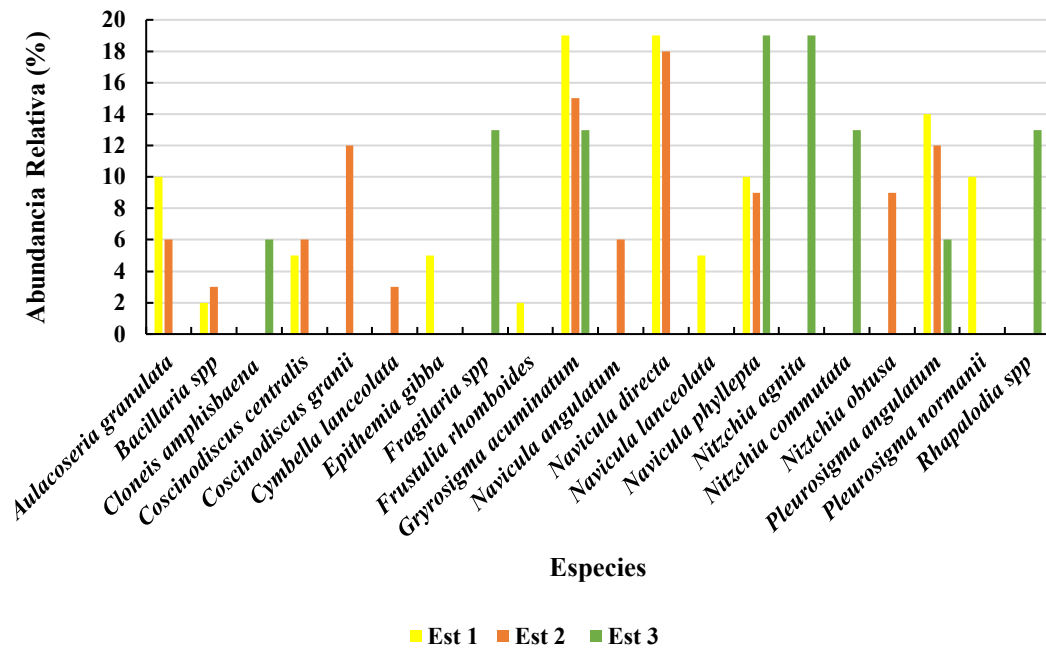


Durante la segunda quincena del mes de abril (Fig. 10) se registraron un total de 20 especies. En la estación 1 las especies de mayor representatividad fueron *Gyrosigma acuminatum* y *Navicula directa*, evidenciando el 19% cada una. En menor proporción, *Pleurosigma angulatum* alcanzó el 14%, seguido por *Aulacoseria granulata*, *Navicula phyllepta* y *Pleurosigma normani* que presentaron un 10% cada una.

La estación 2, entre la especie dominante destaca *Navicula directa* posicionándose con un 18% del total. De manera complementaria *Gyrosigma acuminatum*, *Coscinodiscus granii* que registraron un 15% y 12 % cada una. Así mismo, *Navicula phyllepta* y *Nitzschia obtusa* ambas con un 9%.

Finalmente, en este caso la estación 3 la población se caracterizó especialmente por la presencia de dos especies como: *Navicula lanceolata*, *Nitzschia agnita* representando el 19% del total. Seguido de, *Fragilaria* spp, *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia commutata*, y *Rhopalodia* spp con un 13% cada una. Asimismo, se evidencio otras especies que presentaron contribuciones menores *Caloneis amphisbaena* y *Pleurosigma angulatum* con un 6% cada una.

Figura 10 Densidad poblacional de fitoplancton del segundo monitoreo del mes de abril 2026.



8.2 Estructura comunitaria

8.2.1 Estructura comunitaria de febrero

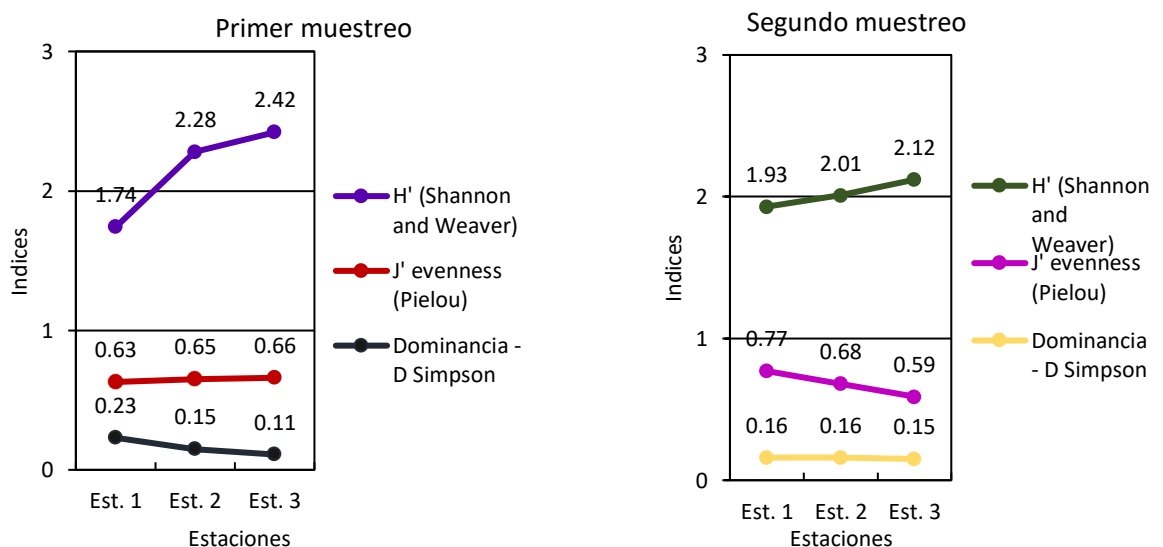
Durante el mes de febrero, la estructura comunitaria en Río Grande mostró variaciones en los índices ecológicos. En el primer muestreo, el índice de Shannon-Weaver (H'), registró un valor mínimo de 1.74 bits en la estación 1 ubicada a - 1.936328 S y - 80.602525 W; no obstante, este valor se incrementó en la estación 2 hasta con 2.28 bits (- 1.935073 S; - 80.601934), mientras la mayor diversidad se registró en la estación 3 (-1.932562 S; -80.599705) con un valor de 2.42 bits (Figura. 11). En la segunda quincena del mismo mes, la estación 1 volvió a presentar el valor mínimo del índice de diversidad alcanzando 1.93 bits, seguido por la estación 2 que evidencio un aumento de 2.01 bits, mientras que la estación 3 presento la mayor diversidad con un valor de 2.12 bits. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, se observó una diversidad relativamente homogénea en las estaciones, ya que los valores obtenidos no mostraron cambios significativos en ninguna de las dos muestras, lo que indica distribución estable de las especies presentes.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') se registraron valores moderados en ambas muestras. En el primer muestreo, la estación 1 presentó el menor nivel de equidad con un valor de 0.63, por su parte la estación 2 evidenció un ligero incremento (0.65), y la estación 3 registro el valor más elevado (0.66). En contraste,

durante el segundo muestreo, la estación 1 presentó el mayor grado de equidad con un valor de (0.77), la estación 2 registró una equidad intermedia de (0.68), y la estación 3 registró el valor más bajo con (0.59). A pesar de las leves diferencias entre estaciones en ambos muestreos, la estructura comunitaria se mantuvo relativamente homogénea, lo que se asoció a condiciones ambientales estables.

El índice de Simpson presentó valores reducidos en ambos muestreos, lo que sugirió una baja dominancia de especies. Durante el primer muestreo, la estación 1 alcanzó el valor más elevado con (0.23), seguido de la estación 2 con un (0.15), mientras que la estación 3, registro el valor más bajo con (0.11). Durante el segundo muestreo, los valores observados en las estaciones 1 y 2 fueron idénticos (0.16 en ambas), mientras que la estación 3 mostró un valor inferior de (0.15). En conjunto, estos resultados evidenciaron una alta equitatividad en la abundancia de las especies en las estaciones de estudio, lo que reforzó la interpretación de una comunidad estructuralmente equilibrada.

Figura 11 Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de febrero 2026.



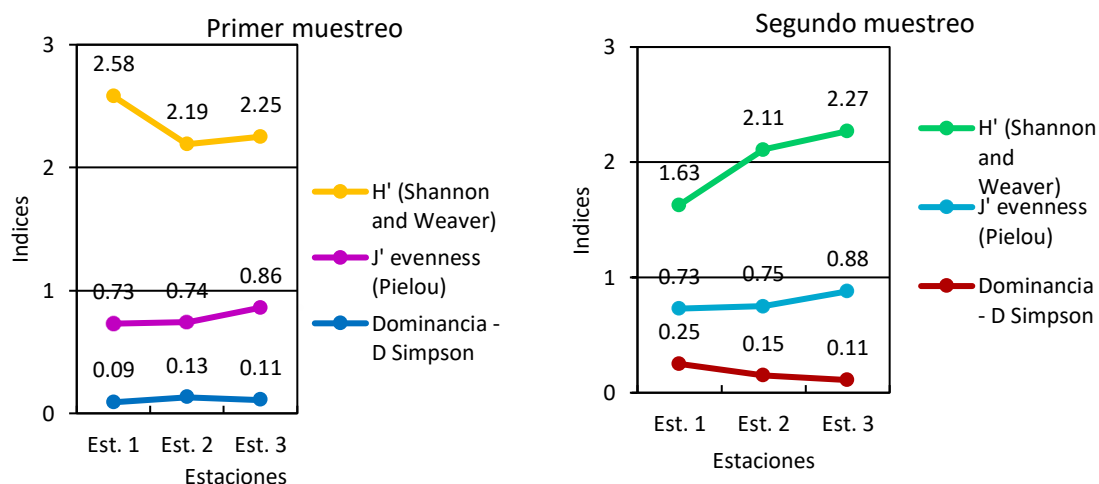
9.2.2 Estructura comunitaria de marzo

En la (Figura 12) correspondiente primer muestreo presentaron los resultados de sobre la estructura comunitaria efectuada durante el mes de marzo; a partir del índice Shannon- Weaver (H'), en el primer muestreo se evidenció una mayor variación en la diversidad de especies durante el primer muestreo; registrándose un valor de 2.58 bits en la estación 1, la cual fue considerada la más diversa; seguido de la estación 2 presento el índice más bajo 2.19 bits, mientras que la estación 3 alcanzó un valor intermedio de 2.25 bits. Durante el segundo, se observó una disminución general en los niveles de diversidad; la estación 1 fue la más baja en todas con un valor de 1.63bits, mientras la estación 2 alcanzó un valor de 2.11bits, seguido de la estación 3 registró el índice más alto 2.27 bits se posiciono como la localidad con mayor diversidad.

Por medio del índice de equidad de Pielou (J') Se indica si los individuos están distribuidos homogéneamente entre todas las especies, durante el primer monitoreo se obtuvo un valor mínimo en la estación 1 con 0.73, seguida de la estación 2 registrando un valor de 0.74, mientras que la estación 3 indicó la mayor equidad, con un valor de 0.86, de manera similar en el 2 muestreo se observó un valor comparable; en este caso, la estación 1 se mantuvo como la menos equitativa con 0.73 seguido de la estación 2 que registró un valor de 0.74; mientras que la estación 3 volvió a evidenciar la mayor equidad con un valor de 0.88.

La dominancia de Simpson mostró valores consistentemente baja en los muestreos realizado el mes de marzo. En el muestreo 1, si bien es cierto la estación 1 obtuvo la menor dominancia con 0.09; mientras que la estación 2 presentó un valor de 0.13, seguido de la estación 3 que registró con un valor de 0.11. En el segundo muestreo, en la estación 1 mostró la mayor dominancia con 0.25; en tanto que la estación 2 se registró con un valor de 0.15, seguido de la estación 3 que presentó el valor más bajo correspondiente a 0.11. En conjunto estos resultados reflejaron una alta diversidad en ambos muestreos superficiales.

Figura 12 Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de marzo 2026.



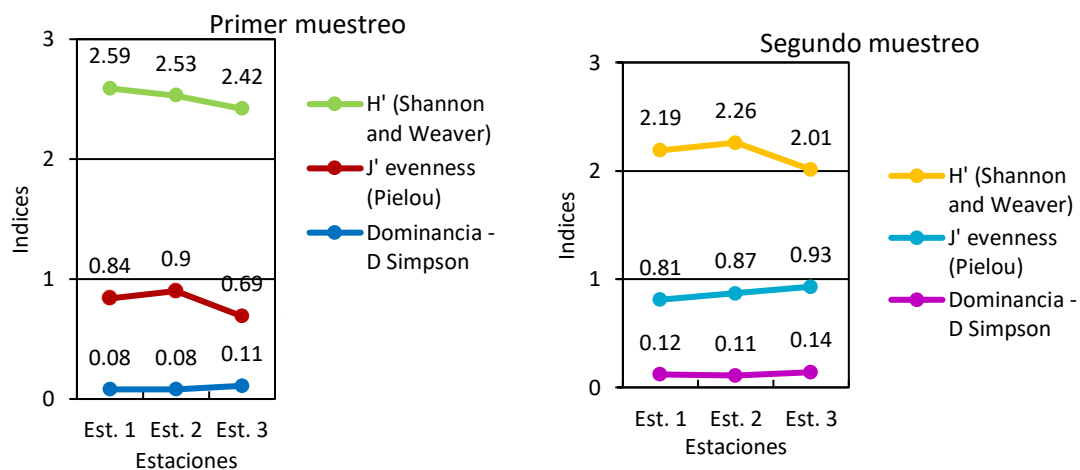
8.2.3 Estructura comunitaria de abril

En la (Fig. 13) se presentaron los resultados obtenidos de los índices de diversidad correspondiente a los muestreos del mes de abril; los cuales evidenciaron que el ecosistema fluvial mantuvo una alta riqueza biológica. Al partir del índice de Shannon- Weaver (H'), durante el primer muestreo indicó que la mayor diversidad se registró en la estación 1 con 2.59 bits, mientras que la estación 2 presento un valor de 2.53 bits, a diferencia de la estación 3 con 2.42 bits siendo esta donde se haya la menor diversidad, a comparación del segundo muestreo se evidenció una disminución en la diversidad; en la estación 1 registro con un valor de 2.19 bits, seguido de la estación 3 la que presentó el valor más bajo con (2.01 bits); mientras que la mayor diversidad se registró en la estación 2, con (2.26 bits).

Mediante el índice de equidad Pielou (J'), se observó en el primer muestreo, la estación 1 registro un valor de 0.84; mientras que la estación 2 alcanzo el mayor valor de equidad con un valor de 0.9. seguido de la estación 3 que presento el valor más bajo con 0.69. Por otro lado, en el 2 muestreo mostraron una tendencia diferente, en este caso en la estación 1 obtuvo el menor nivel de equidad con un valor de 0.81 seguido de la estación 2 que registro un 0.87 mientras que la estación 3 se registró el valor más elevado con 0.93 destacándose por presentar distribución equilibrada.

