



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE PESQUERÍA Y
ZOOLOGÍA



TESIS

**Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los
parámetros fisicoquímicos en la Bahía Sechura, en los años 2018 y
2022**

**Presentada para optar el Título Profesional de
Licenciado en Ciencias Biológicas – Pesquería**

AUTOR

Br. Nuñez Faya Jose Eugenio

ASESOR

Dr. Jorge Antonio Fupuy Chung

Lambayeque - Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE PESQUERÍA Y
ZOOLOGÍA



TESIS

**Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros
fisicoquímicos en la Bahía Sechura, en los años 2018 y 2022**

Bach. Jose Eugenio Nuñez Faya

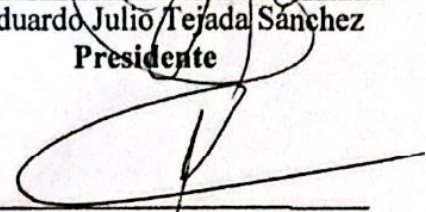
Presentada para optar el título profesional de Licenciado en Ciencias Biológicas –

Pesquería

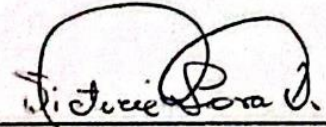
Aprobado por:



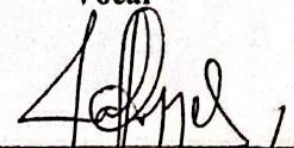
Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez
Presidente



Dr. Jorge Aurelio Oliva Nuñez
Secretario



Dra. María Victoria Lora Vargas
Vocal



Dr. Jorge Antonio Fupuy Chung
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 39-2026 / FCCBB-UI

Siendo las 11:00 horas del día 12 de junio de 2026, en la Sala de Sesiones - Sustentaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas se reunieron los miembros del Jurado designado mediante **Resolución N° 276-2023-VIRTUAL-FCCBB/D de fecha 17 de octubre de 2023 y aprobado mediante Resolución N° 019-2025-FCCBB/D, de fecha 20 de enero de 2025**, conformado por:

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez-Presidente
 Dr. Jorge Aurelio Oliva Núñez- Secretario
 Dra. María Victoria Lora Vargas- Vocal
 Dr. Jorge Antonio Fupuy Chung- Asesor

con la finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada: **Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros fisicoquímicos en la Bahía Sechura, en los años 2018 y 2022**, elaborada por el Bachiller JOSE EUGENIO NUÑEZ FAYA.

Sustentación reprogramada mediante **RESOLUCIÓN N°213-2026-FCCBB-D, de fecha 05 de junio de 2026** la misma que tuvo una duración de 30 minutos y luego de absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, obteniendo 14 puntos que equivale al calificativo de BUENO.

Por lo que el sustentante queda **APTO** para obtener el Título Profesional de **Licenciado en Ciencias Biológicas-Pesquería** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Biológicas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:15 horas se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez
 Presidente

Dr. Jorge Aurelio Oliva Núñez
 Secretario

Dra. María Victoria Lora Vargas
 Vocal

Dr. Jorge Antonio Fupuy Chung
 Asesor

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr(a). Jorge Antonio Fupuy Chung; usuario revisor del informe de tesis titulado: Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros fisicoquímicos en la Bahía Sechura, en los años 2018 y 2022, cuyo autor es, Bach. Jose Eugenio Nuñez Faya con DNI: 74414170; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de 13 %, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecida en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 12 de mayo del 2026



FIRMA
Jorge Antonio Fupuy Chung
DNI: 16720210
ASESOR

Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros fisicoquímicos en la Bahía Sechura, en los años 2018 y 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	5%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	revistas.unimagdalena.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	revistas.imarpe.gob.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.biorxiv.org Fuente de Internet	<1%
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
13	revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	revistas.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1%


 FIRMA
 Jorge Antonio Fupuy Chung
 DNI: 16720210
 ASESOR

15	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	"Determinación de la influencia de los factores ambientales en las proliferaciones algales fitoplanctónicas en la zona costera de Gandia", 'Universitat Politecnica de Valencia' Fuente de Internet	<1 %
17	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.subpesca.cl Fuente de Internet	<1 %
19	bdigital.dgse.uaa.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 15 words
Excluir bibliografía Activo


FIRMA
Jorge Antonio Pupuy Chung
DNI: 16720210
ASESOR



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: Jose Eugenio Nuñez Faya
 Título del ejercicio: Quick Submit
 Título de la entrega: Variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con lo...
 Nombre del archivo: TESIS_FINAL_2026.docx
 Tamaño del archivo: 779.37K
 Total páginas: 55
 Total de palabras: 10,304
 Total de caracteres: 59,482
 Fecha de entrega: 12-may-2026 01:49p. m. (UTC-0500)
 Identificador de la entrega: 2959564349



Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.


 FIRMA
 Jorge Antonio Fupuy Chung
 DNI: 16720210
 ASESOR

Índice

Índice de Tablas	9
Índice de Figuras.....	10
Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción	13
CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO	17
Antecedentes del Problema	17
<i>Eventos de Floración de Algas Nocivas en Algunos Mares del Mundo.</i>	<i>17</i>
<i>Estudios de Fitoplancton Potencialmente Tóxico</i>	<i>19</i>
<i>Estudios de Fitoplancton y Especies de Importancia Biológica en Floraciones</i>	
<i>Algales.</i>	<i>22</i>
<i>Especies de importancia biológica dentro de las FANs.....</i>	<i>24</i>
Bases Teóricas	25
<i>Floraciones de Fitoplancton en Perú y Algunas Regiones del Mundo</i>	<i>25</i>
Operacionalización o categorización de variables.....	28
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	29
Tipo y Diseño de Investigación	29
Población, Muestra y Muestreo	29
Metodología de Muestreo	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	33
Parámetros Físicoquímicos año 2018.....	33
Fitoplancton año 2018	34
Parámetros Físicoquímicos año 2022.....	40
Fitoplancton año 2022	41
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	51
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Referencias.....	55
Anexos	61

Índice de Tablas

Tabla 1: Especies registradas de la Bahía Sechura durante el año 2018.....	34
Tabla 2: Abundancia total (cel/L) de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018	36
Tabla 3: Prueba estadística SIMPER aplicada a las abundancias totales de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018	38
Tabla 4: Correlación SPEARMAN entre especies vs especies de la Bahía Sechura durante el año 2018	39
Tabla 5: Correlación SPEARMAN entre especies vs parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2018.....	40
Tabla 6: Especies registradas de la Bahía Sechura durante el año 2022.....	42
Tabla 7: Abundancia total (cel/L) de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022	44
Tabla 8: Prueba estadística SIMPER aplicada a las abundancias totales de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022	47
Tabla 9: Correlación SPEARMAN entre especies vs especies de la Bahía Sechura durante el año 2022	48
Tabla 10: Correlación SPEARMAN entre especies vs parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2022.....	50

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía de Sechura durante los años 2018 y 2022	31
Figura 2: Promedio de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2018.....	33
Figura 3: Abundancia registrada por grupo (cel/L) de la Bahía Sechura durante el año 2018	34
Figura 4: Abundancia del fitoplancton de la Bahía Sechura durante el año 2018	35
Figura 5: Clúster aplicado para la Tabla 2 de abundancia de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018	37
Figura 6: Promedios de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2022	41
Figura 7: Abundancia del fitoplancton (cel/L) de la Bahía Sechura durante el año 2022	42
Figura 8: Abundancia del fitoplancton de la Bahía Sechura durante el año 2022	43
Figura 9: Clúster aplicado para la Tabla 2 de abundancia de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022	45

