VARIACIÓN DEL FITOPLANCTON MARINO EN RELACIÓN A LOS FACTORES FISICOQUÍMICOS EN BAHÍA DE SAMANCO EN INVIERNO - PRIMAVERA 2019 Y VERANO 2023

MARINE PHYTOPLANKTON VARIABILITY IN RESPONSE TO PHYSICOCHEMICAL FACTORS IN SAMANCO BAY: WINTER - SPRING 2019 AND SUMMER 2023

Nelly Jacobo *Sonia Sánchez*

RESUMEN

Jacobo, N. & Sánchez, S. (2025). *Variación del fitoplancton marino en relación a los factores fisicoquímicos en bahía de Samanco en invierno - primavera 2019 y verano 2023. Inf Inst Mar Perú, 52(1), 19-28.-* Se evaluó la variabilidad estacional de la comunidad del fitoplancton y sus patrones de abundancia en la bahía de Samanco – Chimbote. Las muestras fueron recolectadas en agosto (invierno) y noviembre (primavera) 2019 y marzo (verano) 2023, a nivel superficial. Las especies dominantes del fitoplancton en la bahía de Samanco fueron *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Entomoneis alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Akashiwo sanguinea* y Fitoflagelados (N.D.). La abundancia del fitoplancton fluctuó entre 11 x 10^4 y 481 x 10^4 cél.L^{-1}, la mayor densidad celular fue registrada en noviembre (primavera) 2019 frente a playa Lancon, al norte de la bahía. El índice de riqueza del fitoplancton fue de 1,984 a 4,608, el de equitabilidad osciló entre 0,3 y 0,6; y el de biodiversidad varió de 1 a 2,474 bits.$cél^{-1}$. El análisis de correlación de Spearman reveló que la temperatura, la salinidad y la concentración de nutrientes estuvieron correlacionados significativamente de forma negativa con las concentraciones de las diatomeas; mientras que, la temperatura fue positiva con dinoflagelados (p=0,716, p<0,01), y negativa con la concentración halina (P= -0,673), lo que concordó con los resultados del análisis de correspondencia canónica.

Palabras clave: fitoplancton, estructura comunitaria, variación temporal, bahía Samanco

ABSTRACT

Jacobo, N. & Sánchez, S. (2025). *Marine phytoplankton variability in response to physicochemical factors in Samanco Bay: Winter – Spring 2019 and Summer 2023. Inf Inst Mar Peru, 52(1), 19-28.-* The seasonal variability of the phytoplankton community and its abundance patterns in Samanco Bay – Chimbote was analyzed. Surface water samples were collected in August (winter) and November (spring) of 2019, as well as in March (summer) of 2023. The dominant phytoplankton species in Samanco Bay included *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Entomoneis alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Akashiwo sanguinea*, and unidentified phytoflagellates. Phytoplankton abundance ranged from 11 x 10^4 y 481 x 10^4 cells.L^{-1}, with the highest density recorded in November 2019 (spring) off Lancon Beach, in the northern sector of the bay. The species richness index varied between 1.984 and 4.608, while evenness ranged from 0.3 to 0.6, and biodiversity indices fluctuated between 1 and 2.474 bits.$cells^{-1}$. Spearman's correlation analysis showed a significant negative relationship between diatom concentrations and temperature, salinity, and nutrient levels. In contrast, temperature exhibited a positive correlation with dinoflagellate abundance (p = 0.716, p < 0.01) and a negative correlation with salinity (p = -0.673), aligning with the results of the canonical correspondence analysis.

Keywords: phytoplankton, community structure, temporal variation, Samanco Bay

1. INTRODUCCIÓN

La bahía de Samanco, catalogada como una bahía cerrada, presenta playas arenosas de poca pendiente (al este de la bahía, en la zona comprendida entre playa Vesique y El Dorado) así como agrupaciones rocosas y pedregosas al oeste (El Dorado) y sureste de la bahía (La Boquita), características que permiten la existencia y desarrollo de especies de gran importancia comercial. Es considerada importante en la Región Áncash, por presentar diversidad de especies, registrar altos niveles de extracción de invertebrados comerciales (pesca artesanal) y por el desarrollo de la maricultura de moluscos (García *et al*., 2013). Berrú Paz y Tresierra Aguilar (2007) registraron condiciones oceanográficas particulares en esta bahía; como circulación marina de lento desplazamiento de las masas de agua, la cual se torna mínima en la parte central de la bahía, ocasionando escaso transporte de sedimentos y generando depósitos de fango. La remoción lenta de las aguas también habría generado incrementos en la temperatura, evaporación y por ende en la concentración salina. Posee registros térmicos con mayores variaciones en la primavera; así como, menores registros para la bocana de la bahía. Su batimetría presenta profundidad variable

en diferentes áreas, en algunas zonas puede ser relativamente plana y en otras presenta desniveles y relieves submarinos, lo que influye en la circulación marina y la distribución de los organismos marinos.

La bahía de Samanco es reconocida por su alta productividad marina, condición favorecida por el ingreso de nutrientes provenientes de los procesos de afloramiento, beneficiando al crecimiento del plancton, niveles tróficos que sustentan la biodiversidad marina. Dado que esta bahía es un importante centro pesquero, se han realizado investigaciones para evaluar los efectos de la actividad pesquera en el ecosistema marino; así como estudios para evaluar presencia de contaminantes con metales pesados, productos químicos orgánicos y contaminación por nutrientes (García *et al*., 2013). Cabe señalar que además de la alta carga de nutrientes, el plancton depende de diferentes procesos físicos como corrientes marinas, salinidad, disponibilidad de luz, entre otros. En condiciones ideales para su desarrollo, el fitoplancton incrementa su abundancia, lo cual se conoce como florecimiento algal; sin embargo, también pueden proliferar especies productoras de floraciones algales nocivas, ocasionando perjuicios en el ecosistema marino (Sánchez *et al*., 2021).