La dominancia de Simpson presentó valores conscientemente bajos durante los muestreos realizados en el mes de abril. En el primer muestreo, si bien es cierto en la estación 1 y 2 presentaron valores bajos, ambos correspondientes a (0.08) mientras que la estación 3 registró un valor de (0.11). en el segundo muestreo se observó una estructura comunitaria más homogéneo en la estación 1 registró un valor de 0.12, seguida de la segunda obtuvo un valor de 0.11 continuamente la estación 3 alcanzo un 0.14 estos resultados indicaron una baja dominancia específica y una elevada diversidad biológica; lo que reflejo una estructura comunitaria equilibrada en las estaciones evaluadas.

Figura 13 Índices ecológicos del primer y segundo muestreo superficial del mes de abril 2026.



8.3 Determinación del caudal del río por medio del método Flotador

La determinación del caudal en río Grande, se llevó a cabo mediante el método flotador (Tabla 22) Para ello, Se establecieron tres estaciones para comprobar el comportamiento hidrológico en distintos tramos del sistema. En este sentido, se evidenció una variabilidad temporal del caudal, presumiblemente asociada a eventos de precipitación y a la dinámica hidrológica. En cuanto a los resultados obtenidos (Figura.14). Los valores obtenidos oscilaron entre $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.373 \text{ m}^3/\text{s}$. En la primera fecha de muestreo, correspondiente al 8 de febrero, los caudales registrados fueron significativamente bajos en las tres estaciones, presentando valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$. Este comportamiento indico condiciones de flujo base asociada a un periodo de escasa precipitación o recarga hídrica limitada.

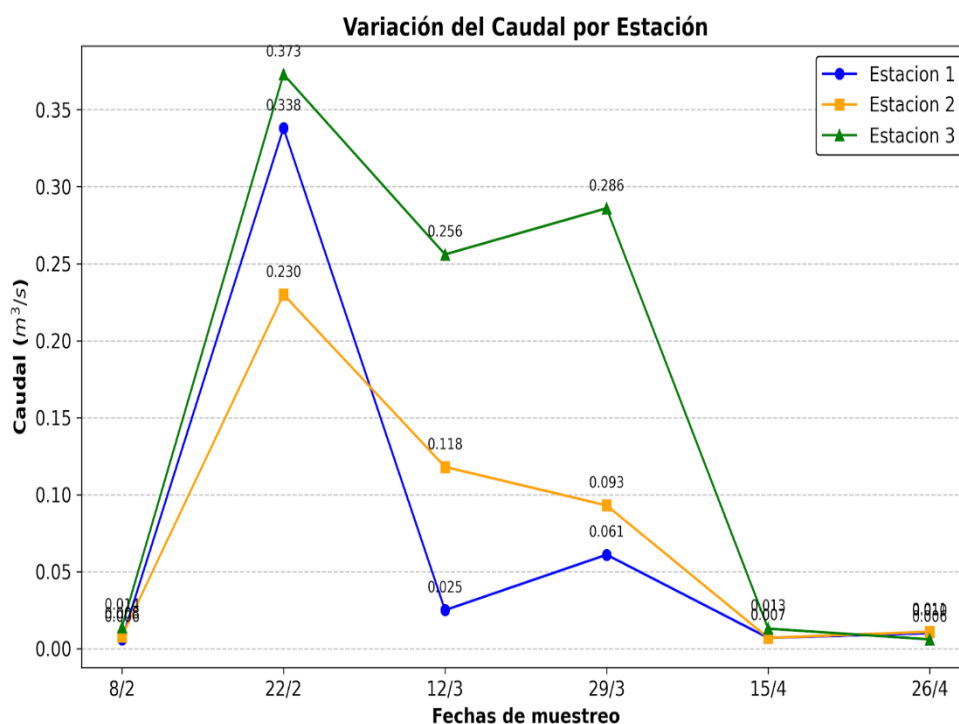
Posteriormente, el 22 de febrero se registró un incremento súbito de los caudales en todas las estaciones; en particular, la estación 3 alcanzó un valor máximo de $0.373 \text{ m}^3/\text{s}$. Desde esta perspectiva, dicho evento evidenció una mayor conectividad hidrológica asociada con precipitaciones intensas, lo que provocó un notable incremento en el escurrimiento superficial.

Seguidamente, para el 12 de marzo los caudales disminuyeron en comparación con evento anteriores; sin embargo, se mantuvieron relativamente elevado respecto a la primera fecha de muestreo en el ecosistema fluvial. Por otro lado, el 29 de marzo se observó una condición intermedia, caracterizada por valores moderados en todas

las estaciones; sin embargo, la estación 3 continuó registrando los caudales más elevados, alcanzando $0.286 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que evidenció una persistente dominancia espacial en el drenaje del sistema.

Finalmente, en las fechas correspondiente al 15 y 26 de abril, los caudales volvieron a disminuir, alcanzando nuevamente valores cercanos al flujo base ($<0.013 \text{ m}^3/\text{s}$). Este comportamiento indicó un periodo de estiaje, caracterizado por una mínima contribución de la escorrentía superficial y una mayor dependencia del flujo subterráneo.

Figura 14 Cálculo del caudal por método flotador.



8.4 CORRELACIÓN DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y ESPECIES

Por medio de la prueba no paramétrica de Spearman, se identificaron los valores de correlación entre las condiciones ambientales y aquellas especies identificadas que superaron el 10% de cada uno de los muestreos realizados durante los tres meses de estudio. Este procedimiento permitió cuantificar el grado de asociación entre los factores fisicoquímicos y la presencia de las especies más representativa en el área de análisis.

8.4.1 Variables Fisicoquímicas vs Especie de Febrero

En la (Figura. 15) se mostraron los valores de correlación entre las variables analizadas y las especies que superaron el 10% de abundancia en cualquier de las tres estaciones muestreadas. Dichas especies fueron *Amphora meridionalis*, *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia agnita*, *Pleurosigma angulatum*, *Pleurosigma angulatum* y *Pleurosigma normanii*.

En el caso de *Amphora meridionalis*, se observó que estuvo relacionada con todas las variables tanto físicas como químicas. La temperatura, el nitrato y el fosfato incluyeron de manera negativa moderada con un valor de ($r_s = -0.5$), lo que sugirió que, a medida que estos factores aumentaban, la concentración de estos nutrientes y grados de temperatura aumentan, la concentración celular de la especie tendía a disminuir. Por su parte, la salinidad presentó una relación negativa alta con un valor

de ($r_s = -0.87$), lo que indicó que este factor constituyó una limitación ambiental para la especie, ya que su incremento se asoció con una marcada reducción en la concentración celular. Por el contrario, el pH y el nitrato influyeron de manera positiva moderada ($r_s = 0.5$), lo que indicó que, el aumento de estos parámetros favoreció el crecimiento poblacional de la especie.

Gyrosigma acuminatum y *Nitzschia obtusa* presentaron un comportamiento similar. Ambas especies mostraron relación negativa con la temperatura y nitrato, la temperatura evidencio una asociación negativa moderada con ($r_s = -0.5$), mientras que el nitrato presento una relación negativa perfecta con ($r_s = -1$), es decir que mientras estas variables ambientales aumentaban la concentración celular disminuía, sobre todo con el incremento del nitrato, en contraste el pH se asoció de forma positiva moderada con un ($r_s = 0,5$) y la correlación positiva perfecta se presentó con el nitrito, y fosfato en ambas especies, lo que reflejó que mayores concentraciones de estos nutrientes favorecieron directamente su abundancia de las especies, finalmente la salinidad en esta ocasión no presento asociación en ninguna de las dos especies ($p \leq 0.05$).

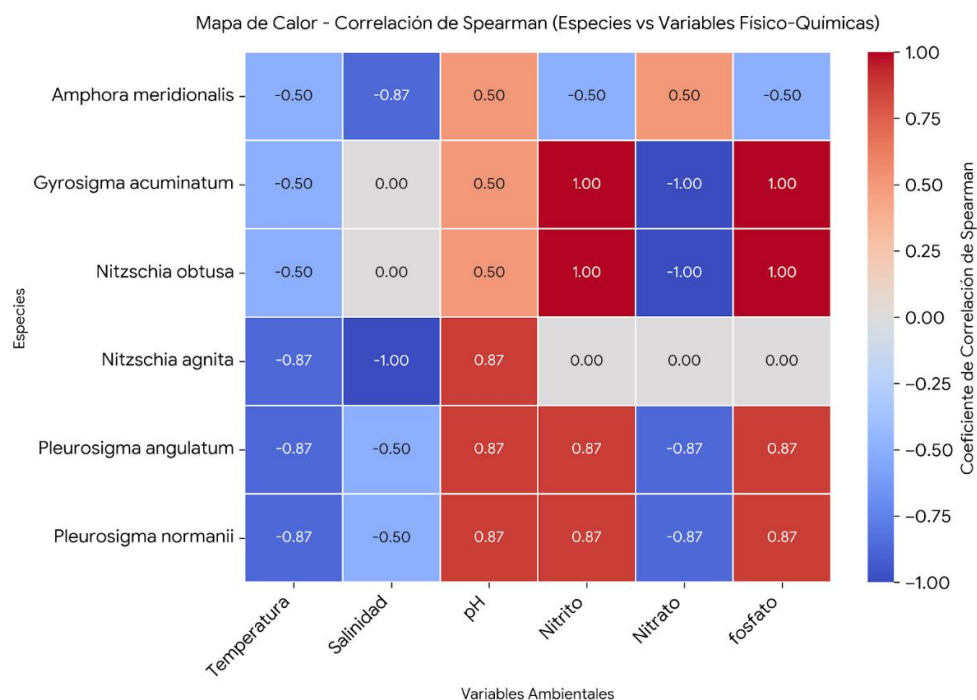
Nitzschia agnita se asoció de manera negativa alta con la temperatura ($r_s = -0.87$), y presento una relación negativa perfecta con la salinidad ($r_s = -1$), lo que evidenció que la especie tendía a disminuir su concentración celular a medida que estas variables aumentaban, constituyendo una limitación para su productividad. En

cambio, el pH favoreció a su presencia con una relación positiva alta ($r_s = 0.87$).

Cabe destacar que no se encontró asociación alguna con las variables químicas.

Finalmente, las asociaciones de *Pleurosigma angulatum* y *Pleurosigma normanii* presentaron asociaciones similares entre sí. Mostraron una relación negativa alta con la temperatura y el nitrato ($r_s = -0.87$) y una asociación moderada con la salinidad ($p \leq 0.05$), finalmente su asociación positiva alta se vio reflejada con el pH, nitrito y fosfato, presentando un valor de ($r_s = 0.87$), siendo estas variables las que favorecen al crecimiento celular de estas especies.

Figura 15 Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de febrero 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

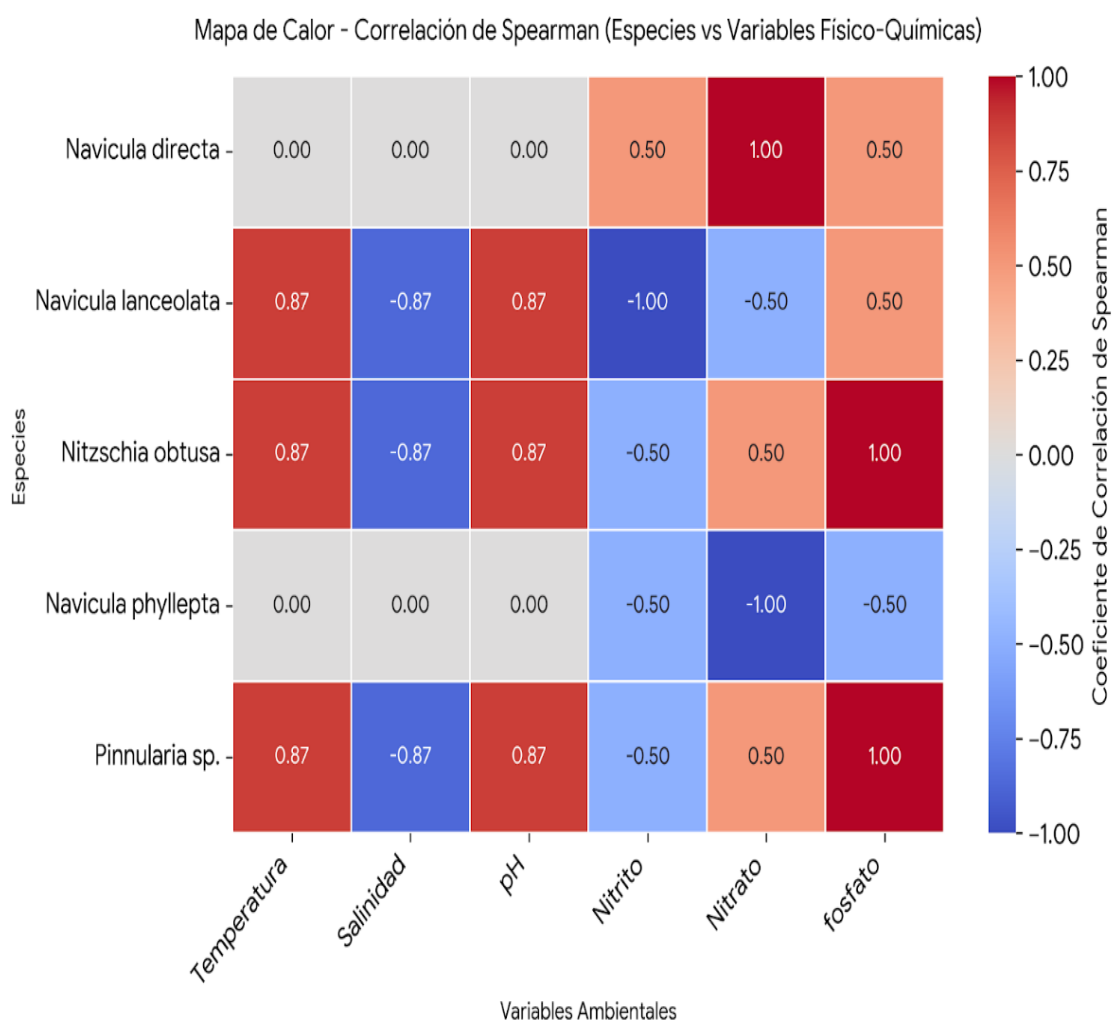
En el segundo muestreo del mes de febrero, las especies más representativas fueron: *Navicula directa*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia obtusa*, *Navicula phyllepta* y *Pinnularia* spp. (Figura. 16). Mediante el coeficiente de correlación de la prueba no paramétrica de Spearman, se evidenciaron las diversas asociaciones entre estas y las variables fisicoquímicas.

