

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“Factores condicionantes de la dinámica de las floraciones del  
fitoplancton en la bahía de Sechura (Piura, Perú), mayo 2021-noviembre  
2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO ACUICULTOR**

**Autor:**

Bach. Burgos Borjas, Rosendo Richard

**Asesor:**

Dr. Loayza Aguilar, Rómulo Eugenio

ORCID:0000-0002-1247-8277

**Nuevo Chimbote, Perú**

**2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

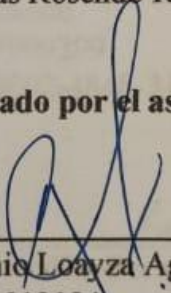
**“Factores condicionantes de la dinámica de las floraciones del  
fitoplancton en la bahía de Sechura (Piura, Perú), mayo 2021-noviembre  
2022”.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO ACUICULTOR**

**Autor:**

Bach. Burgos Borjas Rosendo Richard

**Revisado y aprobado por el asesor:**

  
Dr. Rómulo Eugenio Loayza Aguilar

DNI: 32813194

ORCID:0000-0002-1247-8277

**Nuevo Chimbote, Perú**

**2025**

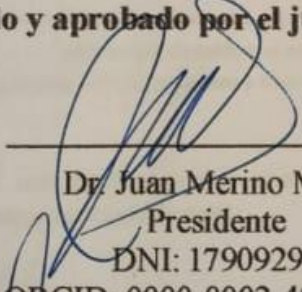
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

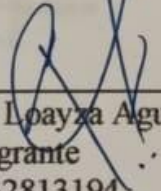
**“Factores condicionantes de la dinámica de las floraciones del  
fitoplancton en la bahía de Sechura (Piura, Perú), mayo 2021-noviembre  
2022”.**

**Revisado y aprobado por el jurado evaluador:**

  
Dr. Juan Merino Moya  
Presidente

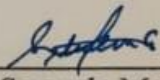
DNI: 17909299

ORCID: 0000-0002-4848-3190

  
DR. Rómulo Loayza Aguilar  
Integrante

DNI: 32813194

ORCID: 0000-0002-1247-8277

  
MSc. Sorayda Mendoza Espinoza  
Integrante

DNI: 32924785

ORCID: 0000-0002-9212-8030

**Nuevo Chimbote, Perú**

**2025**

## ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el  
Laboratorio de Biología Acuática, siendo las 12:00 horas del  
día 19 de mayo de 2025, dando cumplimiento a la Resolución N°  
110-2025-UNS-F se reunió el Jurado Evaluador presidido por Fernando  
Morales Moya, teniendo como miembros a Sarayda Mendoza  
Supan (secretario) (a), y Romulo Loayza Acuña (integrante),  
para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Ambiental  
realizado por el, (la), (los) tesista (as) Doreado Richard Bruno Boyas

....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada:  
Factores ambientales de la crianza de las  
larvas del fitoplancton en la bahía de Pichur  
(Pura, Perú), Mayo 2021 - noviembre 2022

Terminada la sustentación, el, (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas  
por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y  
sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como  
EXCELENTE asignándole un calificativo de diecinueve (19) puntos, según  
artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-  
R-UNS).

Siendo las 12:45 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando  
los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Fernando Morales M.  
Presidente

Nombre: Sarayda Mendoza E.  
Secretario

Nombre: Romulo Loayza A.  
Integrante

Distribución: Integrantes J.E ( ), tesistas ( ) y archivo (02).



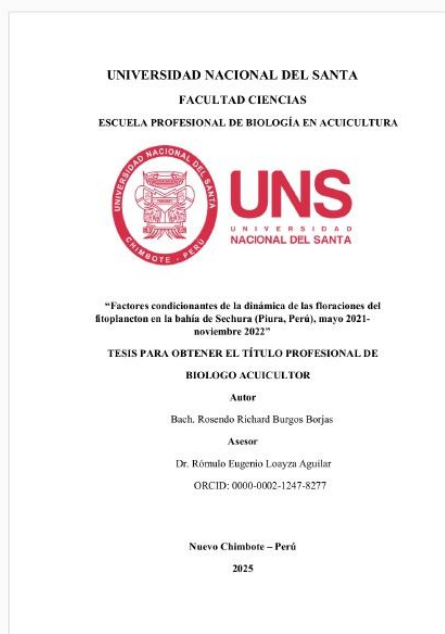


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

|                              |                                                                   |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Autor de la entrega:         | Rosendo Richard Burgos Borjas                                     |
| Título del ejercicio:        | Factores condicionantes de la dinámica de las floraciones del ... |
| Título de la entrega:        | Tesis final corregida Rosendo.docx                                |
| Nombre del archivo:          | Tesis_final_corregida_Rosendo.docx                                |
| Tamaño del archivo:          | 1.82M                                                             |
| Total páginas:               | 43                                                                |
| Total de palabras:           | 9,753                                                             |
| Total de caracteres:         | 53,691                                                            |
| Fecha de entrega:            | 03-oct-2025 09:38a. m. (UTC-0500)                                 |
| Identificador de la entrega: | 2769792409                                                        |



## Tesis final corregida Rosendo.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %

INDICE DE SIMILITUD

11 %

FUENTES DE INTERNET

6 %

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)

Fuente de Internet

3 %

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2 %

3

[repositorio.unjfsc.edu.pe](http://repositorio.unjfsc.edu.pe)

Fuente de Internet

1 %

4

[revistas.lamolina.edu.pe](http://revistas.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

1 %

5

[www.justanswer.es](http://www.justanswer.es)

Fuente de Internet

1 %

6

[repositorio.uns.edu.pe](http://repositorio.uns.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

7

[repositorio.unfv.edu.pe](http://repositorio.unfv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

8

[tintafresca.com.ar](http://tintafresca.com.ar)

Fuente de Internet

<1 %

9

[repositorio.urp.edu.pe](http://repositorio.urp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

10

[info.undp.org](http://info.undp.org)

Fuente de Internet

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitir llegar a esta etapa de mi vida por darme la fuerza de voluntad, apoyo espiritual y brindarme la salud para poder realizar este trabajo. A mis amados padres, a mi papá Adelmo Burgos hasta el cielo por el gran ejemplo que fue para mí y a mi mamá Lucila Borjas por ser el pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida. A mis hermanos que siempre me mostraron su apoyo y son también un gran ejemplo de vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande agradecimiento a mi asesor, el profesor Rómulo Eugenio Loayza Aguilar por su paciencia, por estar siempre dispuesto a resolver mis dudas, por el tiempo brindado para guiarme en la elaboración de este trabajo. A todos los profesores de la Escuela de Biología en Acuicultura por compartir sus conocimientos a lo largo de la carrera universitaria. A Edith Valdivia, mi compañera de vida por escucharme y apoyarme emocionalmente durante la elaboración de este proyecto. Al Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) por depositar su confianza y brindar toda la información necesaria para desarrollar esta investigación.

## ÍNDICE

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                                                                          | x   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                                                                                       | x   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                                                                                     | xii |
| <b>RESUMEN</b> .....                                                                                              | xiv |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                                                             | xv  |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                                                                                      | 13  |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....                                                                                    | 15  |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                                                                            | 17  |
| <b>IV. RESULTADOS</b> .....                                                                                       | 23  |
| <b>4.1. Variación espacial del fitoplancton en la bahía de Sechura</b> .....                                      | 23  |
| <b>4.2. Variación temporal promedio de los factores ambientales</b> .....                                         | 25  |
| <b>4.2.1. Transparencia</b> .....                                                                                 | 25  |
| <b>4.2.2. Oxígeno Disuelto</b> .....                                                                              | 25  |
| <b>4.2.3. Temperatura</b> .....                                                                                   | 25  |
| <b>4.2.4. Salinidad</b> .....                                                                                     | 25  |
| <b>4.2.5. pH</b> .....                                                                                            | 25  |
| <b>4.3. Variación de los parámetros ambientales y la densidad algal total en las nueve áreas de estudio</b> ..... | 27  |
| <b>4.4. Correlación entre parámetros y la densidad de fitoplancton en las áreas de estudio</b> .....              | 31  |
| <b>V. DISCUSIÓN</b> .....                                                                                         | 32  |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b> .....                                                                                     | 34  |
| <b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....                                                                                 | 35  |
| <b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                                                     | 35  |
| <b>IX. ANEXOS</b> .....                                                                                           | 38  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Reportes de floraciones algales en el ecosistema marino peruano.....                                                                     | 17 |
| <b>Tabla 2.</b> Grado de relación según coeficiente de correlación.....                                                                                  | 22 |
| <b>Tabla 3.</b> Especies causantes de las Floraciones algales en las nueve áreas de estudio en la bahía de Sechura periodo mayo 2021-noviembre 2022..... | 23 |
| <b>Tabla 4.</b> Valor promedio ( $\pm$ desviación estándar) de los parámetros abióticos en las nueve áreas de estudio. ....                              | 25 |
| <b>Tabla 5.</b> Áreas predominantes de la correlación (Spearman) entre los parámetros y la densidad fitoplanctónica.....                                 | 32 |
| <b>Tabla 6.</b> Densidad de los grupos taxonómicos en las floraciones algales durante el periodo de estudio. ....                                        | 38 |
| <b>Tabla 7.</b> Valores de los parámetros y densidad total en todas las fechas de muestreo en las nueve áreas de estudio.....                            | 39 |
| <b>Tabla 8.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Barrancos. ....                                                                        | 44 |
| <b>Tabla 9.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Chuliyachi.....                                                                        | 44 |
| <b>Tabla 10.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Constante. ....                                                                       | 45 |
| <b>Tabla 11.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Las Delicias. ....                                                                    | 45 |
| <b>Tabla 12.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Matacaballo.....                                                                      | 46 |
| <b>Tabla 13.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Parachique.....                                                                       | 46 |
| <b>Tabla 14.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Puerto Rico. ....                                                                     | 47 |
| <b>Tabla 15.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de San Pedro. ....                                                                       | 47 |
| <b>Tabla 16.</b> Análisis de correlación de Spearman en el área de Vichayo.....                                                                          | 48 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Barrancos. ....                                                             | 17 |
| <b>Figura 2.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Chulliyachi. ....                                                           | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Constante. ....                                                             | 18 |
| <b>Figura 4.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Las Delicias. ....                                                          | 19 |
| <b>Figura 5.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Matacaballo. ....                                                           | 19 |
| <b>Figura 6.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Parachique. ....                                                            | 20 |
| <b>Figura 7.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Puerto Rico. ....                                                           | 20 |
| <b>Figura 8.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de San Pedro. ....                                                             | 21 |
| <b>Figura 9.</b> Puntos de muestreo en el área de producción de Vichayo. ....                                                               | 21 |
| <b>Figura 10.</b> Porcentaje de cada uno de los grupos taxonómicos causantes de las FA. ....                                                | 23 |
| <b>Figura 11.</b> Variación temporal de las especies que produjeron FA en las nueve áreas de estudio. ....                                  | 24 |
| <b>Figura 12.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Barrancos. ....    | 27 |
| <b>Figura 13.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Chulliyachi. ....  | 27 |
| <b>Figura 14.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Constante. ....    | 28 |
| <b>Figura 15.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Las delicias. .... | 28 |
| <b>Figura 16.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Matacaballo. ....  | 29 |
| <b>Figura 17.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Parachique. ....   | 29 |
| <b>Figura 18.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Puerto Rico. ....  | 30 |
| <b>Figura 19.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de San Pedro. ....    | 30 |
| <b>Figura 20.</b> Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Vichayo. ....      | 31 |

## RESUMEN

Se analizó la base de datos de las nueve áreas de producción de la bahía de Sechura proporcionada por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), correspondiente al periodo mayo 2021 – noviembre 2022. Se determinó la dinámica del fitoplancton en función de su densidad, el comportamiento de los factores ambientales (transparencia, oxígeno, temperatura, salinidad y pH), así como también se analizó la dinámica de las floraciones algales (FA) en relación con estos factores abióticos. Para el procesamiento de estos datos se usó el software Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 21. Se encontró que el 74% de las floraciones fueron causadas por diatomeas, el 17% por flagelados no identificados, el 6% por rafidofitas y el 3% por dinoflagelados, además las densidades fluctuaron entre 1132938 cél/L y 53034458 cél/L. Las especies identificadas como responsables fueron las diatomeas (*Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros sp*, *Chaetoceros socialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*), dinoflagelados (orden Peridiniales), rafidofitas (*Heterosigma akashiwo*). Los valores promedios de los parámetros fueron: transparencia (1.25 – 6.50 m); oxígeno disuelto (1.79 – 7.95 mg/L); temperatura (14.75 – 22.60 °C); salinidad (32.28 – 35.54 ppm) y pH (7.7 – 8.77). Además, a través de las pruebas de correlación de Spearman se concluyó que las diatomeas y otros flagelados presentaron correlación positiva alta con la temperatura, mientras que los dinoflagelados mostraron correlación positiva alta con el pH. Por otro lado, se encontró una correlación negativa alta entre diatomeas y salinidad.

**Palabras clave:** Bahía de Sechura, fitoplancton, floraciones algales, parámetros, correlación.

## ABSTRACT

The database of the nine production areas of Sechura Bay, provided by the National Fisheries Health Organisation (SANIPES), corresponding to the period May 2021 – November 2022, was analysed. The dynamics of phytoplankton were determined based on their density, the behaviour of environmental factors (transparency, oxygen, temperature, salinity, and pH), as well as the dynamics of algal blooms (AB) in relation to these abiotic factors. For the processing of these data, the software Microsoft Excel and IBM SPSS Statistics 21 were used. It was found that 74% of the blooms were caused by diatoms, 17% by unidentified flagellates, 6% by raphidophytes, and 3% by dinoflagellates. In addition, densities fluctuated between 1,132,938 cells/L and 53,034,458 cells/L. The species identified as responsible were diatoms (*Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros socialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*), dinoflagellates (order *Peridiniales*), and raphidophytes (*Heterosigma akashiwo*). The average values of the parameters were: transparency (1.25 – 6.50 m); dissolved oxygen (1.79 – 7.95 mg/L); temperature (14.75 – 22.60 °C); salinity (32.28 – 35.54 ppm); and pH (7.7 – 8.77). Furthermore, through Spearman's correlation tests, it was concluded that diatoms and other flagellates exhibited a strong positive correlation with temperature, while dinoflagellates showed a strong positive correlation with pH. On the other hand, a strong negative correlation was found between diatoms and salinity.

**Keywords:** Sechura Bay, phytoplankton, algal blooms, parameters, correlation.

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la acuicultura mundial implica el crecimiento de las áreas naturales acuáticas dedicadas a la producción, en atención a la intensidad de cultivo, pero a su vez implica impactos y en un porcentaje importante de los casos, debido a la utilización de recursos para la alimentación de los organismos en cultivo.

La acuicultura ofrece beneficios económicos, sociales y ecológicos (ej. repoblación de especies y alivio de la presión pesquera), pero una mala gestión puede causar impactos ambientales, sociales y económicos negativos (FAO, 2011); como por ejemplo la acumulación de nutrientes, principalmente formas de nitrógeno y fósforo, que pueden desencadenar floraciones de fitoplancton, esto a su vez implica mayor demanda de oxígeno en la columna de agua y acumulación de materia orgánica en los sedimentos, perjudicando a las especies nativas bentónicas, como también a las que se cultivan.

Para evitar o mitigar los problemas derivados de la acuicultura, Soto et al. (2008) definieron el Enfoque Ecosistémico de la Acuicultura (EEA) como una estrategia para integrar la acuicultura en el ecosistema, asegurando sostenibilidad, equidad y resiliencia. La FAO (2011) lo adoptó, estableciendo tres principios clave: (a) minimizar impactos ambientales considerando los límites del ecosistema, (b) promover el bienestar humano y la equidad en la distribución de beneficios, y (c) fomentar la cooperación intersectorial para un mejor uso de los recursos. Actualmente se intuye que cualquier actividad acuícola que se quiera instalar debe tener en cuenta estos principios, de tal manera que su desarrollo no genere efectos negativos en los ecosistemas y la sociedad.

En este contexto, la práctica de la acuicultura en ecosistemas cerrados (lagos, lagunas) o semicerrados (bahías, ensenadas), puede promover la acumulación de nutrientes y generar problemas serios, como la eutrofización, cambios negativos en el sistema bentónico por acumulación de materia orgánica y demanda de oxígeno por actividad bacteriana que a su vez implica liberación de más nutrientes, que luego se incorporan en la columna de agua, promoviendo las floraciones algales (FA) y finalmente exacerbando la eutrofización.

Las bahías suelen ser reconocidas como ecosistemas críticos que ofrecen hábitats para diversas especies, protegen las costas de la erosión y sirven como zonas de recreación y actividades económicas como la pesca y el turismo (Barbier et al., 2011).

El litoral peruano es uno de los más ricos del mundo, debido fundamentalmente, a procesos de surgencias, que traen consigo una alta carga de fosfatos, silicatos y nitratos, el transporte de las corrientes marinas y los procesos biogeoquímicos de la zona eufótica (Graco et al., 2007). La bahía de Sechura es un ecosistema con alta productividad fitoplanctónica debido a que se encuentra frente a zonas de surgencias, que a su vez generan alta productividad de zooplancton e ictioplancton (OEFA, 2017).

Los principales factores que favorecen la aparición de FA son, los cambios estacionales, la disponibilidad de luz (Escribano y Castro, 2005), la temperatura (Higuera y Ortiz, 2007) y los nutrientes (Sellner et al., 2003).

Cuando las FA se originan cerca a las costas, el rol de los nutrientes antropogénicos suele ser determinante para su desarrollo (Anderson et al., 2008). En Sechura se realiza el cultivo de maíz, algodón y arroz, en las inmediaciones de estas áreas y se han construido

drenes que recogen excedentes de nutrientes, para luego descargarlos en la bahía. Además, existen otras fuentes que también contribuyen con la eutrofización de la bahía, por ejemplo, las plantas de harina de pescado, la planta de concentración de fosfatos y los efluentes domésticos de centros poblados aledaños (Albañil, 2013).

La maricultura en general es una fuente de nutrientes para el desarrollo del fitoplancton (Anderson, 2014); por ejemplo, el cultivo de moluscos en altas densidades es un tema de preocupación, debido a que su baja tasa de asimilación convierte los nutrientes de la biomasa fitoplanctónica en material disuelto y particulado (Anderson, 2014), que culminan, por actividad bacteriana, en la producción de  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$  y  $\text{PO}_4$ , alentando la producción de FA.

En la bahía de Sechura los recursos de extracción pesquera más importantes son, la anchoveta *Engraulis ringens* (representa la mayor parte), la pota *Dosidicus gigas*, concha de abanico *Argopecten purpuratus*, calamar común *Loligo gahi*, samasa *Anchoa nasus*, anguila *Ophichthus remiger*, lisa *Mugil cephalus* (IMARPE, 2007), especies que pueden verse perjudicadas (en mayor o menor intensidad) por la aparición de FA, por lo tanto afectar la extracción de estos recursos, con grandes pérdidas económicas para el país o para la población que depende de esta actividad.

Si los organismos productores de FA no son consumidos, sedimentan y generan altos niveles de amonio por fermentación (Reguera, 2002). Esto acumula materia orgánica en el fondo, favoreciendo el crecimiento bacteriano, reduciendo el oxígeno y aumentando la demanda biológica del mismo. Además, altera los ciclos de nutrientes, incrementa el nitrógeno (N) y fósforo (P) en la columna de agua, y eleva la producción de metano e hidrógeno sulfhídrico (Buschmann, 2001). En la bahía de Sechura, esto afecta el cultivo de *A. purpuratus*, especialmente en fondo (corrales), el más extendido (INFOMAR, 2010).

En el 2019 el departamento de Piura se cosecharon un total de 47 909 t de recursos provenientes de la acuicultura, que representó el 29.71 % de la producción nacional, siendo el 95.98 % proveniente de la acuicultura marina, y de ésta el 87.38 % pertenece a la producción de *A. purpuratus* (PRODUCE, 2020).

En el año 2022, en la bahía de Sechura se han registrado más de 400 organizaciones de pescadores artesanales (PRODUCE, 2022) que se verían afectadas, al continuar incrementándose la frecuencia e intensidad de las FA, además se generarían también impactos negativos en la biodiversidad, la extracción pesquera, acuicultura y otras actividades.

La bahía de Sechura es una de las más importantes de la costa norte peruana, ya que cuenta con una gran productividad y biodiversidad marina. En este lugar se realizan con gran éxito, actividades como la pesca y maricultura, destacando sobre todo el cultivo de *A. purpuratus*; lo que significa una fuerte inversión, por ello el estudio de los factores condicionantes de la dinámica de las FA es de gran importancia, debido a que la proliferación de algunas especies representa un peligro para la pesquería, la maricultura, la salud pública y el turismo; por lo tanto se podrían generar grandes pérdidas socioeconómicas e impactos ambientales negativos con relación a la maricultura, con repercusiones en la actividad económica del país, por sus niveles de producción, puestos

de trabajo e ingresos de divisas para el estado. El incremento de la frecuencia e intensidad de las FA puede eventualmente significar el colapso de esta actividad.

Las FA pueden afectar la acuicultura intensiva y de fondo, ocasionando problemas en las inversiones económicas con repercusión social. En la bahía de Sechura se observa la aparición de FA con cierta frecuencia que afectan la biodiversidad, extracción pesquera y la acuicultura, sin embargo, no se cuenta con estudios que permitan una gestión adecuada de esta bahía, por ello, es necesario generar información sobre el tema.

El conocimiento de las FA en la bahía de Sechura es importante para la gestión ordenada de la acuicultura intensiva de fondo, la infraestructura existente no está debidamente sistematizada de tal manera que permita prever los eventos, sus intensidades y efectos negativos.