Los antecedentes arriba mencionados reflejan el interés científico en comprender y preservar un ecosistema marino costero de alta productividad, motivo por el cual es de crucial importancia conocer la composición, distribución e influencia de los diferentes parámetros ambientales sobre el fitoplancton marino, en este caso en un ecosistema de borde costero.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El litoral costero de la bahía de Samanco está ubicado entre las latitudes 9°10’33,1"S y 10°16’41,3"S (Fig. 1). El área de estudio comprende un sistema de bahía cerrada con zonas protegidas por el islote Redonda y por acantilados rocosos que se extienden por la franja norte, estos cordones litorales que se levantan en el borde de la unidad morfológica, no permiten la acción directa de los vientos (García *et al*., 2013), el estudio se efectuó en toda la bahía, alcanzando las 5 mn.

Recolecta y periodo de estudio. Se recolectaron 53 muestras de agua a nivel superficial en estaciones programadas (Fig. 1) manteniendo las mismas para las tres campañas efectuadas en agosto y noviembre 2019 y marzo 2023. Las muestras fueron obtenidas utilizando un balde de 10 L y luego almacenadas en frascos de vidrio color ámbar de 80 mL, para análisis de salinidad, nutrientes, clorofila-a y oxígeno disuelto. Simultáneamente, se tomaron datos de temperatura superficial, transparencia y pH.

Determinación y cuantificación del fitoplancton. Las muestras de agua recolectadas (80 mL por punto de muestreo) se fijaron con formalina neutralizada al 20% (Imarpe, 2017). En el laboratorio, las muestras fueron sedimentadas por 12 horas (25 mL) en cámaras de sedimentación (Utermöhl). La densidad del fitoplancton quedó expresada en células por litro (Nº x 10^4 cél.L^{-1}). Todos los organismos fueron determinados, en lo posible, hasta el nivel de especie, siendo agrupados los flagelados del nanoplancton (2-20 µm) como “Fitoflagelados ND (No Determinados)”.

Procesamiento de datos. El índice de diversidad Shannon y Weaver (H’) fue calculado con el objetivo de analizar la comunidad en cada punto y periodo de muestreo. Se construyó una matriz de similaridad mediante el índice de Bray-Curtis; para ello los valores de abundancia fueron transformados al Log (x+1) a fin de reducir la contribución de las especies dominantes en la matriz de similitud; este procedimiento también permitió realizar un Dendograma haciendo uso del método UPGMA (Sneath & Sokal, 1973) a través del programa PRIMER 6.1.

Para determinar si hubo diferencias significativas en la comunidad entre los diferentes muestreos se aplicó el test de Kruskal-Wallis y de Mann Whitney (PAST). Por otro lado, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman entre las variables bióticas y abióticas. Finalmente, con la ayuda del programa estadístico PAST, previa normalización de los datos, se utilizó la técnica multivariada Análisis de Correspondencia Canónica (ACP), con la finalidad de identificar el o los parámetros que explicarían la variabilidad de la distribución del fitoplancton.

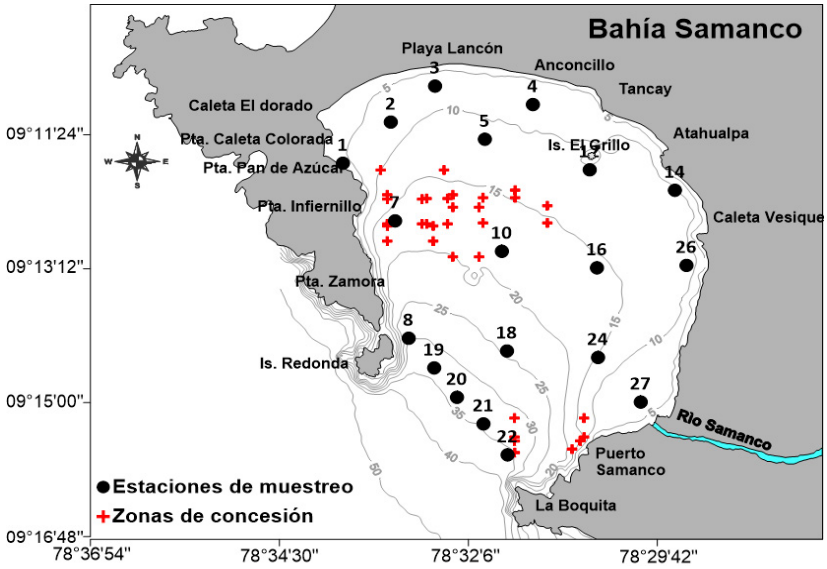

Figura 1.- Carta de estaciones. Bahía Samanco – Chimbote (2019 y 2023)

3. RESULTADOS

La abundancia celular del fitoplancton osciló entre 11 x 10^4 cél.L^{-1} y 481 x 10^4 cél.L^{-1}, con promedio de 111 x 10^4 cél.L^{-1} y mediana de 97 x 10^4 cél.L^{-1}; el mayor registro fue observado en noviembre (primavera) 2019.