Navicula directa y *Pinularia* spp, particularmente, no presentaron relación con ninguno de los parámetros físicos analizados. Sin embargo, *Navicula directa* mostró una asociación positiva moderada con el nitrito y el fosfato con ($r_s = 0.5$), mientras que la relación con el nitrato fue perfecta ($r_s = 1$), lo que indicó que estos nutrientes favorecieron el crecimiento de la población de esta especie. En contraste, las asociaciones de *Pinularia* spp. con estos nutrientes fueron similares, pero de manera negativa, por lo que se dedujo que, estos nutrientes pudieron favorecer el crecimiento de la densidad poblacional de una especie, pero constituir una limitación para otra.

Por su parte, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia obtusa* y *Pinularia* spp, se relacionaron de manera similar a los parámetros físicos, obteniendo una relación positiva alta con la temperatura y pH ($r_s = 0.87$), lo que indicó que estas especies proliferaron en ambientes cálidos y alcalinos. Por otro lado, su asociación fue negativa alta con la salinidad ($r_s = 0.87$). En cuanto a las variables químicas, *Navicula lanceolata* se relacionó de manera negativa con el nitrito y nitrato ($r_s = -1$ y -0.5) y de manera

positiva con el fosfato ($r_s = 0.5$). *Nitzschia obtusa* y *Pinnularia* spp presentaron una asociación negativa moderada con el nitrito ($r_s = -0.5$). Finalmente, el nitrato y fosfato influyeron positivamente en el desarrollo celular de ambas especies ($r_s = 0.5$ y 1).

Figura 16 Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de febrero 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

8.4.2 VARIABLES FISICOQUIMICAS vs ESPECIES DE MARZO

En el Primer mes de muestreo, las especies que superaron el 10% de abundancia relativa mostraron un incremento en su representación dentro de la comunidad. (Figura 17) Además, se destacó que, a diferencia del primer mes las correlaciones con los parámetros ambientales cambiaron, lo que evidencia que la relación entre las variables ambientales y la abundancia de las especies respondió a la variabilidad temporal de las condiciones ambientales del hábitat.

Gyrosigma acuminatum, *Navicula directa*, *Navicula phyllepta*, *Nitzschia obtusa*, *Pinularia* spp, *Pleurosigma angulatum*, *Pleurosigma normanii* y *Rhopalodia gibba* fueron las especies más destacadas. *Gyrosigma acuminatum* y *Nitzschia obtusa*, presentaron patrones de correlación diferenciados frente a las variables ambientales, lo que evidenció respuestas ecológicas particulares frente a las condiciones del hábitat.

Gyrosigma acuminatum tuvo asociaciones positivas con la salinidad y el nitrito ($r_s = 0.87$), lo cual indica que su abundancia aumenta en ambientes donde estos factores son más abundantes. Además, esta especie mantiene relaciones positivas moderadas con la temperatura y el nitrato ($r_s = 0.5$), evidenciando una influencia intermedia mientras que presenta una correlación negativa perfecta con el fosfato ($r_s = -1$). *Nitzschia obtusa* evidenció correlaciones positivas moderadas con la temperatura,

el nitrato y el fosfato ($r_s = 0.5$), lo que indicó que estos parámetros favorecen su crecimiento, sin embargo, presentó asociaciones negativas altas con la salinidad y el pH inversamente alto ($r_s = -0.87$), lo que sugirió preferencias ambientales con menor salinidad y menor alcalinidad, reflejando así una respuesta diferencial de ambas especies a la variabilidad fisicoquímicas del sistema.

En el caso de *Navicula directa*, la especie mostró una relación positiva perfecta con la temperatura y el nitrato ($r_s = 1$) lo que indico que su abundancia tendió a incrementarse a medida que los factores aumentaron. Asimismo, presento una relación positiva alta con el nitrito y pH ($r_s = 0.87$), lo cual reforzo su afinidad por ambiente enriquecidos. Por el contrario, su relación negativa modera con el fosfato ($r_s = -0.5$), lo que sugirió que esta especie pudo haberse desarrollado bajo condiciones cálidas, alcalinas y con mayor disponibilidad de nitrógeno.

Navicula phyllepta presento una asociación positiva con la salinidad ($r_s = 0.5$), siendo esta observación más notable, con la disponibilidad de nitrito y nitrato con valores de ($r_s = 1$) y ($r_s = 0.87$) respectivamente, esto sugirió una afinidad hacia hábitat con mayor disponibilidad de nutrientes disueltos además una relación negativa con el pH ($r_s = -0.50$) lo que indico una posible sensibilidad a condiciones más alcalinas. *Pinnularia* spp mostró correlaciones negativas con la mayoría de sus variables fisicoquímicas, especialmente con el nitrito ($r_s = -1$) así como con la temperatura, el nitrato y el fosfato ($r_s = -0.87$), y con la salinidad de ($r_s = -0.50$).

por el contrario, presento una correlación positiva con el pH ($r_s = 0.50$) lo que permitió inferir su preferencia por ambientes más estables.

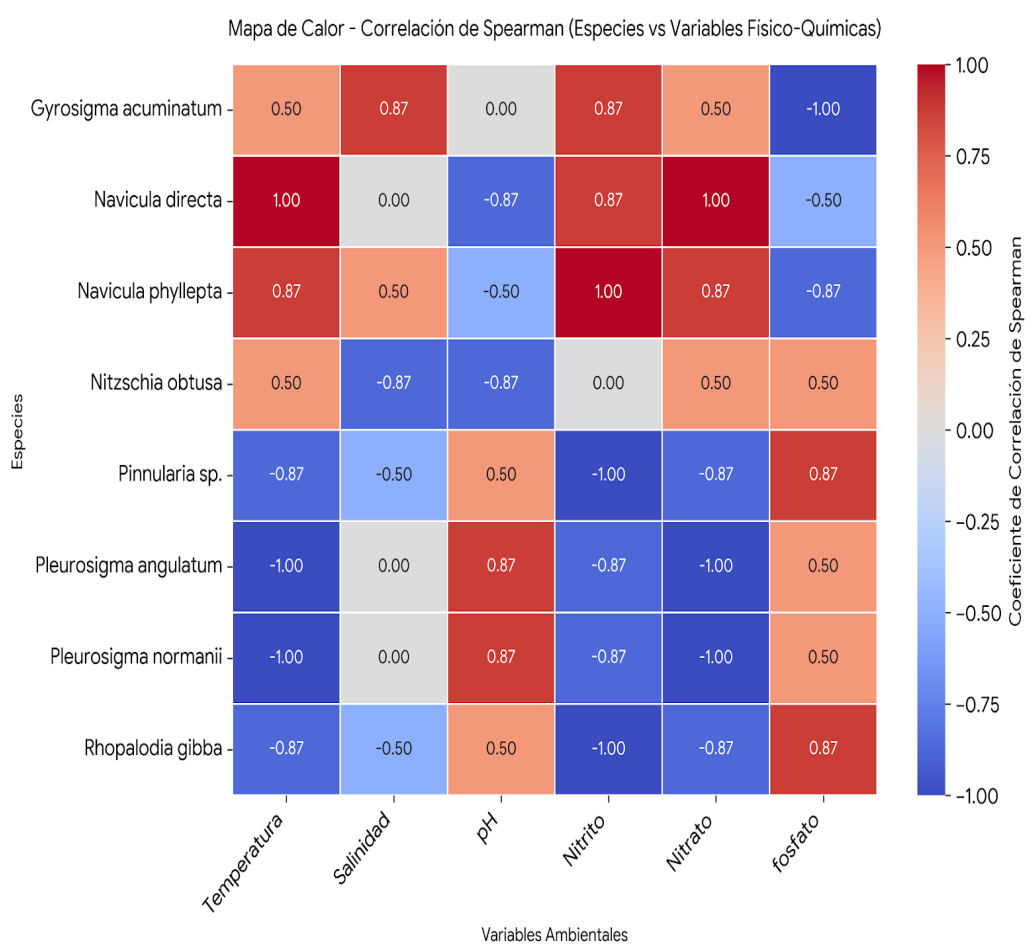
Pleurosigma angulatum evidenció correlaciones negativas perfectas con la temperatura y el nitrato ($r_s = -1$), lo que señaló que su abundancia disminuye de forma consistente a medida que estos factores aumentaron. así como una relación negativa fuerte con el nitrito ($r_s = -0.87$), indicando sensibilidad ante incrementos de estos factores. Por el contrario, mostró una correlación positiva fuerte con el pH ($r_s = 0.87$), surgiendo una mayor afinidad por condiciones más alcalinas. Mientras se identificó una asociación positiva moderada con el fosfato ($r_s = 0.50$).

De manera similar, *Pleurosigma normanii* presentó correlaciones negativas perfectas con la temperatura y el nitrato ($r_s = -1.00$), junto con una correlación negativa fuerte con el nitrito ($r_s = -0.86$), lo que sugirió condiciones desfavorables para su desarrollo. Por otro lado, se evidenció una correlación positiva fuerte con el pH ($r_s = 0.87$), ausencia de asociación con la salinidad ($r_s = 0.00$) y una relación positiva moderada con el fosfato ($r_s = 0.50$).

Finalmente, *Rhopalodia gibba* mostró correlaciones negativas fuertes con la temperatura y el nitrato ($r_s = -0.87$), así como una correlación negativa perfecta con el nitrito ($r_s = -1.00$), lo que indicó una respuesta adversa frente a incrementos de dichas variables; adicionalmente, presentó una correlación negativa moderada con

la salinidad ($r_s = -0.50$), una relación positiva moderada con el pH ($r_s = 0.50$) y una correlación positiva fuerte con el fosfato ($r_s = 0.87$)

Figura 17 Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de marzo 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

En el segundo muestreo del mes de marzo, las especies más representativas fueron: *Cloneis amphisbaena*, *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia* spp y *Rhopalodia* spp (Figura. 18). Mediante el coeficiente de correlación de la prueba no paramétrica de Spearman, se evidenciaron las diversas asociaciones entre estas especies y las variables fisicoquímicas.

Cloneis amphisbaena mostró correlaciones positivas fuertes con la temperatura y el fosfato ($r_s = 0.87$), lo que indicó una mayor afinidad por condiciones enriquecidas en estos parámetros. Sin embargo, presentó correlaciones negativas con la salinidad y el pH ($r_s = -0.87$), sugiriendo una sensibilidad frente a ambientes más salinos y alcalinos.

Gyrosigma acuminatum exhibió relaciones más equilibradas, con correlaciones moderadas positivas con la temperatura, el nitrito y el fosfato ($r_s = 0.50$), mientras que mostró correlaciones negativas moderadas con la salinidad, el pH y el nitrato ($r_s = -0.50$). En consecuencia, ambas especies reflejaron estrategias ecológicas diferenciadas: la primera respondió de forma más acentuada y la segunda de manera más tolerante ante variaciones ambientales.

Nitzschia obtusa y *Nitzschia palea* presentaron comportamientos parcialmente opuestos. *Nitzschia obtusa* evidenció correlaciones negativas fuertes con la temperatura y el fosfato ($r_s = -0.87$), lo que indicó una clara disminución bajo el

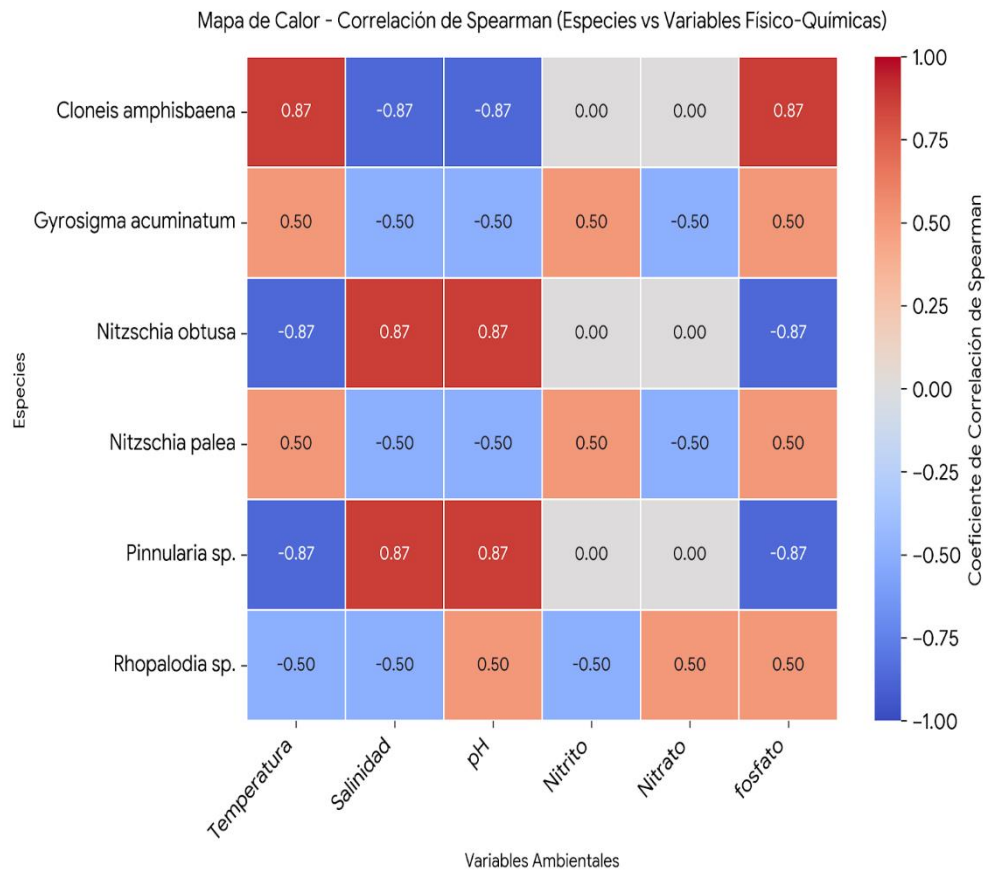
incremento de dichos factores. No obstante, mostró correlaciones positivas fuertes con la salinidad y el pH ($r_s = 0.87$), lo que sugirió preferencia por ambientes más salinos y alcalinos.

Nitzschia palea presentó correlaciones positivas moderadas con la temperatura, el nitrito y el fosfato ($r_s = 0.50$), mientras que registró relaciones negativas moderadas con la salinidad, el pH y el nitrato ($r_s = -0.50$). aunque ambas especies pertenecieron al mismo género, manifestaron nichos ecológicos diferenciados frente a los gradientes ambientales analizados.

Finalmente, *Pinnularia* spp. y *Rhopalodia* spp. mostraron diferentes respuestas ecológicas que nos permitieron enriquecer la interpretación del sistema. Especialmente, *Pinnularia* spp. Mostró fuertes correlaciones negativa con la temperatura y el fosfato ($r_s = -0.87$), así como relaciones positivas fuertes con la salinidad y el pH ($r_s = 0.87$), lo que indicó una preferencia por ambientes con mayor alcalinidad y salinidad.

Rhopalodia spp. presentó correlaciones negativas moderadas con la temperatura, la salinidad y el nitrito ($r_s = -0.50$), mientras que mostró asociaciones positivas moderadas con el pH, el nitrato y el fosfato ($r_s = 0.50$).