Resumen

La presencia global del fitoplancton como parte principal de la cadena trófica marina está determinada en base a parámetros fisicoquímicos, que afectan su abundancia, riqueza espacial y temporal. Existen ciertas especies denominadas potencialmente tóxicas porque en grandes concentraciones pueden provocar efectos adversos al ecosistema, pudiendo llegar a afectar la vida humana. Por ello esta investigación estudió la variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros fisicoquímicos en la Bahía Sechura-2018 y 2022. Obteniendo información a través del repositorio de SANIPES, quién realizó los muestreos correspondientes, mismos que sirvieron para establecer la relación con los parámetros fisicoquímicos a través del método de correlación de Spearman. Se obtuvieron resultados donde se puede evidenciar mayor diversidad de especies para el año 2022, una de las cuales marcó una mayor predominancia para dicho año (*Heterosigma akashiwo*); no se comprobó la diferencia significativa de las abundancias para ambos años, siendo para el 2018 *Pseudo-nitzschia* sp. (Grupo delicatissima) la más abundante en primavera, y para el año 2022 *Heterosigma akashiwo* en verano. Se evidenció la afinidad de correlaciones entre diatomeas y entre dinoflagelados, así como también correlaciones con los parámetros fisicoquímicos como *Pseudo-nitzschia* sp. (Grupo delicatissima) con correlaciones positivas para temperatura y oxígeno, así como también *Heterosigma akashiwo* presentó correlaciones positivas para salinidad y también para oxígeno.

Palabras clave: Fitoplancton tóxico, Bahía de Sechura, parámetros físico-químicos, variación temporal.

Abstract

The global presence of phytoplankton as a main part of the marine trophic chain is determined based on physicochemical parameters, which affect its abundance, spatial and temporal richness. There are certain species that are called potentially toxic because, in large concentrations, they can cause adverse effects on the ecosystem, even affecting human life. Therefore, the objective of this research is to study the temporal variation of toxic phytoplankton and its relationship with physicochemical parameters in the Sechura Bay-2018 and 2022. Obtaining information through the SANIPES repository, which carried out the corresponding sampling, the same ones that served to establish the relationship with the physicochemical parameters through the Spearman correlation method. Results were obtained where a greater diversity of species for the year 2022 can be evidenced, one of which marked a greater predominance for said year (*Heterosigma akashiwo*); there was no significant difference in abundances for both years, being for 2018 *Pseudo-nitzschia sp. (Group delicatissima)* the most abundant in spring, and for the year 2022 *Heterosigma akashiwo* in summer. The affinity of correlations between diatoms and between dinoflagellates was evidenced, as well as correlations with physicochemical parameters such as *Pseudo-nitzschia sp. (Group delicatissima)* with positive correlations for temperature and oxygen, as well as *Heterosigma akashiwo* showed positive correlations for salinity and also for oxygen.

Keywords: Toxic phytoplankton, Sechura Bay, physicochemical parameters, temporal variation.

Introducción

El fitoplancton está presente en todo el mundo, abarcando la parte superior de la columna de agua que recibe mayor cantidad de luz y predominando en las zonas costeras. Las variaciones poblacionales del fitoplancton están relacionadas con procesos naturales y cambios estacionales que modifican la disposición de nutrientes y la iluminación e igualmente, parámetros cuantificables como la temperatura, salinidad, etc. (Suárez & Guzmán, n.d.).

Las microalgas son componentes principales del fitoplancton y a su vez productores primarios de las redes tróficas marinas, el crecimiento masivo da origen a las floraciones algales las cuales son parte de un fenómeno natural que contribuyen al equilibrio de los ecosistemas marinos y son generalmente producidas por microalgas pigmentadas (Reguera et al., 2011; Sastre et al., 2019).

No todas las floraciones de algas pueden ser beneficiosas para el ecosistema marino. En este sentido las floraciones algales nocivas (FAN) se consideran a la aparición de especies de fitoplancton nocivo que, aunque las concentraciones celulares sean bajas, puede repercutir en la salud humana y economía del sitio donde se producen, perjudicando así las actividades pesqueras, acuícolas y el turismo en zonas costeras (Martínez et al., 2017).

Así mismo existen especies de fitoplancton marino consideradas como potencialmente tóxicas ya que algunas especies producen toxinas en baja concentración debiendo contar con millones de células por litro para ser tóxicas, mientras que otras, con unos cuantos cientos de células por litro, resultan ser altamente perjudiciales (Hallegraeff, 1995; Van Egmond et al., 2005 como se citó en Herrera et al., 2008).

Existen diversos tipos de toxinas marinas que son transferidos por las especies de microalgas nocivas, se pueden encontrar productoras de toxinas paralizantes (*Gymnodinium*, *Alexandrium*), toxinas amnésicas (Diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*), toxinas diarreicas (Dinoflagelados del género *Dinophysis*). Además, la intoxicación de bivalvos por azaspirácidos se asocia al género *Protoperdinium* que se presenta generalmente en países como Irlanda, Escocia y Noruega y ocasiona la paralización de actividades de explotación de estos recursos, haciéndolos no aptos para consumo humano (Reguera, 2003).

Las floraciones microalgales ictiotóxicas que se liberan al medio acuático, son mortíferas para los peces de cultivo en jaulas marinas, siendo más conocidas aquellas que afectan a los salmones por la presencia de rafidofíceas, tales como *Heterosigma akashiwo*, en Chile donde se le conoce como marea café; asimismo, las especies del género *Chattonella* en el Golfo de California (México).

En casos de proliferación masiva las FAN presentan alto impacto económico a nivel mundial, provocando el cierre de amplias zonas dedicadas a la extracción de mariscos en Chile y provocando extensas vedas cautelares. El análisis del crecimiento de las FAN podría determinar no sólo cómo afecta a la producción actual de moluscos potencialmente transvectores de toxinas, sino también se podría prever en qué mercados se vería el impacto e identificar la cuantía (Sar et al., 2002).

Por su parte, el fitoplancton potencialmente tóxico es considerado aquel fitoplancton que no causa daño con solo estar presente en los ecosistemas marinos, si no que debería existir condiciones ambientales favorables para que este realmente pueda ser nocivo. Es muy importante la dinámica de los eventos de relajación de la fase de afloramientos y hundimientos ya que,

comprenderlos nos ayudarían a predecir la probabilidad de que el fitoplancton potencialmente toxico encuentre las mejores condiciones para su crecimiento, debido a que estos eventos promueven su proliferación (Detoni et al., 2024).

La Bahía de Sechura es una de las más importantes de la costa norte del Perú, en ella se puede obtener diversos recursos pesqueros, destacando las especies pelágicas tales como *Engraulis ringens* (anchoveta), *Trachurus picturatus murphyi* (jurel) y *Scomber japonicus peruanus* (caballa), esta zona también ofrece recursos demersales como *Epinephelus labriformis* (mero) y bentónicos (Tume et al., 2012) que actualmente han tomado relevancia, especialmente la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) dando paso a una importante actividad económica ya que se desarrolla el cultivo de esta especie en altas densidades debido a las características oceanográficas del lugar, destacando la alta producción de nutrientes que son aprovechados por los organismos lo que la hace vulnerable a las FAN, siendo de interés científico para comprender la dinámica en este ecosistema y garantizar la inocuidad alimentaria de estos recursos, es por esto que esta investigación se orienta a procesar y analizar la información acerca del fitoplancton y su relación con los parámetros fisicoquímicos, variaciones estacionales anuales y riqueza de especies FAN en la bahía de Sechura, para prever de situaciones que pongan en riesgo no solo la salud humana, sino también donde se vean inmersas las especies marinas y su impacto en el nivel socioeconómico.