En agosto (invierno) 2019 las densidades de fitoplancton presentaron mediana de 137 x 10^4 cél.L^{-1}, la mayor abundancia (191 x 10^4 cél.L^{-1}) fue registrada al norte de la bahía, próxima al islote El Grillo, mientras que la más baja (17 x 10^4 cél.L^{-1}) estuvo cerca al litoral frente a punta Pan de Azúcar (Fig. 2A1). Para noviembre (primavera) 2019, las abundancias registraron media de 190 x 10^4 cél.L^{-1}, mediana de 159 x 10^4 cél.L^{-1} y concentración máxima de 481 x 10^4 cél.L^{-1} (Fig. 2B1), núcleo que fue determinado en la zona norte de la bahía, aproximadamente a 1 mn de playa Lancón; mientras que, el más bajo valor fue observado en la entrada de la bahía (Est. 22) frente a La Boquita. En marzo (verano) 2023, las concentraciones oscilaron entre 11 x 10^4 (zona norte de la bahía, frente a Punta Pan de Azúcar, Fig. 2C1) y 61 x 10^4 cél.L^{-1} (próxima a la entrada de la bahía, Est. 18); la mediana fue 27 x 10^4 y promedio de 31 x 10^4 cél.L^{-1}.

Porcentualmente, en la contribución de la abundancia celular en el invierno 2019 las diatomeas representaron 78% de la abundancia total y los fitoflagelados 21%. En la primavera, ambos grupos se mantuvieron dominantes en su contribución porcentual (diatomeas: 59% y fitoflagelados: 25%); sin embargo, los dinoflagelados alcanzaron mayor representatividad (16%), en relación al invierno. Para el verano del 2023, los fitoflagelados pasaron a ser dominantes con el 40% en el total del fitoplancton, seguido del 34% de diatomeas y 20% de los dinoflagelados.

Composición de la comunidad fitoplanctónica

En invierno (agosto) del 2019, el fitoplancton estuvo conformado por 109 especies (Fig. 3), siendo más representativas las diatomeas y los dinoflagelados (con 64 y 41 especies, respectivamente). El núcleo máximo se caracterizó por presentar altas abundancias de diatomeas centrales *Chaetoceros didymus* Ehrenberg, *Leptocilyndrus danicus* Cleve, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, diatomeas pennadas (*Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky) y fitoflagelados N.D.

En primavera (noviembre) del 2019 (Fig. 3) el fitoplancton estuvo compuesto por 92 especies, de los 6 grupos principales las diatomeas y los dinoflagelados mantienen su predominancia con el mayor número de especies (54 y 34, respectivamente). La estación de mayor concentración presentó la dominancia de diatomeas centrales de menor tamaño y dispuestas en cadena como *Chaetoceros affinis*

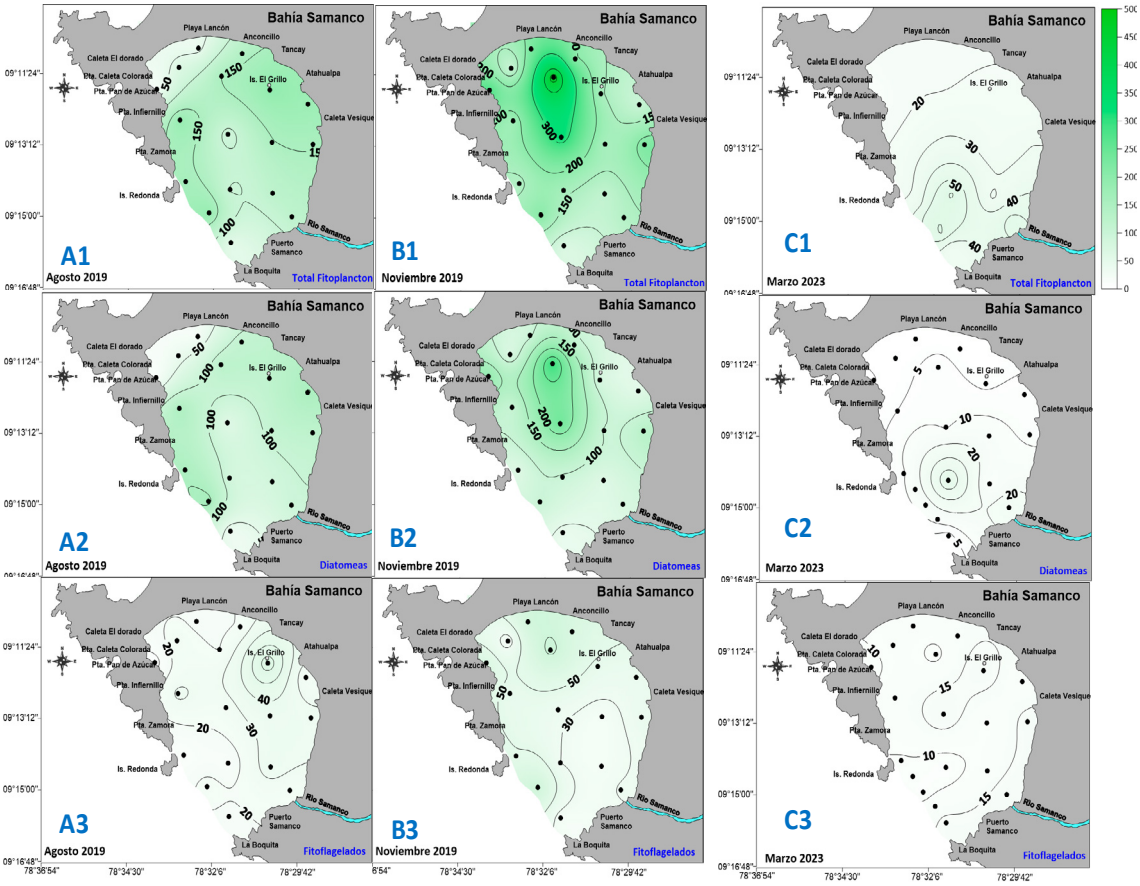

Figura 2.- Distribución superficial de fitoplancton N° x 104 cél.L-1. Bahía Samanco – Chimbote. (A= agosto 2019, B= noviembre 2019, C= marzo 2023)

Lauder, *Ch. sociales* H. S. Lauder, *L. danicus*, *S. costatum*, asociada a especies pennadas como *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, Grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe, *Nitzschia* sp. A.H. Hassall, a los dinoflagelados *Gymnodinium* sp. F. Stein, *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J.D: Dodgey, y a los fitoflagelados N.D.