Figura 18 Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de marzo 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

8.4.3 Variables Fisicoquímicas vs Especies de Abril

En el Primer mes de muestreo (Figura. 19), las especies que superaron el 10% de abundancia relativa mostraron un incremento en su representación dentro de la comunidad. Además, se destacó que, a diferencia del primer mes las correlaciones con los parámetros ambientales cambiaron, lo que evidenció que la relación entre las variables ambientales y la abundancia de las especies respondió a la variabilidad temporal de las condiciones ambientales del hábitat.

Gyrosigma acuminatum, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia agnita*, *Pleurosigma angulatum*, *Pleurosigma normanii* fueron las especies más destacadas. En particular *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa* y *Pleurosigma angulatum* presentaron patrones de correlación diferenciados frente a las variables ambientales, lo que evidenció respuestas ecológicas particulares frente a las condiciones del hábitat.

Estas tres especies demostraron un patrón muy similar ante los gradientes ambientales evaluados. Evidenciaron correlaciones negativas perfectas con la temperatura ($r_s = -1.00$), lo que indicó una marcada disminución de su abundancia ante el incremento térmico. Asimismo, mostraron correlaciones negativas fuertes con el nitrito ($r_s = -0.87$) y negativas moderadas con el pH ($r_s = -0.50$), sugiriendo una sensibilidad general frente a condiciones enriquecidas en estos parámetros. En contraste, registraron correlaciones positivas perfectas con el nitrato ($r_s = 1.00$), lo

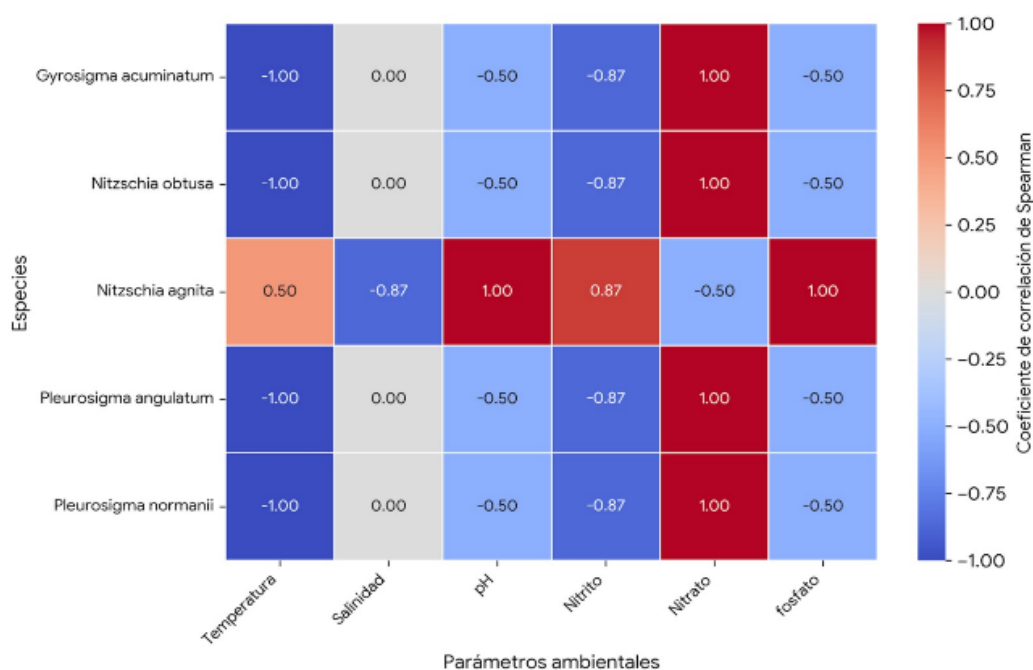
que denotó una fuerte afinidad por ambientes con mayores concentraciones de este nutriente. Por otra parte, no se evidenció relación con la salinidad ($p \leq 0.05$) y se observaron correlaciones negativas moderadas con el fosfato ($r_s = -0.50$), lo que permitió inferir una respuesta selectiva frente a los nutrientes disponibles en el medio.

Pleurosigma normanii mostró un comportamiento prácticamente equivalente al de las especies previamente descritas, lo que reforzó la consistencia de este patrón ecológico. En particular, esta especie presentó correlaciones negativas perfectas con la temperatura ($r_s = -1.00$) y negativas fuertes con el nitrito ($r_s = -0.87$), lo que evidenció su sensibilidad ante el aumento de dichas variables. Paralelamente, exhibió una correlación positiva perfecta con el nitrato ($r_s = 1.00$), confirmando su afinidad por este nutriente específico. No obstante, al igual que las otras especies, no mostró asociación con la salinidad ($p \leq 0.05$) y mantuvo correlaciones negativas moderadas tanto con el pH como con el fosfato ($r_s = -0.50$), lo que sugirió una respuesta ambiental coherente dentro de este grupo taxonómico.

Nitzschia agnita presentó un comportamiento claramente diferenciado, evidenciando una estrategia ecológica opuesta. En este sentido, mostró correlaciones positivas moderadas con la temperatura ($r_s = 0.50$) y positivas fuertes con el pH ($r_s = 0.87$), lo que indicó una mayor afinidad por condiciones más cálidas y alcalinas; adicionalmente, registró correlaciones positivas perfectas con el fosfato ($r_s = 1.00$), lo que sugirió una elevada dependencia de este nutriente. Sin embargo,

presentó correlaciones negativas fuertes con la salinidad ($r_s = -0.87$) y negativas moderadas con el nitrato ($r_s = -0.50$), lo que evidenció una menor tolerancia a incrementos en dichos parámetros. Por consiguiente, esta especie reflejó una dinámica ecológica distinta, probablemente asociada a adaptaciones específicas frente a las condiciones del medio.

Figura 19 Análisis de correlación de Spearman, primer monitoreo de abril 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

En el segundo muestreo del mes de abril *Fragilaria* spp., *Nitzschia agnita* y *Nitzschia commutata* (Figura. 21) evidenciaron un comportamiento notablemente uniforme, caracterizado por la ausencia de correlaciones significativas con la

mayoría de los parámetros ambientales evaluados ($p \leq 0.05$). No obstante, estas especies presentaron una correlación negativa moderada con la salinidad ($r_s = -0.50$), lo que sugirió una ligera sensibilidad exclusivamente a este factor. Este hallazgo indicó una respuesta ecológica relativamente estable, lo que podría interpretarse como una baja dependencia de las variaciones ambientales consideradas, o bien como una limitada resolución estadística en la detección de asociaciones más complejas.

Aulacoseria granulata, *Gyrosigma acuminatum* y *Navicula directa* mostraron un patrón consistente de correlaciones moderadas, caracterizado por relaciones negativas con la temperatura, el pH, el nitrato y el fosfato ($r_s = -0.50$), y correlaciones positivas con la salinidad ($r_s = 0.87$) y el nitrito ($r_s = 0.50$). Este comportamiento sugirió una afinidad por condiciones con mayor salinidad y concentraciones intermedias de nitrito, mientras que evidenció una respuesta desfavorable debido al aumento de otros factores. En este sentido, estas especies reflejaron una estrategia ecológica intermedia, con cierto grado de selectividad frente a los gradientes ambientales analizados.

Navicula phyllepta, *Pleurosigma normanii* y, en menor medida, *Pleurosigma angulatum*, evidenciaron un patrón más marcado y diferencial. En particular, *Navicula phyllepta* y *Pleurosigma normanii* presentaron correlaciones positivas

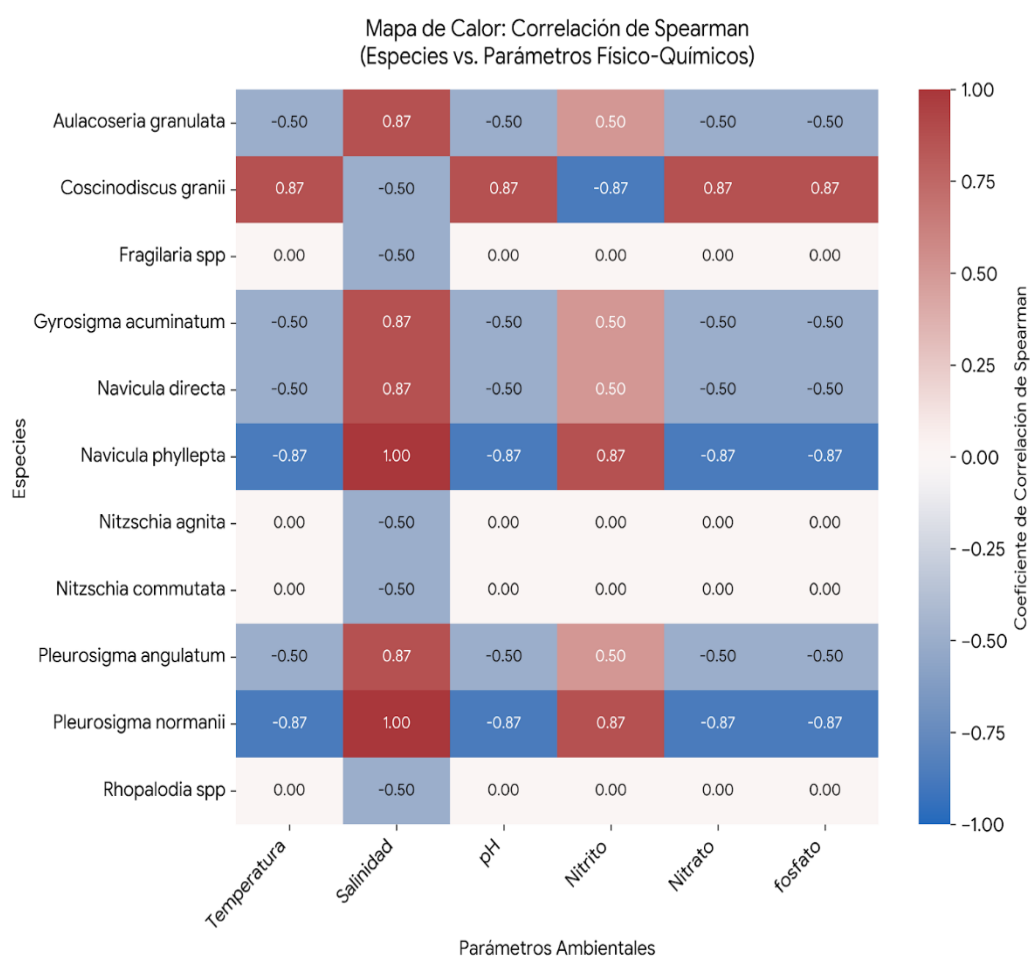
perfectas con la salinidad ($r_s = 1.00$) y fuertes con el nitrito ($r_s = 0.87$), lo que indicó una elevada afinidad por ambientes más salinos y enriquecidos en este nutriente; sin embargo, mostraron correlaciones negativas fuertes con la temperatura, el pH, el nitrato y el fosfato ($r_s = -0.87$), evidenciando sensibilidad frente a estos factores.

Pleurosigma angulatum mostró un patrón similar, aunque menos acentuado, con correlaciones positivas con la salinidad ($r_s = 0.87$) y el nitrito ($r_s = 0.50$), lo que permitió agrupar a estas especies dentro de un mismo perfil ecológico, caracterizado por su preferencia por condiciones específicas de salinidad y compuestos nitrogenados.

Coscinodiscus granii y *Rhopalodia* spp. mostraron comportamientos menos homogéneos, pero igualmente relevantes en la interpretación del sistema. En el caso de *Coscinodiscus granii*, se observaron correlaciones positivas fuertes con la temperatura, el pH, el nitrato y el fosfato ($r_s = 0.87$), junto con correlaciones negativas con la salinidad ($r_s = -0.50$) y el nitrito ($r_s = -0.87$), lo que evidenció una preferencia por ambientes cálidos, productivos y menos influenciados por salinidad elevada.

Rhopalodia spp. presentó un patrón semejante al de las especies con poca variabilidad, caracterizado por una única correlación negativa con la salinidad ($r_s = -0.50$) y ausencia de relaciones con el resto de variables, lo que sugirió una respuesta débil o poco definida frente a los factores ambientales considerados.

Figura 20 Análisis de correlación de Spearman, segundo monitoreo de abril 2026.



Nota: Las correlaciones negativas se representan con tonalidades azules y las positivas con tonalidades rojas de acuerdo con la interpretación de coeficiente de estas.

8.5 ANALISIS DE CORRELACION CANONICA (CCA)

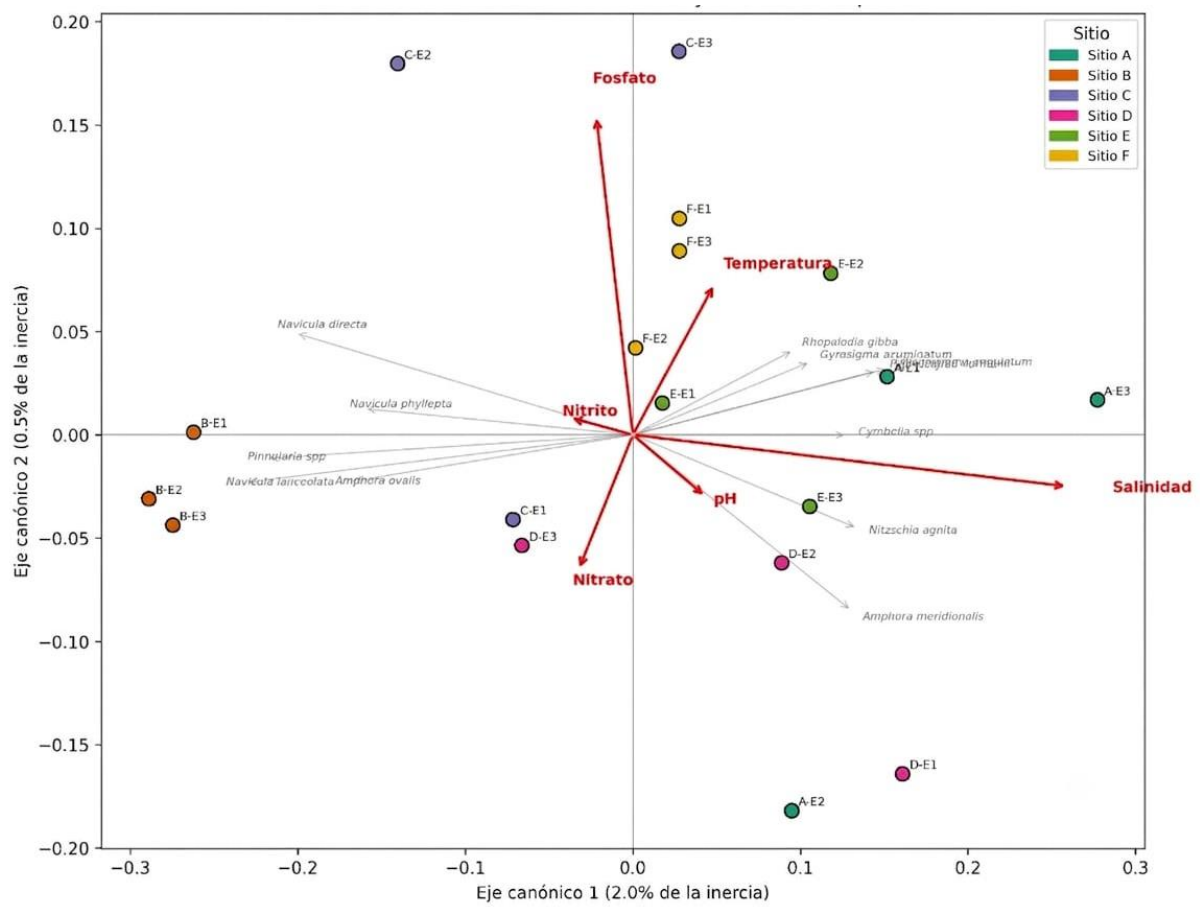
En (la figura 22) se muestran las correlaciones obtenidas entre las especies de fitoplancton y las variables fisicoquímicas del Rio Grande. El Análisis de varianza acumulada reflejó que los ejes canónicos 1 y 2 explicaron únicamente el 2.0 % y el 0.5 % de la inercia total, respectivamente, lo que sugiere que las variables consideradas explican de manera limitada la distribución espacial de las especies.