Los resultados de esta investigación podrán ser muy útiles a las autoridades competentes del sector pesquero y acuicultura, maricultores, investigadores, universidades o cualquier persona en general, interesadas en la dinámica de las FA, para así establecer estrategias de monitoreo que prevengan o minimicen los daños ocasionados por estos fenómenos, establecer las densidades de carga de la maricultura, el ordenamiento de las concesiones, etc.

### **Formulación del Problema**

¿Cuáles fueron los factores condicionantes en la dinámica de las floraciones del fitoplancton en la bahía de Sechura (Piura, Perú), en el periodo mayo 2021 – noviembre 2022?

### **Objetivo General**

Determinar la correlación entre los factores ambientales y la dinámica de las floraciones de fitoplancton en la bahía de Sechura en el periodo mayo 2021 – noviembre 2022, a fin de establecer los factores que modulan la aparición y permanencia de las FA.

### **Objetivos específicos**

Determinar el comportamiento del fitoplancton, en función a su densidad, en la bahía de Sechura en el periodo mayo 2021 – noviembre 2022.

Determinar el comportamiento de los factores ambientales, como la transparencia, oxígeno, temperatura, salinidad y pH en el periodo mayo 2021 – noviembre 2022.

Describir la dinámica de las floraciones de fitoplancton en la bahía de Sechura en relación con los factores condicionantes en el periodo mayo 2021 – noviembre 2022.

## **II. MARCO TEÓRICO**

El fitoplancton está conformado por una gran diversidad de organismos autótrofos microscópicos cuyo tamaño varía desde  $< 1\mu\text{m}$  a  $100\mu\text{m}$  (Escribano y Castro, 2005), es componente esencial de la vida acuática, en tanto es el primer eslabón de la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos (Sastre et al., 2019).

Las floraciones algales nocivas (FAN, en inglés HAB, Harmful Algal blooms), es un término acuñado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Unesco y hace referencia a cualquier crecimiento de microalgas que causa algún daño al medio ambiente, la acuicultura, las actividades recreativas y la salud pública (Reguera et

al., 2008). Se considera que existe una FA cuando las concentraciones de fitoplancton son de más de un millón de células por litro (Arteaga y Perdomo, 2016).

Algunas especies que generan FA son toxigénicas y pueden causar enfermedades o incluso la muerte de otros organismos al transferir toxinas a través de la cadena trófica; a este fenómeno se le conoce como FA tóxicas (Anderson et al., 2012). Por otro lado, también existen FA no tóxicas, que, aunque no producen toxinas, pueden afectar negativamente a otras especies al obstruir sus branquias o al acumularse en el fondo marino, lo que provoca un agotamiento del oxígeno en la columna de agua (Arteaga y Perdomo, 2016).

Las FA aparecen de forma natural en zonas de surgencias, costas y estuarios donde la combinación de factores físicos y disponibilidad de nutrientes propician el crecimiento de fitoplancton (Arteaga y Perdomo, 2016).

La actividad antropogénica, acuicultura, aportes del sector agropecuario e industrial, dragados, transporte de lastres en barcos o demás actividades en puerto, pueden influir en la composición del fitoplancton y propiciar la aparición y desarrollo de especies oportunistas, incluso incrementar la intensidad o duración de las FA (Reguera, 2002).

En el mundo se han realizado varios estudios sobre FA, por ejemplo, en las costas de Angola, el aporte de nutrientes por parte de los ríos y la aparición de El Niño, influyen en la proliferación del fitoplancton, sobre todo de diatomeas (Silva et al., 2018).

En el periodo octubre-noviembre del 2009 se registró una floración de *Akashiwo sanguinea* en la costa central de Oregón, estuvo asociada con la estratificación del agua, incremento de nutrientes y un evento de afloramiento, además precedió a unas floraciones de diatomeas dadas en el mes de septiembre (Du et al., 2011).

Hernández et al. (2001) demostró, en un estudio realizado en el sur de la corriente de California, que concentraciones de fitoplancton presentaron valores mínimos en invierno, incremento en primavera, máximos en verano y disminución en otoño.

Según Higuera y Ortiz (2007), en el océano colombiano, cuando la temperatura superficial del mar (TSM) es muy alta (30,1 °C), debido a El Niño, la cantidad de diatomeas disminuye en comparación con otros años, mientras que el número de dinoflagelados incrementa, ya que algunas especies de este grupo se desarrollan mejor en temperaturas altas.

En el verano del 2020 en el Perú, se registraron 20 eventos FAN de corta duración e inocuas para los organismos marinos, 10 menos que las encontradas en el verano del 2017; aunque en ambos casos los dinoflagelados fueron causantes del 88% de ellos (IMARPE, 2020).

En la tabla 1 se presenta un resumen de las principales FA ocurridas en Perú indicando las especies responsables y sus factores desencadenantes.

**Tabla 1.**

*Reportes de floraciones algales en el ecosistema marino peruano.*

| Ecosistema                    | Periodo                       | Especies                                                                              | Factores                                          | Fuente                 |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|
| Bahía de Paracas              | 22 mayo y 2 de junio del 2000 | <i>Prorocentrum micans</i>                                                            | Incremento de temperatura, efluentes domésticos   | Cabello et al. (2002). |
| Bahía de Sechura              | febrero 2010 - mayo 2014      | <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> y <i>Protoperdinium depressum</i>                     | Afloramientos                                     | Orozco et al. (2017).  |
| Bahía de Pisco                | febrero 2010 - mayo 2014      | <i>Akashiwo sanguinea</i> , <i>Messodinium rubrum</i> y <i>Prorocentrum minimum</i>   | Afloramientos                                     | Orozco et al. (2017).  |
| Bahía de Paita                | febrero 2022                  | <i>Akashiwo sanguinea</i>                                                             | Brillo solar intenso, cielo descubierto, vientos. | IMARPE (2022).         |
| Bahía de Paita                | 19 de febrero del 2015        | <i>Ceratium fusus</i> v. <i>fusus</i>                                                 | Incremento de temperatura                         | Sánchez et al. (2015). |
| Bahía de Sechura              | 28 de febrero del 2015        | <i>Akashiwo sanguinea</i>                                                             | Incremento de temperatura                         | Sánchez et al. (2015). |
| Playa pescadores (Chorrillos) | Abril/diciembre 2016          | <i>Akashiwo sanguinea</i> / <i>H. akashiwo</i> , <i>P. minimum</i> , <i>D. fibula</i> | Incremento de temperatura                         | Baylón (2019).         |

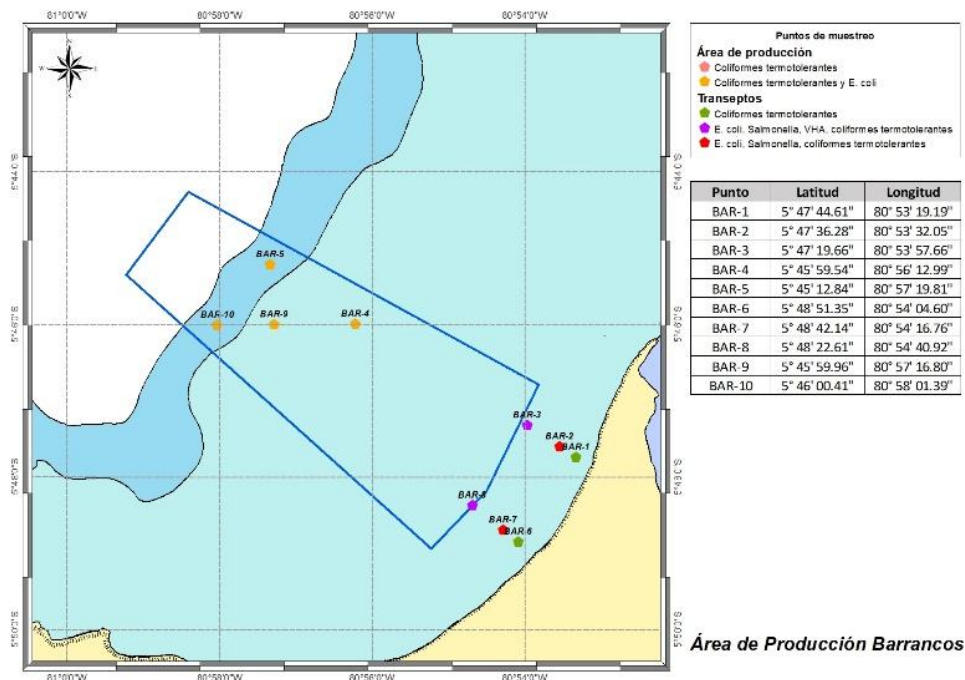
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Población y muestra

Datos de muestreo referidos a la densidad de fitoplancton, transparencia, temperatura, salinidad, pH y oxígeno de la bahía de Sechura que fueron proporcionados por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), obtenidos durante el periodo mayo 2021– noviembre 2022 en las estaciones de Barrancos, Chulliyachi, Constante, Las Delicias, Mataballo, Parachique, Puerto Rico, San Pedro y Vichayo.

**Figura 1.**

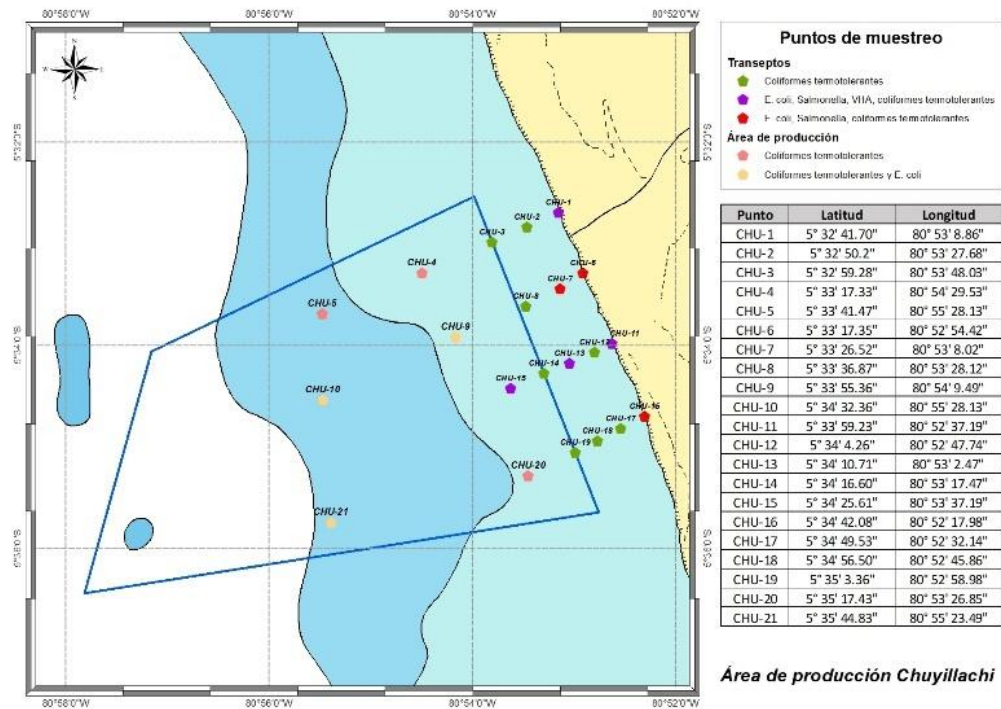
*Puntos de muestreo en el área de producción de Barrancos.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 2.**

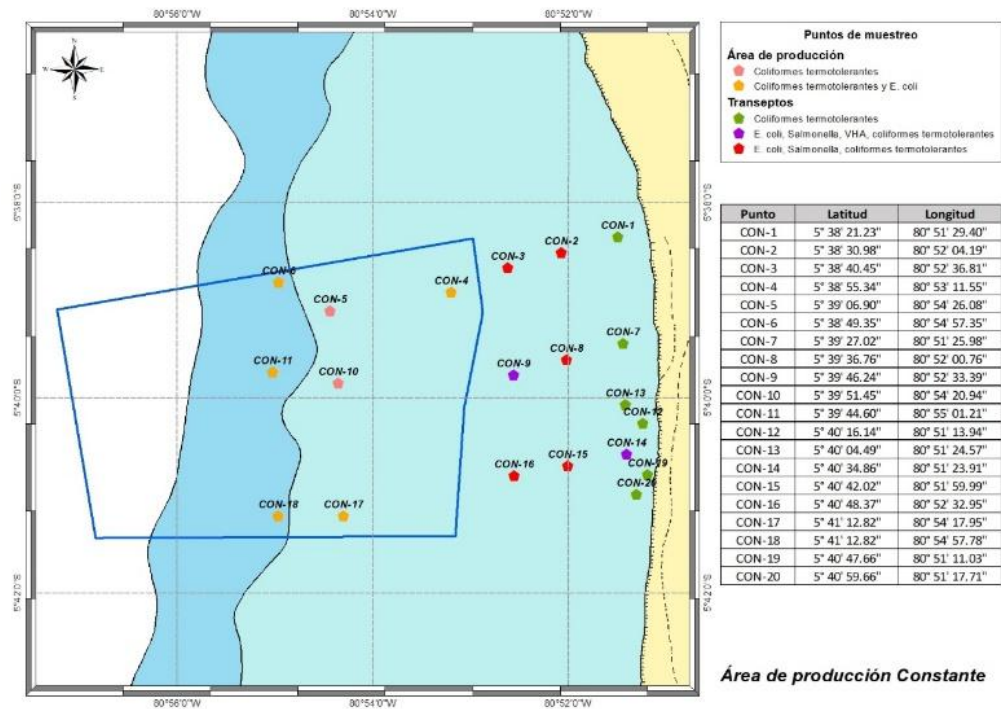
*Puntos de muestreo en el área de producción de Chulliyachi.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 3.**

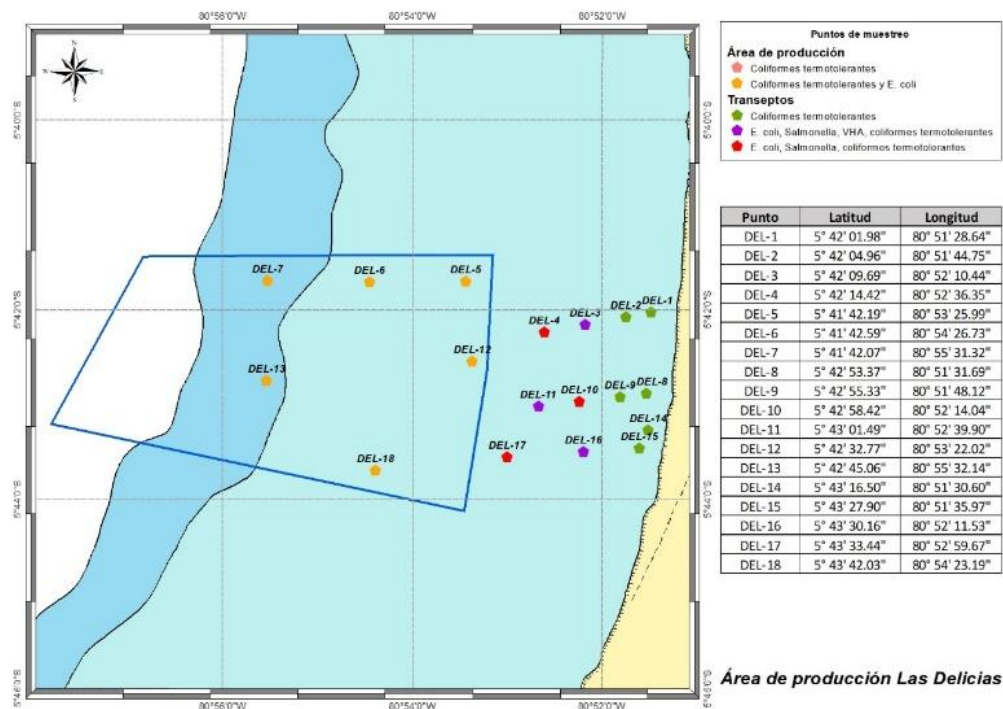
*Puntos de muestreo en el área de producción de Constante.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 4.**

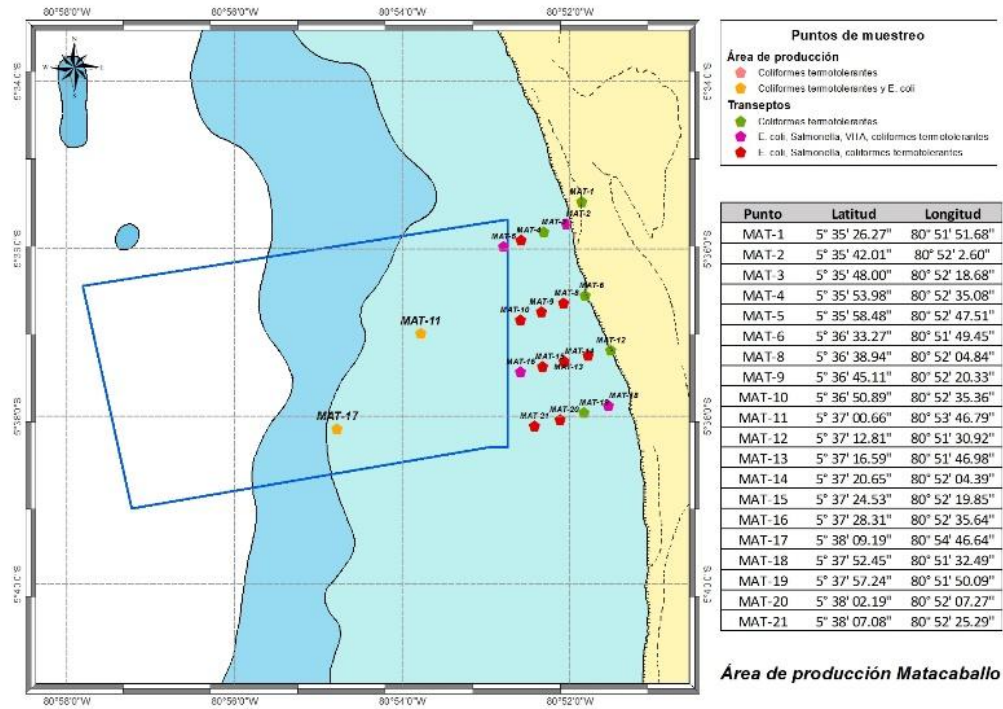
*Puntos de muestreo en el área de producción de Las Delicias.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 5.**

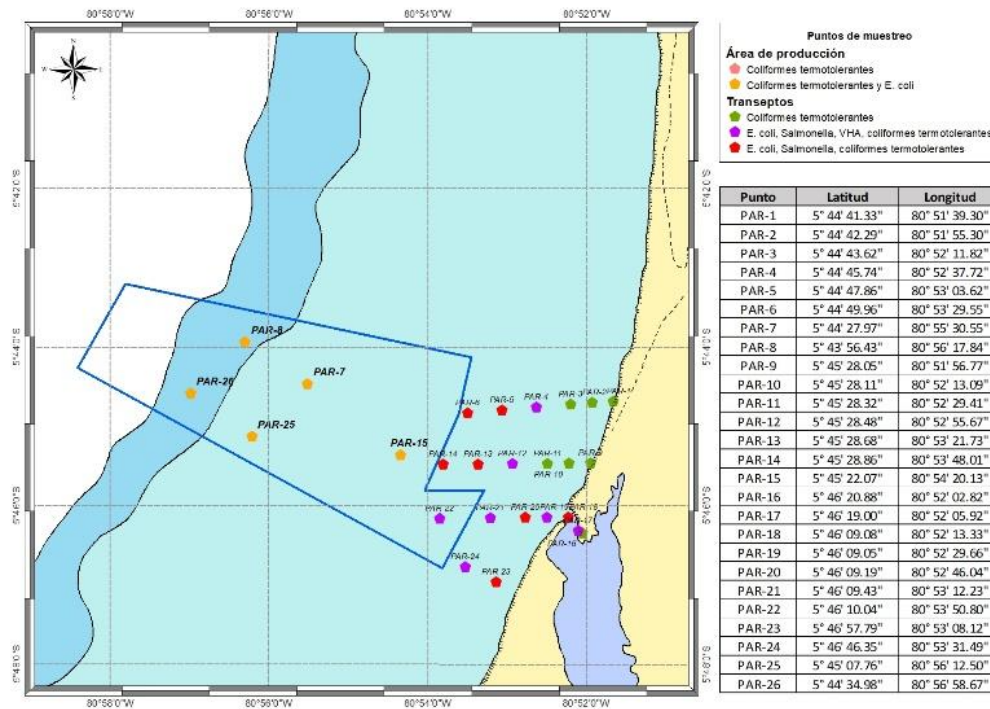
*Puntos de muestreo en el área de producción de Matabalbo.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 6.**