Para el verano (marzo) del 2023 (Fig. 3), la comunidad fitoplanctónica estuvo compuesta por 91 especies, las diatomeas y los dinoflagelados mantienen su representatividad (con 46 y 40 especies, respectivamente), sobre los demás grupos. Las mayores abundancias estuvieron representadas por los dinoflagelados (*Akashiwo sanguinea* (K. Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, dinoflagelado N.D., diatomeas *L. danicus*, *S. costatum*, los fitoflagelados N.D. y en menor grado los cocolitofóridos.

Debemos señalar que, durante el periodo de estudio se observó de forma constante a las diatomeas *L. danicus*, *S. costatum*, junto a los Fitoflagelados N.D.; mientras que las diatomeas centrales (*Ch. affinis*, *Ch. costatus*, *Ch, didymus*, *Ch, socialis*, *Rhizosolenia setigera*) y pennadas (*Asterionellopsis glacialis*, *C. closterium*, *Entomoneis alata*, G. *P. delicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*) fueron más frecuentes en invierno (agosto 2019) y/o en primavera (noviembre 2019).

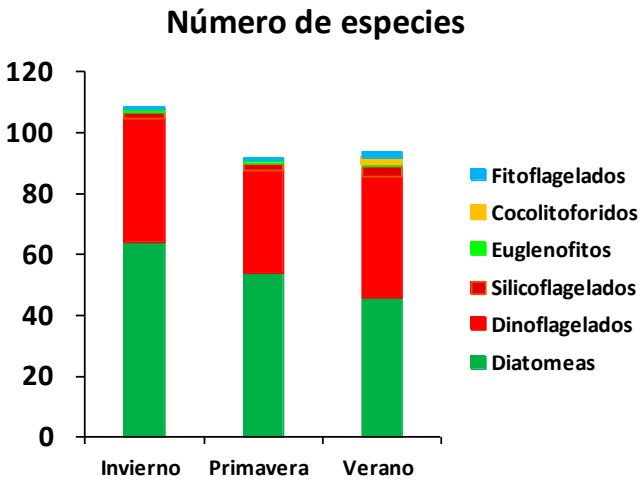

Figura 3.- Número de especies de fitoplancton. Bahía Samanco – Chimbote (2019 y 2023)

Análisis comunitario

Para el periodo de estudio en la bahía de Samanco, se registraron de 24 a 64 especies por estación, con el máximo número en la campaña de agosto 2019. El índice de riqueza de especies Margalef presentó un máximo valor de 4,608 (agosto 2019) y mínimo de 1,984 (marzo 2023), en estaciones ubicadas al norte y centro de la bahía, respectivamente. El índice de equitabilidad de Jackard osciló entre 0,3 y 0,6 (marzo 2023 y noviembre 2019, respectivamente). El índice de dominancia de Simpson (D) varió de 0,114 a 0,609; mientras que el índice de diversidad de Shannon presentó valores que fluctuaron entre 1 y 2,474 bits.cél^{-1}.

Como producto del análisis de similaridad de Bray-Curtis entre estaciones se obtuvieron cuatro grupos (Fig. 4):

GRUPO I: reunió estaciones de agosto 2019, cuando se registró el mayor número de especies, con abundancias del fitoplancton menores a 200 x 10^4 cél.L^{-1}, predominando asociaciones de diatomeas centrales y pennadas pequeñas y de mayor tamaño.

GRUPO II: conformado por estaciones de noviembre 2019, cuando se registraron las mayores abundancias celulares y valores de diversidad entre 2 y 2,5 bits.cél$^{-1,}$ siendo dominantes diatomeas centrales de menor tamaño.

GRUPO III: compuesto por siete estaciones de marzo 2023, cuando las abundancias variaron entre 18 y 28 x 10^4 cél.L^{-1} (siendo el menor registro para el periodo de estudio), y máximo de 35 especies.

GRUPO IV: reunió las estaciones restantes de marzo, con densidades máximas para el mes (54 x 10^4 cél.L^{-1}); así como, los menores registros de los índices de diversidad, riqueza de especies, equitabilidad y el mayor registro para el índice de dominancia (D).

Análisis multivariado: relación con los parámetros ambientales

El análisis de correspondencia canónica evidenció que las variables fisicoquímicas explicaron el 91% de la variabilidad del fitoplancton (especies más abundantes en cada campaña). El primer eje representó la variación de las condiciones ambientales (influidas principalmente por temperatura, salinidad y concentración de los nutrientes), eje que explicó la mayor parte de la variabilidad de la abundancia del fitoplancton (59%) (Fig. 5). El análisis de correlación de Spearman confirmó dichas relaciones entre las especies y las variables fisicoquímicas (Tabla 1). Las especies más abundantes a medida que disminuyó la temperatura fueron de diatomeas, guardando una correlación negativa significativa. Hubo una correlación positiva y significativa principalmente entre la salinidad y *Chaetoceros* spp., *Gymnodinium* sp. y Fitoflagelados (N.D.).