Gyrosigma acuminatum, *Rhopalodia gibba*, *Pleurosigma normanii* y *Cymbella* spp. Presentaron una correlación positiva con la salinidad y la temperatura, lo que indica que estas especies prefieren un ambiente más salobre y cálidos. Este comportamiento las posiciona como indicadores biológicos de estrés ambiental en ecosistemas fluviales. En contraste, las especies situadas en dirección opuesta fueron *Navicula directa*, *Navicula phyllepta*, *Pinnularia* spp., *Navicula lanceolata* y *Amphora ovalis*, se posicionaron en el sector opuesto asociado con nitrato y nitrito, sugiriendo una afinidad por ambientes con menor salinidad y mayor disponibilidad de compuestos nitrogenados.

Finalmente, las especies *Nitzschia agnita* y *Amphora meridionalis* mostraron una relación positiva con el vector de salinidad y una asociación negativa con el pH. lo que sugiere que estas especies se favorecen en ambientes con mayor disponibilidad de salinidad y condiciones de pH relativamente bajas. Estas relaciones indican que

un incremento en la salinidad podría favorecer su establecimiento o abundancia en estos ecosistemas.

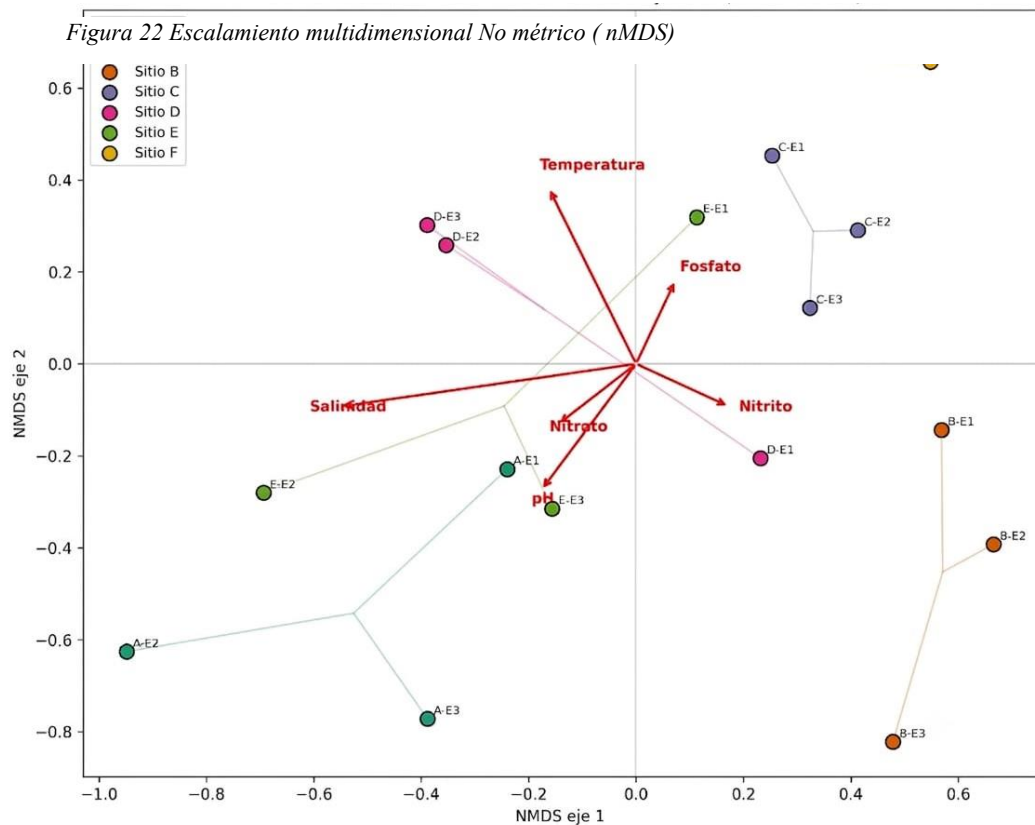
Figura 21 Análisis de correlación canónica (CCA)



Nota: Análisis de correlación Canónica (CCA). Puntos de muestreos (coloreadas por sitio); flechas rojas variables fisicoquímicas; flechas grises especies de fitoplancton.

8.6 Escalamiento Multidimensional No Métrico (nMDS)

La ordenación NMDS correspondiente (Figura 23) presentó un valor de stress = 0.157, considerado adecuado para la representación de los datos. En el plano de ordenación, los sitios de muestreos se distribuyeron formando agrupamiento definido entre estaciones. Específicamente algunos sitios se agruparon de manera cohesiva en una región del espacio bidimensional, diferenciándose marcadamente del resto, lo que sugirió que la comunidad de fitoplancton estuvo fuertemente influenciada por condiciones ambientales del ecosistema fluvial durante el periodo de estudio.



Nota: A (E-1) Estación 1 febrero; A (E-2) Estación 2 febrero; A (E-3) Estación 3 febrero; B (E-1) Estación 1 febrero; B (E-2) Estación 2 febrero; B (E-3) Estación 3 febrero; C (E-1) Estación 1 marzo; C (E-2) Estación 2 marzo; C (E-3) Estación 3 marzo; D (E-1) Estación 1 marzo; D (E-2) Estación 2 marzo; D (E-3) Estación 3 marzo; E (E-1) Estación 1 abril; E (E-2) Estación 2 abril; E (E-3) Estación 3; F (E-1) Estación 1 abril; F (E-2) Estación 2 abril; F (E-3) Estación 3.

8.7 Interpretación del análisis SIMPER

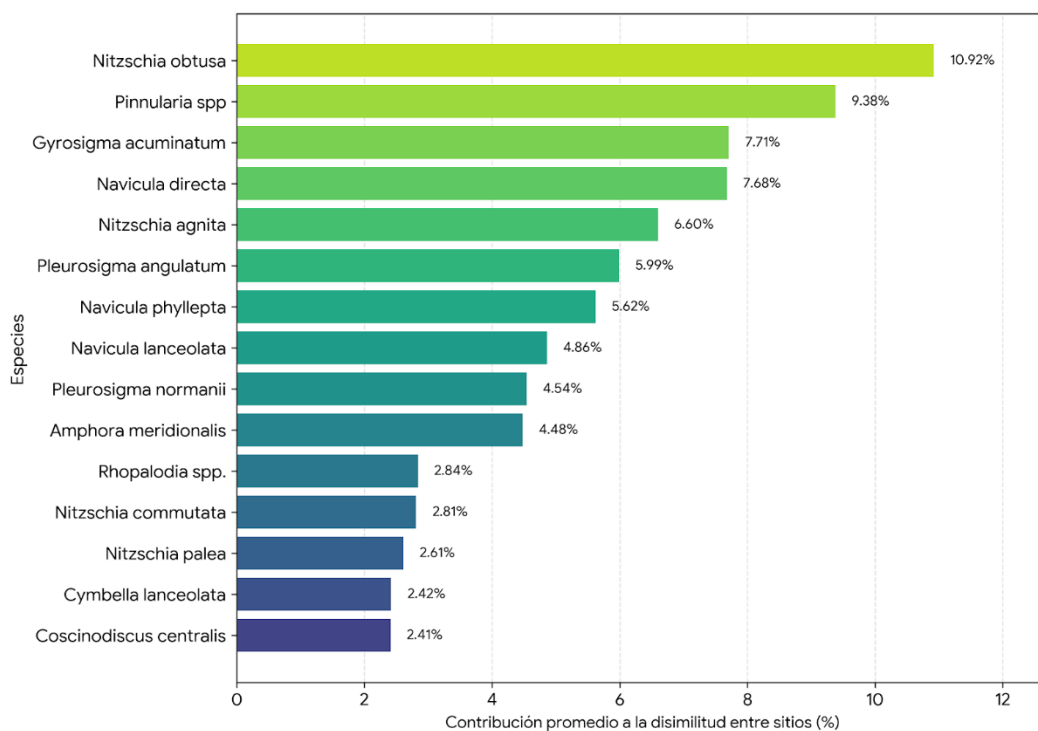
El análisis de contribución porcentual (SIMPER) permitió identificar las especies de fitoplancton que explicaron la mayor parte de las diferencias observadas entre sitios de muestreo. En este sentido, los resultados evidenciaron que 7 especies contribuyeron con más de 53% de la disimilitud total registrada en la comunidad fitoplanctónica, lo cual reflejó la existencia de una marcada heterogeneidad espacial en la composición específica del ecosistema del río Grande.

Nitzschia obtusa, presentó la mayor contribución de disimilitud, con una 10.92% de la diferencia observada entre las estaciones. Dicho resultado sugirió que su distribución y abundancia variaron considerablemente entre los sitios de muestreo, convirtiéndola, por tanto, en uno de los principales indicadores de cambio espacial dentro del ecosistema.

En cuanto a las especies *Pinnularia* spp, obtuvo el 9.38% de la disimilitud acumulada. De manera similar, *Gyrosigma acuminatum* 7.71% y *Navicula directa* 7.68%, incrementaron el porcentaje acumulado de disimilitud hasta el 35.69%, evidenciando su relevancia en la estructuración de la comunidad fitoplanctónica. Asimismo, *Nitzschia agnita* 6.60 %, *Pleurosigma angulatum* 5.99 % y *Navicula phyllepta* 5.62 % continuaron incrementando la disimilitud acumulada hasta alcanzar el 53.90%.

Estas especies fueron consideradas bioindicadores efectivos del estado trófico del río, lo que evidenció que la eutrofización es principal factor determinante de la comunidad fitoplanctónica y, por ende, un reflejo del grado de intervención humana en el ecosistema fluvial.

Figura 23 Análisis SIMPER- especies de fitoplancton con mayor contribución de la disimilitud.



9 DISCUSIÓN

Los hallazgos logrados a lo largo de la investigación realizada en el ecosistema fluvial del río Grande desde febrero a abril de 2026 proporcionaron información detallada que evidenció una alta diversidad de fitoplancton, con un total de 34 especies identificadas, abril destacó como el mes con mayor riqueza específica, registrando 26 especies en el primer muestreo, lo que sugiere condiciones ambientales favorables para la proliferación de organismos en ese periodo, esto es comparable con el estudio de (Meier, 2025), en los ríos de los ríos Higuera y Sariapampa, Huánuco de Perú, donde se registraron 12 especies, la persistencia de una comunidad fitoplanctónica diversa en el río sugirió la existencia de condiciones ambientales que permitieron su mantenimiento a pesar de la variabilidad hidrológica. De igual manera (Echeverría, 2016), en el río Atacames en la Provincia de Esmeralda, se registraron 14 especies, destacaron dos géneros por presentar una mayor proporción de abundancia; entre ella *Navicula sp* con un 48.71% y *Nitzschia sp.* con un 33.05%.

Los valores del índice de Shannon-Weaver registrados en el río Grande durante los meses de febrero, marzo y abril oscilaron entre 1.63 y 2.59 bits, lo que evidenció una diversidad biológica moderada dentro de las estaciones evaluadas. Estos resultados coincidieron con lo señalado por (Chávez-Veintemilla et al., 2020), quienes reportaron que los cuerpos de agua de la Reserva Nacional Allpahuayo presentaron una biodiversidad media o normal. Asimismo, la baja dominancia

observada a través del índice de Simpson y los valores moderados a altos de equidad de Pielou sugirieron la ausencia de especies dominantes y una distribución relativamente uniforme de los organismos, lo que sugiere que aunque se evidenciaron variaciones en la abundancia de especies, la composición general de la comunidad fitoplanctónica se mantuvo relativamente constante, misma situación evidenciada por dichos autores para comunidades planctónicas amazónicas.

De manera similar, los resultados obtenidos mostraron concordancia con lo reportado por (Ismiño et al., 2018) en la cuenca del río Itaya, Perú, donde los valores de equidad de Pielou fluctuaron entre 0.84 y 0.97, reflejando comunidades homogéneas y una distribución equilibrada de las especies Fitoplanctónica. En el presente estudio, específicamente durante abril, se registraron valores de equidad entre 0.87 y 0.93, lo que indicó condiciones semejantes de estabilidad ecológica, a diferente del mes de febrero, mes donde los valores fueron inferiores posiblemente debido a diferencias en las condiciones hidrológicas, la dinámica ambiental y las características propias de cada ecosistema.

Por otro lado, (Mendoza, 2025) reportó en los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo valores de diversidad de Shannon superiores a 3 bits y una equidad cercana a 1, evidenciando comunidades altamente diversas y homogéneas. Comparativamente, los índices de Shannon obtenidos en el río Grande fueron

menores, lo que sugirió una diversidad moderada en relación con los ecosistemas estuarinos estudiados.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coincidieron con estudios previos relacionados con la determinación del caudal mediante métodos de aforo. A nivel internacional, la investigación realizada en la cuenca del río Yamanigüey - Cuba por (Avila et al., 2020), quienes reportaron valores de caudal comprendidos entre $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$ y $64.80 \text{ m}^3/\text{s}$, evidenciando una alta variabilidad hidráulica asociada a las características del cauce y a los procesos erosivos y sedimentológicos presentes en la cuenca.

De manera similar, en el presente estudio realizado en el río Grande se observó una marcada variabilidad temporal del caudal, registrándose valores comprendidos entre $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.373 \text{ m}^3/\text{s}$. A pesar de que ambos fueron considerablemente menores, reflejaron la influencia de las condiciones hidrometeorológicas sobre la respuesta del sistema fluvial.