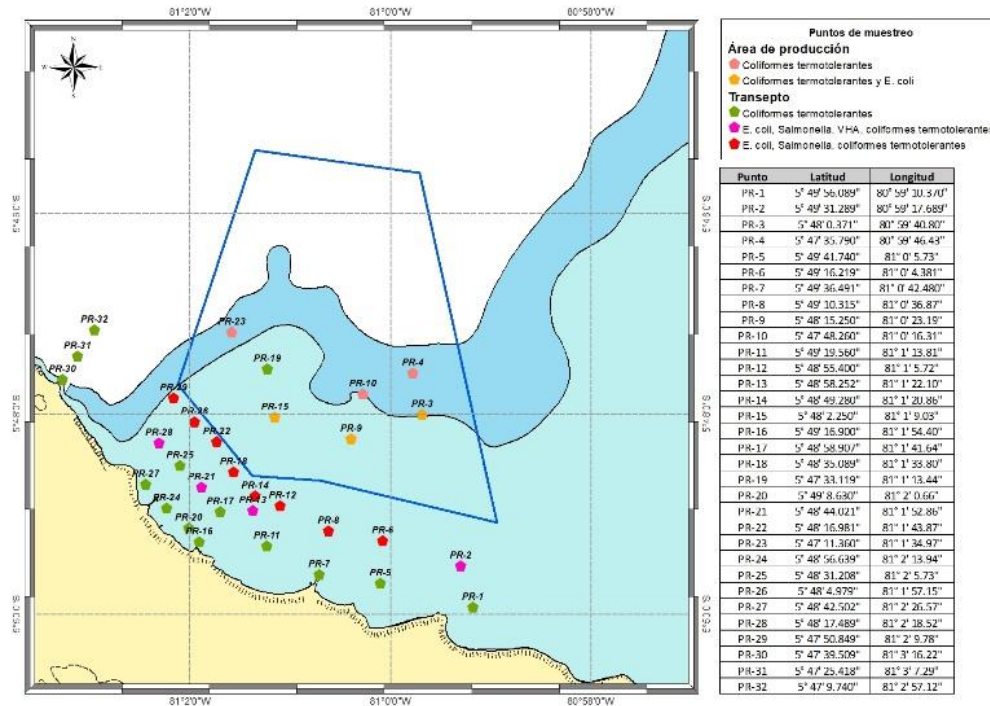
*Puntos de muestreo en el área de producción de Parachique.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 7.**

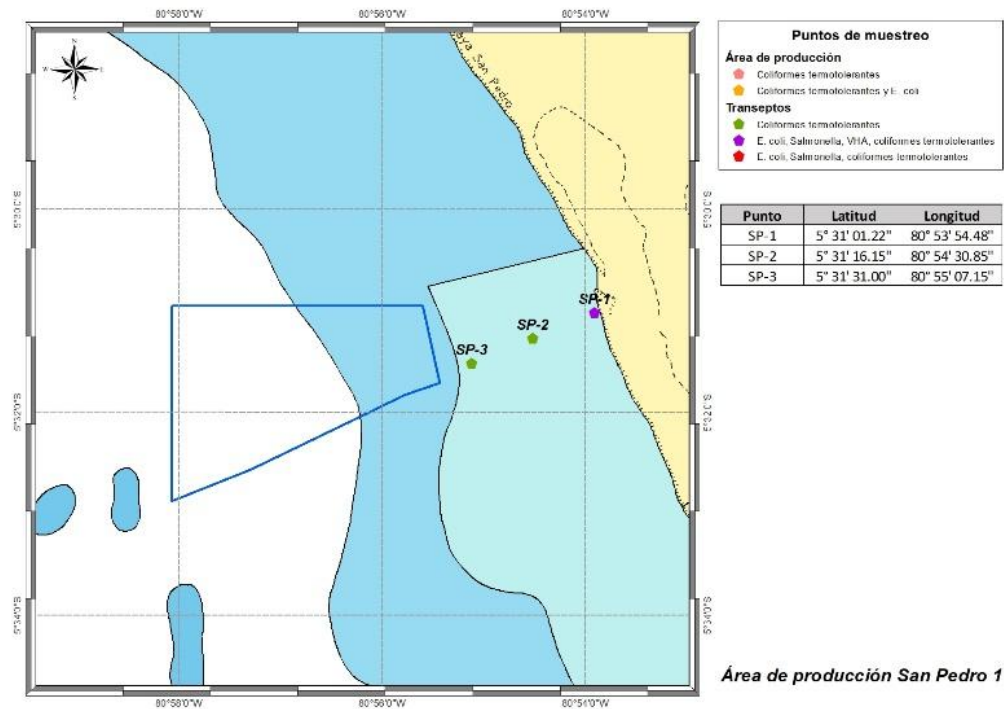
*Puntos de muestreo en el área de producción de Puerto Rico.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 8.**

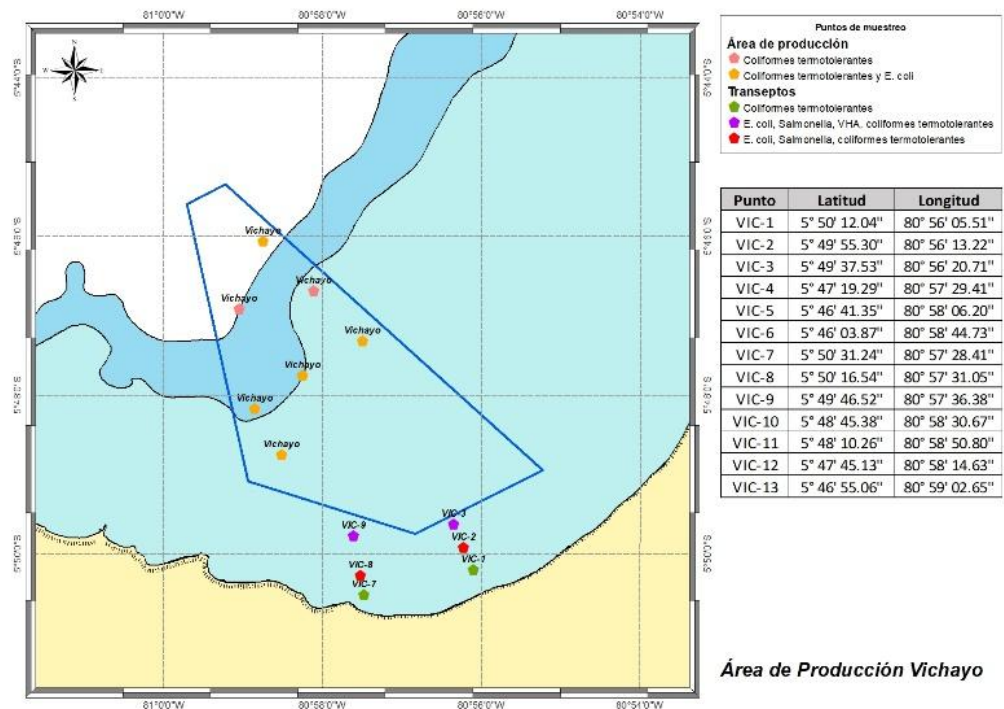
*Puntos de muestreo en el área de producción de San Pedro.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

**Figura 9.**

*Puntos de muestreo en el área de producción de Vichayo.*



Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2022).

## **Análisis estadístico**

Para el procesamiento de los datos se consideró como FA cuando la densidad del fitoplancton fue mayor a más de un millón de células por litro (Arteaga y Perdomo, 2016). Se tomó en cuenta aquellas fechas de muestreo en las que los datos recolectados estaban completos (en algunas fechas no hubo datos de muestreo), por ello se consideraron solo los datos de los estratos superiores ya que estos se registraron casi en su totalidad.

Los datos fueron procesados en hojas de cálculo Excel. Para evaluar la correlación de los factores condicionantes con la dinámica de las floraciones de fitoplancton, se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman y se utilizó el software IBM SPSS Statistics 21.

Se consideró que existe correlación cuando el coeficiente “r” mostró una relación alta, sea positiva o negativa.

**Tabla 2.**

*Grado de relación según coeficiente de correlación.*

| <b>Rango</b>  | <b>Relación</b>       |
|---------------|-----------------------|
| -0.91 a -1    | Negativa perfecta     |
| -0.76 a -0.90 | Negativa muy alta     |
| -0.51 a -0.75 | Negativa alta         |
| -0.26 a -0.50 | Negativa media        |
| -0.11 a -0.25 | Negativa baja         |
| -0.01 a -0.10 | Muy baja              |
| 0             | No existe correlación |
| 0.01 a 0.10   | Positiva muy baja     |
| 0.11 a 0.25   | Positiva baja         |
| 0.26 a 0.50   | Positiva media        |
| 0.52 a 0.75   | Positiva alta         |
| 0.76 a 0.90   | Positiva muy alta     |
| 0.91 a 1      | Positiva perfecta     |

Fuente: Hernández. *et al.* (2014).

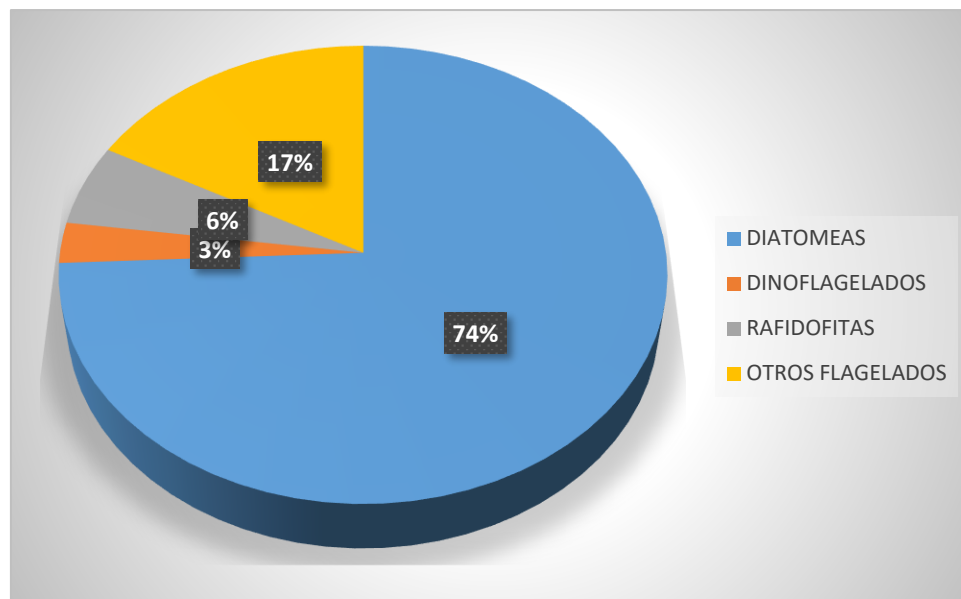
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Variación espacial del fitoplancton en la bahía de Sechura.

Como resultado de la sumatoria de todas las FA presentadas en todas las áreas de producción se registraron 35, de las cuales, las diatomeas fueron el grupo más frecuente, con 26 casos (74%), seguido por otros flagelados con 6 casos (17%), las rafidofitas con 2 (6%) y, finalmente, los dinoflagelados con solo 1 caso (3%). (Figura 10).

**Figura 10.**

*Porcentaje de cada uno de los grupos taxonómicos causantes de las FA.*



Las diatomeas fueron el grupo que alcanzó la floración con mayor densidad ( $53 \times 10^6$  cel/L), esta floración se presentó en el área de Las Delicias en marzo del 2022. Además, las estaciones de Barrancos y Puerto Rico presentaron el mayor número de floraciones (7) (figura 11).

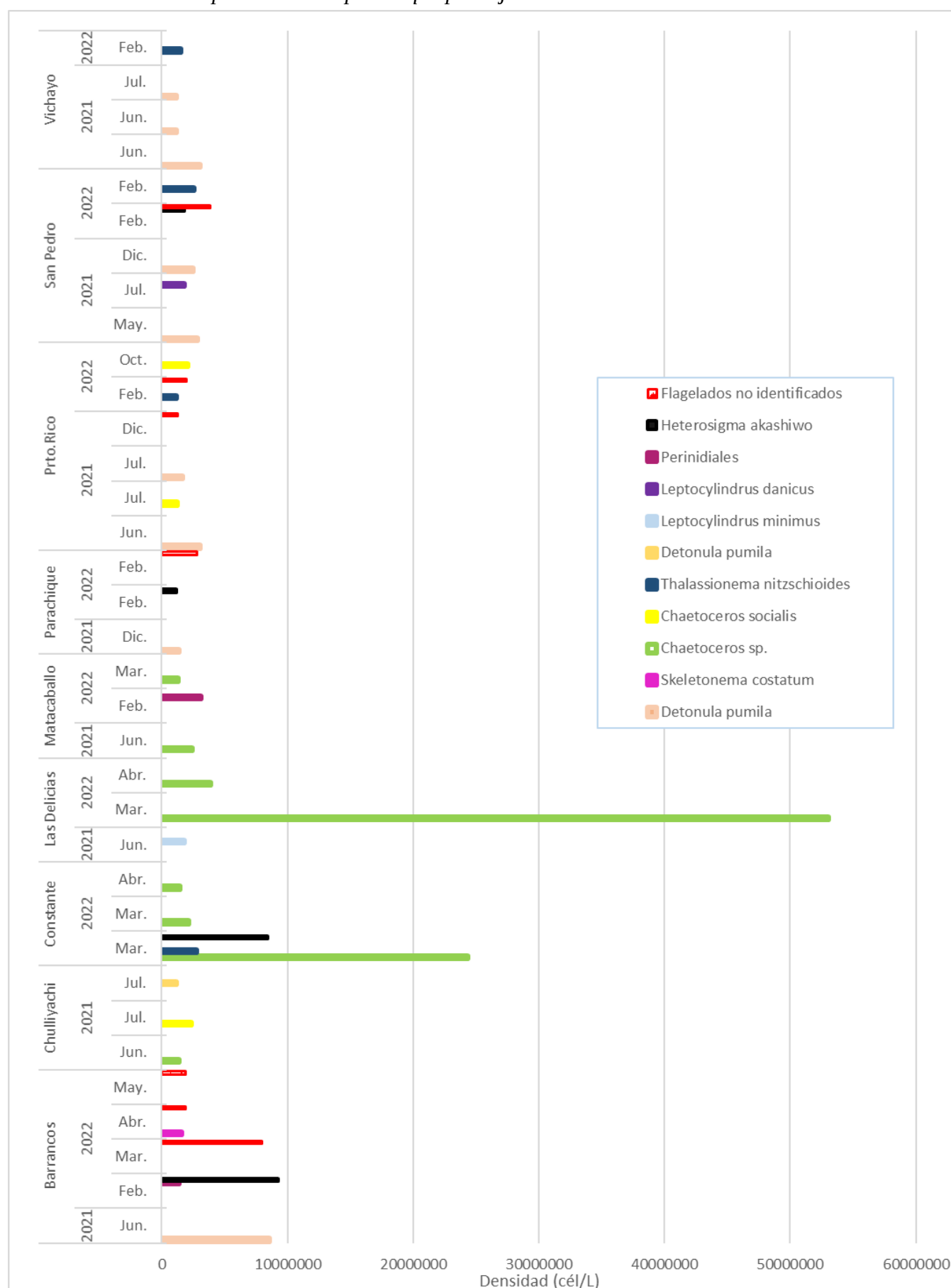
**Tabla 3.**

*Especies causantes de las Floraciones algales en las nueve áreas de estudio en la bahía de Sechura periodo mayo 2021-noviembre 2022.*

| DIATOMEAS                          | DINOFLAGELADOS     | RAFIDOFITAS                 | OTROS FLAGELADOS            |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Detonula pumila</i>             | Orden Peridiniales | <i>Heterosigma akashiwo</i> | Flagelados no identificados |
| <i>Skeletonema costatum</i>        |                    |                             |                             |
| <i>Chaetoceros sp</i>              |                    |                             |                             |
| <i>Chaetoceros socialis</i>        |                    |                             |                             |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> |                    |                             |                             |
| <i>Leptocylindrus danicus</i>      |                    |                             |                             |

**Figura 11.**

*Variación temporal de las especies que produjeron FA en las nueve áreas de estudio.*



## 4.2. Variación temporal promedio de los factores ambientales

### 4.2.1. Transparencia

El mayor valor de este parámetro (6.50 m) se encontró en la estación de Vichayo durante marzo y julio del 2022, mientras que el más bajo (1.25 m) se presentó tanto en Chulliyachi en mayo del 2022 como en Matabalbo en noviembre del 2022 (Tabla 4).

### 4.2.2. Oxígeno Disuelto.

El valor promedio más alto (7.95 mg/L) se presentó en Las Delicias en julio del 2022 y el valor más bajo (1.79 mg/L) se presentó en Vichayo en octubre del 2022 (Tabla 4).

### 4.2.3. Temperatura

El valor promedio más alto (22.60 °C) se presentó en Matabalbo en marzo del 2022, y el valor más bajo (14.75 °C) se presentó en Las Delicias en noviembre del 2022 (Tabla 4).

### 4.2.4. Salinidad.

El valor promedio más alto (35.54 ppm) se presentó en Matabalbo en julio del 2022, el valor más bajo (32.28 ppm) se presentó en San Pedro, en noviembre del 2021 (Tabla 4).

### 4.2.5. pH.

El valor promedio más alto (8.77) se presentó en Las Delicias en julio del 2022 y el valor promedio más bajo (7.77) se presentó en Vichayo en junio del 2022 (Tabla 4).

**Tabla 4.**

*Valor promedio ( $\pm$  desviación estándar) de los parámetros abióticos en las nueve áreas de estudio.*

| ÁREA        | Año  | Mes  | TRANSPARENCIA (m) | OXÍGENO mg/L     | TEMPERATURA (C°) | SALINIDAD ppm.   | pH               |
|-------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Barrancos   | 2021 | May. | 3.00              | 4.52             | 18.70            | 33.62            | 8.23             |
|             |      | Jun. | 3.33 $\pm$ 0.57   | 3.24 $\pm$ 0.96  | 18.14 1.12       | 33.47 $\pm$ 0.18 | 8.16 $\pm$ 0.11  |
|             |      | Jul. | 4.00              | 4.36             | 17.25            | 33.29            | 8.19             |
|             |      | Nov. | 2.00              | 2.60             | 16.63            | 33.14            | 8.31             |
|             |      | Dic. | 3.50 $\pm$ 0.70   | 2.61 $\pm$ 0.12  | 18.05 0.71       | 33.37 $\pm$ 0.01 | 8.55             |
|             | 2022 | Feb. | 1.50              | 4.54             | 16.91            | 35.21            | 8.40             |
|             |      | Mar. | 1.75 $\pm$ 0.35   | 3.79 $\pm$ 1.8   | 21.59 $\pm$ 3.44 | 33.67 $\pm$ 1.97 | 8.49 $\pm$ 0.24  |
|             |      | Abr. | 3.00              | 3.30             | 18.35            | 34.98            | 8.50             |
|             |      | May. | 2.00              | 2.65             | 17.75            | 35.41            | 8.00             |
|             |      | Jun. | 3.67 $\pm$ 0.57   | 2.78 $\pm$ 0.04  | 16.75 $\pm$ 0.62 | 35.26 $\pm$ 0.44 | 8.05 $\pm$ 0.08  |
| Chulliyachi | 2021 | May. | 2.67              | 3.01             | 19.22            | 34.37            | 8.16             |
|             |      | Jun. | 2.67              | 3.00 $\pm$ 0.09  | 18.91 $\pm$ 0.76 | 34.49 $\pm$ 0.12 | 8.16 $\pm$ 0.04  |
|             |      | Jul. | 3.25 $\pm$ 0.35   | 2.97 $\pm$ 0.12  | 19.81 $\pm$ 0.39 | 34.23 $\pm$ 0.14 | 8.20 $\pm$ 0.04  |
|             |      | Nov. | 3.00              | 3.00             | 19.36            | 34.16            | 8.27             |
|             |      | Dic. | 3.33 $\pm$ 0.47   | 3.01 $\pm$ 0.21  | 17.89 $\pm$ 1.55 | 33.81 $\pm$ 0.52 | 8.15 $\pm$ 0.01  |
|             | 2022 | Feb. | 1.65 $\pm$ 0.02   | 3.95 $\pm$ 0.17  | 19.83 $\pm$ 0.34 | 35.18 $\pm$ 0.02 | 8.45 $\pm$ 0.04  |
|             |      | Mar. | 3.11 $\pm$ 2.50   | 5.53 $\pm$ 0.22  | 21.52 $\pm$ 2.66 | 33.14 $\pm$ 0.54 | 8.31 $\pm$ 0.03  |
|             |      | Abr. | 2.00              | 3.62             | 18.97            | 33.17            | 8.10             |
|             |      | May. | 1.25 $\pm$ 0.11   | 6.46 $\pm$ 0.007 | 18.84 $\pm$ 1.13 | 34.96 $\pm$ 0.01 | 8.48 $\pm$ 0.04  |
|             |      | Jun. | 4.56 $\pm$ 2.50   | 3.73 $\pm$ 0.76  | 16.80 $\pm$ 0.58 | 34.43 $\pm$ 0.67 | 8.17 $\pm$ 0.31  |
|             |      | Jul. | 2.17 $\pm$ 1.76   | 3.21 $\pm$ 0.02  | 16.74 $\pm$ 0.42 | 35.46 $\pm$ 0.72 | 7.97 $\pm$ 0.02  |
|             |      | Sep. | 2.33 $\pm$ 0.70   | 2.60 $\pm$ 0.72  | 16.09 $\pm$ 0.37 | 32.75            | 7.96             |
|             |      | Oct. | 2.58 $\pm$ 0.11   | 2.08 $\pm$ 0.07  | 15.45 $\pm$ 0.52 | 33.04            | 7.89             |
|             |      | Nov. | 1.50              | 2.56             | 16.13            | 33.06            | 7.93             |
| Constante   | 2021 | May. | 3.00              | 2.82             | 21.50            | 34.60            | 7.96             |
|             |      | Jun. | 3.33 $\pm$ 0.57   | 2.50 $\pm$ 0.28  | 20.40 $\pm$ 0.02 | 34.25 $\pm$ 0.05 | 8.24 $\pm$ 0.13  |
|             |      | Jul. | 3.50              | 3.06             | 20.09            | 34.13            | 8.16             |
|             |      | Nov. | 4.00              | 3.26             | 17.77            | 33.31            | 8.51             |
|             |      | Dic. | 3.50 $\pm$ 0.35   | 2.61 $\pm$ 0.62  | 18.05 $\pm$ 0.24 | 33.37 $\pm$ 0.88 | 8.55             |
|             | 2022 | Feb. | 3.00              | 3.24             | 18.30            | 33.26            | 8.31             |
|             |      | Mar. | 1.40 $\pm$ 0.84   | 5.28 $\pm$ 0.19  | 21.31 $\pm$ 3.09 | 33.79 $\pm$ 2.22 | 8.34 $\pm$ 0.14  |
|             |      | Abr. | 8.50 $\pm$ 0.35   | 3.33 $\pm$ 0.17  | 18.27 $\pm$ 2.74 | 33.41 $\pm$ 0.08 | 7.91 $\pm$ 0.007 |
|             |      | May. | 2.00              | 4.09 $\pm$ 2.53  | 18.70 $\pm$ 0.62 | 34.51 $\pm$ 0.85 | 8.25 $\pm$ 0.34  |
|             |      | Jun. | 2.00              | 5.15 $\pm$ 0.87  | 16.74 $\pm$ 1.05 | 35.18 $\pm$ 0.24 | 8.29 $\pm$ 0.21  |
|             |      | Jul. | 5.50 $\pm$ 0.70   | 5.84 $\pm$ 2.84  | 17.64 $\pm$ 1.35 | 35.02 $\pm$ 0.41 | 8.56 $\pm$ 0.13  |
|             |      | Sep. | 3                 | 2.73 $\pm$ 1.16  | 16.44 $\pm$ 1.35 | *                | 7.95 $\pm$ 0.04  |
|             |      | Oct. | 3.5 $\pm$ 0.70    | 2.78 $\pm$ 0.45  | 15.23 $\pm$ 0.17 | 33.01 $\pm$ 0.16 | 7.96 $\pm$ 0.02  |
|             |      | Nov. | 3                 | 3.11             | 15.3             | 33.04            | 7.95             |