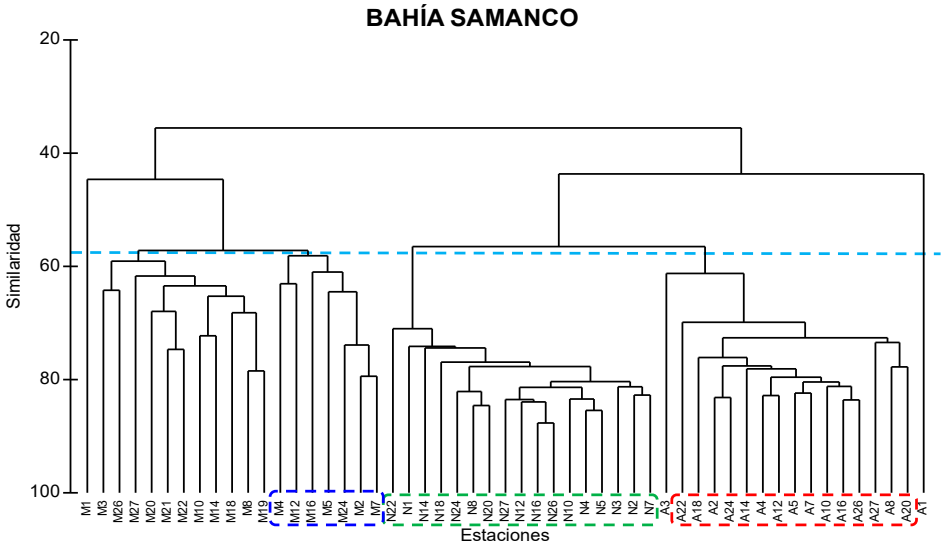

Figura 4.- Análisis de similaridad entre estaciones (Bray-Curtis). Bahía de Samanco 2019 (agosto, noviembre) – 2023 (marzo)

Tabla 1.- Matriz de correlaciones de Spearman entre las variables ambientales y densidades celulares de las especies más abundantes del fitoplancton. Bahía de Samanco (2019 y 2023)

Rho de Spearman	**T (°C)**	**Salinidad (ups)**	**PO4**	**SiO4**	**NO2**	**Cl-a**	**Transp. (m)**
DIATOMEAS							
A. glacialis	**-0,761****	0,171	**-0,545****	**-0,506****	**-0,475****	**0,675****	**0,362****
Chaetoceros spp	**-0,415****	**0,796****	**-0,510****	**-0,607****	**-0,616****	0,016	-0,176
E. alata	**-0,846****	**0,418****	**-0,647****	**-0,556****	**-0,542****	**0,561****	0,229
G. *P. delicatissima*	**-0,883****	**0,495****	**-0,685****	**-0,647****	**-0,606****	**0,499****	0,310*
L. danicus	0,061	0,298*	-0,247	**-0,356****	-0,109	-0,185	-0,271*
R. setigera	**-0,695****	0,075	**-0,395****	**-0,404****	**-0,399****	**0,542****	**0,464****
S. costatum	**-0,816****	**0,413****	**-0,650****	**-0,643****	**-0,540****	**0,648****	0,201
Th. nitzschioides	**-0,796****	**0,457****	**-0,655****	**-0,551****	**-0,602****	**0,424****	**0,352****
DINOFLAGELADOS							
A. sanguinea	**0,716****	**-0,673****	**0,561****	**0,544****	**0,670****	-0,131	-0,177
Gymnodinium sp.	-0,140	**0,832****	-0,345*	**-0,434****	**-0,422****	-0,178	**-0,353****
FITOFLAGELADOS							
Fitoflagelados (N.D.)	**-0,444****	**0,652****	**-0,524****	**-0,556****	**-0,544****	0,188	-0,179

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

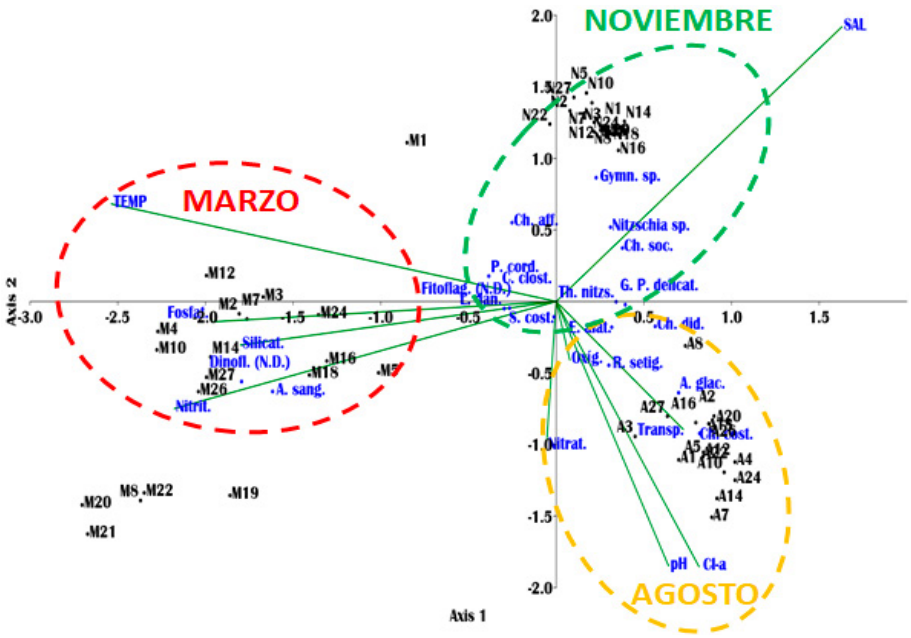

Figura 5.- Análisis de Correspondencia Canónica que muestra la influencia de las principales variables abióticas sobre la abundancia normalizada del fitoplancton. Bahía Samanco – Chimbote (2019 y 2023)