Asimismo, (Placencio, 2018) en el estudio Medición de la velocidad del flujo en el río Yununcay, situado en la provincia del Azuay, por el método de flotadores” registró caudales comprendidos entre de $21.3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $91.07 \text{ m}^3/\text{s}$, demostrando que el método de flotadores para la estimación de caudales representativos en ríos naturales. No obstante, ambos estudios evidenciaron la capacidad del método para detectar variaciones espaciales y temporales en el

comportamiento del flujo.

Por ende, la variación espacial del fitoplancton registrada en el río Grande se explica en gran medida por la dinámica del ciclo hidrológico el cual regula el caudal y, por consiguiente, la disponibilidad de variables fisicoquímicas del ecosistema. En épocas de mayor caudal, el arrastre y la dilución de nutrientes tienden a reducir la densidad fitoplanctónica, mientras que en periodos de estiaje la concentración de nutrientes favorece una mayor productividad primaria, lo que evidencia su papel como indicadores biológicos sensibles a la dinámica hidrológica y a las fluctuaciones fisicoquímicas del ecosistema fluvial (Farrari, 2020).

Los resultados obtenidos mediante la correlación de Spearman evidenciaron que la abundancia de varias especies fitoplanctónica estuvo asociada con la variación de los parámetros fisicoquímicos. Estos hallazgos coincidieron con el estudio de (Huertas et al., 2023), quienes señalaron que la dominancia de organismos pertenecientes a *Euglenozoa* estuvo asociada con ambientes enriquecidos en nutrientes, especialmente fósforo, mostrando una respuesta positiva ante condiciones eutróficas. De manera similar, en el presente estudio que especies como *Gyrosigma acuminatum*, *Nitzschia obtusa*, *Pleurosigma angulatum* y *Pleurosigma normanii* presentaron correlaciones positivas entre moderadas y perfectas con el fosfato durante diferentes periodos de muestreos,

lo que sugirió que este nutriente favoreció su desarrollo poblacional y contribuyó a la estructura de la comunidad fitoplanctónica.

Asimismo, los resultados mostraron que, durante el primer muestreo de febrero, *Gyrosigma acuminatum* y *Nitzschia obtusa* registraron correlaciones positivas perfectas con el fosfato y el nitrito ($r_s = 1$), mientras que *Pleurosigma angulatum* y *Pleurosigma normanii* evidenciaron asociaciones positivas altas con dichos nutrientes ($r_s = 0.86$). Estos resultados respaldaron la propuesta de (Huertas et al., 2023) respecto a la influencia de los nutrientes en la proliferación de determinados grupos microalgales, indicando que el incremento de compuestos fosforados pudo haber favorecido la abundancia de especies tolerantes a ambientes con mayor disponibilidad de materia nutritiva,

De manera similar, en la investigación en el estudio realizado en la laguna de Yarinacocha, donde la correlación de Spearman mostró asociaciones entre la abundancia de organismos planctónicos y variables como temperatura, pH, oxígeno disuelto, transparencia, fósforo y nitrógeno. En dicha investigación se observó que las *Euglenophytas* fueron más abundantes en estaciones sometidas a mayor presión antrópica y aporte de materia orgánica, presentando una respuesta positiva frente al incremento de nutrientes. En concordancia, en el presente estudio varias especies mostraron correlaciones positivas con el nitrato

y el fosfato en diferentes meses de monitoreo. Por ejemplo, durante marzo, *Navicula directa* presentó correlaciones positivas perfectas con el nitrato ($r_s = 1$), mientras que *Navicula phyllepta* mostró asociaciones positivas con nitrito y nitrato ($r_s = 1$ y $r_s = 0.86$ respectivamente), evidenciando una clara relación entre la disponibilidad de nutrientes y el incremento de la abundancia Fitoplanctónica.

Por otro lado, el análisis de correspondencia canónica (CCA) permitió visualizar patrones multivariados, mostrando cómo determinadas especies se agrupan en función de gradientes ambientales específicos, lo que refuerza la utilidad de este método para comprender la dinámica ecológica de ecosistemas fluviales (Fernandez et al., 2007), por lo tanto, ambos análisis de correlación evidencian que la composición fitoplanctónica está estrechamente vinculada con la variabilidad fisicoquímica del río Grande, lo que refleja la complejidad de las interacciones entre el fitoplancton y las condiciones ambientales del ecosistema.

En un estudio realizado por (Malave, 2026) en la zona rocosa de Palmar, el nMDS aplicado a las comunidades de diatomeas epilíticas mostró agrupamientos sutiles en función de gradientes ambientales locales (salinidad, pH, silicatos). Aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre

estaciones el NMDS permitió visualizar que especies como *Navicula directa* y *Nitzschia palea* se asociaron a condiciones de menor concentración de nutrientes, lo que refleja que, en ecosistemas costeros rocosos, las variaciones ambientales son más finas sin generar una segregación espacial marcada. En contraste, el estudio del río Grande mostró que el nMDS reveló una separación espacial mucho más clara entre sitios de muestreo, con comunidades diferenciadas por gradientes de salinidad, fosfato y caudal, lo que evidenció una heterogeneidad espacial marcada. A diferencia de Palmar, donde las diferencias fueron mínimas, en el río Grande la dinámica de agua y la variabilidad en el espacio fueron importantes en la formación de comunidades.

Los resultados obtenidos sobre el fitoplancton como un bioindicador en la calidad del agua y de la dinámica ambiental, proporcionando datos valiosos para la gestión y conservación de los ecosistemas fluviales en diversos contextos geográficos.

10 CONCLUSIONES

Mediante el método de Semina se caracterizó la composición y abundancia de fitoplancton en el ecosistema fluvial del Rio Grande Febres Cordero. Durante los muestreos realizados en los meses de febrero y abril, se identificaron un total de 34 especies mediante el arrastre con la red canónica simple distribuidas en 8 géneros; *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Pinnularia*, *Fragilaria*, *Eunotia* y *Aulacoseira*. En la mayoría de los muestreos, las especies con mayor densidad fueron *Nitzschia agnita*, *Nitzschia obtusa* y *Pleurosigma angulatum*, además, la variabilidad observada mensualmente evidencia una comunidad fitoplanctonica activa y funcional favorecida por las condiciones ambientales favorables del ecosistema fluvial. Además, a través de los índices de Shannon- Wiener y Pielou se registró una alta diversidad y equidad entre las comunidades, los bajos valores del índice dominancia de Simpson, demostraron una distribución uniforme entre las especies registrada, lo que indica la estabilidad ecológica durante el periodo de estudio.

El análisis del caudal mediante el método flotador evidenció una marcada variabilidad temporal, con valores que oscilaron entre 0.006 m³/s y 0.373 m³/s, lo que se relacionó estrechamente con la dinámica poblacional del fitoplancton, ya que los cambios en el flujo de agua modificaron la disponibilidad de nutrientes y la dispersión de las especies, por ende, el caudal permitió comprender cómo los procesos físicos regulan la productividad primaria y la

biodiversidad, aportando insumos esenciales para la gestión y conservación de los recursos hídricos del Río Grande Febres Cordero.

Finalmente, el análisis de Spearman, CCA, NMDS y SIMPER permitió comprender de manera integral la dinámica del fitoplancton en el río Grande. El análisis de Spearman evidenció correlaciones significativas entre las variables fisicoquímicas y la densidad poblacional, confirmando la sensibilidad del fitoplancton a cambios ambientales. El CCA reforzó estos hallazgos al mostrar gradientes multivariados que explicaron la distribución de especies en función de la temperatura, salinidad, pH y nutrientes. Por otro lado, el nMDS representó con claridad la separación de comunidades y la confiabilidad de los patrones ecológicos observados, SIMPER identificó las especies clave responsables de la disimilitud entre sitios, destacando a *Nitzschia obtusa* y *Navicula directa* como especies específicas en la diferenciación espacial, sin embargo, es importante destacar que, aunque haya una ausencia de dominancia no implica homogeneidad entre sitios, sino que cada comunidad mantiene su propia composición específica, es decir que la estructura comunitaria del fitoplancton está determinada por la interacción de factores fisicoquímicos, aportando evidencia sólida para la gestión y conservación de los ecosistemas fluviales.

11 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar realizando muestreos en la misma zona de estudio bajo diferentes condiciones, con el propósito de incrementar la cantidad de resultados obtenidos y fortalecer la base de datos disponible.

Se recomienda realizar una identificación integral de los diferentes grupos fitoplanctónico presentes en la zona de estudio. Este enfoque permitirá obtener una visión más amplia y detallada de la productividad primaria, contribuyendo a una mejor comprensión del estado actual y la dinámica ecológica del ecosistema evaluado.

Dar a conocer las actividades de divulgación y educación ambiental dirigidas a las comunidades locales mediante la realización de charlas sobre los ecosistemas de agua dulce de la provincia de Santa Elena. Estas iniciativas permitirán sensibilizar a la población sobre la importancia ecológica de estos ambientes, promover su conservación y fomentar prácticas responsables que contribuyan a reducir los niveles de contaminación.

12 BIBLIOGRAFÍAS

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008*. 1–136.

https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). LEY ORGANICA DE LOS RECURSOS HIDRICOS USO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.

Registro Oficial Suplemento N° 305, 43. www.lexis.com.ec

Avila, Riveron, Fernandez, Fuentes, & Marrero. (2020). Evaluación de los procesos erosivos, la materia sedimentable y el caudal en la cuenca del río Yamanigüey. *Revista Ciencia & Futuro*, 10(2), 24–29.

https://www.researchgate.net/publication/342734316_Evaluacion_de_los_procesos_erosivos_la_materia_sedimentable_y_el_caudal_en_la_cuenca_del_rio_Yamanigüey

Breña, P. A. F., & Jacobo, V. M. A. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. *Universidad Autónoma Metropolitana*, 289 págs.

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/04/PrincipiosyFundamentosdelaHidrologiaSuperficial.pdf>

Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig. *Tesis de Grado Previo a La Obtención Del Título de Ingeniero Ambiental*, 142.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>

Carrión, Á., Valle, A., Coca, M., & Guevara, M. (2024). Impacto de la producción industrial en la generación de aguas residuales de las empresas manufactureras del Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 17(46), 94–105.

<https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/2072/1989>

Cazco Balseca, G. L. (2024). La Contaminación de las Aguas del Río “Chibunga” y el Derecho de Regeneración de la Naturaleza, en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(1), 2516–2529. <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i1.206>

Cedeño. (2024). *Distribución epacial de la precipitacion efectiva en Santa Elena con fines de riego*. 2, 306–312.

Chávez-Veintemilla, C., Pezo, R., & Vasquez, E. (2020). Diversidad planctónicas de los cuerpos de agua en la reserva nacional alpahuayo mishana, Loreto - Perú. *Folia Amazonica*, 29(2), 353–370.

<https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.536>

Chérrez, R., Cumbajín, C., Aguirre, J., & Yáñez, J. (2017). Estudio comparativo de cuatro microcuencas del Río Oglán en función a la Estructura y Composición fitoplanctónica. *CienciAmérica*, 6(2), 1–9.

<https://dialnet.unirioja.es>

Condori, K., & Vargas, M. (2021). Revisión Sistemática: Disminución de Fosfatos en Cuerpos de Agua para Reducir la Eutrofización. In *Universidad Andina del Cusco*.

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Córdova, J., & Rodríguez, I. (2022). *El ciclo hidrológico y su significación ecológica*. 24.

Cruz, B., & Del Pozo, B. (2023). *Determinación del índice universal de calidad del agua en el área de influencia de captación para la potabilización de la ciudad de Guayaquil*.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26125/1/UPS-GT004636.pdf>

Dutscher. (2019). *Operation Manual Flexa-200 Microplate Reader*.

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/19bbdcb1-5500-4760-83aa-38477835e2e0/content>

Echeverría, M. (2016). *Estudio de la comunidad de fitoplancton en el río Atacames Provincia de Esmeralda en el periodo Enero- Abril del 2015*. (June), 62.

<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/856b7d1a-a74d-4e3a-8f20-9c3b2523ffd4/content>

EPA. (2026). *Indicadores: Fitoplancton*. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-phytoplankton>

Escandón, C., & Cáceres, M. (2022). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, PRESENTES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO- GUALACEO*".

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>

Farrari. (2020). *EL CAUDAL Y LA TEMPERATURA DEL AGUA SON LOS PRINCIPALES DACORES QUE REGULAN EL FITOPLANCTON Y LAS FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS EN UN GRAN SUBTROPICAL*. 20(20), 30–66. <https://doi.org/10.12461/20.07>

Fernandez, Calabuig, & Fernandez. (2007). Analisis De Correlaciones Canonicas Aplicado Al Estudio De La Relacion Entre La Composicion Fisico-Quimica Del Agua Y Suelo Aluvial En El Rio Bernesga (Leon). *Limnética*, 2, 9.

Fernando, A., Sarango, H., Ricardo, E., Pallmay, C., Paul, J., Sarzosa, R., Elizabeth, J., & Pozo, C. (2024). *Tipos y clasificación de las investigaciones*. 5, 956–966. <https://revistalatam.redilat.org/index.php/lt/article/view/1927/2478>

Figuerroa, R., & Tubay, A. (2021). *Manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrografica del rio Jipijapa con vista a su conservacion y uso sostenible*.

García, J., Molina, I., Quiroz, H., Trujillo, P., & Díaz, M. (2011). Distribución y sistemática del fitoplancton a lo largo del río Amacuzac (Morelos , México). *Acta Universitaria*, 21(2), 14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41619838002>

Gil, I., Villabona, S., & Rios, M. (2022). Dinamica temporal y espacial de los grupos funcionales del fitoplancton en un embalse tropical colombiano. *Limnetica*, 41(2), 339–354. <https://doi.org/10.23818/limn.41.20>

Guamán, M., & Gonzáles, N. (2016). *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador, Corporación para la Investigación Energética.*

Hidalgo, L. (2017). Guía Práctica Para Aforar En Canales Y Cauces Naturales, Utilizando Instrumentación Básica Y De Bajo Costo. *Universidad Nacional Politecnica*, 153.