Por lo cual se generó el siguiente problema de investigación: ¿Cómo es la variación temporal del fitoplancton tóxico y su relación con los parámetros físico-químicos en la Bahía Sechura en los años 2018 y 2022? Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos: El general, evaluar la variación temporal del fitoplancton tóxico en la Bahía Sechura (Piura) en los años 2018 y 2022; y los objetivos específicos: evaluar la composición y predominancia de especies del

fitoplancton tóxico, determinar la correlación del fitoplancton tóxico con los parámetros fisicoquímicos, analizar la densidad poblacional del fitoplancton tóxico y su relación con las estaciones anuales, y establecer la diferencia de abundancia del fitoplancton tóxico en los años 2018 y 2022.

Capítulo I. Diseño Teórico

Antecedentes del Problema

Eventos de Floración de Algas Nocivas en Algunos Mares del Mundo.

En Europa las floraciones algales nocivas (FAN) son un fenómeno recurrente en las Costas del Mar Báltico, este del mar del Norte, el Mar de Noruega y el mar de Barents donde se han ocasionado graves daños y pérdidas económicas en la actividad acuícola. En el norte de Europa, la especie *Pseudochattonella* ocasionó la muerte de especies silvestres como la caballa del Atlántico, el arenque y el pez aguja. La primera floración reportada fue en 1998 al este del mar del Norte, durante el periodo 2001-2019 causando la muerte de *Oncorhynchus mykiss* en aguas danesas (Karlson et al., 2021).

En la zona costera mediterránea de España se ha observado floración de las especies del género *Pseudonitzschia* (*P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. pungens*, *P. fraudulenta*, *P. multistriata*). En la costa mediterránea de Francia a mediados del 2006 también se reportó floraciones de *Pseudonitzschia* (*P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. pungens*, *P. pseudodelicatissima*). En el 2011 en el Delta del Ebro algunos criaderos de mejillón tuvieron que cerrar debido a las floraciones de *Dinophysis sacculus* por el peligro de las biotoxinas presentes en el agua (Tsikoti & Genitsaris, 2021).

Para África, exactamente en el puerto de Alejandría en 1994 se reportó el primer evento de FAN atribuido al dinoflagelado *Alexandrium minutum* y posteriormente en el año 2007 un evento FAN producido por *Alexandrium ostenfeldii* y *Peridinium quinquecorne* causaron la muerte de peces, decoloración del agua y como consecuencia impactos negativos en el sector turismo (Tsikoti & Genitsaris, 2021).

Entre los países asiáticos con reportes de FAN, tenemos a Filipinas que ha reportado FAN ocasionadas por los dinoflagelados, *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium spp.* las cuales han afectado durante el periodo de 2006 -2011 años las aguas de Sorsobon, y en el periodo de 2021-2023 en las aguas de Masbate y la bahía Murciélagos (Azanza et al., 2024).

En casi 10 años, entre 2000-2009 China reportó 800 brotes comparado a los 322 que se reportaron en 46 años en la década del 50 al 2000. En 2015 las FAN llegaron incluso a amenazar la seguridad de una planta nuclear china, al bloquear su sistema de refrigeración y poner en riesgo proyectos de ingeniería costera. China es el segundo país con más investigación científica en el campo de las FAN, estudiando principalmente los efectos nocivos en la acuicultura y la pesca. Desde el año 2000 hasta el 2022, el país asiático ha alcanzado 245 000 km² de área afectada por FAN, desde las costas del Mar de China Meridional hasta el Mar Yellow Septentrional y el Mar de Bohai (Yu et al., 2023).

En Sudamérica desde 1970 a 2019 se registraron 249 eventos con un total de 1432 cuadros de intoxicación en humanos incluyendo víctimas mortales; las especies reportadas fueron *Alexandrium catenella*, *Alexandrium tamarense*, *Dinophysis acuminata*, *Gymnodinium catenatum* y dos especies nuevas descritas para aguas brasileñas *Prorocentrum caipirignum*, *A. fragae* (Sunesen et al., 2021). El sector pesquero y turístico de Uruguay se vio afectado durante el periodo 1991-1997 por las grandes biomasas de FAN, generando pérdidas de U\$S 901 802 por la prohibición de comercialización de moluscos. Las FAN han ido en aumento hasta el año 2016, registrando especies altamente tóxicas y alcanzando una abundancia máxima reportada para *Alexandrium fraterculus*, por otra parte; *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis acuminata* y

Heterocapsa triquetra evidencian una mayor frecuencia de aparición debido al incremento de la TSM (Martínez et al., 2017).

En Argentina, en las zonas templadas y patagónicas se registraron floraciones de dinoflagelados a partir de 1990. La especie *Dinophysis tripos* fue reportada por primera vez en 2007 en la costa de la provincia de Chubut y tres años después especies de *Pseudo-nitzschia* fueron encontradas en moluscos (Sastre et al., 2019). Durante el periodo 2017- 2022 en Argentina, se observaron floraciones algales por dinoflagelados en 4 embalses predominadas por *Ceratium hirundinella*, *Ceratium furcoides* y *Microcystis sp* (Alvarez et al., 2024).

En 2004, en la localidad de Cholgo, Chile se reportó la floración de *Pseudochattonella sp.* y fue reportada en los siguientes años (2005, 2009, 2011 y 2016) este dinoflagelado fue responsable de la muerte de miles de salmones, siendo en el año 2016 la floración más masiva y el evento FAN con mayores daños y pérdidas de aproximadamente US\$ 800 millones reportados en la industria salmonera chilena (Mardones et al., 2019).

En las costas ecuatorianas durante el periodo 1997-2017 se registraron 67 eventos de FAN, entre ellas tóxicas y no tóxicas, atribuidos a la alta cantidad de biomasa de dinoflagelados (Borbor-Cordova et al., 2019).

Estudios de Fitoplancton Potencialmente Tóxico

En un estudio realizado por Martinez (2018) se determinó la variación estacional del fitoplancton frente a los parámetros fisicoquímicos para la zona de afloramiento de Atenas, bahía Paracas-Ica durante febrero del 2016 a abril del 2017. El estudio muestra una variación temporal bastante significativa entre los taxa de fitoplancton, siendo los más dominantes el grupo de dinoflagelados (resaltando *Alexandrium ostenfeldii*), los siguientes fueron las Rafidofíceas

(principalmente *Heterosigma akashiwo*) y finalmente el grupo de *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Pseudo-nitzschia seriata*. Se pudo observar que la mayor cantidad de fitoplancton tóxico (dinoflagelados), se presentó en el mes de marzo del 2017. Evidenciaron que previo al incremento de las densidades de fitoplancton tóxico existe un incremento de la temperatura, alegando que este parámetro es importante para la distribución del mismo.

Orozco et al. (2017) determinaron la presencia de *Vibrio spp.* en el agua durante eventos de floraciones algales y en períodos normales en las bahías Sechura y Pisco. En Sechura, *Pseudo-nitzschia seriata* y *Protoperdinium depressum* fueron las especies dominantes durante las floraciones algales y todo el período de estudio, en esta zona la temperatura osciló entre 21,8 y 25,3 °C. En Pisco, las especies como *Akashiwo sanguinea*, *Messodinium rubrum* y *Prorocentrum mínimum* y el dinoflagelado *Cochlodinium polikrykoides* fueron las que presentaron mayor dominancia. Reportando en mayo 2012, una floración algal asociada al dinoflagelado *Alexandrium peruvianum* Durante el periodo de esta investigación, en ambas bahías las coliformes totales fueron bajas < 2 – 23 MPN/100 mL, además, *Vibrio alginolyticus* fue la especie dominante seguido por *V. parahaemolyticus* demostrando la presencia en conjunto con la proliferación algal y asociado a la temperatura estacional.