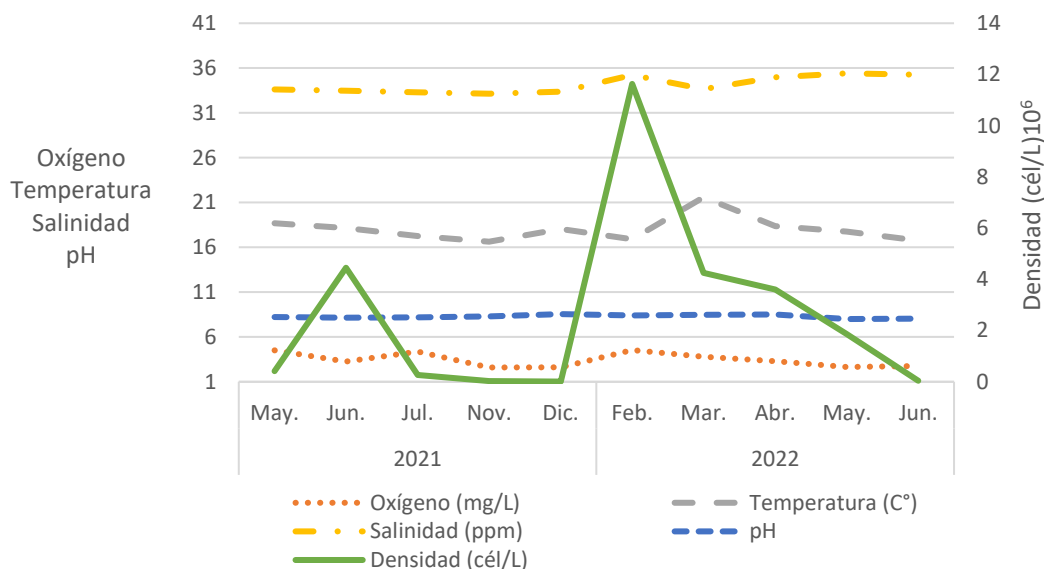
|              |      |      |             |             |              |              |              |
|--------------|------|------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Las Delicias | 2021 | May. | 3.00        | 3.00        | 19.45        | 33.55        | 8.24         |
|              |      | Jun. | 2.83 ± 0.28 | 2.97 ± 0.08 | 18.92 ± 0.67 | 35.00 ± 0.04 | 8.22 ± 0.09  |
|              |      | Jul. | 2.75        | 2.25        | 19.55        | 34.63        | 8.10         |
|              |      | Nov. | 5.00        | 3.45        | 18.60        | 34.45        | 8.47         |
|              |      | Dic. | 3.25 ± 1.06 | 3.53 ± 0.75 | 16.86 ± 0.48 | 34.22 ± 1.20 | 8.05 ± 0.21  |
|              | 2022 | Feb. | 2.50        | 4.52        | 19.82        | 33.36        | 8.19         |
|              |      | Mar. | 1.63 ± 0.53 | 5.16 ± 0.11 | 21.68 ± 3.53 | 33.83 ± 2.27 | 8.37 ± 0.17  |
|              |      | Abr. | 4.00 ± 0.70 | 3.43 ± 0.25 | 18.22 ± 2.69 | 33.38 ± 0.01 | 7.90 ± 0.02  |
|              |      | May. | 1.75 ± 0.35 | 3.86 ± 1.64 | 20.03 ± 1.47 | 34.40 ± 0.49 | 8.26 ± 0.29  |
|              |      | Jun. | 3.00        | 5.38 ± 1.42 | 17.59 ± 0.26 | 35.15 ± 0.23 | 8.35 ± 0.31  |
|              |      | Jul. | 2.50        | 7.95        | 18.44        | 35.41        | 8.77         |
|              |      | Sep. | 3.00        | 2.68 ± 0.02 | 16.45 ± 1.05 | *            | 7.99 ± 0.02  |
|              |      | Oct. | 2.63 ± 0.53 | 2.76 ± 0.05 | 15.10 ± 0.08 | 33.29 ± 0.08 | 7.87 ± 0.01  |
|              |      | Nov. | 4.00        | 2.73        | 14.75        | 33.40        | 7.83         |
| Matacaballo  | 2021 | May. | 2.00        | 3.02        | 19.60        | 34.25        | 8.37         |
|              |      | Jun. | 2.63 ± 0.88 | 3.33 ± 0.54 | 19.79 ± 0.10 | 34.40 ± 0.21 | 8.37 ± 0.19  |
|              |      | Jul. | 2.70 ± 1.69 | 2.44 ± 0.59 | 19.66 ± 0.60 | 34.22 ± 0.03 | 8.21 ± 0.11  |
|              |      | Nov. | 2.50        | 2.45        | 19.37        | 34.21        | 8.15         |
|              |      | Dic. | 4.42 ± 0.52 | 3.23 ± 1.13 | 17.49 ± 1.39 | 33.26 ± 0.96 | 8.10 ± 0.12  |
|              | 2022 | Feb. | 2.53 ± 0.75 | 4.05 ± 0.12 | 19.61 ± 0.57 | 35.15 ± 0.17 | 8.33 ± 0.003 |
|              |      | Mar. | 4.00 ± 2.82 | 5.31 ± 0.14 | 22.60 ± 2.25 | 33.56 ± 1.84 | 8.35 ± 0.12  |
|              |      | Abr. | 2.50        | 4.14        | 20.06        | 33.51        | 8.07         |
|              |      | May. | 2.38 ± 1.23 | 6.32 ± 0.21 | 19.43 ± 0.49 | 35.00 ± 0.14 | 8.52 ± 0.05  |
|              |      | Jun. | 4.33 ± 2.02 | 3.75 ± 0.29 | 16.99 ± 0.90 | 34.73 ± 0.66 | 8.22 ± 0.36  |
|              |      | Jul. | 2.25        | 3.11        | 16.62        | 35.54        | 8.06         |
|              |      | Sep. | 2.00 ± 0.35 | 2.70 ± 0.91 | 16.17 ± 0.47 | 33.03        | 7.98 ± 0.01  |
|              |      | Oct. | 2.75        | 2.00 ± 0.31 | 15.46 ± 0.55 | 33.08 ± 0.03 | 7.90 ± 0.01  |
|              |      | Nov. | 1.25        | 1.92        | 16.03        | 33.05        | 7.89         |
| Parachique   | 2021 | May. | 3.00        | 4.42        | 19.51        | 33.40        | 8.17         |
|              |      | Jun. | 3.17 ± 0.14 | 3.41 ± 0.45 | 18.59 ± 0.28 | 33.43 ± 0.11 | 8.26 ± 0.04  |
|              |      | Jul. | 3.25        | 4.04        | 18.17        | 33.88        | 8.31         |
|              |      | Nov. | 4.00        | 3.40 ± 0.53 | 16.73 ± 0.55 | 33.72 ± 0.14 | 8.28 ± 0.04  |
|              |      | Dic. | 2.00        | 3.56        | 16.21        | 34.17        | 8.10         |
|              | 2022 | Feb. | 2.00        | 3.57 ± 0.32 | 17.82 ± 0.83 | 33.97 ± 0.80 | 8.15 ± 0.11  |
|              |      | Abr. | 2.50 ± 0.70 | 2.08 ± 0.13 | 19.06 ± 1.70 | 34.78 ± 0.28 | 8.20 ± 0.55  |
|              |      | May. | 2.25 ± 0.35 | 2.42 ± 0.09 | 17.62 ± 0.30 | 35.45 ± 0.10 | 7.98 ± 0.02  |
|              |      | Jun. | 2.00        | 3.40        | 15.80        | 34.96        | 8.02         |
|              |      | Jul. | 4.00        | 2.71        | 17.00        | 35.43        | 8.17         |
|              |      | Oct. | 4.25        | 2.45        | 15.69        | *            | 7.84         |
|              |      | Nov. | 4           | 2.31        | 16.08        | *            | 7.98         |
| Puerto Rico  | 2021 | May. | 3.16        | 3.41        | 19.42        | 33.74        | 8.30         |
|              |      | Jun. | 3.75 ± 0.58 | 3.19 ± 0.34 | 18.54 ± 0.21 | 33.44 ± 0.07 | 8.27 ± 0.03  |
|              |      | Jul. | 2.58 ± 0.35 | 3.92 ± 0.94 | 17.34 ± 0.08 | 33.58 ± 0.18 | 8.34 ± 0.14  |
|              |      | Nov. | 2.33        | 4.59        | 15.24        | 33.71        | 8.44         |
|              |      | Dic. | 4.56 ± 0.38 | 4.03 ± 0.43 | 17.16 ± 0.70 | 33.53 ± 0.05 | 8.51 ± 0.30  |
|              | 2022 | Feb. | 3.42 ± 1.29 | 3.19 ± 0.08 | 18.34 ± 0.41 | 35.16 ± 0.33 | 8.43 ± 0.14  |
|              |      | Mar. | 3.83 ± 0.70 | 2.83 ± 1.76 | 20.48 ± 1.66 | 32.63 ± 0.67 | 8.07 ± 0.17  |
|              |      | Abr. | 2.50 ± 2.12 | 3.95 ± 0.80 | 18.66 ± 1.88 | 34.68 ± 0.27 | 8.49 ± 0.02  |
|              |      | May. | 3.83 ± 0.23 | 3.42 ± 1.31 | 17.69 ± 1.22 | 33.67 ± 0.79 | 8.02 ± 0.31  |
|              |      | Jun. | 4.78 ± 0.78 | 2.89 ± 0.37 | 17.06 ± 0.72 | 35.27 ± 0.39 | 7.98 ± 0.12  |
|              |      | Sep. | 5.00 ± 0.47 | 3.56 ± 1.18 | 16.76 ± 0.49 | *            | 8.11 ± 0.09  |
|              |      | Oct. | 4.83 ± 0.70 | 2.12 ± 0.44 | 16.05 ± 0.80 | *            | 7.82 ± 0.14  |
|              |      | Nov. | 3.67        | 2.29        | 16.07        | *            | 7.94         |
| San Pedro    | 2021 | May. | 2.50        | 3.37        | 19.47        | 33.10        | 8.27         |
|              |      | Jun. | 2.88 ± 0.53 | 3.06 ± 0.01 | 19.23 ± 0.16 | 33.67 ± 0.66 | 8.33 ± 0.26  |
|              |      | Jul. | 4.13 ± 0.53 | 3.50 ± 0.59 | 19.35 ± 0.02 | 33.86 ± 0.39 | 8.19 ± 0.08  |
|              |      | Nov. | 3.50        | 4.98        | 15.55        | 32.28        | 8.32         |
|              |      | Dic. | 4.33 ± 0.28 | 2.96 ± 0.13 | 17.95 ± 1.39 | 33.54 ± 0.52 | 8.13 ± 0.002 |
|              | 2022 | Feb. | 2.75 ± 1.06 | 3.76 ± 0.35 | 18.34 ± 0.08 | 34.70 ± 0.56 | 8.28 ± 0.01  |
|              |      | May. | 1.88 ± 0.88 | 2.71 ± 0.12 | 17.50 ± 1.57 | 32.44 ± 1.00 | 8.11 ± 0.40  |
|              |      | Jun. | 2.50 ± 0.70 | 3.57 ± 0.40 | 16.38 ± 0.86 | 33.85 ± 0.02 | 7.94 ± 0.04  |
|              |      | Jul. | 2.75 ± 1    | 2.86 ± 0.53 | 16.39 ± 0.44 | 34.91 ± 1.07 | 8.00 ± 0.06  |
|              |      | Sep. | 1.25        | 3.3         | 15.7         | *            | 7.89         |
|              |      | Nov. | 2.5         | 2.35        | 15.81        | 32.995       | 7.925        |
| Vichayo      | 2021 | May. | 5.00        | 3.40        | 20.65        | 33.42        | 8.01         |
|              |      | Jun. | 3.50 ± 0.53 | 3.52 ± 0.01 | 18.98 ± 0.16 | 33.32 ± 0.66 | 8.19 ± 0.26  |
|              |      | Jul. | 2.75 ± 0.35 | 4.12 ± 0.24 | 17.45 ± 0.14 | 33.32 ± 0.19 | 8.20 ± 0.13  |
|              |      | Nov. | 4.25 ± 2.47 | 3.82 ± 0.67 | 16.18 ± 0.14 | 33.52 ± 0.09 | 8.50 ± 0.29  |
|              |      | Dic. | 4.00        | 3.25 ± 0.08 | 17.08 ± 1.03 | 33.33 ± 0.31 | 8.39 ± 0.48  |
|              | 2022 | Feb. | 4.00        | 3.81        | 16.98        | 35.03        | 8.48         |
|              |      | Mar. | 6.50 ± 0.70 | 2.02 ± 0.49 | 20.43 ± 4.90 | 33.64 ± 0.21 | 8.40 ± 0.58  |
|              |      | Abr. | 4.00        | 4.54        | 18.12        | 34.81        | 8.56         |
|              |      | May. | 6.00        | 2.75        | 17.98        | 35.51        | 7.85         |
|              |      | Jun. | 5.67 ± 0.57 | 2.53 ± 0.20 | 16.31 ± 0.68 | 35.14 ± 0.22 | 7.77 ± 0.21  |
|              |      | Jul. | 6.50 ± 0.70 | 3.56 ± 0.77 | 16.03 ± 1.18 | 35.14 ± 0.05 | 8.41 ± 0.04  |
|              |      | Sep. | 5.50 ± 0.70 | 2.40 ± 1.01 | 15.94        | *            | 7.90 ± 0.01  |
|              |      | Oct. | 5.50 ± 0.70 | 1.79 ± 0.44 | 15.00 ± 1.61 | *            | 7.82 ± 0.23  |

*Nota.* Valores más altos se resaltan con color amarillo y los más bajos con naranja.  
Las casillas con el símbolo \* se deben a que no se registraron datos en esa fecha.

### 4.3. Variación de los parámetros ambientales y la densidad algal total en las nueve áreas de estudio.

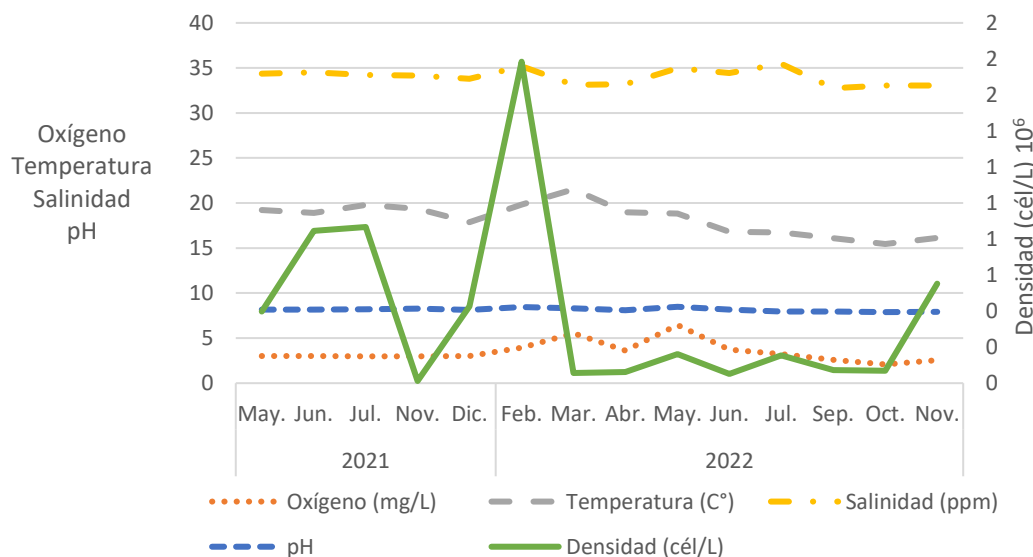
**Figura 12.**

*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Barrancos.*



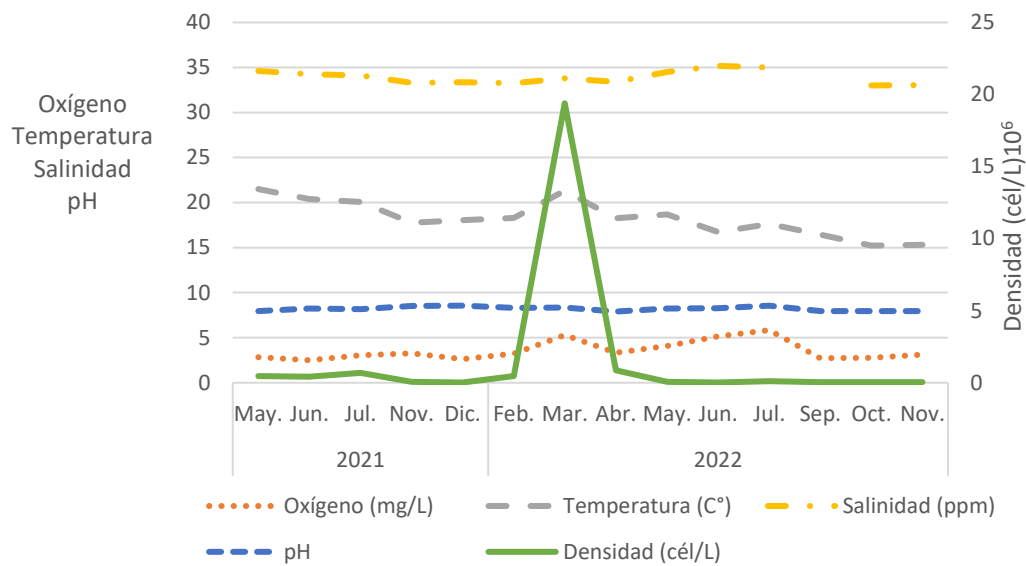
**Figura 13.**

*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Chuliyachi.*



**Figura 14.**

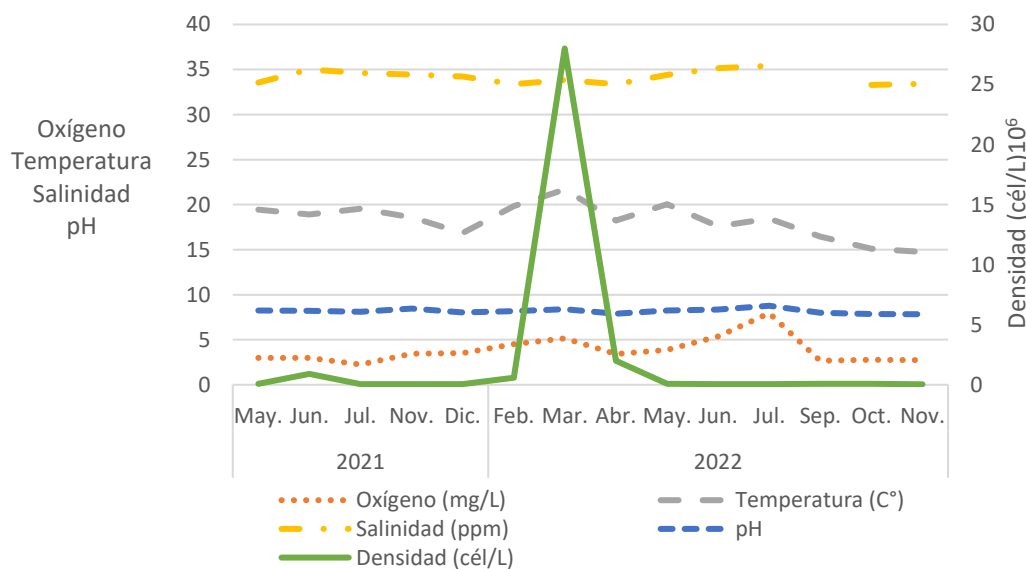
*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Constante.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se debe a la ausencia de datos.