Huertas, K., Guevara, G., & Reinoso, G. (2023). FITOPLANCTON DE UN HUMEDAL TROPICAL SOMERO DE ZONAS BAJAS Y SU RELACION CON VARIABLES FISICOQUIMICAS. *Acta Biologica Colombiana*, 28(1), 11. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.97060>

Inostroza I., Aguilera A., G. P. (2019). *Catálogo fotográfico de especies de fitoplacton marino*. 14. <https://www.sur-austral.cl/wp-content/uploads/2016/11/CatálogoMicroalgas2019.pdf>

Ismiño, R., Montalván, G., García, A., Maco, J., Tello, S., Palacios, J. J., & Rodríguez, L. (2018). Comunidad fitoplanctónica de la cuenca del río Itaya en Loreto, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(3), 828–839. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14766>

Laz Del Pezo, A. (2025). *Calidad del agua mediante variables físicas , químicas y biológicas del Río California , Loma Alta , Santa Elena . Calidad del agua mediante variables físicas , químicas y biológicas.*
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1e123a23-d79a-4fac-b001-a2e0bfa638a4/content>

Malave, E. (2026). *DIATOMEAS EPILIPTICAS Y SU RELACION CON LAS*

VARIABLES FISICOQUIMICOS DE AGUA EN LA ZONA ROCOSA DE LA COMUNA PALMAR. <https://www.preventionweb.net/news/preliminary-report-february-6-2023-earthquakes-turkiye>

Márquez, E., Yupanqui, G., De la Torre, M., Reyes, D., Hajar, J., & Roca, W. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Tayacaja. In *Fondo Editorial UNAT*. <https://fondoeditorial.unat.edu.pe>

Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPERMAN CARACTERIZACION. *Revista Habanera de Ciencias Médicas.*, 8(2), 1–20. <https://www.redalyc.org/pdf/1804/180414044017.pdf>

Meier, C. (2025). *Evaluacion comparativa del indice de diversidad biologica de zooplancton y fitoplancton en los rios Higuera y Sariapampa, Huanuco-2025.* file:///C:/Users/TAIRI/Downloads/Camacho Armillon, Meier Luis.pdf

Mendoza. (2024). Análisis de la Diversidad y Distribución del Fitoplancton en la zona Costera del cantón Pedernales: Un Estudio Ecológico y Ambiental. In *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*. <https://youtu.be/usb6EKKvhPY>

Mendoza, D. (2025). *Abundancia, Diversidad fitoplanctonica y condiciones hidrológicas en los estuarios de los Ríos Chone y Portoviejo.* <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/2595>

Mirabá, K. (2026). *Distribucion y abundancia de Dinoflagelados y su relacion con las variables fisicoquimicas en la zona marina del area nacional de*

recreacion Playas Villamil. 138.

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fb243168-c99e-48fe-a134-43b650c6d6e1/content>

Moreno, D. (2022). Determinar La Importancia Del Manejo De La Red De Plancton En La Recolección De Muestras. *Universidad Tecnica de Machala*, 25. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/19bbdcb1-5500-4760-83aa-38477835e2e0/content>

Moreno Tovar, A. A., Toro Botero, M., & Carvajal, L. F. (2008). Revisión de criterios y metodologías de diseño de redes para el monitoreo de la calidad del agua en ríos. *Avances En Recursos Hidráulicos*, 18(18), 57–68.

Navarrete, M., & Rodriguez, C. (2025). *Fitoplancton de Veracruz Las comunidades algales de la laguna Don Tomás (La Pampa , Argentina) Sargassum : Elemental analysis and spatial distribution approximation La estabilidad nomenclatural en las algas ¿ Qué es y cómo incrementarla ?* COMITÉ EDITORI. 11(1), 99. <https://cymbella.fcencias.unam.mx/img/numeros/V11/01/V11N01.pdf>

Palacios, S. (2025). *Evaluación de impacto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento en el cuerpo de agua de Montecristi*. [https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7943/1/Palacios Suggey Nayesska.pdf](https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7943/1/Palacios%20Suggey%20Nayesska.pdf)

Piceno, M. (2016). *IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS DE AGUA DULCE CON ENFASIS EN IMPORTANCIA SANITARIA EN LA PRESA LA*

*ESTANZUELA Y LA CENTRAL HIDROELECTRICA ING.FERNANDO
HIRIART BALDERRAMA,HGO. 109.*

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/5105/AT20934.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Placencio, J. (2018). “ *Determinacion de la velocidad del flujo en el rio
Yanuncay, por el metodo de flotadores.*”

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7820/1/13618.pdf>

Pozo, D. (2015). Diseño de senderos ecoturísticos en la comuna Febres cordero
Parroquia Colonche Provincia de Santa Elena, Año 2015. *Repositorio
DSpace*, 291. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7019>

Prat, G. G. S. C. C. P. A. D. (2021). *PROTECCION DE RIOS DE LA
PATAGONIA*. 52.

Quintanilla, J. (2021). *PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS TULUMAYO, TARMA Y
CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE
SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN; SETIEMBRE 2023 - ENERO
2024*. file:///C:/Users/TAIRI/Downloads/TS_JRQC_2025.pdf

Rodriguez, E. N., Rodriguez, S. R., & Ramirez, A. (2024). *Aplicaciones del
muestreo simple al azar para proporciones*. 11, 26.
[https://astraeditorialshop.com/wp-content/uploads/2024/04/1_Aplicaciones-
del-muestreo-simple_.pdf](https://astraeditorialshop.com/wp-content/uploads/2024/04/1_Aplicaciones-del-muestreo-simple_.pdf)

Rojas, R., & Castañeda, D. (2024). Diversidad del fitoplancton en la cuenca baja

del río Magdalena con relación a su régimen hidrológico. *Caldasia*, 46(1), 113–129. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n1.100385>

Romero Castro, M. I., Figueroa Morán, G. L., Vera Navarrete, D. S., Álava Cruzatty, J. E., Parrales Anzúles, G. R., Álava Mero, C. J., Murillo Quimiz, Á. L., & Castillo Merino, M. A. (2018). Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades. In *Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades*. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.46>

Romero, M. (2026). *Estudio comparativo del estado trofico de cuatro microcuencas altoandinas de la ciudad de loja, mediante el estudio de diatomeas epilíticas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/32078/1/UPS-CT012585.pdf>

Sabater & Elozegi. (2009). *Conceptos y tecnicas en ecologia fluvial*.

Saenz, C., & Vilela, J. (2023). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS EX RELAVERAS AZALIA Y CHONTA (PASCO , PERÚ), POR MEDIO DE MONITOREOS ORNITOLÓGICOS*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fb243168-c99e-48fe-a134-43b650c6d6e1/content>

Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. 27(3), 10.

Santillán, S., & Guerrero, A. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como

bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. *Revista Tecnología En Marcha*, 31, 14. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3968>

Sastre, V., Santinelli, N., & Ferrario, M. E. (2021). *FITOPLANCTON, METODOLOGIA DE ESTUDIO*. (December), 16.
https://www.researchgate.net/publication/352798579_Capitulo_2_Fitoplancton_metodologia_de_estudio/link/60da040f92851ca944917ba7/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

Sinchiguano Baldeón, M. (2024). *ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO BULU-BULU, PARROQUIA PEDRO. J. MONTERO, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/eca61f03-ff9e-4368-b8b0-814e6873255e/content>

Soria, D. de. (2026). *EL CICLO NATURAL DEL AGUA*. Los Ciclos Del Agua.
<https://www.dipsoria.es/areas-diputacion/medio-ambiente/aguas/ciclos-del-agua>

Tarazona, R. (2025). *Evaluación del índice de diversidad biológica de fitoplancton y zooplancton y su relación con los parámetros físico-químicos y plano altitudinal en el río Huancachupa, Distrito de Pillco Marca – Huánuco; 2025*.
<https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/6862/IllatopaTarazona%2CRomyPierina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Tomala, K. (2026). *POTENCIAR LOS RECURSOS NATURALES Y CULTURALES EN LA COMUNA FEBRES CORDERO, PARROQUIA COLONCHE, PROVINCIA DE SANTA ELENA 2025*".
<https://www.preventionweb.net/news/preliminary-report-february-6-2023-earthquakes-turkiye>
- UNAUES. (2022). *Los ríos son ecosistemas imprescindibles para la vida en el planeta*. (14), 3.
- Valcáre, N. (2024). *Variabilidad espacio- temporal en la estructura de las comunidades planctónicas en el estrecho de Gibraltar*.
<https://rodin.uca.es/handle/10498/33824>
- Vasca & Euskal. (2015). *Protocolo de muestreo, análisis y evaluación del fitoplancton en masas de agua de transición y costeras*. 21.
- Vasconez, L., & Duran, W. (2015). *EVALUACION AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO GALA DE CANTON CAMILO PONCE ENRIQUEZ*.
- Vázquez, G., Áke-Castillo, J. A., & Orduña-Medrano, R. E. (2021). *Catálogo de Fitoplancton de Sistemas Costeros del Golfo de México y Mar Caribe. Río Tuxpan, estero Tumilco, estero Jácome, laguna La Mancha, río Tonála, Ría Lagartos e isla de Cozumel*. <https://cemioceano.mx/downloads/libros/Libro-Catalogo-Fitoplancton.pdf>
- Vera, L. (2023). *Diversidad y ABUNDANCIA DE fitoplancton en relacion con parametros fisico Presente en el rio Javita, Santa Elena-Ecuador*. 118.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bfc18315-a3f2->

49d8-a814-dd03b9dc04f7/content

Vizzo, Villafañe, & Helbling. (2025). *Influencia del aporte terrígeno y la mezcla vertical en el fitoplancton de áreas costeras patagónicas frente a distintos escenarios de cambio global.*

Woelfl, S., Caputo, L., García-Chicote, J., & De Los Ríos-Escalante, P. (2018). Manuales para el muestreo y bioindicación de Zooplancton. *Ministerio Del Medio Ambiente.*, 1–45.

[http://sociedadchilenadelimnologia.cl/Manuales/MANUALES SCL 1 - Manual Protocolo Zooplancton Version 30082018.pdf](http://sociedadchilenadelimnologia.cl/Manuales/MANUALES_SCL_1-Manual_Protocolo_Zooplancton_Version_30082018.pdf)

Yepez. (2025). *Diseño de vivienda eco turística en Bambú aplicada en la NEC-2015 para la comuna Febres Cordero, Santa Elena- Ecuador.*
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/97acbb78-b75b-4292-9f66-f5294e2360dd/content>

Zumudio, M., Sinuhé, H., & Balboa, A. (2024). *Fitoplancton.*
<https://ceu2.izt.uam.mx/librosUAMI/wp-content/uploads/2024/03/FITOPLANCTON.pdf>

13 ANEXOS

Tabla 4 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo del mes de febrero

Especies	Est. 1	Est 1. %	Est. 2	Est 2. %	Est. 3	Est. 3 %
<i>Amphora meridionalis</i>	6790	6%	61110	27%	20370	4%
<i>Bacillaria</i> spp.	3395	3%	3395	1%	3395	1%
<i>Caloneis amphisbaena</i>	3395	3%	6790	3%	6790	1%
<i>Coscinodiscus centralis</i>	3395	3%	0	0%	0	0%
<i>Cymbella lanceolata</i>	3395	3%	16975	7%	16975	4%
<i>Cymbella</i> spp.	0	0%	0	0%	27160	6%
<i>Eunotia intermedia</i>	0	0%	10185	4%	0	0%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	27160	25%	6790	3%	67900	14%
<i>Melosira varians</i>	0	0%	0	0%	6790	1%
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Navicula simulata</i>	0	0%	6790	3%	0	0%
<i>Nitzschia agnita</i>	20370	19%	50925	22%	50925	11%
<i>Nitzschia commutata</i>	0	0%	16975	7%	13580	3%
<i>Nitzschia obtusa</i>	37345	34%	10185	4%	74690	15%
<i>Nitzschia palea</i>	3395	3%	6790	3%	6790	1%
<i>Pinnularia</i> spp	0	0%	6790	3%	0	0%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0%	0	0%	84875	18%
<i>Pleurosigma normanii</i>	0	0%	0	0%	57715	12%
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0%	3395	1%	20370	4%
<i>Rhopalodia</i> spp.	0	0%	0	0%	10185	2%
<i>Sinedra</i> spp.	0	0%	10185	4%	10185	2%
<i>Ulnaria goulardii</i>	0	0%	10185	4%	0	0%
Total	108640	100%	227465	100%	482090	100%

Tabla 5 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo del mes de febrero

Especies	Est 1	Est 1 %	Est 2	Est 2 %	Est 3	Est 3 %
<i>Amphora ovalis</i>	0	0%	27160	9%	16975	6%
<i>Caloneis amphisbaena</i>	6790	5%	10185	3%	0	0%
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	0%	10185	3%	0	0%
<i>Cymbella lanceolata</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Diademis spp</i>	0	0%	3395	1%	3395	1%
<i>eunotia intermedia</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Gomphoema angustum</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0%	13580	4%	0	0%
<i>Gyrosigma angulatum</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Navicula directa</i>	10185	7%	78085	24%	0	0%
<i>Navicula lanceolata</i>	20370	14%	30555	10%	57715	20%
<i>Navicula phyllepta</i>	20370	14%	6790	2%	50925	18%
<i>Nitzchia agnita</i>	0	0%	10185	3%	10185	4%
<i>Nitzchia obtusa</i>	37345	26%	61110	19%	40740	14%
<i>Nitzchia palea</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Nizthia conmutata</i>	0	0%	0	0%	16975	6%
<i>Pinularia spp</i>	30555	21%	67900	21%	64505	22%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	10185	7%	0	0%	0	0%
<i>Pleurosigma normanii</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Rhopalodia spp</i>	0	0%	0	0%	3395	1%
<i>Sinedra spp</i>	0	0%	0	0%	10185	4%
Total	142590	100%	319130	100%	288575	100%

Tabla 6 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo del mes de marzo

Especies	Est 1	Est 1 %	Est 2	Est 2 %	Est 3	Est 3 %
<i>Amphora ovalis</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Aulacoseria granulata</i>	10185	5%	0	0%	10185	6%
<i>Bacillaria</i> spp	3395	2%	3395	2%	0	0%
<i>Cloneis amphisbaena</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Coscinodiscus centralis</i>	10185	5%	13580	7%	0	0%
<i>Coscinodiscus granii</i>	6790	3%	6790	4%	10185	6%
<i>Cymbella lanceolata</i>	0	0%	6790	4%	0	0%
<i>Epithemia gibba</i>	6790	3%	0	0%	0	0%
<i>Fragilaria</i> spp	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Frustulia rhomboides</i>	3395	2%	0	0%	3395	2%
<i>Gomphoema angustum</i>	0	0%	3395	2%	0	0%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	40740	20%	33950	19%	20370	13%
<i>Melasira varians</i>	6790	3%	0	0%	0	0%
<i>Navicula directa</i>	23765	12%	40740	22%	0	0%
<i>Navicula lanceolata</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Navicula phyllepta</i>	23765	12%	23765	13%	0	0%
<i>Nitzchia commutata</i>	0	0%	10185	6%	0	0%
<i>Nitzchia obtusa</i>	0	0%	20370	11%	16975	10%
<i>Pinularia</i> spp	16975	8%	16975	9%	30555	19%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	16975	8%	3395	2%	20370	13%
<i>Pleurosigma normanii</i>	10185	5%	0	0%	16975	10%
<i>Rapalodia gibba</i>	0	0%	0	0%	20370	13%
<i>Rapalodia</i> spp	10185	5%	0	0%	6790	4%
<i>Ulnaria goulardii</i>	0	0%	0	0%	6790	4%
TOTAL	200305	100%	183330	100%	162960	100%

Tabla 7 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo superficial del mes de marzo