En un estudio realizado por Baylón et al. (2019) donde determinaron la variación espacial y temporal de fitoplancton durante un año de tres estaciones de muestreo frente a la playa de pescadores artesanales de Chorrillos, Lima. Identificaron un total de 120 taxa, para las cuales, las diatomeas fueron las especies dominantes (59.2%) y dinoflagelados (35.6%). Donde no existió una variabilidad especial entre las variables fisicoquímicas y la abundancia fitoplanctónica; pero sí se mostró una variabilidad temporal corroborada por la correlación de Pearson, donde muestran una correlación positiva entre temperatura con los dinoflagelados, salinidad y oxígeno disuelto con

Raphidophyceae, temperatura y salinidad correlacionaron con Euglenophyta y finalmente temperatura y pH con nanoflagelados. Encontraron también floraciones algales nocivas (FAN) de diferentes especies a lo largo de la duración del estudio, donde la mayoría de las FAN tuvo duración de algunos días, con excepción de *Akashiwo sanguinea* y *Heterosigma akashiwo* donde tuvieron permanencia de alrededor de un mes.

Sánchez et al. (2021) registraron 40 floraciones algales nocivas entre diciembre 2016 y mayo 2017, como consecuencia del incremento anómalo de la temperatura superficial del mar durante el Niño costero, formadas por dinoflagelados flagelados y ciliados en ese orden respectivamente. Los autores registraron la presencia de *Noctiluca scintillans*, *Dinophysis acuminata* y *Prorocentrum cordatum* en Paita y Chimbote, mientras que los individuos de *Heterosigma akashiwo*, *Akashiwo sanguinea* y *Heterocapsa* sp. Fueron registradas en Callao y Pisco, los resultados determinaron que la abundancia de *H. akashiwo* y *Dinophysis* sp. Se correlacionaron de manera significativa con la TSM.

Bances (2020) realizó un estudio dirigido hacia especies potencialmente tóxicas y nocivas y su relación que existe con los parámetros ambientales, las estaciones de muestreo localizada en la Isla Lobos de Tierra tuvo predominancia de especies como *Chaetoceros curvisetus*, *C. compressus*, *Thalassiosira subtilis* y *T. angulata*, también registrándose grupo *Pseudo-nitzschia seriata* y *P. delicatissima* sin sobrepasar límites permisibles de control sanitario para México y Uruguay, también cerca a la próxima concesión para la actividad de maricultura, los grupos de *Pseudo-nitzschia* antes mencionados fueron encontrados en bajas concentraciones en las área de estudio mencionadas.

Estudios de Fitoplancton y Especies de Importancia Biológica en Floraciones Algales.

Montes et al. (2006) en su estudio para conocer la diversidad del fitoplancton en la zona de el Vichayo- Bahía de Sechura, realizaron muestreos mensuales en el año 2005 encontrando 26 géneros y 30 especies de Diatomeas, *Coscinodiscus* presentó 5 especies, *Chaetoceros* 4, *Pseudonitzschia* 3 y *Actinoptychus*, *Biddulphia* y *Grammatophora* cada uno con 2. La especie más abundante durante todo el año a excepción de abril fueron *Coscinodiscus granii*, *Grammatophora marina* no estuvo presente en junio y octubre, *Licmophora lyngbyei* en marzo, mayo y noviembre y *Thalassionema nitzschioides* en enero, octubre y noviembre. Asimismo, se hallaron 4 géneros y 23 especies de Dinoflagelados: *Protoperidinium* con 11 obtuvo la mayor cantidad seguido por *Ceratium* con 7, *Dinophysis* 4 y *Prorocentrum* 1 de las cuales *Ceratium furca* estuvo presente todo año excepto en julio, *Dynophysis caudata* no se registró en junio, julio y agosto; *Protoperidinium depressum* excepto en abril, julio y octubre y *P. oceanicum* excepto en marzo, julio y diciembre. También se registraron una especie de Silicoflagelados representados por, *Dyctyocha fibula*. Las diferentes especies encontradas a lo largo de la investigación su aparición se relaciona con la estación, naturaleza y temperatura.

Neyra (2015) determinó la composición y abundancia del fitoplancton tóxico en la Bahía de Sechura para esto recolectó muestras de agua en tres estaciones diferentes de las cuales se obtuvieron 6 géneros y 10 especies potencialmente tóxicas. Dentro del grupo de diatomeas que fue el dominante durante los meses de enero a junio estuvo representada por solo dos especies: *Pseudo nitzchia cf. seriata* y *Pseudo nitzchia cf. delicatissima*, las mismas que obtuvieron su pico más alto en marzo y abril respectivamente con 18 080 cel./l. En el grupo de Dinoflagelados predominaron 5 géneros y 8 especies de estas *Prorocentrum minimum* presentó su pico más alto durante el mes de enero con 640 cel./l, seguido de *Azadinium spinosum* con 440 cel./l en el mes de mayo, por su

parte el género *Dinophysis* estuvo representado por la especie *D. caudata* con 240 cel./l en el mes de febrero, *Alexandrium* y *Protoperidinium* fueron los géneros menos abundantes teniendo a *Alexandrium minutum* presente en el mes de abril con 40 cel./l y a *Alexandrium peruvianum* con 160 cel./l en el mes de enero y *Protoperidinium crassipes* se presentó en el mes de junio con 120 cel./l.

En la bahía de Samanco, Alva (2018) realizó un estudio del fitoplancton tóxico en dos estaciones y en tres estratos de profundidad para determinar la composición, distribución y abundancia del fitoplancton tóxico y su variación temporal en relación con los parámetros físico-químicos del mar. Los resultados muestran en total 11 especies de fitoplancton tóxico, correspondiendo a diatomeas, dinoflagelados y fitoflagelado, las especies que permanecieron durante los dos años de estudio fueron *Pseudonitzschia delicatissima*, *Pseudonitzschia pungens*, *Dinophysis caudata*, *Prorocentrum mínimum*, durante las estaciones de otoño e invierno sus densidades disminuyeron significativamente. Existiendo diferencia significativa de las densidades entre los meses de estudio, y entre los estratos de profundidad; no existió diferencia significativa en las densidades en ambas estaciones. Las mayores abundancias de fitoplancton se registraron durante las estaciones de primavera y verano siendo estas *P. delicatissima*, *P. pungens*, *Gymnodinium impudicum* y *P. mínimum*, así como la especie *Heterosigma akashiwo* que se presentó sólo en dos fechas con altas densidades.

De la misma manera, Villegas (2018) en Bahía de Samanco estudió la presencia del género *Pseudo-nitzschia* y el impacto que ejerce sobre *Argopecten purpuratus* (concha de abanico). Realizando una recolección de muestras a 8 metros de profundidad durante 5 meses, donde se pudieron identificar microalgas *Pseudo-nitzschia* grupo *delicatissima* (PNGD) y *Pseudo-nitzschia*

grupo *seriata* (PNGS), relacionadas con las variaciones de temperatura y oxígeno. El grupo PNGD, tuvo mayor presencia en la bahía de Samanco relacionada mayormente a la disminución del oxígeno. El autor logro caracterizar mediante microscopia electrónica de barrido a la especie *Pseudo-nitzschia subpacífica*. No reportó ácido domoico (AD), la presencia de estos géneros de *Pseudo-nitzschia* no generó impactos negativos en la población de *A. purpuratus*.