**Figura 15.**

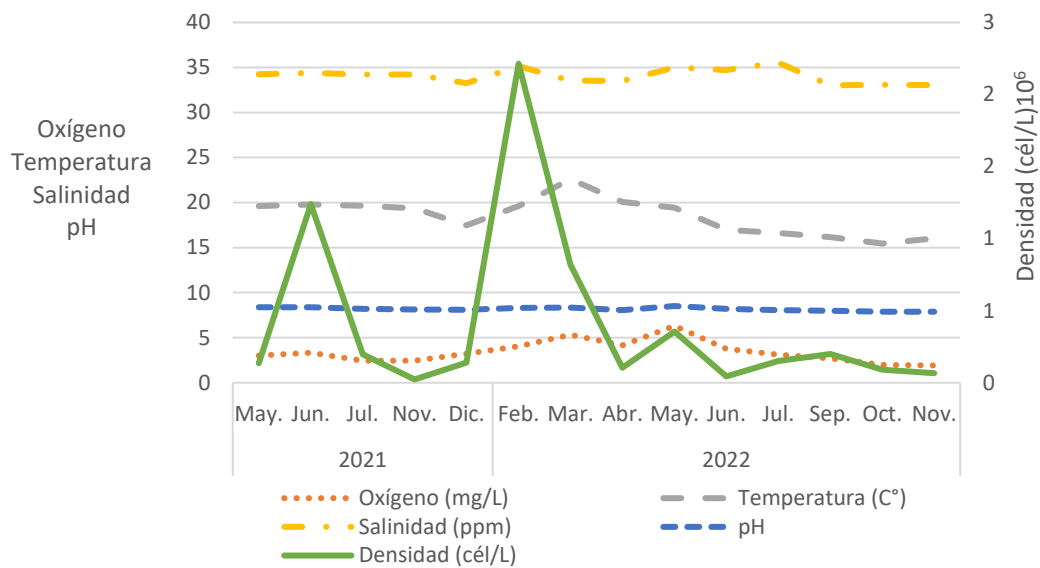
*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Las delicias.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se debe a la ausencia de datos.

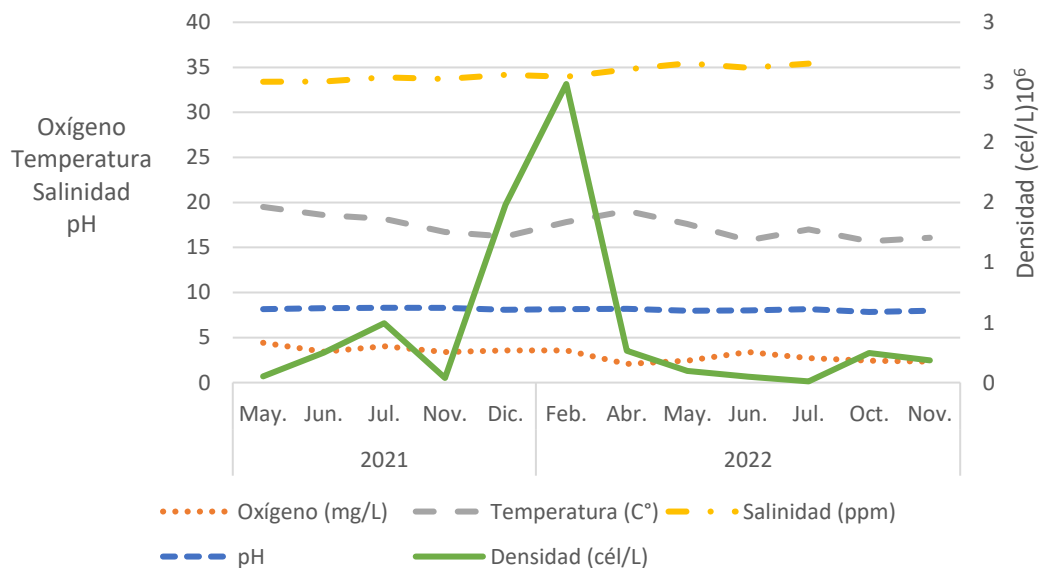
**Figura 16.**

*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Matacaballo.*



**Figura 17.**

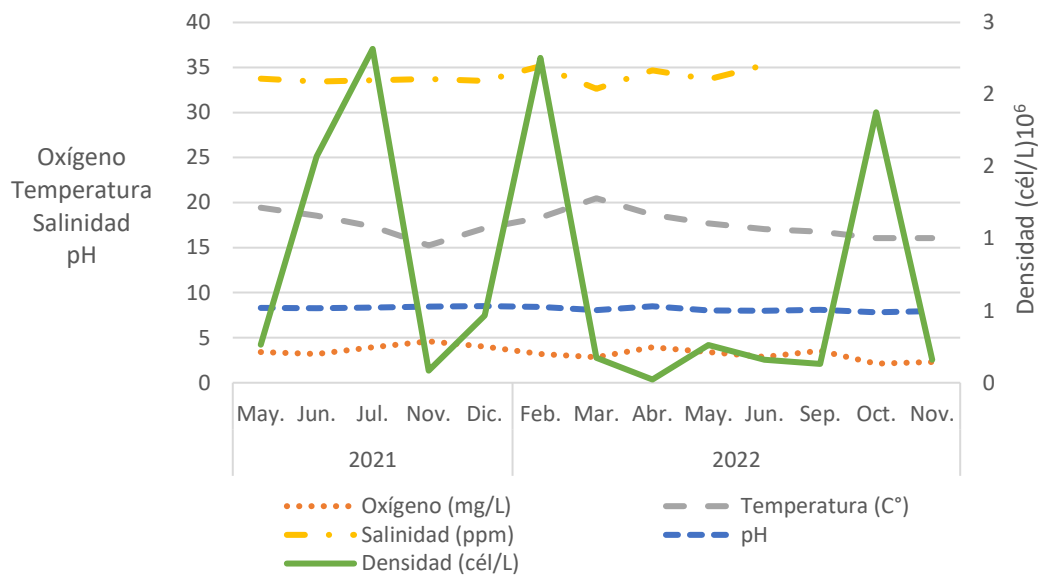
*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Parachique.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se deben a la ausencia de datos.

**Figura 18.**

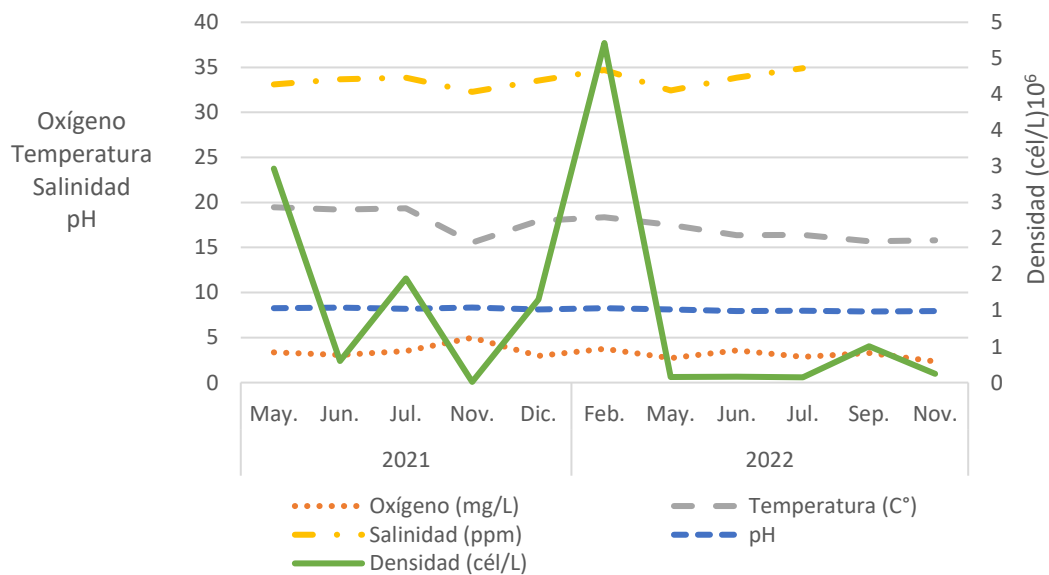
*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Puerto Rico.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se deben a la ausencia de datos.

**Figura 19.**

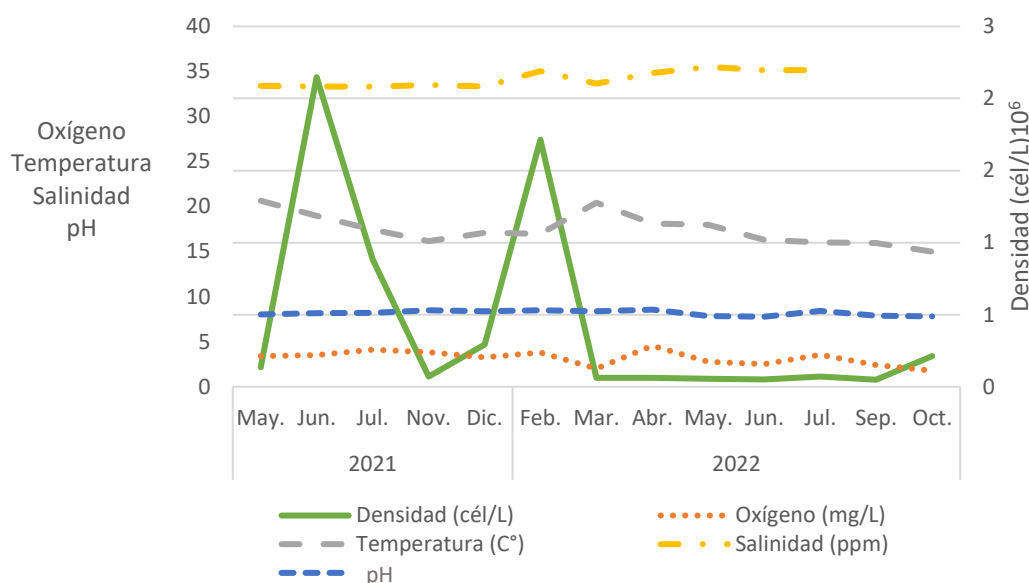
*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de San Pedro.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se debe a la ausencia de datos.

**Figura 20.**

*Variación temporal en valores medios de los parámetros y densidad total del fitoplancton en el área de Vichayo.*



*Nota.* Los espacios en blanco del parámetro salinidad se debe a la ausencia de datos.

#### **4.4. Correlación entre parámetros y la densidad de fitoplancton en las áreas de estudio.**

Los valores de correlación ( $R$ ) entre las especies y los factores abióticos, analizados por área de muestreo, se clasificaron en promedio como moderados. Sin embargo, se registraron correlaciones altas en casos específicos (Tabla 5):

Diatomeas y temperatura (+0.565) en Barrancos,

Dinoflagelados y pH (+0.634) en Chulliyachi,

Otros flagelados y temperatura (+0.603) en Constante.

Asimismo, se identificó una correlación negativa alta entre las diatomeas y la salinidad ( $-0.578$ ) en Vichayo.

**Tabla 5.**

Áreas predominantes de la correlación (Spearman) entre los parámetros y la densidad fitoplanctónica.

| Área         | División         | Parámetros  | Coef. de correlación | Sig. (bilateral) |
|--------------|------------------|-------------|----------------------|------------------|
| Barrancos    | Diatomeas        | Temperatura | + 0.565              | 0.23             |
| Chulliyachi  | Dinoflagelados   | Temperatura | + 0.449              | 0.028            |
|              |                  | pH          | + 0.634              | 0.001            |
| Constante    | Diatomeas        | Temperatura | + 0.441              | 0.031            |
|              | Otros flagelados | Temperatura | + 0.603              | 0.002            |
| Las Delicias | Diatomeas        | Temperatura | + 0.500              | 0.015            |
| Matacaballo  | Dinoflagelados   | Oxígeno     | + 0.437              | 0.029            |
|              |                  | Temperatura | + 0.440              | 0.028            |
| San Pedro    | Diatomeas        | Temperatura | + 0.504              | 0.024            |
| Vichayo      | Diatomeas        | Oxígeno     | + 0.488              | 0.018            |
|              |                  | Salinidad   | -0.578               | 0.01             |

## V. DISCUSIÓN

El análisis cuantitativo de los muestreos en las 9 áreas de la bahía de Sechura permitió conocer el comportamiento, composición y predominancia de los grupos que produjeron las FA en el periodo mayo 2021-noviembre 2022. De los 35 eventos, 26 fueron causados por diatomeas, 6 por otros flagelados, 2 por radofitas y 1 por dinoflagelados, lo que representa el 74%, 17%, 6% y 3% respectivamente (Fig. 10). Estos resultados sugieren que las diatomeas serían las principales causantes de FA, posiblemente por ser el grupo que engloba el mayor número de especies en la bahía, tal como lo indica Albañil (2013). Similares resultados reportaron Baylón *et al.* (2019) en la playa pescadores de Chorrillos, las diatomeas dominaron en cantidad (59.2 %), seguido de dinoflagelados (35.8 %), También Jacobo *et al.* (2021) en la bahía de Miraflores, donde las diatomeas fueron el taxón dominante (55.6 %), seguido de los dinoflagelados (38.7 %), otros (5.7 %), ambos casos en Lima (Perú)

Los valores de temperatura en este estudio oscilaron entre 22.60 °C y 14.75 °C, el oxígeno entre 7.95 mg/L y 1.79 mg/L y la salinidad entre 35.54 ppm y 32.28 ppm (Tabla 4), resultados que están dentro de los rangos mencionados en el estudio de línea base de la bahía de Sechura (IMARPE, 2007), donde se registró valores de temperatura superficial que oscilaron entre 21.0 °C a 24.6 °C, oxígeno entre 2.37 mg/L y 9.66 mg/L, y la salinidad de 34.955 ups a 35.104 ups. La diferencia significativa fue en el valor mínimo de la temperatura, esto podría deberse a que nuestros datos corresponden a las 4 estaciones climáticas, mientras que los resultados de IMARPE corresponde solo a verano.

Ochoa *et al.* (2010), correlacionaron los cambios de la TSM con los diferentes taxones de fitoplancton, ya que en los afloramientos durante los periodos fríos (13-16 °C) dominaron las diatomeas, mientras que, en los periodos cálidos dominaron los dinoflagelados, en contraste con nuestros resultados, las diatomeas fueron el grupo dominante y se encontraron en casi todo el año, mientras que las rafidofitas (tercer grupo dominante en las FA) se presentaron en el periodo de verano.

De acuerdo con Martínez (2018), en Sechura, se registró el nivel más alto de temperatura del agua, en febrero del 2017 (23.27°C), lo que se relacionó con el aumento de concentración de la diatomea *Pseudonitzschia seriata* y *Pseudonitzschia delicatissima*. Lo mencionado anteriormente concuerda con los resultados de este trabajo, ya que los

picos más altos de temperatura se registraron en el verano en marzo (tabla 4) y las FA en ese periodo, también fueron dominadas por los diatomeas y dinoflagelados.

Baylón (2019) en la playa de pescadores en Chorrillos, registró floraciones de diatomeas (*Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*), diatomeas (*Akashiwo sanguinea*, *Prorocentrum gracile*, *P. balticum*, *P. minimum*, *Scrippsiella acuminata*) rafidofitas (*Heterosigma akashiwo*), silicoflagelados (*Dictyocha fibula*), criptofitas (*Leucocryptos marina*) y nanoflagelados ( $< 20 \mu\text{m}$ ), estas alcanzaron densidades mayores a  $100 \times 10^3 \text{ cél/ L}$ . De todas las especies mencionadas anteriormente, es coincidente con las floraciones de *Heterosigma akashiwo*, que fue dominante en febrero del 2022 en Barrancos y Parachique, mientras que, *Thalassionema nitzschioides* produjo una FA en el mismo periodo (figura 11).

En San Pedro y Vichayo se reportó la dominancia de *Heterosigma akashiwo* y *Thalassionema nitzschioides* en otoño y verano en mayo del 2021 y enero del 2022. Además, algunos dinoflagelados presentaron abundancia en verano, mientras que las diatomeas fueron abundantes en verano y otoño (figura 11).

Por otro lado, Martínez (2018) menciona que en la bahía de Paracas las densidades más altas del fitoplancton potencialmente tóxico ocurrieron en verano (febrero/marzo), cuando la temperatura superficial alcanzó hasta los  $23.27^\circ\text{C}$ . También menciona que las diatomeas y los dinoflagelados fueron los grupos más representativos, coincidiendo con los resultados que muestran a las diatomeas como grupo dominante en las FA (figura 10)

McQuoid (2005) menciona que, si bien la temperatura y la luz pueden regular el desarrollo de algunas especies de fitoplancton, la salinidad también tiene gran importancia en la fisiología del plancton, ya que tiene injerencia en la germinación, el crecimiento y desarrollo de las FA. Los mismos parámetros que mostraron tener correlación con la densidad del fitoplancton (tabla 5).

Como se apreció en los resultados de este trabajo, no en todas las áreas de estudio hubo correlación entre los parámetros ambientales y la densidad de fitoplancton (tabla 5), debido a que éstas, pudieron ser influenciadas por otros factores. Cloern *et al.* (2005) menciona que la estratificación térmica es una condición para el desarrollo de FA, independientemente si la carga de nutrientes o temperatura son las adecuadas, ya que la acción del viento o de las mareas generan turbulencia, evitando la estratificación del agua y con ello la formación de FA.

En la base de datos proporcionada por SANIPES, no existe información sobre la dirección y velocidad de los vientos o sobre la presencia de una termoclina que ayude a explicar el comportamiento de las especies de fitoplancton de una población algal en este sentido tratándose de una información importante para modelar o advertir la presencia o desarrollo de una FA resulta recomendable que se incorpore estos parámetros como obligatorios en momentos de muestreo.

Más aún, los análisis de correlación demostraron que la temperatura es el parámetro que posee mayor relación con la densidad del fitoplancton en tres de las nueve áreas de estudio, teniendo una relación directa en todos los casos, lo que sugiere que la aparición de una FA está ligada al aumento de la TSM. Neyra (2015) menciona que la temperatura y salinidad son parámetros que influyen en la presencia y desarrollo del fitoplancton, siendo la temperatura un factor limitante para el crecimiento. Al igual que Martínez (2018) que también menciona que la temperatura es una de las variables oceanográficas importantes para la distribución y variación del fitoplancton. Baylón (2019) demostró que

existe una correlación positiva en la abundancia de euglenofitas, nanoflagelados y dinoflagelados con la temperatura.

La salinidad tiene efecto en la fotosíntesis, ya que la mayor parte del fitoplancton se desarrolla en salinidades mayores a 15 ppm Neyra (2015), además, Baylón (2019) demostró correlación positiva entre el grupo Raphidophyceae con la salinidad y oxígeno disuelto, esto coincide con lo mencionado por Vargo (2009) que concluye que la temperatura y salinidad junto con los nutrientes, influyen en la ocurrencia, duración, biomasa y distribución de las FA.

Si bien es cierto, según las pruebas de Spearman, la densidad del fitoplancton está relacionada con la temperatura, pH y salinidad (tabla 5) hay tener en cuenta que según Anderson (2014) el aporte o aumento de los nutrientes puede favorecer el desarrollo de las FA. Este autor menciona, por ejemplo, que la maricultura de moluscos de grandes densidades actúa como una fuente de nutrientes al medio debido a la acumulación de heces y la baja tasa de asimilación. Este también es un factor para evaluar ya que en las áreas de la bahía de Sechura se realiza el cultivo de concha de abanico lo que podría estar contribuyendo también con el aporte de nutrientes al medio. Baylón (2019) demostró que existe una correlación positiva en la abundancia de euglenofitas, nanoflagelados y dinoflagelados con la temperatura, mientras que el grupo Raphidophyceae se correlacionó con la salinidad y oxígeno disuelto.

Arteaga. *et al.* (2008) en la cuenca pacífica colombiana, mencionan que la abundancia de fitoplancton podría estar determinada por factores, como corrientes marinas, intensidad lumínica y nutrientes disponibles. Albañil (2013), reportó que la bahía recibe gran cantidad de afluentes por parte de la agricultura, plantas pesqueras, sanguaza de flotas pesqueras y de desembarcaderos, residuos urbanos y desechos de la planta de fosfatos.

Vargas y Mendoza (2017), reportaron que las áreas de Parachique y San Pedro reciben aguas domésticas, así como también la bahía recibe gran cantidad de afluentes de la agricultura, plantas pesqueras, sanguaza de flotas pesqueras, de desembarcaderos, y desechos de la planta de fosfatos, los cuales finalmente terminan aportando formas de nitrógeno y fósforo que alientan la formación de floraciones algales.

## VI. CONCLUSIONES

En el periodo mayo 2021-noviembre 2022 se presentaron 35 FA en la bahía de Sechura, 26 fueron causadas por diatomeas, 6 por flagelados no identificados, 2 por rafidofitas y 1 por dinoflagelados. La mayoría se presentaron en verano y las de mayor densidad en los meses de febrero y marzo.

Las especies causantes de las FA en el periodo mayo 2021-noviembre 2022 fueron, diatomeas (*Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros sp*, *Chaetoceros socialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*), dinoflagelados (orden Peridiniales), rafidofitas (*Heterosigma akashiwo*) y otros flagelados no identificados. Además, la densidad más alta (53034457 cél/L) fue causada por *Chaetoceros sp* en marzo del 2022 en el área de las Delicias.

Los valores promedios de los parámetros en la bahía de Sechura oscilaron entre 1.79 – 7.95 mg/L para el oxígeno disuelto; 14.75 – 22.60 °C para temperatura; 32.28 – 35.54 ppm para salinidad y 7.7 – 8.77 para los valores del pH.

Las diatomeas mostraron una correlación positiva alta con la temperatura (+0.565) en el área de Barrancos, mientras que en Vichayo presentaron una relación negativa alta (-0.578) con la salinidad. Por otro lado, los dinoflagelados exhibieron una correlación positiva alta con el pH (+0.634) en Chuliyachi. Asimismo, en la zona de Constante se registró una correlación positiva alta (+0.603) entre los flagelados no identificados y la temperatura.

## VII. RECOMENDACIONES

Para lograr que los datos sean lo más precisos se recomienda que la toma de muestras se realice en una misma hora del día, además para realizar un análisis más exhaustivo se podrían tomar datos sobre las corrientes marinas y los nutrientes presentes en la bahía, este último es un parámetro muy importante para la aparición y desarrollo de una FA.