Del mismo modo, se detectaron fuertes correlaciones entre la concentración de nutrientes (fosfatos y silicatos) y las especies dominantes cuantitativamente, detectándose varios escenarios, el primero que presentó correlación directa y moderada entre los valores de pH, clorofila-a y transparencia, así como indirecta y moderada con los valores de los nitritos silicatos, fosfatos, y significativamente alta temperatura con las altas concentraciones de las diatomeas *Asterionellopsis glacialis, Chaetoceros costatus, Ch. didymus, Entomoneis alata* y *Rhizosolenia setigera.* El segundo escenario donde las diatomeas de menor tamaño y dispuestas en cadena como *Chaetoceros affinis, Ch. socialis*, junto a las pennadas G. *P. delicatissima, Nitzschia* sp., y el dinoflagelado *Gymnodinium* sp. estuvieron correlacionados directa y significativamente con la concentración salina e indirecta y

significativamente con TSM, silicatos y fosfatos. Finalmente, se observó el tercer escenario donde los dinoflagelados en especial *Akashiwo sanguinea* (especie generadora de floraciones algales nocivas) estuvo correlacionada directa y significativamente moderada con las concentraciones de silicatos, fosfatos, temperatura, nitritos e indirectamente con la salinidad y concentración de nitratos.

4. DISCUSIÓN

Definir los factores que promueven los cambios en la comunidad fitoplanctónica es esencial para comprender su dinámica y poder determinar los posibles impactos en el ecosistema. Las densidades celulares del fitoplancton y la composición de su comunidad muestran cambios sustanciales promovidos por factores físicos y químicos, cambios estacionales e incluso eventos cálidos como El Niño. En ese sentido, se sabe que la geomorfología de la bahía de Samanco está considerada como un ambiente cerrado con un reducido intercambio de aguas (García *et al.*, 2013), promoviendo un mayor tiempo de permanencia de las aguas dentro de la bahía, condición que habría favorecido encontrar las mayores densidades de fitoplancton en la zona norte de la bahía, frente a playa Lancón (noviembre 2019), núcleo asociado a menores valores promedio de nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos) y de transparencia (Fig. 6). Las bajas concentraciones de estos nutrientes estarían explicadas por la fijación biológica del fitoplancton, comunidad a su vez favorecida por la circulación marina lenta de la bahía (Berrú Paz & Tresierra Aguilar, 2007), núcleo donde fueron predominantes las diatomeas pequeñas dispuestas en cadena junto a los fitoflagelados.

Registros de *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum* y Fitoflagelados N.D. como las especies más abundantes y frecuentes, en las tres campañas ejecutadas, fueron acordes con lo reportado para otros ecosistemas de bahías como Miraflores y Paracas (Jacobo *et al.*, 2021; Jacobo & Sánchez, 2023). Los autores señalaron altas abundancias de diatomeas R-estrategas (Reynolds, 2006), especialmente en noviembre (floración primaveral), siendo catalogadas incluso como dominantes en la bahía de Miraflores y típicas de áreas de afloramiento (fases iniciales de la sucesión fitoplanctónica) según observaciones de Rojas de Mendiola (1981), Ochoa y Gómez (1988), Chang *et al.* (1999). *S. costatum* también ha sido reportada como frecuente para la bahía de Independencia (Sánchez *et al.*, 1988; Antonietti, 1989 y Ochoa & Tarazona, 2003).

Los Fitoflagelados N.D., además de ser registrados como frecuentes y con el mayor aporte porcentual en marzo 2023, son organismos marinos muy diversos según lo señalado por Bergesch y Odebrecht (2001), cuya importancia ecológica radica en su diversidad metabólica (alta eficiencia en la captación de nutrientes), pequeño tamaño (células nanoplanctónicas < 20 µm) y capacidad de movimiento, características que les otorgan grandes ventajas sobre los demás grupos, en especial en ambientes con bajos aportes de nutrientes. Es un grupo de especies que, por ejemplo, ha contribuido con el 70% de la producción primaria en las costas de Brasil y que presenta algunas especies potencialmente tóxicas, representando un riesgo potencial para los ambientes costeros. Se trata de un conjunto de especies que domina el fitoplancton cuando hay niveles bajos de biomasa de la comunidad y producción primaria, escenario acorde con lo registrado en nuestra evaluación para la zona norte de la bahía en marzo 2023, mes con bajos valores de clorofila-a (0,519 – 2,950 $\mu g.L^{-1}$), asociados a condiciones cálidas (Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen], 2023), según lo descrito por Espinoza-Morriberón *et al.* (2017) quienes señalaron que existe una tendencia a la disminución promedio de la productividad durante eventos El Niño.

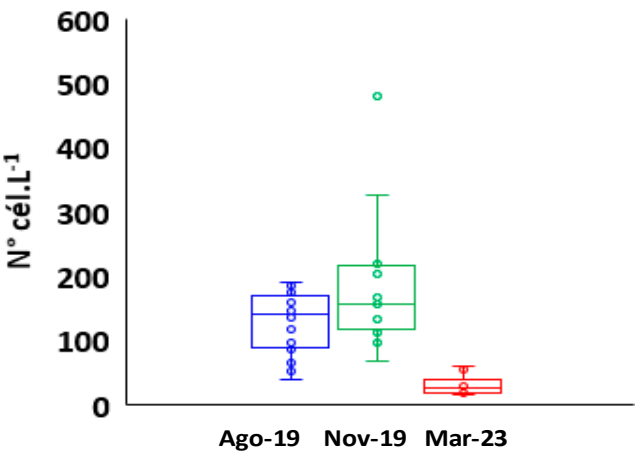

Figura 6.- Boxplot de abundancias del fitoplancton en superficie. Bahía Samanco - Chimbote (2019 y 2023)