Especies de importancia biológica dentro de las FANs.

Reguera (2003), en su estudio sobre la Biología, autoecología y toxinología de las principales especies del género *Dinophysis* asociadas a episodios de Intoxicación Diarreogénica por Bivalvos (DSP), nos menciona que dentro de las Floraciones Algas Nocivas (FAN) no es necesario que estas formen grandes acumulaciones visibles en el mar, sino que dentro de concentraciones que abarquen los 10^2 - 10^4 células por litro también pueden constituir un peligro para la salud humana, tal es el caso del género *Dinophysis*. Estas algas nocivas producen toxinas de tipo diarreogénico (DSP), y junto con *Pseudo-nitzschia spp.* que produce toxinas de tipo amnésico (ASP), son consideradas un principal problema para la maricultura y piscicultura por tener una extensa distribución y amplia duración de floración.

En un estudio publicado por, Moreira (2013), analiza el Florecimiento de la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia cf. multistriata* en aguas cubanas, trabajó en la Bahía de Cienfuegos donde se observó una floración algal el 20 de abril del 2009 con un área de 200 m², se examinó la muestra, donde las algas dominante son las diatomeas, llegando a una densidad total de 1.54×10^7 cel/L. encontrando como especies a *Cyclotella sp.*, *Pseudo-nitzschia cf. multistriata*, *Nitzschia longissima*, *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)*, entre otros. Reportándose por primera

vez a *Pseudo-nitzschia cf. multistriata* en aguas cubanas. Y aunque existen reportes de *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* como especie potencialmente tóxica, en este estudio a pesar de encontrar altas tasas de densidad de diatomeas, no hubo reportes de efectos tóxicos respecto a la fauna marina, ni para casos humanos.

En cambio, Mora et al. (2015), presenta otra perspectiva sobre el monitoreo de las floraciones algales nocivas (FAN), con su estudio Evaluación y validación de la prueba de qPCR para el control y monitoreo de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* en las Bahías de Guaynuna y Salinas - Perú, en donde tras la preocupación de lo que abarca una FAN, se buscan nuevas metodologías para poder identificar a estas especies y prevenir intoxicaciones que podrían ocasionar. En este caso se recolectó una muestra quincenalmente desde noviembre del 2012 a noviembre del 2013, identificando a *Pseudo-nitzschia* a través de una técnica molecular que consta en qPCR en tiempo real, utilizando el marcador ITS-5.8S rDNA. En este estudio se mostró ser altamente sensible (100%) y una alta especificidad (89%) para la identificación de *Pseudo-nitzschia*. A través de este método se pudo detectar mayores densidades en los meses pertenecientes a primavera y verano 2013 con un total de $2,91 \times 10^5$ cel /L. para la Bahía de Guaynuna, en cambio para la Bahía de Salinas, se mostraron mayores abundancias para los meses de noviembre y diciembre, llegando a $1,57 \times 10^5$ cel/L.

Bases Teóricas

Floraciones de Fitoplancton en Perú y Algunas Regiones del Mundo

Existen dos tipos de floraciones de algas y ambas serán definidas a continuación:

Definición de Fitoplancton Potencialmente Tóxico (FPT). Son aquellos organismos componentes del fitoplancton que generan toxinas y su producción varía dependiendo de condiciones ambientales, pero que deben contar con millones de células por litro para ser tóxicas debido a que generan toxinas en muy bajas concentraciones y que para algunos casos la fabrican como compuesto defensa. Además, que la abundancia de estos organismos varía estacionalmente según la disponibilidad de nutrientes que permitan mantener la tasa de crecimiento (Bances, 2020; Yap-Dejeto & Batula, 2016). A continuación, se describen algunas especies de fitoplancton potencialmente tóxico de importancia ecológica:

Alexandrium spp. Es un género de dinoflagelados marinos más estudiados, con al menos 4 tipos de ficotoxinas que incluye especies tóxicas que producen floraciones y se distribuye por todo el mundo, en *A. minutum* las características ambientales impulsan y promueven las floraciones y su toxicidad, una de ellas es la temperatura del agua y otra el caudal del río. Mientras que *A. catenella* es causante de mortandad en piscifactorías de salmón. así también, estos factores influyen en la duración de sus floraciones. Otras especies como *A. ostenfeldii* son considerados la misma especie junto con *A. peruvianum*, dinoflagelados que generan espirolidos y gymnodiminas, neurotoxinas que contaminan mariscos (Fuentes et al., 2008; Guallar et al., 2017; Shumway et al., 2018, p.563).

Heterosigma akashiwo. Son organismo fototáticos y se acumulan principalmente en la superficie del agua, su presencia en elevadas concentraciones genera en el agua coloración marrón, impactando sobre organismo de importancia económica como camarones, ostras y peces, no tiene toxina central, más bien su toxicidad se debe a especies reactivas de oxígeno, esta microalga debe ser observada en vivo para una identificación positiva (Shumway et al., 2018).

Pseudo-nitzschia (grupo seriata, grupo delicatissima). Este género se caracteriza porque la mitad de las especies pertenecientes a este grupo son tóxicas y de difícil identificación, debido a la cantidad de especies que existen para el género, usándose técnicas moleculares y microscopia electrónica para la identificación, el problema de sus especies tóxicas es la alta mortalidad que genera en zonas de pesca, por la presencia de la neurotoxina que generan llamada ASP o ácido domoico, esta toxicidad puede ser generada por el crecimiento lento y las condiciones de estrés que causan la falta de sílice y fósforo (Shumway et al., 2018 ,p. 633).

Dinophysis. Esta microalga es un dinoflagelado, productor de la toxina llamada ácido okadaico, y derivados como dinofisistoxinas (DTX) y pectenotoxina toxinas que se pueden detectar utilizando una prueba de ELISA, todas estas toxinas causantes de diarreas (DSP), lo parámetros como temperatura del agua y la salinidad, influyen en su abundancia y dinámica. Especies como *Dinophysis acuminata* se alimentan de ciliados para su crecimiento, en ocasiones esta especie es confundida con *D. sacculus* y *D. tripos* (Hattenrath-Lehmann et al., 2015; Shumway et al., 2018, p.597).

Definición de Floraciones Algales Nocivas (FAN)

Conocida también como FAN o HAB (harmful algal bloom) en inglés, son eventos que se caracterizan por la rápida acumulación de toxinas y metabolitos nocivos generado por una gran biomasa de microalgas. Su proliferación masiva produce un cambio de color en el agua que es observado a simple vista considerándose, así como “mareas rojas”, que generan gran impacto ecológico como la muerte de organismo acuáticos del medio marino, alteración de la estructura trófica de los ecosistemas marinos y daño en la salud pública (Gokul et al., 2019). En realidad las FAN pueden tomar diversas coloraciones desde café, amarillas, verdes hasta el conocido color rojo que toma el nombre de hemotalias y que engloba a las floraciones que causan el característico tono rojizo, que pueden ser tóxicas o no (Sar et al., 2002; Villegas, 2018).

Operacionalización o categorización de variables

TIPO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
VARIABLE DEPENDIENTE	Fitoplancton tóxico	Densidad poblacional	cel/ml
VARIABLE INTERVINIENTE	Tiempo	Estaciones	–
VARIABLE INDEPENDIENTE	Parámetros físico-químicos	Temperatura	°C
		Oxígeno disuelto	mg/L
		Salinidad	ppm
		pH	–

Capítulo II. Diseño Metodológico

Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, y el diseño de contrastación de hipótesis es de Una Sola Casilla y Ex post-facto dado que se analizará la abundancia y diversidad de fitoplancton tóxico de los años 2018 y 2022 y su relación con los parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura, publicados en el repositorio de la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES), del cual se obtuvo el permiso correspondiente para el procesamiento de los datos (Anexo 01).