Teniendo en cuenta que la bahía de Sechura recepciona temporalmente nutrientes procedentes de aguas fluviales, así como procedentes de la industria pesquera que disponen sus efluentes directamente a la bahía y por otro lado los nutrientes derivados del cultivo industrial de *Argopecten purpuratus* a través de las heces y pseudoheces, resulta de suma importancia que dentro de los parámetros a monitorear para comprender y gestionar las FA en la bahía, estos sean considerados como parámetros obligatorios a registrar durante los monitoreos.

SANIPES debería oficializar que en los monitoreos se incorpore también la iluminancia, dirección y velocidad de los vientos y las corrientes debido a que son parámetros muy importantes para el desarrollo de una FA.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albañil, M. (2013). Diagnóstico de la zona marino costera de Sechura. *Piura región*.
- Anderson, D., Burkholder, J., Cochlan, W., Glibert, P., Gobler, C., Heil, C., Kudela, R., Parsons, M., Rensel, J., Townsend, D., Trainer, V., Vargo, G. (2008). Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal regions of the United States. *Harmful Algae*, 8(1), 39-53. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.017>
- Anderson, D., Cembella, A & Hallegraeff, G. (2012). Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science*, 4, 143-176. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081121>
- Anderson, D. (2014). HABs in a changing world: a perspective on harmful algal blooms, their impacts, and research and management in a dynamic era of climatic and environmental change. 2012. 3-17.
- Arteaga, E., Rodríguez, E., Galeano, A. (2008). Distribución, abundancia y composición del fitoplancton y condiciones ambientales en la cuenca pacífica colombiana, durante enero- febrero de 2007. *Boletín Científico CCCP*, (15). 105-122. [https://doi.org/10.26640/01213423.15.105\\_122](https://doi.org/10.26640/01213423.15.105_122)

- Arteaga, E. y Perdomo, L. (2016). Distribución, frecuencia y abundancia del fitoplacton potencialmente toxígeno en la cuenca pacífica colombiana. *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras*, 45(1), 135-148. <http://dx.doi.org/10.25268/bimc.invemar.2016.45.1.635>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Baylón, M., Advíncula, O., Loyola, O., Norabuena, A. y Hernández-Becerril, D. (2019). Variación espacial y temporal del fitoplancton con énfasis en las floraciones algales frente a la playa de pescadores artesanales de Chorrillos / Lima / Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 133-143. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1332>
- Buschmann, A. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. *Fundación Terram*.
- Cabello, R., Tam, J. y Jacinto, M. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas (Pisco, Perú) en junio del 2000. *Revista peruana de biología*, 9(2), 49-65. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v9i2.2528>
- Cloern, James & Schraga, Tara & Lopez, Cary & Knowles, Noah & Labiosa, Rochelle & Dugdale, Richard. (2005). Climate anomalies generate an exceptional dinoflagellate bloom in San Francisco Bay. *Geophys. Res. Lett.* 32. <https://doi.org/10.1029/2005GL023321>.
- Du, X., Peterson, W., McCulloch, A. & Liu, W. (2011). An unusual bloom of the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* off the central Oregon, USA, coast in autumn 2009. *Harmful Algae*, 10(6), 784–793. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.06.011>
- Escribano, R. y Castro, L. (2005). Plancton y Productividad. En C. Werlinger. (Ed.) *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Tomo I.* (pp. 289-314). Departamento de Oceanografía Universidad de Concepción.
- FAO. (2011). Desarrollo de la acuicultura. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. No. 5, Supl. 4. 60p.
- Graco, M., Ledesma, J., Flores, G. y Girón, M. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista peruana de Biología*, 14(1), 117- 128.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M., (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill España
- Hernández. S., Gómez, F., y Verdugo., G. (2001). Dinámica del plancton en la región sur de la Corriente de California. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 15-30.
- Higuera, P. y Ortiz, J. (2007). Comportamiento del fitoplancton durante el evento enos en el océano pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 6, 5-15.
- IMARPE (2007). Estudio de línea base del ámbito marino de la bahía de Sechura 14 - 28 enero 2007.
- IMARPE (2020). Anuario científico tecnológico Vol 20, 2020

- Instituto del Mar del Perú [IMARPE]. (2022, 5 de agosto). *Imarpe registró floración algal en bahía de Sechura*. <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/586385-imarpe-registro-floracion-algal-en-bahia-de-sechura>
- Jacobo, N., Sánchez S., Bernalles A., Chang F., Flores G. (2021). Variabilidad estacional del fitoplancton y su asociación con parámetros físico-químicos, bahía de Miraflores (12°s). *Instituto del Mar del Perú*, 48(2). 173-185.
- Martínez, O. (2018) variación estacional del fitoplancton potencialmente tóxico frente a los parámetros ambientales y oceanográficos en el área de Atenas -bahía de Paracas. Tesis. Universidad Nacional Federico Villareal.
- McQuoid M. 2005. Influence of salinity on seasonal germination of resting stages and composition of microplankton on the Swedish west coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 289, 151-163.
- Neyra, V. (2015). Composición y abundancia de diatomeas y dinoflagelados potencialmente tóxicos en la bahía de Sechura, departamento de Piura – Perú. Tesis para obtener el título de biólogo pesquero. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo
- Ochoa N., Taylor M. H., Purca S. & Ramos E. (2010). Intra - and interannual variability of nearshore phytoplankton biovolume and community changes in the northern Humboldt Current system. *Journal of Plankton Research*, 32(6), 843–855.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2017). *Plan complementario de evaluación ambiental en la bahía de Sechura para el año 2017* (001). [http://visorsig.oefa.gob.pe/datos\\_de/PM0201/PM020102/02/PA/PA\\_0001-2017-OEFA-DE-CEAPIO.pdf](http://visorsig.oefa.gob.pe/datos_de/PM0201/PM020102/02/PA/PA_0001-2017-OEFA-DE-CEAPIO.pdf)
- Orozco, R., Quispe, Y., Lorenzo, A. y Zamudio, M. (2017). Asociación de floraciones de algas nocivas y *Vibrio spp.* En áreas de pesca y acuicultura de bivalvos de moluscos en las bahías de Sechura y Pisco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 111-116. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13111>
- Reguera. (2002). Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En E. Sar, M. Ferrario y B. Reguera. (Eds.). *Floraciones algales nocivas en el cono sur americano* (pp. 19-54). Instituto Español de Oceanografía.
- Reguera, B., Escalera, L., Pazos, Y. y Moroño, A. (2008). Episodios de fitoplancton tóxico en la ría de Vigo. En A. González-Garcés, F. Vilas y X. Álvarez. (Eds.). *La ría de*
- Sánchez, S., Delgado E., Bances, S., Quintana, P. y Huamani, A. 2015. Floraciones algales en aguas costeras del mar peruano Paita-Ilo. *Instituto del Mar del Perú*, 3.
- Sastre, A., Santinelli, N. y Ferrario, M. (2019). Floraciones algales nocivas. En A. Sastre. (Ed.). *Microalgas marinas tóxicas en aguas costeras de la provincia de Chubut* (5-18). Fondo Federal Pesquero.
- Sellner, K., Doucette, G. & Kirkpatrick, G. (2003). Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30(7), 383-406. <https://doi.org/10.1007/s10295-003-0074-9>
- Silva, S., Macuéria, M., Maurício, D., Ruby, C., Fernandes, M. y Coelho, P. (2018). Dinámica del fitoplancton y la variabilidad del clima en las costas de Angola. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 35(1), 9-12.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Brugère, C., Angel, D., Bailey, C., Black, K., Edwards, P., Costa-Pierce, B., Chopin, T., Deudero, S., Freeman, S., Hambrey, J., Hishamunda,

N., Knowler, D., Silvert, W., Marba, N., Mathe, S., Norambuena, R., Simard, F...Wainberg, A. (2008). Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. En D. Soto, J. Aguilar-Manjarrez, & N. Hishamunda. (Eds.). *Building an ecosystem approach to aquaculture* (pp. 15-35). FAO.

Vargas, R., Mendoza, E. (2017). Perturbación de fuentes contaminantes en la sostenibilidad de la Bahía de Sechura. *INFINITUM*. 7(1). 42-51. <https://doi.org/10.51431/infinitem.v7i1.60>

Vargo G.A. 2009. A brief summary of the physiology and ecology of *Karenia brevis* Davis (G. Hansen and Moestrup comb. Nov.) red tides on the West Florida Shelf and of hypotheses posed for their initiation, growth, maintenance, and termination. *Harmful Algae*, 8 (4): 573-584.

## IX. ANEXOS

**Tabla 6.**

*Densidad de los grupos taxonómicos en las floraciones algales durante el periodo de estudio.*

| ÁREA      | FECHA      | DIATOMEAS | DINOFLAGELADOS | SILICOFAGELADOS | RAFIDOFITAS | OTRO<br>FLAGELADOS | DEN. TOTAL |
|-----------|------------|-----------|----------------|-----------------|-------------|--------------------|------------|
| Barr.     | 8/6/2021   | 8587750   | 5400           | 760             | 0           | 94398              | 8688308    |
|           | 24/2/2022  | 40100     | 1369863        | 400             | 9248801     | 972016             | 11631179   |
|           | 10/3/2022  | 142800    | 2160           | 2880            | 0           | 7951483            | 8099323    |
|           | 7/4/2022   | 1712400   | 3680           | 0               | 0           | 1889260            | 3605340    |
|           | 19/5/2022  | 3080      | 680            | 0               | 0           | 1862357            | 1866117    |
| Chull.    | 8/6/2021   | 1335648   | 1200           | 0               | 0           | 111511             | 1448360    |
|           | 2/7/2021   | 2487483   | 1120           | 0               | 0           | 149580             | 2638183    |
|           | 21/7/2021  | 1198470   | 3520           | 0               | 0           | 36014              | 1238004    |
|           | 24/2/2022  | 1094233   | 816876         | 800             | 0           | 1299202            | 3211111    |
| Const.    | 9/3/2022   | 27100333  | 118655         | 0               | 8420550     | 955679             | 36595216   |
|           | 23/3/2022  | 2168164   | 640            | 0               | 0           | 26138              | 2194942    |
|           | 21/4/2022  | 1470573   | 0              | 0               | 0           | 202573             | 1673146    |
| Las Del.  | 30/6/2021  | 1824020   | 1060           | 0               | 0           | 103261             | 1928341    |
|           | 9/3/2022   | 53075858  | 4150           | 0               | 3050        | 2617366            | 55700424   |
|           | 21/4/2022  | 3912880   | 260            | 0               | 0           | 14646              | 3927786    |
| Mat.      | 8/6/2021   | 2419711   | 680            | 0               | 0           | 21849              | 2442240    |
|           | 24/2/2022  | 11567     | 3598341        | 0               | 0           | 744036             | 4353944    |
|           | 24/3/2022  | 1331159   | 200            | 0               | 60          | 150656             | 1482075    |
|           | 30/12/2021 | 1371156   | 1240           | 0               | 0           | 107821             | 1480217    |
| Parach.   | 11/2/2022  | 139842    | 3560           | 0               | 1172310     | 336532             | 1652244    |
|           | 25/2/2022  | 61240     | 445386         | 0               | 0           | 2813503            | 3320129    |
|           | 16/6/2021  | 3013346   | 5800           | 573             | 1520        | 23769              | 3045009    |
| Prto.Rico | 1/7/2021   | 2325983   | 3033           | 333             | 0           | 394761             | 2724110    |
|           | 20/7/2021  | 1662614   | 567            | 200             | 0           | 245967             | 1909347    |
|           | 15/12/2021 | 11307     | 640            | 93              | 0           | 1266663            | 1278703    |
|           | 9/2/2022   | 24000     | 2680           | 240             | 241773      | 976963             | 1245656    |

|           |            |         |        |      |         |         |           |
|-----------|------------|---------|--------|------|---------|---------|-----------|
| San Pedro | 26/2/2022  | 1406312 | 1960   | 373  | 0       | 2175994 | 3584640   |
|           | 28/5/2021  | 2867604 | 2760   | 680  | 620     | 97239   | 2968903   |
|           | 18/6/2021  | 1020425 | 360    | 0    | 0       | 25930   | 1046715   |
|           | 2/7/2021   | 1995373 | 9100   | 600  | 0       | 388959  | 2394032   |
|           | 29/12/2021 | 2565973 | 29750  | 150  | 0       | 302224  | 2898096   |
|           | 11/2/2022  | 307300  | 211834 | 240  | 1753377 | 3834376 | 6107126   |
|           | 25/2/2022  | 2614488 | 123458 | 0    | 0       | 580167  | 3318112.5 |
| Vich.     | 8/6/2021   | 3047543 | 1200   | 0    | 0       | 61585   | 3110328   |
|           | 16/6/2021  | 1160177 | 40     | 0    | 0       | 25930   | 1186147   |
|           | 20/7/2021  | 1143638 | 800    | 0    | 0       | 73030   | 1217468   |
|           | 24/2/2022  | 1549138 | 33700  | 1500 | 0       | 130691  | 1715029   |

**Tabla 7.**

*Valores de los parámetros y densidad total en todas las fechas de muestreo en las nueve áreas de estudio.*

| ÁREA        | FECHA DE MONITOREO | TRANSPARENCIA (m) | OXÍGENO SUP | TEMPERATURA SUP | SALINIDAD SUP | pH SUP | DENSIDAD TOTAL |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------|---------------|--------|----------------|
| BARRANCOS   | 25/05/2021         | 3.00              | 4.52        | 18.70           | 33.62         | 8.23   | 410008         |
| BARRANCOS   | 8/06/2021          | 4.00              | 4.26        | 19.20           | 33.40         | 8.13   | 8688308        |
| BARRANCOS   | 17/06/2021         | 3.00              | 2.35        | 18.25           | 33.32         | 8.19   | 228481         |
| BARRANCOS   | 30/06/2021         | 3.00              | 3.12        | 16.96           | 33.68         | 8.35   | 23364          |
| BARRANCOS   | 21/07/2021         | 4.00              | 4.36        | 17.25           | 33.29         | 8.19   | 271889         |
| BARRANCOS   | 16/11/2021         | 2.00              | 2.60        | 16.63           | 33.14         | 8.31   | 31332          |
| BARRANCOS   | 1/12/2021          | 3.00              | 2.52        | 18.55           | 33.38         | 8.55   | 8123           |
| BARRANCOS   | 15/12/2021         | 4.00              | 2.70        | 17.55           | 33.36         | 8.55   | 72013          |
| BARRANCOS   | 24/02/2022         | 1.50              | 4.54        | 16.91           | 35.21         | 8.40   | 11631179       |
| BARRANCOS   | 10/03/2022         | 1.50              | 2.45        | 24.02           | 35.06         | 8.66   | 8099323        |
| BARRANCOS   | 24/03/2022         | 2.00              | 5.13        | 19.15           | 32.27         | 8.31   | 404094         |
| BARRANCOS   | 7/04/2022          | 3.00              | 3.30        | 18.35           | 34.98         | 8.50   | 3605340        |
| BARRANCOS   | 19/05/2022         | 2.00              | 2.65        | 17.75           | 35.41         | 8.00   | 1866117        |
| BARRANCOS   | 2/06/2022          | 3.00              | 2.81        | 17.35           | 34.85         | 7.98   | 31446          |
| BARRANCOS   | 18/06/2022         | 4.00              | 2.72        | 16.81           | 35.20         | 8.15   | 36697          |
| BARRANCOS   | 29/06/2022         | 4.00              | 2.80        | 16.10           | 35.73         | 8.03   | 40728          |
| CHULLIYACHI | 27/05/2021         | 2.67              | 3.01        | 19.22           | 34.37         | 8.16   | 398043         |
| CHULLIYACHI | 8/06/2021          | 2.67              | 2.93        | 18.37           | 34.40         | 8.19   | 1448360        |
| CHULLIYACHI | 17/06/2021         | 2.67              | 3.07        | 19.45           | 34.58         | 8.13   | 243336         |
| CHULLIYACHI | 2/07/2021          | 3.00              | 2.88        | 19.53           | 34.33         | 8.23   | 921219         |
| CHULLIYACHI | 21/07/2021         | 3.50              | 3.06        | 20.09           | 34.13         | 8.16   | 814277         |
| CHULLIYACHI | 18/11/2021         | 3.00              | 3.00        | 19.36           | 34.16         | 8.27   | 12245          |
| CHULLIYACHI | 2/12/2021          | 3.67              | 2.85        | 18.99           | 34.18         | 8.13   | 89168          |
| CHULLIYACHI | 16/12/2021         | 3.00              | 3.16        | 16.78           | 33.44         | 8.16   | 762618         |
| CHULLIYACHI | 10/02/2022         | 1.67              | 4.07        | 19.59           | 35.19         | 8.43   | 358331         |
| CHULLIYACHI | 24/02/2022         | 1.63              | 3.82        | 20.07           | 35.16         | 8.48   | 3211111        |
| CHULLIYACHI | 10/03/2022         | 6.00              | 5.27        | 24.60           | 32.51         | 8.27   | 72750          |
| CHULLIYACHI | 24/03/2022         | 1.67              | 5.66        | 19.99           | 33.45         | 8.33   | 49522          |

|              |            |      |      |       |       |      |          |
|--------------|------------|------|------|-------|-------|------|----------|
| CHULLIYACHI  | 24/03/2022 | 1.67 | 5.66 | 19.99 | 33.45 | 8.33 | 49522    |
| CHULLIYACHI  | 7/04/2022  | 2.00 | 3.62 | 18.97 | 33.17 | 8.10 | 61344    |
| CHULLIYACHI  | 5/05/2022  | 1.33 | 6.45 | 19.64 | 34.97 | 8.51 | 293841   |
| CHULLIYACHI  | 19/05/2022 | 1.17 | 6.46 | 18.04 | 34.95 | 8.45 | 29024    |
| CHULLIYACHI  | 2/06/2022  | 2.00 | 4.60 | 17.24 | 35.10 | 8.52 | 43001    |
| CHULLIYACHI  | 18/06/2022 | 7.00 | 3.34 | 17.01 | 33.76 | 7.99 | 59917    |
| CHULLIYACHI  | 13/07/2022 | 2.17 | 3.21 | 16.74 | 35.46 | 7.97 | 153521   |
| CHULLIYACHI  | 30/07/2022 | 4.67 | 3.25 | 16.14 | 34.44 | 8.00 | 48952    |
| CHULLIYACHI  | 19/09/2022 | 2.83 | 3.11 | 16.35 | 32.75 | 7.97 | 45641    |
| CHULLIYACHI  | 27/09/2022 | 1.83 | 2.09 | 15.82 | *     | 7.96 | 101232   |
| CHULLIYACHI  | 7/10/2022  | 2.67 | 2.14 | 15.08 | 33.03 | 7.89 | 87625    |
| CHULLIYACHI  | 25/10/2022 | 2.50 | 2.03 | 15.83 | 33.04 | 7.89 | 50361    |
| CHULLIYACHI  | 7/11/2022  | 1.50 | 2.56 | 16.13 | 33.06 | 7.93 | 552689   |
| CONSTANTE    | 25/05/2021 | 3.00 | 2.82 | 21.50 | 34.60 | 7.96 | 455295   |
| CONSTANTE    | 3/06/2021  | 3.00 | 2.24 | 20.40 | 34.20 | 8.16 | 907383   |
| CONSTANTE    | 16/06/2021 | 3.00 | 2.46 | 20.42 | 34.30 | 8.40 | 105556   |
| CONSTANTE    | 30/06/2021 | 4.00 | 2.80 | 20.38 | 34.24 | 8.17 | 261434   |
| CONSTANTE    | 20/07/2021 | 4.50 | 2.96 | 20.14 | 34.18 | 8.14 | 691379   |
| CONSTANTE    | 17/11/2021 | 4.00 | 3.26 | 17.77 | 33.31 | 8.51 | 52261    |
| CONSTANTE    | 1/12/2021  | 3.50 | 2.02 | 16.50 | 35.20 | 8.18 | 12403    |
| CONSTANTE    | 15/12/2021 | 4.00 | 2.90 | 16.15 | 33.95 | 8.18 | 21367    |
| CONSTANTE    | 26/02/2022 | 3.00 | 3.24 | 18.30 | 33.26 | 8.31 | 470791   |
| CONSTANTE    | 9/03/2022  | 0.80 | 5.42 | 23.50 | 35.36 | 8.45 | 36595216 |
| CONSTANTE    | 23/03/2022 | 2.00 | 5.14 | 19.12 | 32.21 | 8.24 | 2194942  |
| CONSTANTE    | 6/04/2022  | 2.00 | 3.45 | 20.21 | 33.47 | 7.91 | 63839    |
| CONSTANTE    | 21/04/2022 | 1.50 | 3.20 | 16.33 | 33.35 | 7.90 | 1673146  |
| CONSTANTE    | 4/05/2022  | 2.00 | 5.88 | 19.14 | 35.11 | 8.49 | 85575    |
| CONSTANTE    | 18/05/2022 | 2.00 | 2.30 | 18.25 | 33.90 | 8.00 | 40616    |
| CONSTANTE    | 1/06/2022  | 2.00 | 5.77 | 15.99 | 35.01 | 8.44 | 45814    |
| CONSTANTE    | 29/06/2022 | 2.00 | 4.53 | 17.48 | 35.35 | 8.13 | 8603     |
| CONSTANTE    | 13/07/2022 | 6.00 | 3.83 | 16.68 | 34.73 | 8.46 | 155774   |
| CONSTANTE    | 25/07/2022 | 5.00 | 7.85 | 18.60 | 35.31 | 8.65 | 59850    |
| CONSTANTE    | 18/09/2022 | 3    | 1.9  | 17.4  | *     | 7.92 | 54382    |
| CONSTANTE    | 26/09/2022 | 3    | 3.55 | 15.48 | *     | 7.98 | 43688    |
| CONSTANTE    | 6/10/2022  | 3    | 2.46 | 15.1  | 33.12 | 7.94 | 26366    |
| CONSTANTE    | 21/10/2022 | 4    | 3.1  | 15.35 | 32.89 | 7.98 | 77253    |
| CONSTANTE    | 3/11/2022  | 3    | 3.11 | 15.3  | 33.04 | 7.95 | 50942    |
| LAS DELICIAS | 24/05/2021 | 3.00 | 3.00 | 19.45 | 33.55 | 8.24 | 67514    |
| LAS DELICIAS | 2/06/2021  | 3.00 | 2.88 | 19.37 | 35.05 | 8.21 | 527676   |
| LAS DELICIAS | 16/06/2021 | 3.00 | 3.01 | 19.25 | 35.00 | 8.32 | 253994   |
| LAS DELICIAS | 30/06/2021 | 2.50 | 3.03 | 18.15 | 34.95 | 8.13 | 1928341  |
| LAS DELICIAS | 20/07/2021 | 2.75 | 2.25 | 19.55 | 34.63 | 8.10 | 60440    |
| LAS DELICIAS | 18/11/2021 | 5.00 | 3.45 | 18.60 | 34.45 | 8.47 | 60658    |
| LAS DELICIAS | 2/12/2021  | 4.00 | 4.06 | 17.20 | 33.37 | 7.89 | 63425    |
| LAS DELICIAS | 16/12/2021 | 2.50 | 2.99 | 16.52 | 35.08 | 8.20 | 17567    |
| LAS DELICIAS | 26/02/2022 | 2.50 | 4.52 | 19.82 | 33.36 | 8.19 | 586088   |
| LAS DELICIAS | 9/03/2022  | 1.25 | 5.08 | 24.18 | 35.44 | 8.50 | 55700424 |
| LAS DELICIAS | 23/03/2022 | 2.00 | 5.24 | 19.18 | 32.23 | 8.25 | 313728   |