La especie potencialmente tóxica G. *P. delicatissima*, estuvo registrada como ABUNDANTE para febrero del 2010; mientras que *Pleurosigma cordatum* lo hizo en agosto y octubre del mismo año (García *et al*., 2013). Para nuestra evaluación, G. *P. delicatissima* fue importante en agosto y noviembre 2019 (invierno y primavera, respectivamente), y se encontró asociada a concentraciones menores de 5 µM de nitratos, beneficiando el crecimiento de esta especie según lo observado por Glibert *et al*. (2016). En tanto que, *Akashiwo sanguinea*, dinoflagelado productor de floraciones algales inocuas, generó una floración algal en marzo 2023, asociado a TSM de 23,6 °C, valor por encima de lo normal asociado al arribo de ondas Kelvin entre marzo y mayo del 2023 (condiciones Cálidas, ENFEN N° 03-2023); cabe mencionar que floraciones de este dinoflagelado también han sido reportados por Sánchez *et al*. (2021) durante el evento de El Niño Costero en el 2017, cuando se produjo un evento de regular extensión (Huacho – Pisco), durante un tiempo prolongado (dos meses) y con TSM promedio diario de 18 °C frente a Huacho y 22 °C frente a Pisco (Sánchez *et al*., 2021).

Varios estudios indican disminución de la diversidad y riqueza específica como consecuencia del enriquecimiento en nutrientes (Machado *et al*., 2023), que favorece el dominio de algunas especies, así como la disminución de la presencia y abundancia de otras especies. Patrón que fue registrado en marzo 2023, reflejando la presencia de una comunidad con menores abundancias celulares de las diatomeas y con la dominancia de un dinoflagelado en la zona de la bocana (sur de la bahía de Samanco), límite con el exterior de la bahía y donde la mixotrofía de esta especie (Wu *et al*., 2021) le proporcionaría la capacidad de desarrollarse en zonas con bajos nutrientes.

De acuerdo al análisis de correspondencia canónica (Fig. 6), la temperatura, la salinidad y la concentración de nutrientes serían los principales factores que modularon la variabilidad del fitoplancton en la bahía de Samanco. De los tres grupos principales, las diatomeas tanto en invierno como en primavera estuvieron asociadas a aguas con baja concentración de nutrientes (dada la fijación biológica de estas especies) y valores de pH que reflejarían altas tasas de fotosíntesis (Tabla 1); en tanto que, los dinoflagelados estuvieron correlacionados directa y significativamente con la TSM, la concentración de nutrientes e indirectamente con la concentración salina. En ciertos ecosistemas las altas temperaturas suelen indicar mayor radiación solar, esta disponibilidad de luz junto a la disponibilidad de nutrientes explicaría la relación entre la concentración de *A. sanguinea* y temperatura observada en nuestra evaluación. Por otro lado, estudios previos (García *et al*., 2013) han reportado valores promedio de nutrientes máximos en diciembre 2007 (fosfatos: 8,87 µm/L) y marzo 2009 (6,62 µm/L) para la bahía de Samanco (Tabla 2), mientras que en nuestra evaluación el mayor registro fue observado en marzo (3,26 µm/L), con media de 2,062, valores asociados a bajas concentraciones celulares del fitoplancton (diatomeas). Sin embargo, de acuerdo a los resultados de las diferentes campañas posiblemente los fosfatos serían el nutriente limitante para el crecimiento del fitoplancton, debido a las altas concentraciones de Si y de N, explicando así la importante presencia de las diatomeas en los meses de agosto y noviembre del 2019, como *S. costatum* cuyas altas abundancias (mayor crecimiento en agosto) estuvieron relacionadas a aguas con una elevada relación N/P. Finalmente, la transparencia parece no ser un factor limitante para el crecimiento del fitoplancton (Tabla 1), probablemente por una mayor influencia de otros factores oceanográficos.

Tabla 2.- Promedio de nutrientes. Evaluación en la bahía de Samanco (2005 – 2023)

	Fosfatos (µM)	Silicatos (µM)	Nitratos (µM)	Nitritos (µM)
2019				
Agosto	1,02	4,49	3,06	0,18
Noviembre	1,16	4,23	1,66	0,20
2023				
Marzo	2,06	8,96	2,27	0,75
ANTECEDENTES (García *et al*., 2013)				
2005				
Agosto	3,49	27,17	10,07	0,34
Noviembre	3,60	33,59	13,78	0,36
2006				
Agosto	0,98	19,13	9,88	0,26
Noviembre	2,27	6,92	2,87	0,51
2007				
Marzo	2,70	4,69	4,06	0,10
2009				
Marzo	6,62	26,15	2,66	3,25
Agosto-Setiembre	1,26	10,53	3,65	0,23
2010				
Octubre-Noviembre	1,51	9,11	1,72	0,62

5. CONCLUSIONES

Los resultados determinaron que la distribución de las densidades fitoplanctónicas aumentaron hacia el interior de la bahía (agosto y noviembre 2019), mostrando una relación indirecta y significativa con los nutrientes y la temperatura, y directa con la concentración salina; mientras que, en marzo 2023 el fitoplancton (dinoflagelados y fitoflagelados) guardó relación directa con la TSM e indirecta con la salinidad. En cuanto a la composición de la comunidad, las diatomeas dominaron la zona centro norte de la bahía tanto en agosto (invierno) como en noviembre (primavera), mientras que los Fitoflagelados (N.D.) y los dinoflagelados fueron dominantes en marzo (verano), estos cambios en la comunidad estarían relacionados con la variabilidad de los factores ambientales (físico-químicos) aunado a características propias de cada taxón (mixotrofía, capacidad de movimiento).

Agradecimientos

Esta investigación fue desarrollada y forma parte de los resultados del proyecto: "Estudio Integrado de los Procesos Físicos, Químicos y Biológicos en Ecosistemas de Borde Costero". Agradecemos a los integrantes del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria, por su apoyo y sugerencias en el desarrollo del presente trabajo. También a las otras componentes del proyecto como son AFIOQ y AFIOF, y al Laboratorio Costero de Chimbote (Blgo. Ángel Perea de la Matta) por el apoyo brindado.