Población, Muestra y Muestreo

La muestra y población son del mismo tamaño porque se trabajará con toda la data existente en el repositorio de la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES) de los años 2018 y 2022 para la Bahía Sechura.

La Bahía Sechura se ubica en la provincia Sechura a la parte litoral en el departamento de Piura. Se le atribuye una productividad biológica importante y alta diversidad marina, destacándose por la maricultura especialmente de concha de abanico *Argopecten purpuratus* y una actividad extractiva artesanal de recursos bentónicos.

Los muestreos realizados por la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES) constan de 8 estaciones que miden los parámetros fisicoquímicos inherentes del mar y la abundancia del fitoplancton presente. Las ocho estaciones están distribuidas de la siguiente manera: Estación 05-C SECH (Latitud: 05°36'36.00"; Longitud: 80°56'27.60"), Estación 06-A SECH (Lat: 05°40'58.80" Long: 80°53'24.00"), Estación 07-B SECH (Lat: 05°43'12.00" Long: 80°53'01.20"), Estación 08-C SECH (Lat: 05°44'51.45" Long: 80°54'48.03"),

Estación 09-A SECH (Lat: 05°47'33.62" Long: 80°55'44.87"), Estación 10-C SECH (Lat: 05°48'54.58" Long: 80°57'44.38"), Estación 11-C SECH (Lat: 05°48'42.05" Long: 81°00'06.30"), Estación 12-B SECH (Lat: 05°32'32.02" Long: 80°57'30.23") (Figura 1)

El monitoreo para la detección de fitoplancton potencialmente tóxico por parte de la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES) es de tipo cualitativo y se llevó con una frecuencia semanal. Para medir la profundidad de la estación se usó una sondaleja, y los parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno, temperatura y salinidad) mediante un equipo multiparámetro conforme a la Resolución de Dirección Ejecutiva N.º 018-2018-SANIPES/DE (Toma y envío de muestras de moluscos bivalvos vivos y agua de mar de las áreas de producción). Para el caso de la toma de muestras de fitoplancton, se realiza con una red de malla estándar con una abertura de 25cm. de diámetro y un largo de 70cm. y con una abertura de malla de 10 μ ., el inspector a cargo realiza un arrastre vertical con la red de plancton en la estación de muestreo, la muestra se colecta en un frasco para soporte taxonómico; en el caso del análisis cuantitativo de fitoplancton se realiza mediante un muestreo integrado de la columna de agua con manguera que debe bajar hasta un metro del fondo de la estación, las muestras se colocan en frascos llenados hasta un 80% de su capacidad y añadiendo 0.3 a 0.5 ml de lugol por cada 100ml. De muestra para su preservación tal y como lo indica la Resolución de Dirección Ejecutiva N.º 018-2018-SANIPES/DE (Toma y envío de muestras de moluscos bivalvos vivos y agua de mar de las áreas de producción) y el Instructivo: Verificación de toma de muestras IT01-DSANIPES/CSMAA/PCMB-PR-02.

Figura 1

Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía de Sechura durante los años 2018 y 2022



Metodología de Muestreo

La toma de muestra se realizó en la Bahía de Sechura en el año 2018 y 2022 por parte de la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES), los informes y reportes publicados en sus respectivas páginas web se dieron a conocer mensualmente. La base de datos reportada por estos organismos fue analizada en este estudio estableciendo una correlación entre variables en función a los parámetros físico-químicos y al tiempo.

Para procesar estadísticamente los datos, se usó Microsoft Excel 2016, a través del cual se organizó la información en tablas de cálculos de acuerdo a los parámetros físico-químicos y estaciones; los resultados obtenidos fueron representados por gráficos que posteriormente se analizaron e interpretaron, utilizando el método estadístico “La correlación de Spearman”.

También se hizo un análisis de varianza ANOSIM y SIMPER para medir las diferencias significativas entre la abundancia del fitoplancton y las variables fisicoquímicas durante los meses de duración del proyecto, así como también un análisis Non-metric MDS para apreciar esta diferencia.

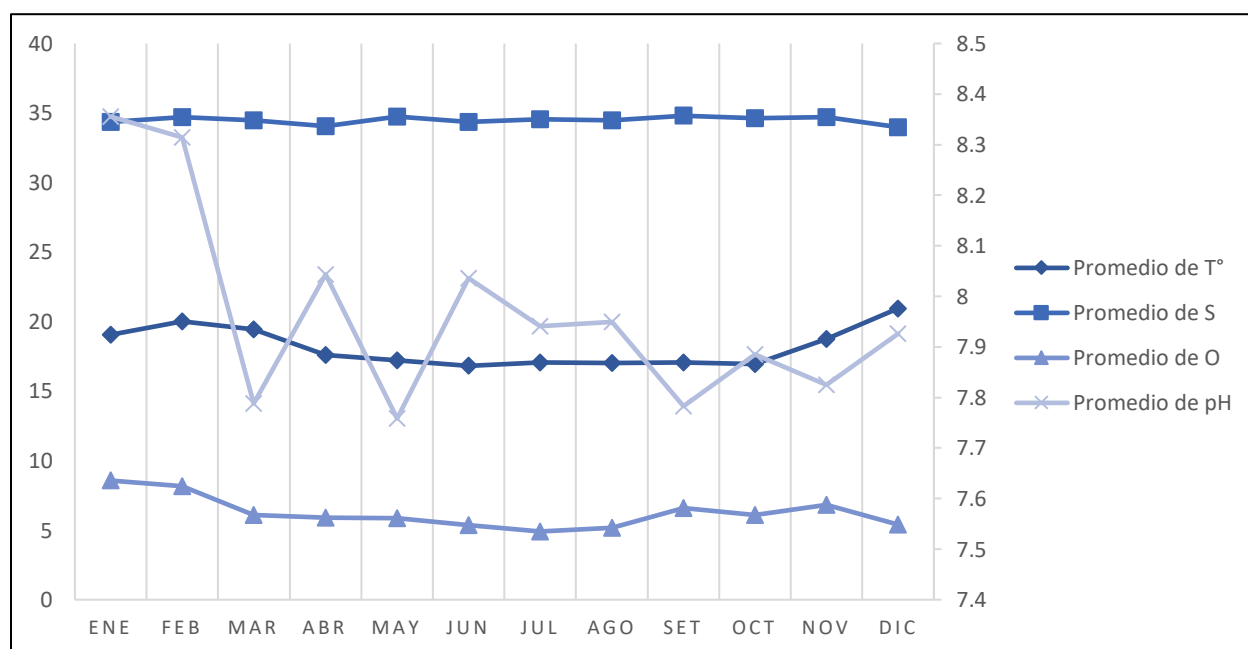
Capítulo III. Resultados

Parámetros Fisicoquímicos año 2018

La profundidad de la zona donde se tomaron las muestras osciló en promedio entre 8,7 m hasta los 11,62 m. La temperatura para los meses de muestreo pertenecientes al año 2018 tuvo promedios entre los 16,82 °C y 20,95 °C, mostrando mayores valores para el mes de diciembre y menores en junio. La salinidad por su parte fluctúa entre 33,99 ppm y 34,80 ppm, presentando valores menores en diciembre y valores más elevados en el mes de setiembre. El pH estuvo entre los 7,76 y 8,36 donde mayo presentó los valores más bajos en cambio enero se mostraban valores más altos. El oxígeno muestra valores dentro del rango de 4,91 ppm y 8,57 ppm, donde los valores más bajos se presentaron en el mes de julio, en cambio valores más altos acuñados al mes de enero (Figura 2).