Especies	Est 1	Est 1 %	Est 2	Est 2 %	Est 3	Est 3 %
<i>Cloneis amphisbaena</i>	0	0%	10185	8%	10185	11%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	10185	9%	40740	31%	16975	18%
<i>Navicula phyllepta</i>	6790	6%	6790	5%	6790	7%
<i>Nitzchia agnita</i>	0	0%	6790	5%	6790	7%
<i>Nitzchia commutata</i>	0	0%	6790	5%	6790	7%
<i>Nitzchia obtusa</i>	47530	44%	3395	3%	3395	4%
<i>Nitzchia palea</i>	0	0%	20370	15%	10185	11%
<i>Pinularia spp</i>	20370	19%	16975	13%	16975	18%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	10185	9%	3395	3%	3395	4%
<i>Rhapalodia spp</i>	6790	6%	16975	13%	13580	14%
<i>Sinedra spp</i>	6790	6%	0	0%	0	0%
TOTAL	108640	100%	132405	100%	95060	100%

Tabla 8 Densidad poblacional y porcentual del primer monitoreo superficial del mes de abril

Especie	Est 1	Est 1 %	Est 2	Est 2%	Est 3	Est 3 %
<i>Amphora meridionalis</i>	0	0%	13580	9%	10185	5%
<i>Aulacoseria granulata</i>	6790	6%	0	0%	0	0%
<i>Bacillaria</i> spp.	3395	3%	6790	5%	3395	2%
<i>Caloneis amphisbaena</i>	6790	6%	10185	7%	6790	3%
<i>Coscinodiscus centralis</i>	6790	6%	0	0%	0	0%
<i>Cymbella lanceolata</i>	0	0%	13580	9%	6790	3%
<i>Cymbella</i> spp.	0	0%	0	0%	13580	6%
<i>Epithemia gibba</i>	3395	3%	0	0%	0	0%
<i>Frustulia rhomboides</i>	3395	3%	0	0%	0	0%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	16975	15%	13580	9%	33950	15%
<i>Melasira varians</i>	3395	3%	0	0%	3395	2%
<i>Navicula directa</i>	6790	6%	0	0%	0	0%
<i>Navicula lanceolata</i>	3395	3%	0	0%	3395	2%
<i>Nitzschia obtusa</i>	16975	15%	6790	5%	40740	18%
<i>Navicula phyllepta</i>	10185	9%	0	0%	0	0%
<i>Navicula simulata</i>	0	0%	6790	5%	0	0%
<i>Nitzschia agnita</i>	0	0%	23765	16%	13580	6%
<i>Nitzschia commutata</i>	0	0%	13580	9%	6790	3%
<i>Nitzschia palea</i>	0	0%	10185	7%	3395	2%
<i>Pinnularia</i> spp	6790	6%	13580	9%	0	0%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	10185	9%	0	0%	27160	12%
<i>Pleurosigma normanii</i>	3395	3%	0	0%	33950	15%
<i>Rhapalodia</i> spp	3395	3%	0	0%	0	0%
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0%	3395	2%	10185	5%
<i>Sinedra</i> spp.	0	0%	6790	5%	3395	2%
<i>Ulnaria gouldarii</i>	0	0%	6790	5%	0	0%
TOTAL	112035	100%	149380	100%	220675	100%

Tabla 9 Densidad poblacional y porcentual del segundo monitoreo superficial del mes de abril

Especies	Est 1	Est 1 %	Est 2	Est 2 %	Est 3	Est 3 %
<i>Aulacoseria granulata</i>	13580	10%	6790	6%	0	0%
<i>Bacillaria</i> spp	3395	2%	3395	3%	0	0%
<i>Cloneis amphisbaena</i>	0	0%	0	0%	3395	6%
<i>Coscinodiscus centralis</i>	6790	5%	6790	6%	0	0%
<i>Coscinodiscus granii</i>	0	0%	13580	12%	0	0%
<i>Cymbella lanceolata</i>	0	0%	3395	3%	0	0%
<i>Epithemia gibba</i>	6790	5%	0	0%	0	0%
<i>Fragilaria</i> spp	0	0%	0	0%	6790	13%
<i>Frustulia rhomboides</i>	3395	2%	0	0%	0	0%
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	27160	19%	16975	15%	6790	13%
<i>Gomphoema angustum</i>	0	0%	6790	6%	0	0%
<i>Navicula directa</i>	27160	19%	20370	18%	0	0%
<i>Navicula lanceolata</i>	6790	5%	0	0%	0	0%
<i>Navicula phyllepta</i>	13580	10%	10185	9%	10185	19%
<i>Nitzchia agnita</i>	0	0%	0	0%	10185	19%
<i>Nitzchia commutata</i>	0	0%	0	0%	6790	13%
<i>Nitzchia obtusa</i>	0	0%	10185	9%	0	0%
<i>Pleurosigma angulatum</i>	20370	14%	13580	12%	3395	6%
<i>Pleurosigma normanii</i>	13580	10%	0	0%	0	0%
<i>Rhapalodia</i> spp	0	0%	0	0%	6790	13%
TOTAL	142590	100%	112035	100%	54320	100%

Tabla 10 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de febrero

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	28.7	7,8	0.28ppt	0.010	0.633	1.40
2	28.6	9.5	0.27ppt	0.006	0.762	0.094
3	27.3	10.1	0.27ppt	0.026	0.483	1.45

Tabla 11 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de febrero

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	25.1	9	0.27ppt	0.043	0.443	0.74
2	27.4	9.9	0.13ppt	0.023	0.930	1.35
3	27.4	9.9	0.13ppt	0.013	0.319	1.25

Tabla 12 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de marzo

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	31.5	10	0.22ppt	0.007	0.213	0.80
2	32.9	9	0.19ppt	0.007	0.848	2.80
3	30.8	10	0.19ppt	0.001	0.027	3.20

Tabla 13 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de marzo

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	27.4	10.4	0.26ppt	0.013	0.700	0.40
2	32.9	10.2	0.24ppt	0.020	0.638	0.88
3	30	9.3	0.22ppt	0.007	1.050	1.20

Tabla 14 parámetros fisicoquímicos del primer monitoreo de abril

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	32.4	7.8	0.28ppt	0.003	0.505	0.90
2	33.3	10.8	0.26ppt	0.020	0.337	1.45
3	31.3	10	0.26ppt	0.003	0.696	1.30

Tabla 15 parámetros fisicoquímicos del segundo monitoreo de abril

Estación	Temperatura	pH	Salinidad	Nitrito	Nitrato	Fosfato
1	29	9	0.23ppt	0.033	0.328	1.40
2	30.1	9.88	0.21ppt	0.007	0.598	2
3	29.3	9.86	0.21ppt	0.020	0.368	1.95

Tabla 16 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo febrero

	Est.1	Est.2	Est.3
N	22	22	22
Shapiro- Wilk W	0.5602	0.6316	0.7792
p(normal)	5,09E-04	2,96E-03	0.0002407

Tabla 17 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo febrero

	Est.1	Est.2	Est.3
N	21	21	21
Shapiro- Wilk W	0.6827	0.6727	0.6879
p(normal)	1.69E-05	1,41E-02	1,95E-02

Tabla 18 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo marzo

	Est.1	Est.2	Est.3
N	24	24	24
Shapiro- Wilk W	0.7936	0.7197	0.7572
p(normal)	0.0002316	1.86E-02	6.36E-02

Tabla 19 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo marzo

	Est.1	Est.2	Est.3
N	12	12	12
Shapiro- WilkW	0.688	0.8113	0.9342
p(normal)	0.0006469	0.01263	0.4272

Tabla 20 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) primer monitoreo abril

	Est.1	Est.2	Est.3
N	26	26	26
Shapiro- WilkW	0.8057	0.8144	0.7232
p(normal)	0.0002204	0.0003128	1.12E-05

Tabla 21 Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) segundo monitoreo abril

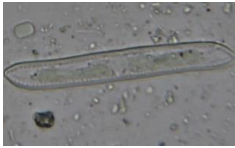
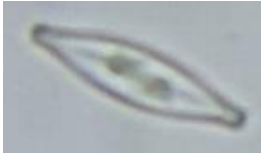
	Est.1	Est.2	Est.3
N	20	20	20
Shapiro- WilkW	0.78	0.8277	0.7212
p(normal)	0.0004406	0.002306	7.15E-02

Tabla 22 Cálculo del caudal mediante el método flotador

REGISTRO DE CAUDAL - METODO FLOTADOR "RIO GRANDE" COMUNA FEBRES CORDERO - COLONCHE - SANTA ELENA.																	
TRABAJO DE CAMPO																	
FECHA: Dia/mes/año	punto de monit oreo	información general				Datos calculados											
		Ancho del rio(m)	Distancia recorrida(m)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	T4 (s)	Total de tiempo promedio (tp)	Velocidad superficial (m/s)	Prof 1	prof 2	Prof 3	Prof 4	Prof media (m)	Área del cause	CONST ANTE	Cálculo del Caudal
8/2/2026	Est 1	3	25	1740	1680	1740	1800	1740	0.014	0,1	0,26	0,2	0,12	0,17	0,51	0,85	0,006 m³/s
8/2/2026	Est 2	4	25	2280	2280	2340	2280	2295	0.011	0,18	0,28	0,19	0,18	0,21	0,83	0,85	0,008 m³/s
8/2/2026	Est 3	3	25	1800	1680	1740	1740	1740	0.014	0,2	0,35	0,44	0,58	0,39	1,18	0,85	0,014 m³/s
22/2/2026	Est1	5	25	113	116	112	115	114	0.219	0,3	0,43	0,38	0,34	0,36	1,81	0,85	0,338 m³/s
22/2/2026	Est 2	4	25	109	111	112	111	110,75	0.226	0,35	0,36	0,33	0,16	0,30	1,20	0,85	0,230 m³/s
22/2/2026	Est 3	5	25	62	65	61	60	62,00	0.403	0,25	0,28	0,2	0,14	0,22	1,09	0,85	0,373 m³/s
12/3/2026	Est 1	1	25	126	146	159	173	151,00	0.166	0,15	0,17	0,2	0,18	0,18	0,18	0,85	0,025 m³/s
12/3/2026	Est 2	5	25	114	117	120	110	115,25	0.217	0,12	0,13	0,16	0,1	0,13	0,64	0,85	0,118 m³/s
12/3/2026	Est 3	5	25	84	89	102	99	93,50	0.267	0,15	0,22	0,23	0,3	0,23	1,13	0,85	0,256 m³/s
29/3/2026	Est 1	2,1	25	180	190	200	211	195,25	0.128	0,13	0,14	0,1	0,7	0,27	0,56	0,85	0,061 m³/s

29/3/2026	Est 2	3	25	195	202	210	199	201,50	0.124	0,38	0,36	0,3	0,13	0,29	0,88	0,85	0,093 m³/s
29/3/2026	Est 3	6,7	25	200	215	220	211	211,50	0.118	0,39	0,66	0,45	0,2	0,43	2,85	0,85	0,286 m³/s
15/4/2026	Est 1	3,2	25	1320	1500	1740	1620	1545,00	0.016	0,11	0,24	0,22	0,11	0,17	0,54	0,85	0,007 m³/s
15/4/2026	Est 2	4	25	1680	1980	2100	2340	2025,00	0.012	0,16	0,25	0,15	0,11	0,17	0,67	0,85	0,007 m³/s
15/4/2026	Est 3	3,1	25	2040	1800	1920	2160	1980,00	0.013	0,22	0,33	0,42	0,54	0,38	1,17	0,85	0,013 m³/s
26/4/2026	Est 1	3	25	2220	2100	2040	1980	2085,00	0.012	0,24	0,34	0,35	0,32	0,31	0,94	0,85	0,010 m³/s
26/4/2026	Est 2	3	25	1740	1800	1620	1500	1665,00	0.015	0,33	0,31	0,3	0,16	0,28	0,83	0,85	0,011 m³/s
26/4/2026	Est 3	3	25	1440	2220	1980	2340	1995,00	0.013	0,21	0,25	0,22	0,12	0,20	0,60	0,85	0,006 m³/s
Total																	0,103 m³/s

Anexos 1 Especies de fitoplancton identificadas en el río Grande durante los muestreos

		
<i>Pleurosigna normanii.</i>	<i>Gyrosigma acuminatum.</i>	<i>Caloneis amphisbaena.</i>
		
<i>Rhopalodia spp.</i>	<i>Cymbella spp.</i>	<i>Coscinodiscus granii</i>
		
<i>Nitzschia obtusa</i>	<i>Navicula phyllepta</i>	<i>Pinnularia spp</i>
		
<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Navicula Lanceolata</i>	<i>Pleurosigma angulatum</i>
		
<i>Coscinodiscus centralis</i>	<i>Nitzschia agnita</i>	<i>Nitzschia Palea</i>
		
<i>Bacillaria spp</i>	<i>Nitzschia commutata</i>	<i>Amphora ovalis</i>



Navicula directa



Amphora meridionalis



Santa Elena, 09 de julio del 2026

La suscrita **Blga. Etelvina Vera Borbor, M.Sc.** Investigadora Oceanográfica, especialista en Fitoplancton (Diatomeas y Dinoflagelados) y Ecosistema Lacustres.

CERTIFICA:

Que la señorita **Santiana Piguave Bélgica Leonor** con C.I. 2450258682 realizó su periodo de investigación desde el mes de febrero hasta abril 2026, en base al proyecto de Trabajo de Titulación propuesto y cuyo tema de tesis es **“Dinámica espacial de fitoplancton y su relación con las variables físico-químicas del Río Grande Colonche- Santa Elena.”**.

La señorita **Santiana Piguave Bélgica Leonor**, solicitó la colaboración de la suscrita para validar la determinación taxonómica de este grupo de fitoplancton en particular.

Para el estudio del fitoplancton la suscrita validó la corroboración de forma voluntaria, las especies enviadas en forma fotográficas, identificándose 34 especies fitoplanctónicas, todas encontradas en la zona Río Grande Colonche-Santa Elena. Este conocimiento es de gran valor ecológico para el sector.

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

Atentamente



Blga. Etelvina Vera Borbor, M.Sc.
C.I. 0917518458

Investigador Oceanografía Biológica y Ecosistema Lacustres
Telef. 0981023453
E-mail: everabor@yahoo.com



Ministerio de
Ambiente y Energía

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 354

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAE-ARSFC-2026-0354

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2026-06-06	2026-12-06

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Chromista

El Ministerio de Ambiente y Energía, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0910798750	ANDRADE RUIZ EUFREDO CARLOS	Ecuatoriana	1006-02-63256	Biologo	Cryptophyceae;Dinophyceae

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Dinámica Espacial de fitoplancton y su Relación con las variables fisicoquímicas del río Grande Colonche-Santa Elena.

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCIÓN CON EL PROPOSITO DE:

Anexos 4 Recolección de muestras de fitoplancton



Anexos 5 Medición de caudal



Anexos 6 Toma de parámetros Fisicoquímicos



Anexos 7 Identificación microscópica de Fitoplancton



Anexos 8 Muestreo con red canónica simple.