6. REFERENCIAS

Antonietti, E. (1989). El fitoplancton en dos bahías del litoral peruano en abril 1987. En *Memorias Pacífico Sur. Simposium Internacional sobre recursos vivos y pesquerías en el Pacífico Sudeste* (pp. 127-134). Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), FAO, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (PNUMA).

Bergesch, M. & Odebrecht, C. (2001). Characteristics and importance of planktonic flagellates in marine coastal and oceanic ecosystem. In B. M. Faria, V. F. Farjalla & F. A. Esteves (Eds.), *Aquatic Microbial Ecology in Brazil* (Series Oecologia Brasiliensis, vol. IX, pp. 173-196). PPGE-UFRJ.

Berrú Paz, P. & Tresierra Aguilar, A. (2007). Bahía Samanco, Chimbote, Perú: Invertebrados marinos. Bancos naturales, niveles de extracción y parámetros comunitarios. 2001-2004. *Inf Inst Mar Perú*, *34*(1), 69-79. https://hdl.handle.net/20.500.12958/2323

Chang, F., Delgado, E. & Fernández C. (1999). Composición, abundancia y distribución del fitoplancton frente a la costa del Perú durante el verano 1999. *Inf Inst Mar Perú*, (147), 99-108. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1600

Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen]. (2023). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú MARZO 2023* (Informe Técnico Enfen Año 9 N° 03, marzo 2023). https://hdl.handle.net/20.500.12958/8540

Espinoza-Morriberón, D., Ledesma, J., Colas, F., Echevin, V., Anculle, T. & Tam, J. (2017). Productividad en el sistema de afloramiento peruano durante El Niño 2015-2016. *Inf Inst Mar Perú*, *44*(4), 460-466. https://hdl.handle.net/20.500.12958/3227

García, V., Huerto, M., Cervantes, C., León, J. & Córdova, N. (2013). Caracterización ambiental y potencial pesquero 2004-2011: Bahía de Samanco, Chimbote, Perú. *Inf Inst Mar Perú*, *40*(1-2), 8-30. https://hdl.handle.net/20.500.12958/2221

Glibert, P. M., Wilkerson, F. P., Dugdale, R. C., Raven, J. A., Dupont, C. L., Leavitt, P. R., Parker, A. E., Burkholder, J. M. & Kana, T.M. (2016). Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition, with emphasis on nitrogen-enriched conditions. *Limnol. Oceanogr.*, *61*(1), 165-197. https://doi.org/10.1002/lno.10203

Instituto del Mar del Perú [IMARPE] (2017). *Compendio de procedimientos técnicos para la investigación científica en el Imarpe*. https://hdl.handle.net/20.500.12958/3178

Jacobo, N. & Sánchez, S. (2023). Características y distribución del fitoplancton en la bahía de Paracas y áreas adyacentes (2013-2015). *Bol Inst Mar Perú*, *38*(1), 5-20. https://doi.org/10.53554/boletin.v38i1.379

Jacobo, N., Sánchez, S., Bernales, A., Chang, F. & Flores, G. (2021). Variabilidad estacional del fitoplancton y su asociación con parámetros físicos-químicos, bahía de Miraflores (12°S). *Inf Inst Mar Perú*. *48*(2), 173-185. https://hdl.handle.net/20.500.12958/3571

Machado, K. B., Bini, L. M., Melo, A. S., Andrade, A.T., Almeida, M. F., Carvalho, P., Teresa, F. B., Roque, F. O., Bortolini, J. C., Padial, A. A., Vieira, L. C., Dala-Corte, R. B., Siqueira, T., Juen, L., Dias, M. S., Gama, W., Tavares, R. & Nabout, J. C. (2023). Functional and taxonomic diversities are better early indicators of eutrophication than composition of freshwater phytoplankton. *Hydrobiologia*, *850*, 1393–1411. https://doi.org/10.1007/s10750-022-04954-1

Ochoa, N. & Gómez, O. (1988). Variación espacio-temporal del fitoplancton frente al Callao, Perú, en 1986. En H. Salzwedel & A. Landa (Eds.), *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Boletín Volumen extraordinario, pp. 51-57). Instituto del Mar del Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina, Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1084

Reynolds, C. S. (2006). *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.

Rojas de Mendiola, B. (1981). Seasonal phytoplankton distribution along the Peruvian coast. In F. A. Richards (Ed.), *Coastal Upwelling* (Serie Coastal and Estuarine Sciences, Vol. 1, pp. 348-356). American Geophysical Union.

Sánchez, S., Tarazona, J., Flores, R., Maldonado, M. & Carbajal, G. (1988). Características del fitoplancton de invierno en Bahía Independencia, Perú. En H. Salzwedel & A. Landa (Eds.), *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Boletín Volumen extraordinario, pp. 59-66). Instituto del Mar del Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina, Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1085

Sánchez, S., Delgado, E., Bernales, A., Jacobo, N., Franco, A. & Correa, D. (2021). Floraciones algales nocivas en la costa peruana durante El Niño Costero 2017 y su relación con las condiciones ambientales. *Bol Inst Mar Perú*, *36*(2), 452-462. https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.347

Sneath, P. H. A. & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy the principles and practice of numerical classification*. W.H. Freeman.

Wu, X., Yang, Y., Yang, Y., Zhong, P. & Xu, N. (2021). Toxic Characteristics and Action Mode of the Mixotrophic Dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* on Co-Occurring Phytoplankton and Zooplankton. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *19*(1), 404. https://doi.org/10.3390/ijerph19010404