Figura 2

Promedio de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2018



Fitoplancton año 2018

Se reconocieron 8 especies pertenecientes a 2 grupos. Para el grupo de Dinoflagelados se reconocieron 6 especies, mientras que para el grupo de las Diatomeas se encontraron 2 especies (Tabla 1).

Tabla 1

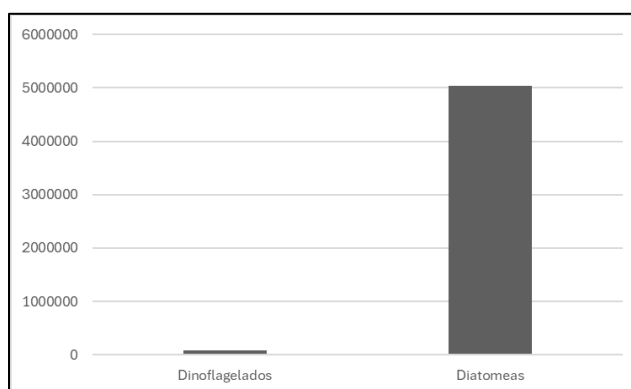
Especies registradas de la Bahía Sechura durante el año 2018

Grupo	Especie
Dinoflagelados	<i>Dinophysis acuminata</i>
	<i>Dinophysis caudata</i>
	<i>Dinophysis infundibulum</i>
	<i>Dinophysis tripos</i>
	<i>Phalacroma rotundatum</i>
	<i>Alexandrium monilatum</i>
Diatomeas	<i>Pseudo-nitzschia sp (delicatissima)</i>
	<i>Pseudo-nitzschia sp (seriata)</i>

Los valores de densidad presente para los grupos encontrados fueron mayores para las diatomeas con 5040483 cel/L, y en menor cantidad por los dinoflagelados con 79364 cel/L (Figura 3).

Figura 3

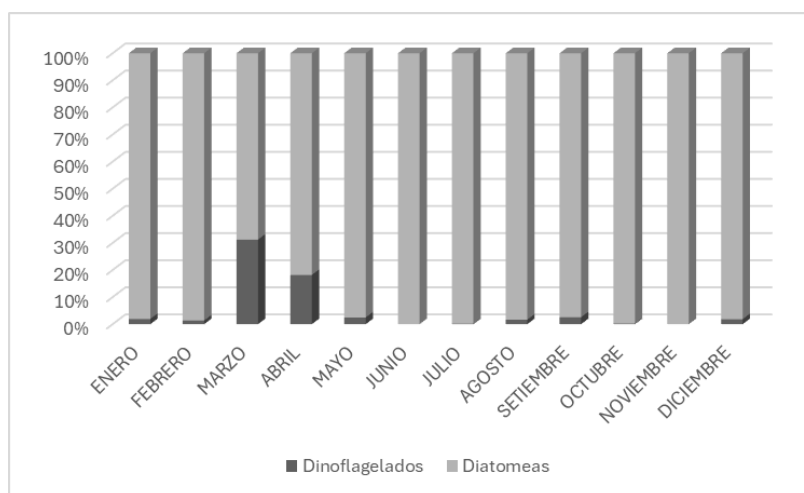
Abundancia registrada por grupo (cel/L) de la Bahía Sechura durante el año 2018



Las abundancias por mes nos indican que el grupo de Dinoflagelados mostró mayor abundancia en marzo con 43700 cel/L. y su menor abundancia estuvo presente en junio, donde no se observaron ejemplares; mientras que el mes más abundante para las Diatomeas fue en noviembre con 3693783 cel/L y el mes menos abundante fue en junio con 12500 cel/L (Figura 4).

Figura 4

Abundancia del fitoplancton de la Bahía Sechura durante el año 2018



En cuanto a la variación fitoplanctónica durante el año de muestreo 2018 en el caso de las Diatomeas la especie con mayores abundancias es *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)* alcanzando valores de 2716303 cel/L. para el mes de noviembre, y mínimos valores para junio; al igual que *Pseudo-nitzschia sp. (seriata)* los valores máximos encontrados fueron en noviembre con 977480 cel/L. y los mínimos relacionados con abril en donde no se evidencian ejemplares.

La abundancia referida al grupo de los Dinoflagelados estuvo liderada por *Dinophysis acuminata* con máximos valores de 39900 cel/L. en marzo y valores mínimos relacionados con junio y julio. Los valores encontrados para *Dinophysis caudata* obtuvieron mayor abundancia en abril con 9480 cel/L. y valores mínimos para invierno. Mientras que la especie *Phalocroma rotundatum* obtuvo menores abundancias, llegando a los 1524 cel/L en enero (Tabla 2). También

se encontraron especies esporádicas como *Alexandrium monilatum*, *Dinophysis infundibulum* y *Dinophysis tripos*.

Tabla 2

Abundancia total (cel/L) de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018

MES	<i>Alexandrium monilatum</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Dinophysis infundibulum</i>
Enero	0	1400	7000	200
Febrero	0	840	3040	0
Marzo	0	39900	2240	40
Abril	0	6840	9480	160
Mayo	0	120	240	40
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	40	0
Agosto	0	120	0	0
Setiembre	40	440	0	0
Octubre	0	80	80	40
Noviembre	0	320	40	40
Diciembre	0	1160	200	120

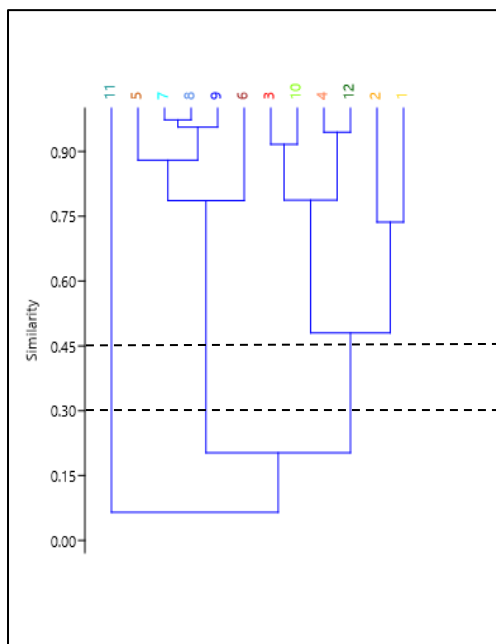
MES	<i>Dinophysis tripos</i>	<i>Phalacroma rotundatum</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp (delicatissima)</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp (seriata)</i>
Enero	40	1524	487400	27800
Febrero	0	240	272000	30040
Marzo	40	1480	84200	12120
Abril	40	460	76480	0
Mayo	0	0	15640	80
Junio	0	0	9980	2520
Julio	0	0	19960	480
Agosto	40	160	15080	4000
Setiembre	0	80	13320	7880
Octubre	0	160	72160	93080
Noviembre	40	360	2716303	977480
Diciembre	40	400	89360	13120

La prueba no paramétrica ANOSIM nos muestra un valor de 0,0114 indicando que sí hay una diferencia significativa para las abundancias entre las especies para los meses muestreados.

A través de un clúster, nos muestra gráficamente que existe una formación de 3 grupos, sin embargo, se muestra un valor atípico en abundancia para el mes de noviembre. (Figura 5).