|              |            |      |       |        |        |       |         |
|--------------|------------|------|-------|--------|--------|-------|---------|
| LAS DELICIAS | 6/04/2022  | 4.50 | 3.61  | 20.13  | 33.37  | 7.92  | 65525   |
| LAS DELICIAS | 21/04/2022 | 3.50 | 3.25  | 16.31  | 33.39  | 7.89  | 3927786 |
| LAS DELICIAS | 4/05/2022  | 1.50 | 5.03  | 21.08  | 34.75  | 8.47  | 75539   |
| LAS DELICIAS | 18/05/2022 | 2.00 | 2.70  | 18.99  | 34.05  | 8.05  | 62359   |
| LAS DELICIAS | 1/06/2022  | 3.00 | 6.39  | 17.78  | 34.99  | 8.57  | 81262   |
| LAS DELICIAS | 29/06/2022 | 3.00 | 4.37  | 17.41  | 35.32  | 8.12  | 12083   |
| LAS DELICIAS | 25/07/2022 | 2.50 | 7.95  | 18.44  | 35.41  | 8.77  | 49323   |
| LAS DELICIAS | 18/09/2022 | 3    | 2.7   | 17.2   | *      | 8.005 | 133639  |
| LAS DELICIAS | 26/09/2022 | 3    | 2.66  | 15.705 | *      | 7.975 | 10404   |
| LAS DELICIAS | 6/10/2022  | 3    | 2.8   | 15.165 | 33.23  | 7.87  | 69730   |
| LAS DELICIAS | 21/10/2022 | 2.25 | 2.725 | 15.04  | 33.35  | 7.86  | 64925   |
| LAS DELICIAS | 3/11/2022  | 4    | 2.73  | 14.745 | 33.4   | 7.83  | 38601   |
| MATACABALLO  | 26/05/2021 | 2.00 | 3.02  | 19.60  | 34.25  | 8.37  | 135344  |
| MATACABALLO  | 8/06/2021  | 2.00 | 2.94  | 19.71  | 34.25  | 8.23  | 2442240 |
| MATACABALLO  | 17/06/2021 | 3.25 | 3.72  | 19.86  | 34.55  | 8.50  | 37291   |
| MATACABALLO  | 2/07/2021  | 1.50 | 2.86  | 19.23  | 34.25  | 8.30  | 206851  |
| MATACABALLO  | 21/07/2021 | 3.90 | 2.02  | 20.08  | 34.20  | 8.13  | 187559  |
| MATACABALLO  | 18/11/2021 | 2.50 | 2.45  | 19.37  | 34.21  | 8.15  | 23009   |
| MATACABALLO  | 2/12/2021  | 5.00 | 2.25  | 19.10  | 32.20  | 8.10  | 41136   |
| MATACABALLO  | 15/12/2021 | 4.25 | 2.95  | 16.60  | 34.10  | 7.98  | 18866   |
| MATACABALLO  | 28/12/2021 | 4.00 | 4.48  | 16.78  | 33.48  | 8.23  | 359525  |
| MATACABALLO  | 10/02/2022 | 2.00 | 4.14  | 19.20  | 35.27  | 8.33  | 72943   |
| MATACABALLO  | 24/02/2022 | 3.07 | 3.97  | 20.02  | 35.03  | 8.33  | 4353944 |
| MATACABALLO  | 10/03/2022 | 6.00 | 5.21  | 24.20  | 32.26  | 8.26  | 154799  |
| MATACABALLO  | 24/03/2022 | 2.00 | 5.41  | 21.01  | 34.87  | 8.44  | 1482075 |
| MATACABALLO  | 7/04/2022  | 2.50 | 4.14  | 20.06  | 33.51  | 8.07  | 103900  |
| MATACABALLO  | 5/05/2022  | 1.50 | 6.47  | 19.79  | 35.11  | 8.56  | 46953   |
| MATACABALLO  | 19/05/2022 | 3.25 | 6.16  | 19.08  | 34.90  | 8.48  | 661567  |
| MATACABALLO  | 2/06/2022  | 2.00 | 4.05  | 17.88  | 35.15  | 8.64  | 56461   |
| MATACABALLO  | 18/06/2022 | 5.50 | 3.47  | 17.01  | 33.96  | 8.01  | 32063   |
| MATACABALLO  | 30/06/2022 | 5.50 | 3.74  | 16.07  | 35.08  | 8.01  | 43017   |
| MATACABALLO  | 13/07/2022 | 2.25 | 3.11  | 16.62  | 35.54  | 8.06  | 150415  |
| MATACABALLO  | 20/09/2022 | 2.25 | 3.35  | 16.5   | 33.025 | 7.985 | 244920  |
| MATACABALLO  | 27/09/2022 | 1.75 | 2.05  | 15.83  | *      | 7.97  | 153118  |
| MATACABALLO  | 7/10/2022  | 2.75 | 2.22  | 15.06  | 33.1   | 7.91  | 102099  |
| MATACABALLO  | 25/10/2022 | 2.75 | 1.77  | 15.85  | 33.05  | 7.885 | 80102   |
| MATACABALLO  | 7/11/2022  | 1.25 | 1.92  | 16.03  | 33.045 | 7.885 | 67364   |
| PARACHIQUE   | 27/05/2021 | 3.00 | 4.42  | 19.51  | 33.40  | 8.17  | 51971   |
| PARACHIQUE   | 2/06/2021  | 3.25 | 3.94  | 18.59  | 33.57  | 8.31  | 116798  |
| PARACHIQUE   | 17/06/2021 | 3.00 | 3.15  | 18.89  | 33.34  | 8.25  | 272593  |
| PARACHIQUE   | 30/06/2021 | 3.25 | 3.16  | 18.31  | 33.39  | 8.23  | 361803  |
| PARACHIQUE   | 21/07/2021 | 3.25 | 4.04  | 18.17  | 33.88  | 8.31  | 493502  |
| PARACHIQUE   | 17/11/2021 | 4.00 | 3.78  | 16.33  | 33.82  | 8.31  | 39816   |
| PARACHIQUE   | 30/11/2021 | 4.00 | 3.02  | 17.12  | 33.61  | 8.25  | 36964   |
| PARACHIQUE   | 30/12/2021 | 2.00 | 3.56  | 16.21  | 34.17  | 8.10  | 1480217 |
| PARACHIQUE   | 11/02/2022 | 2.00 | 3.34  | 17.23  | 34.54  | 8.23  | 1652244 |
| PARACHIQUE   | 25/02/2022 | 2.00 | 3.80  | 18.41  | 33.40  | 8.07  | 3320129 |
| PARACHIQUE   | 8/04/2022  | 3.00 | 1.98  | 20.26  | 34.98  | 7.80  | 187047  |

|             |            |      |      |       |       |      |         |
|-------------|------------|------|------|-------|-------|------|---------|
| PARACHIQUE  | 23/04/2022 | 2.00 | 2.17 | 17.85 | 34.58 | 8.59 | 340940  |
| PARACHIQUE  | 6/05/2022  | 2.00 | 2.35 | 17.83 | 35.37 | 7.96 | 123523  |
| PARACHIQUE  | 20/05/2022 | 2.50 | 2.49 | 17.40 | 35.52 | 8.00 | 69737   |
| PARACHIQUE  | 3/06/2022  | 2.00 | 3.40 | 15.80 | 34.96 | 8.02 | 49296   |
| PARACHIQUE  | 12/07/2022 | 4.00 | 2.71 | 17.00 | 35.43 | 8.17 | 10163   |
| PARACHIQUE  | 8/10/2022  | 4.25 | 2.45 | 15.69 | *     | 7.84 | 246503  |
| PARACHIQUE  | 7/11/2022  | 4    | 2.31 | 16.08 | *     | 7.98 | 184782  |
| PUERTO RICO | 26/05/2021 | 3.17 | 3.41 | 19.42 | 33.74 | 8.30 | 262994  |
| PUERTO RICO | 3/06/2021  | 3.33 | 3.44 | 18.69 | 33.39 | 8.29 | 95232   |
| PUERTO RICO | 16/06/2021 | 4.17 | 2.95 | 18.39 | 33.49 | 8.25 | 3045009 |
| PUERTO RICO | 1/07/2021  | 2.83 | 3.25 | 17.40 | 33.45 | 8.23 | 2724110 |
| PUERTO RICO | 20/07/2021 | 2.33 | 4.59 | 17.28 | 33.71 | 8.44 | 1909347 |
| PUERTO RICO | 16/11/2021 | 2.33 | 4.59 | 15.24 | 33.71 | 8.44 | 83370   |
| PUERTO RICO | 1/12/2021  | 5.00 | 4.51 | 17.13 | 33.55 | 8.57 | 14428   |
| PUERTO RICO | 15/12/2021 | 4.33 | 3.88 | 17.87 | 33.46 | 8.77 | 1278703 |
| PUERTO RICO | 27/12/2021 | 4.33 | 3.68 | 16.47 | 33.57 | 8.18 | 101955  |
| PUERTO RICO | 9/02/2022  | 4.33 | 3.13 | 18.05 | 34.92 | 8.33 | 925537  |
| PUERTO RICO | 26/02/2022 | 2.50 | 3.25 | 18.63 | 35.40 | 8.54 | 3584640 |
| PUERTO RICO | 9/03/2022  | 4.33 | 4.08 | 21.66 | 32.16 | 8.19 | 303038  |
| PUERTO RICO | 23/03/2022 | 3.33 | 1.59 | 19.30 | 33.11 | 7.94 | 43876   |
| PUERTO RICO | 6/04/2022  | 1.00 | 4.52 | 20.00 | 34.49 | 8.51 | 9297    |
| PUERTO RICO | 21/04/2022 | 4.00 | 3.39 | 17.33 | 34.88 | 8.47 | 35653   |
| PUERTO RICO | 4/05/2022  | 3.67 | 4.35 | 16.83 | 34.24 | 8.24 | 194574  |
| PUERTO RICO | 18/05/2022 | 4.00 | 2.49 | 18.56 | 33.11 | 7.79 | 330946  |
| PUERTO RICO | 1/06/2022  | 4.50 | 2.69 | 17.87 | 34.83 | 7.99 | 256588  |
| PUERTO RICO | 20/06/2022 | 5.67 | 2.66 | 16.47 | 35.36 | 8.10 | 100684  |
| PUERTO RICO | 30/06/2022 | 4.17 | 3.32 | 16.82 | 35.61 | 7.86 | 124063  |
| PUERTO RICO | 19/09/2022 | 4.67 | 2.72 | 17.11 | *     | 8.17 | 132587  |
| PUERTO RICO | 26/09/2022 | 5.33 | 4.40 | 16.41 | *     | 8.04 | 126636  |
| PUERTO RICO | 6/10/2022  | 4.33 | 1.80 | 15.48 | *     | 7.72 | 226970  |
| PUERTO RICO | 25/10/2022 | 5.33 | 2.44 | 16.62 | *     | 7.93 | 3524865 |
| PUERTO RICO | 3/11/2022  | 3.67 | 2.29 | 16.07 | *     | 7.94 | 160497  |
| SAN PEDRO   | 28/05/2021 | 2.50 | 3.37 | 19.47 | 33.10 | 8.27 | 2968903 |
| SAN PEDRO   | 4/06/2021  | 2.50 | 3.05 | 19.11 | 33.20 | 8.51 | 48319   |
| SAN PEDRO   | 18/06/2021 | 3.25 | 3.08 | 19.34 | 34.14 | 8.14 | 548444  |
| SAN PEDRO   | 2/07/2021  | 3.75 | 3.92 | 19.33 | 33.58 | 8.25 | 2394032 |
| SAN PEDRO   | 16/07/2021 | 4.50 | 3.08 | 19.36 | 34.14 | 8.13 | 493502  |
| SAN PEDRO   | 19/11/2021 | 3.50 | 4.98 | 15.55 | 32.28 | 8.32 | 9744    |
| SAN PEDRO   | 3/12/2021  | 4.50 | 2.82 | 19.27 | 34.15 | 8.13 | 527288  |
| SAN PEDRO   | 17/12/2021 | 4.00 | 3.09 | 18.11 | 33.28 | 8.13 | 36474   |
| SAN PEDRO   | 29/12/2021 | 4.50 | 2.97 | 16.48 | 33.20 | 8.13 | 2898096 |
| SAN PEDRO   | 11/02/2022 | 3.50 | 3.51 | 18.29 | 35.10 | 8.29 | 6107126 |
| SAN PEDRO   | 25/02/2022 | 2.00 | 4.01 | 18.40 | 34.30 | 8.27 | 3318113 |
| SAN PEDRO   | 6/05/2022  | 2.50 | 2.63 | 18.61 | 31.73 | 8.40 | 82067   |
| SAN PEDRO   | 20/05/2022 | 1.25 | 2.80 | 16.38 | 33.15 | 7.83 | 72867   |
| SAN PEDRO   | 3/06/2022  | 3.00 | 3.85 | 15.76 | 33.87 | 7.90 | 96469   |
| SAN PEDRO   | 17/06/2022 | 2.00 | 3.28 | 16.99 | 33.83 | 7.97 | 70825   |
| SAN PEDRO 2 | 1/07/2022  | 2.75 | 3.40 | 16.78 | 35.56 | 8.04 | 123983  |

|             |            |      |      |       |        |       |         |
|-------------|------------|------|------|-------|--------|-------|---------|
| SAN PEDRO 2 | 15/07/2022 | 1.75 | 2.83 | 15.90 | 35.49  | 8.04  | 54953   |
| SAN PEDRO 2 | 27/07/2022 | 3.75 | 2.34 | 16.50 | 33.67  | 7.92  | 36994   |
| SAN PEDRO 1 | 23/09/2022 | 1.25 | 3.3  | 15.7  | *      | 7.89  | 503402  |
| SAN PEDRO 1 | 4/11/2022  | 2.5  | 2.35 | 15.81 | 32.995 | 7.925 | 123760  |
| VICHAYO     | 24/05/2021 | 5.00 | 3.40 | 20.65 | 33.42  | 8.01  | 135187  |
| VICHAYO     | 8/06/2021  | 4.00 | 3.59 | 19.40 | 33.22  | 8.21  | 3110328 |
| VICHAYO     | 16/06/2021 | 3.00 | 3.45 | 18.55 | 33.42  | 8.16  | 1186147 |
| VICHAYO     | 1/07/2021  | 3.00 | 3.95 | 17.35 | 33.18  | 8.10  | 551740  |
| VICHAYO     | 20/07/2021 | 2.50 | 4.29 | 17.55 | 33.45  | 8.29  | 1217468 |
| VICHAYO     | 17/11/2021 | 2.50 | 4.29 | 16.28 | 33.45  | 8.29  | 88057   |
| VICHAYO     | 30/11/2021 | 6.00 | 3.34 | 16.07 | 33.58  | 8.70  | 53125   |
| VICHAYO     | 15/12/2021 | 4.00 | 3.19 | 17.81 | 33.55  | 8.73  | 242098  |
| VICHAYO     | 27/12/2021 | 4.00 | 3.31 | 16.35 | 33.10  | 8.05  | 344229  |
| VICHAYO     | 24/02/2022 | 4.00 | 3.81 | 16.98 | 35.03  | 8.48  | 1715029 |
| VICHAYO     | 10/03/2022 | 7.00 | 2.37 | 23.90 | 33.79  | 8.81  | 66185   |
| VICHAYO     | 24/03/2022 | 6.00 | 1.67 | 16.96 | 33.49  | 7.98  | 55817   |
| VICHAYO     | 7/04/2022  | 4.00 | 4.54 | 18.12 | 34.81  | 8.56  | 62037   |
| VICHAYO     | 19/05/2022 | 6.00 | 2.75 | 17.98 | 35.51  | 7.85  | 55141   |
| VICHAYO     | 2/06/2022  | 5.00 | 2.75 | 17.04 | 34.91  | 7.99  | 54368   |
| VICHAYO     | 18/06/2022 | 6.00 | 2.48 | 16.21 | 35.36  | 7.76  | 49764   |
| VICHAYO     | 29/06/2022 | 6.00 | 2.35 | 15.68 | 35.15  | 7.57  | 47155   |
| VICHAYO     | 12/07/2022 | 7.00 | 4.10 | 16.87 | 35.18  | 8.38  | 84261   |
| VICHAYO     | 26/07/2022 | 6.00 | 3.01 | 15.19 | 35.10  | 8.44  | 56056   |
| VICHAYO     | 16/09/2022 | 6    | 1.68 | 15.94 | *      | 7.89  | 36372   |
| VICHAYO     | 27/09/2022 | 5    | 3.12 | *     | *      | 7.9   | 61158   |
| VICHAYO     | 7/10/2022  | 6    | 1.47 | 13.85 | *      | 7.65  | 100571  |
| VICHAYO     | 24/10/2022 | 5    | 2.1  | 16.14 | *      | 7.98  | 326519  |

*Nota.* Casillas con el símbolo \* se deben a que no se registraron datos en esa fecha.

**Tabla 8.***Análisis de correlación de Spearman en el área de Barrancos.*

|                 |                   |                             | Oxígeno | Temperatura       | Salinidad | pH    | Diatomeas         | Dinoflagelados    | Silicoflagelados  | Rafidofitas | Otros. flagelados |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|---------|-------------------|-----------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno           | Coefficiente de correlación | 1.000   | .029              | -.047     | -.122 | .391              | .143              | .172              | .364        | .197              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            |         | .914              | .863      | .652  | .134              | .597              | .525              | .166        | .464              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Temperatura       | Coefficiente de correlación | .029    | 1.000             | -.250     | .292  | .565 <sup>+</sup> | .171              | .343              | -.252       | .474              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .914    |                   | .350      | .273  | .023              | .526              | .193              | .346        | .064              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Salinidad         | Coefficiente de correlación | -.047   | -.250             | 1.000     | -.223 | -.229             | .369              | .318              | .308        | .321              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .863    | .350              |           | .407  | .393              | .160              | .230              | .246        | .226              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | pH                | Coefficiente de correlación | -.122   | .292              | -.223     | 1.000 | .168              | -.040             | .136              | .196        | .153              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .652    | .273              | .407      |       | .534              | .883              | .615              | .466        | .571              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Diatomeas         | Coefficiente de correlación | .391    | .565 <sup>+</sup> | -.229     | .168  | 1.000             | .452              | .472              | .028        | .403              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .134    | .023              | .393      | .534  |                   | .079              | .065              | .918        | .122              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Dinoflagelados    | Coefficiente de correlación | .143    | .171              | .369      | -.040 | .452              | 1.000             | .501 <sup>+</sup> | .422        | .379              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .597    | .526              | .160      | .883  | .079              |                   | .048              | .104        | .147              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Silicoflagelados  | Coefficiente de correlación | .172    | .343              | .318      | .136  | .472              | .501 <sup>+</sup> | 1.000             | .375        | .390              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .525    | .193              | .230      | .615  | .065              | .048              |                   | .153        | .136              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Rafidofitas       | Coefficiente de correlación | .364    | -.252             | .308      | .196  | .028              | .422              | .375              | 1.000       | .252              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .166    | .346              | .246      | .466  | .918              | .104              | .153              |             | .346              |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |
|                 | Otros. flagelados | Coefficiente de correlación | .197    | .474              | .321      | .153  | .403              | .379              | .390              | .252        | 1.000             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .464    | .064              | .226      | .571  | .122              | .147              | .136              | .346        |                   |
|                 |                   | N                           | 16      | 16                | 16        | 16    | 16                | 16                | 16                | 16          | 16                |

**Tabla 9.***Análisis de correlación de Spearman en el área de Chulliyachi.*

|                 |                   |                             | Oxígeno            | Temperatura        | Salinidad         | pH                 | Diatomeas          | Dinoflagelados     | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros. flagelados |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno           | Coefficiente de correlación | 1.000              | .531 <sup>++</sup> | .319              | .723 <sup>++</sup> | -.252              | .220               | .094             | .031        | -.207             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            |                    | .006               | .129              | .000               | .235               | .301               | .661             | .887        | .332              |
|                 |                   | N                           | 25                 | 25                 | 24                | 25                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Temperatura       | Coefficiente de correlación | .531 <sup>++</sup> | 1.000              | .211              | .734 <sup>++</sup> | .309               | .449 <sup>+</sup>  | -.025            | -.100       | -.177             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .006               |                    | .322              | .000               | .142               | .028               | .910             | .641        | .407              |
|                 |                   | N                           | 25                 | 25                 | 24                | 25                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Salinidad         | Coefficiente de correlación | .319               | .211               | 1.000             | .505 <sup>+</sup>  | .176               | .322               | .218             | .061        | -.172             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .129               | .322               |                   | .012               | .422               | .135               | .317             | .781        | .433              |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 24                | 24                 | 23                 | 23                 | 23               | 23          | 23                |
|                 | pH                | Coefficiente de correlación | .723 <sup>++</sup> | .734 <sup>++</sup> | .505 <sup>+</sup> | 1.000              | .146               | .634 <sup>++</sup> | .205             | -.183       | -.292             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .000               | .000               | .012              |                    | .498               | .001               | .337             | .393        | .166              |
|                 |                   | N                           | 25                 | 25                 | 24                | 25                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Diatomeas         | Coefficiente de correlación | -.252              | .309               | .176              | .146               | 1.000              | .518 <sup>++</sup> | .319             | -.103       | .170              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .235               | .142               | .422              | .498               |                    | .010               | .129             | .632        | .428              |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 23                | 24                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Dinoflagelados    | Coefficiente de correlación | .220               | .449 <sup>+</sup>  | .322              | .634 <sup>++</sup> | .518 <sup>++</sup> | 1.000              | .353             | .012        | .103              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .301               | .028               | .135              | .001               | .010               |                    | .090             | .955        | .632              |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 23                | 24                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Silicoflagelados  | Coefficiente de correlación | .094               | -.025              | .218              | .205               | .319               | .353               | 1.000            | .260        | .320              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .661               | .910               | .317              | .337               | .129               | .090               |                  | .219        | .127              |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 23                | 24                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Rafidofitas       | Coefficiente de correlación | .031               | -.100              | .061              | -.183              | -.103              | .012               | .260             | 1.000       | .331              |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .887               | .641               | .781              | .393               | .632               | .955               | .219             |             | .115              |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 23                | 24                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |
|                 | Otros. flagelados | Coefficiente de correlación | -.207              | -.177              | -.172             | -.292              | .170               | .103               | .320             | .331        | 1.000             |
|                 |                   | Sig. (bilateral)            | .332               | .407               | .433              | .166               | .428               | .632               | .127             | .115        |                   |
|                 |                   | N                           | 24                 | 24                 | 23                | 24                 | 24                 | 24                 | 24               | 24          | 24                |

**Tabla 10.**

*Análisis de correlación de Spearman en el área de Constante.*

|                 |                  |                             | Oxígeno           | Temperatura        | Salinidad         | pH                | Diatomeas          | Dinoflagelados | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros flagelados   |
|-----------------|------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------------|-------------|--------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación | 1.000             | .024               | .245              | .488 <sup>+</sup> | -.010              | -.077          | .014             | .342        | .049               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            |                   | .912               | .273              | .016              | .965               | .721           | .950             | .102        | .821               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación | .024              | 1.000              | .375              | .290              | .441 <sup>+</sup>  | .263           | .374             | .021        | .603 <sup>++</sup> |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .912              |                    | .085              | .169              | .031               | .213           | .072             | .922        | .002               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación | .245              | .375               | 1.000             | .461 <sup>+</sup> | .032               | -.046          | .273             | .380        | .088               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .273              | .085               |                   | .031              | .887               | .837           | .220             | .081        | .699               |
|                 |                  | N                           | 22                | 22                 | 22                | 22                | 22                 | 22             | 22               | 22          | 22                 |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación | .488 <sup>+</sup> | .290               | .461 <sup>+</sup> | 1.000             | .026               | .185           | .097             | .219        | .104               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .016              | .169               | .031              |                   | .904               | .386           | .652             | .305        | .627               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación | -.010             | .441 <sup>+</sup>  | .032              | .026              | 1.000              | .231           | .148             | .180        | .645 <sup>++</sup> |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .965              | .031               | .887              | .904              |                    | .277           | .491             | .400        | .001               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación | -.077             | .263               | -.046             | .185              | .231               | 1.000          | -.118            | .038        | .205               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .721              | .213               | .837              | .386              | .277               |                | .583             | .860        | .337               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación | .014              | .374               | .273              | .097              | .148               | -.118          | 1.000            | -.142       | .210               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .950              | .072               | .220              | .652              | .491               | .583           |                  | .507        | .324               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación | .342              | .021               | .380              | .219              | .180               | .038           | -.142            | 1.000       | .251               |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .102              | .922               | .081              | .305              | .400               | .860           | .507             |             | .237               |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación | .049              | .603 <sup>++</sup> | .088              | .104              | .645 <sup>++</sup> | .205           | .210             | .251        | 1.000              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .821              | .002               | .699              | .627              | .001               | .337           | .324             | .237        |                    |
|                 |                  | N                           | 24                | 24                 | 22                | 24                | 24                 | 24             | 24               | 24          | 24                 |

**Tabla 11.**

*Análisis de correlación de Spearman en el área de Las Delicias.*

|                 |                  |                             | Oxígeno            | Temperatura        | Salinidad          | pH                 | Diatomeas         | Dinoflagelados    | s  | Rafidofitas | s                 |
|-----------------|------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----|-------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación | 1.000              | .385               | .222               | .624 <sup>++</sup> | .313              | .126              |    | .257        | .165              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            |                    | .070               | .335               | .001               | .146              | .568              |    | .236        | .453              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación | .385               | 1.000              | .218               | .611 <sup>++</sup> | .500 <sup>+</sup> | .140              |    | .354        | .343              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .070               |                    | .343               | .002               | .015              | .523              |    | .098        | .109              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación | .222               | .218               | 1.000              | .605 <sup>++</sup> | .057              | -.067             |    | .369        | -.155             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .335               | .343               |                    | .004               | .806              | .773              |    | .099        | .503              |
|                 |                  | N                           | 21                 | 21                 | 21                 | 21                 | 21                | 21                | 21 | 21          | 21                |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación | .624 <sup>++</sup> | .611 <sup>++</sup> | .605 <sup>++</sup> | 1.000              | .372              | .007              |    | .306        | .114              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .001               | .002               | .004               |                    | .080              | .975              |    | .156        | .604              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación | .313               | .500 <sup>+</sup>  | .057               | .372               | 1.000             | .445 <sup>+</sup> |    | .354        | .359              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .146               | .015               | .806               | .080               |                   | .033              |    | .098        | .093              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación | .126               | .140               | -.067              | .007               | .445 <sup>+</sup> | 1.000             |    | .328        | .424 <sup>+</sup> |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .568               | .523               | .773               | .975               | .033              |                   |    | .126        | .044              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación |                    |                    |                    |                    |                   |                   |    |             |                   |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            |                    |                    |                    |                    |                   |                   |    |             |                   |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación | .257               | .354               | .369               | .306               | .354              | .328              |    | 1.000       | .354              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .236               | .098               | .099               | .156               | .098              | .126              |    |             | .098              |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación | .165               | .343               | -.155              | .114               | .359              | .424 <sup>+</sup> |    | .354        | 1.000             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .453               | .109               | .503               | .604               | .093              | .044              |    | .098        |                   |
|                 |                  | N                           | 23                 | 23                 | 21                 | 23                 | 23                | 23                | 23 | 23          | 23                |

**Tabla 12.***Análisis de correlación de Spearman en el área de Matacaballo.*

|                 |                  |                                              | Oxígeno            | Temperatura        | Salinidad          | pH                 | Diatomeas | Dinoflagelados    | s     | Rafidofitas | s     |
|-----------------|------------------|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|-------------------|-------|-------------|-------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | 1.000              | ,463 <sup>+</sup>  | ,449 <sup>+</sup>  | ,680 <sup>++</sup> | ,098      | ,437 <sup>+</sup> | -.142 | ,305        | ,267  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 |                  |                                              |                    |                    |                    |                    |           |                   |       |             |       |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,463 <sup>+</sup>  | 1.000              | ,191               | ,687 <sup>++</sup> | ,305      | ,440 <sup>+</sup> | ,057  | ,308        | ,108  |
|                 |                  | N                                            | ,020               |                    | ,370               | ,000               | ,138      | ,028              | ,788  | ,134        | ,606  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,449 <sup>+</sup>  | ,191               | 1.000              | ,598 <sup>++</sup> | ,033      | ,097              | ,045  | ,077        | ,109  |
|                 |                  | N                                            | ,028               | ,370               |                    | ,002               | ,878      | ,653              | ,834  | ,720        | ,613  |
|                 |                  | N                                            | 24                 | 24                 | 24                 | 24                 | 24        | 24                | 24    | 24          | 24    |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,680 <sup>++</sup> | ,687 <sup>++</sup> | ,598 <sup>++</sup> | 1.000              | ,236      | ,352              | ,113  | ,112        | ,156  |
|                 |                  | N                                            | ,000               | ,000               | ,002               |                    | ,255      | ,085              | ,590  | ,592        | ,457  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,098               | ,305               | ,033               | ,236               | 1.000     | ,096              | ,170  | ,178        | ,152  |
|                 |                  | N                                            | ,640               | ,138               | ,878               | ,255               |           | ,647              | ,417  | ,395        | ,467  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,437 <sup>+</sup>  | ,440 <sup>+</sup>  | ,097               | ,352               | ,096      | 1.000             | ,014  | -.066       | ,072  |
|                 |                  | N                                            | ,029               | ,028               | ,653               | ,085               | ,647      |                   | ,946  | ,753        | ,732  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | -.142              | ,057               | ,045               | ,113               | ,170      | ,014              | 1.000 | -.075       | ,198  |
|                 |                  | N                                            | ,500               | ,788               | ,834               | ,590               | ,417      | ,946              |       | ,721        | ,342  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,305               | ,308               | ,077               | ,112               | ,178      | -.066             | -.075 | 1.000       | ,388  |
|                 |                  | N                                            | ,138               | ,134               | ,720               | ,592               | ,395      | ,753              | ,721  |             | ,056  |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,267               | ,108               | ,109               | ,156               | ,152      | ,072              | ,198  | ,388        | 1.000 |
|                 |                  | N                                            | ,197               | ,606               | ,613               | ,457               | ,467      | ,732              | ,342  | ,056        |       |
|                 |                  | N                                            | 25                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25        | 25                | 25    | 25          | 25    |

**Tabla 13.***Análisis de correlación de Spearman en el área de Parachique.*

|                 |                  |                                              | Oxígeno            | Temperatura        | Salinidad          | pH                 | Diatomeas         | Dinoflagelados    | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros flagelados |
|-----------------|------------------|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | 1.000              | ,185               | -.578 <sup>+</sup> | ,452               | ,115              | ,174              | -.304            | -.091       | -.073            |
|                 |                  | N                                            |                    | ,463               | ,019               | ,060               | ,651              | ,491              | ,220             | ,720        | ,773             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,185               | 1.000              | -.437 <sup>+</sup> | ,218               | ,370              | ,242              | -.304            | -.327       | -.275            |
|                 |                  | N                                            | ,463               |                    | ,090               | ,386               | ,130              | ,334              | ,220             | ,185        | ,270             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | -.578 <sup>+</sup> | -.437 <sup>+</sup> | 1.000              | -.468 <sup>+</sup> | -.390             | -.262             |                  | ,084        | -.038            |
|                 |                  | N                                            | ,019               | ,090               |                    | ,067               | ,135              | ,326              |                  | ,757        | ,888             |
|                 |                  | N                                            | 16                 | 16                 | 16                 | 16                 | 16                | 16                | 16               | 16          | 16               |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,452               | ,218               | -.468 <sup>+</sup> | 1.000              | ,221              | ,072              | -.258            | -.170       | -.255            |
|                 |                  | N                                            | ,060               | ,386               | ,067               |                    | ,379              | ,776              | ,301             | ,501        | ,307             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,115               | ,370               | -.390              | ,221               | 1.000             | ,531 <sup>+</sup> | -.257            | ,106        | ,071             |
|                 |                  | N                                            | ,651               | ,130               | ,135               | ,379               |                   | ,023              | ,303             | ,676        | ,779             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | ,174               | ,242               | -.262              | ,072               | ,531 <sup>+</sup> | 1.000             | -.211            | ,093        | ,208             |
|                 |                  | N                                            | ,491               | ,334               | ,326               | ,776               | ,023              |                   | ,402             | ,715        | ,408             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | -.304              | -.304              |                    | -.258              | -.257             | -.211             | 1.000            | -.086       | ,351             |
|                 |                  | N                                            | ,220               | ,220               |                    | ,301               | ,303              | ,402              |                  | ,736        | ,154             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | -.091              | -.327              | ,084               | -.170              | ,106              | ,093              | -.086            | 1.000       | ,410             |
|                 |                  | N                                            | ,720               | ,185               | ,757               | ,501               | ,676              | ,715              | ,736             |             | ,091             |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) | -.073              | -.275              | -.038              | -.255              | ,071              | ,208              | ,351             | ,410        | 1.000            |
|                 |                  | N                                            | ,773               | ,270               | ,888               | ,307               | ,779              | ,408              | ,154             | ,091        |                  |
|                 |                  | N                                            | 18                 | 18                 | 16                 | 18                 | 18                | 18                | 18               | 18          | 18               |

**Tabla 14.**

*Análisis de correlación de Spearman en el área de Puerto Rico.*

|                 |                  |                             | Oxígeno | Temperatura | Salinidad | pH     | Diatomeas | Dinoflagelados | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros flagelados |
|-----------------|------------------|-----------------------------|---------|-------------|-----------|--------|-----------|----------------|------------------|-------------|------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación | 1.000   | .053        | -.038     | .680** | -.240     | -.155          | -.069            | -.144       | -.132            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            |         | .802        | .875      | .000   | .247      | .458           | .742             | .491        | .531             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación | .053    | 1.000       | -.367     | .333   | -.190     | -.009          | -.004            | -.129       | .065             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .802    |             | .112      | .104   | .362      | .965           | .984             | .540        | .757             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación | -.038   | -.367       | 1.000     | .157   | .239      | .096           | .325             | .332        | -.034            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .875    | .112        |           | .508   | .310      | .689           | .162             | .153        | .887             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 20        | 20     | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación | .680**  | .333        | .157      | 1.000  | -.215     | -.206          | -.051            | -.235       | -.048            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .000    | .104        | .508      |        | .301      | .324           | .810             | .259        | .819             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación | -.240   | -.190       | .239      | -.215  | 1.000     | .477*          | .629**           | .261        | .216             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .247    | .362        | .310      | .301   |           | .016           | .001             | .208        | .299             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación | -.155   | -.009       | .096      | -.206  | .477*     | 1.000          | .713**           | .128        | .359             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .458    | .965        | .689      | .324   | .016      |                | .000             | .541        | .078             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación | -.069   | -.004       | .325      | -.051  | .629**    | .713**         | 1.000            | .471*       | .363             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .742    | .984        | .162      | .810   | .001      | .000           |                  | .018        | .074             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación | -.144   | -.129       | .332      | -.235  | .261      | .128           | .471*            | 1.000       | -.083            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .491    | .540        | .153      | .259   | .208      | .541           | .018             |             | .695             |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación | -.132   | .065        | -.034     | -.048  | .216      | .359           | .363             | -.083       | 1.000            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .531    | .757        | .887      | .819   | .299      | .078           | .074             | .695        |                  |
|                 |                  | N                           | 25      | 25          | 20        | 25     | 25        | 25             | 25               | 25          | 25               |

**Tabla 15.**

*Análisis de correlación de Spearman en el área de San Pedro.*

|                 |                  |                             | Oxígeno | Temperatura | Salinidad | pH    | Diatomeas | Dinoflagelados | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros flagelados |
|-----------------|------------------|-----------------------------|---------|-------------|-----------|-------|-----------|----------------|------------------|-------------|------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coefficiente de correlación | 1.000   | .008        | .246      | .297  | .192      | .321           | .287             | -.090       | .246             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            |         | .972        | .310      | .203  | .418      | .168           | .220             | .705        | .296             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Temperatura      | Coefficiente de correlación | .008    | 1.000       | .127      | .542* | .504*     | .339           | .223             | .310        | .060             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .972    |             | .604      | .014  | .024      | .143           | .346             | .184        | .801             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Salinidad        | Coefficiente de correlación | .246    | .127        | 1.000     | -.192 | .206      | .033           | .177             | .180        | .240             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .310    | .604        |           | .432  | .397      | .894           | .469             | .462        | .323             |
|                 |                  | N                           | 19      | 19          | 19        | 19    | 19        | 19             | 19               | 19          | 19               |
|                 | pH               | Coefficiente de correlación | .297    | .542*       | -.192     | 1.000 | .106      | .317           | .229             | .145        | -.003            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .203    | .014        | .432      |       | .655      | .173           | .331             | .543        | .990             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Diatomeas        | Coefficiente de correlación | .192    | .504*       | .206      | .106  | 1.000     | .632**         | .455*            | .245        | .564**           |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .418    | .024        | .397      | .655  |           | .003           | .044             | .297        | .010             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Dinoflagelados   | Coefficiente de correlación | .321    | .339        | .033      | .317  | .632**    | 1.000          | .383             | .312        | .439             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .168    | .143        | .894      | .173  | .003      |                | .095             | .180        | .053             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Silicoflagelados | Coefficiente de correlación | .287    | .223        | .177      | .229  | .455*     | .383           | 1.000            | .317        | .493*            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .220    | .346        | .469      | .331  | .044      | .095           |                  | .173        | .027             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Rafidofitas      | Coefficiente de correlación | -.090   | .310        | .180      | .145  | .245      | .312           | .317             | 1.000       | .246             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .705    | .184        | .462      | .543  | .297      | .180           | .173             |             | .295             |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |
|                 | Otros flagelados | Coefficiente de correlación | .246    | .060        | .240      | -.003 | .564**    | .439           | .493*            | .246        | 1.000            |
|                 |                  | Sig. (bilateral)            | .296    | .801        | .323      | .990  | .010      | .053           | .027             | .295        |                  |
|                 |                  | N                           | 20      | 20          | 19        | 20    | 20        | 20             | 20               | 20          | 20               |

**Tabla 16.***Análisis de correlación de Spearman en el área de Vichayo.*

|                 |                  |                            | Oxígeno           | Temperatura       | Salinidad          | pH                | Diatomeas          | Dinoflagelados    | Silicoflagelados | Rafidofitas | Otros flagelados  |
|-----------------|------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Oxígeno          | Coeficiente de correlación | 1.000             | ,432 <sup>+</sup> | -.346              | ,597 <sup>+</sup> | ,488 <sup>+</sup>  | ,176              | ,317             | -.289       | ,236              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           |                   | ,045              | ,146               | ,003              | ,018               | ,422              | ,140             | ,181        | ,278              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Temperatura      | Coeficiente de correlación | ,432 <sup>+</sup> | 1.000             | -.347              | ,390              | ,081               | ,093              | -.136            | -.361       | ,353              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,045              |                   | ,146               | ,072              | ,721               | ,682              | ,546             | ,099        | ,107              |
|                 |                  | N                          | 22                | 22                | 19                 | 22                | 22                 | 22                | 22               | 22          | 22                |
|                 | Salinidad        | Coeficiente de correlación | -.346             | -.347             | 1.000              | -.088             | -,578 <sup>+</sup> | -.127             | ,244             |             | -.371             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,146              | ,146              |                    | ,721              | ,010               | ,604              | ,315             |             | ,118              |
|                 |                  | N                          | 19                | 19                | 19                 | 19                | 19                 | 19                | 19               | 19          | 19                |
|                 | pH               | Coeficiente de correlación | ,597 <sup>+</sup> | ,390              | -.088              | 1.000             | ,087               | ,398              | ,215             | -.376       | ,253              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,003              | ,072              | ,721               |                   | ,695               | ,060              | ,324             | ,077        | ,245              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Diatomeas        | Coeficiente de correlación | ,488 <sup>+</sup> | ,081              | -,578 <sup>+</sup> | ,087              | 1.000              | ,091              | ,295             | ,004        | ,264              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,018              | ,721              | ,010               | ,695              |                    | ,680              | ,172             | ,985        | ,223              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Dinoflagelados   | Coeficiente de correlación | ,176              | ,093              | -.127              | ,398              | ,091               | 1.000             | ,389             | -.273       | ,436 <sup>+</sup> |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,422              | ,682              | ,604               | ,060              | ,680               |                   | ,067             | ,208        | ,037              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Silicoflagelados | Coeficiente de correlación | ,317              | -.136             | ,244               | ,215              | ,295               | ,389              | 1.000            | -.161       | ,030              |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,140              | ,546              | ,315               | ,324              | ,172               | ,067              |                  | ,463        | ,890              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Rafidofitas      | Coeficiente de correlación | -.289             | -.361             |                    | -.376             | ,004               | -.273             | -.161            | 1.000       | -.085             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,181              | ,099              |                    | ,077              | ,985               | ,208              | ,463             |             | ,700              |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |
|                 | Otros flagelados | Coeficiente de correlación | ,236              | ,353              | -.371              | ,253              | ,264               | ,436 <sup>+</sup> | ,030             | -.085       | 1.000             |
|                 |                  | Sig. (bilateral)           | ,278              | ,107              | ,118               | ,245              | ,223               | ,037              | ,890             | ,700        |                   |
|                 |                  | N                          | 23                | 22                | 19                 | 23                | 23                 | 23                | 23               | 23          | 23                |