Figura 5

Clúster aplicado para la Tabla 2 de abundancia de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018



El método estadístico SIMPER nos permitió conocer que especies favorecían a esta ligera diferencia de abundancias, mostrando la mayor contribución por parte de *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)* con un 68,71%, seguido de *Pseudo-nitzschia sp. (seriata)* con 19,08% y *Dinophysis acuminata* con 7,23%. *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)* mostró mayores significativos para noviembre, al igual que *Pseudo-nitzschia sp. (seriata)* en cambio *Dinophysis acuminata* generó mayores diferencias en el mes de marzo (Tabla 3).

El grupo de correlación de Spearman entre especies muestra una correlación positiva entre *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis caudata* y *Phalacroma rotundatum*. Así como también una correlación directa por parte de las diatomeas. (Tabla 4).

Tabla 3

Prueba estadística SIMPER aplicada a las abundancias totales de especies de la Bahía Sechura durante el año 2018

Especies	Contribución %	Acumulado %	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	68,71	68,71	1,22E+05	1,36E+05	1,68E+04	1,91E+04	3,91E+03
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	19,08	87,79	6,95E+03	1,50E+04	2,42E+03	0	20
<i>Dinophysis acuminata</i>	7,23	95,02	350	420	7,98E+03	1,71E+03	30
<i>Dinophysis caudata</i>	3,884	98,9	1,75E+03	1,52E+03	448	2,37E+03	60
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0,8941	99,8	381	120	296	115	0
<i>Dinophysis infundibulum</i>	0,1181	99,91	50	0	8	40	10
<i>Dinophysis tripos</i>	0,05302	99,97	10	0	8	10	0
<i>Alexandrium monilatum</i>	0,03359	100	0	0	0	0	0
Especies	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	2,50E+03	4,99E+03	3,77E+03	3,33E+03	1,80E+04	5,43E+05	2,23E+04
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	630	120	1,00E+03	1,97E+03	2,33E+04	1,95E+05	3,28E+03
<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	30	110	20	64	290
<i>Dinophysis caudata</i>	0	10	0	0	20	8	50
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0	0	40	20	40	72	100
<i>Dinophysis infundibulum</i>	0	0	0	0	10	8	30
<i>Dinophysis tripos</i>	0	0	10	0	0	8	10
<i>Alexandrium monilatum</i>	0	0	0	10	0	0	0

Tabla 4

Correlación SPEARMAN entre especies vs especies de la Bahía Sechura durante el año 2018

Especies	<i>Alexandrium monilatum</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Dinophysis infundibulum</i>	<i>Dinophysis tripos</i>	<i>Phalacroma rotundatum</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>
<i>Alexandrium monilatum</i>		0,119	-0,126	-0,070	-0,055	-0,154	-0,195	-0,033
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,119		0,764	0,261	0,240	0,570	0,254	0,017
<i>Dinophysis caudata</i>	-0,126	0,764		0,237	0,151	0,593	0,210	0,018
<i>Dinophysis infundibulum</i>	-0,070	0,261	0,237		0,120	0,236	0,173	-0,098
<i>Dinophysis tripos</i>	-0,055	0,240	0,151	0,120		0,288	0,055	0,108
<i>Phalacroma rotundatum</i>	-0,154	0,570	0,593	0,236	0,288		0,192	0,374
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	-0,195	0,254	0,210	0,173	0,055	0,192		0,494
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	-0,033	0,017	0,018	-0,098	0,108	0,374	0,494	

La correlación de Spearman de especies contra parámetros fisicoquímicos muestra que las Diatomeas poseen una correlación positiva para la variable de Oxígeno, *Pseudo-nitzschia sp.* (Grupo delicatissima) también mostró correlación directa con la temperatura lo cual se relaciona con sus máximos picos de abundancia para primavera y verano. En cambio, *Dinophysis acuminata* muestra correlaciones negativas para la oxígeno y pH lo cual confirma una mayor proliferación de esta especie para verano en el mes de marzo (Tabla 5).

Tabla 5

Correlación SPEARMAN entre especies vs parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2018

Especies	Temperatura	Salinidad	Oxígeno	pH
<i>Alexandrium monilatum</i>	-0,1896	-0,1211	-0,0263	-0,2107
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,5105	-0,0892	0,2925	0,1505
<i>Dinophysis caudata</i>	0,4879	-0,2139	0,2831	0,4052
<i>Dinophysis infundibulum</i>	0,1211	-0,0708	-0,0823	0,0530
<i>Dinophysis tripos</i>	0,1296	-0,0659	0,0546	0,0910
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0,6007	-0,1444	0,2707	0,1309
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	0,3126	0,1408	0,3646	0,2475
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	0,2220	0,0874	0,3725	0,0963

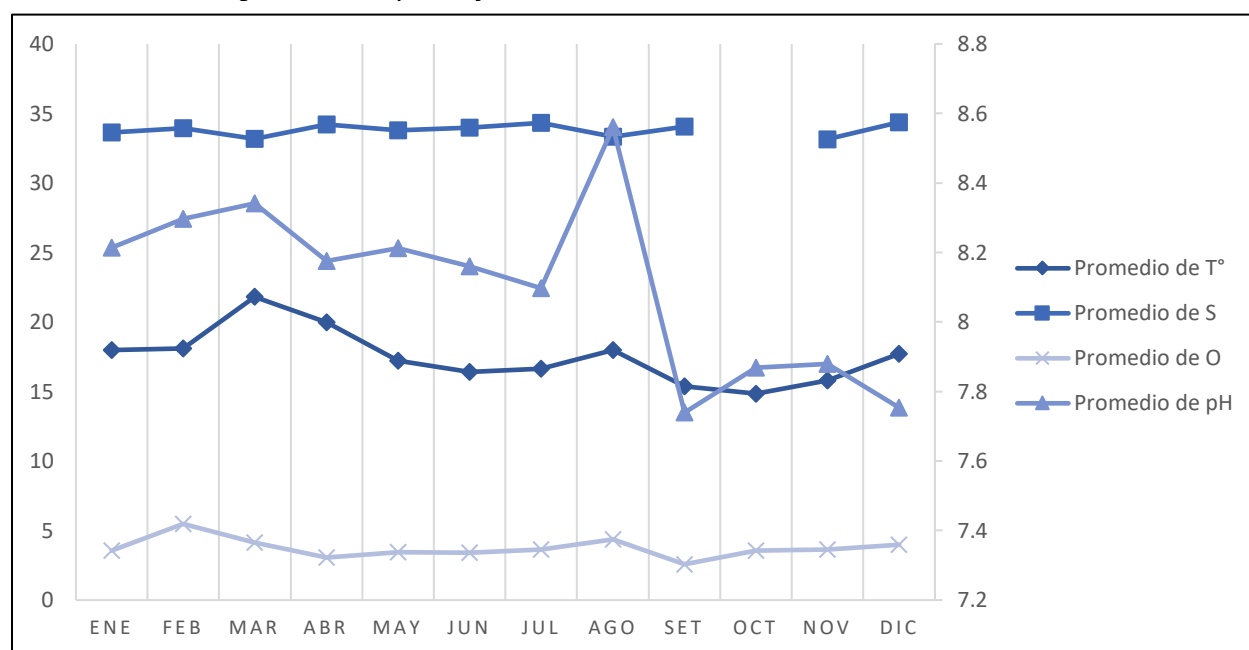
Parámetros Fisicoquímicos año 2022

La profundidad de la zona donde se tomaron las muestras osciló en promedio desde los 7,3 m hasta los 9,6 m. Un problema presentado para el año 2022 fue que los muestreos de los parámetros no fueron constantes. La temperatura para los meses de muestreo osciló entre los 14,85 °C y 21,81 °C, mostrando mayores valores para el mes de marzo y menores en octubre. La salinidad por su parte fluctúa entre 33,15 ppm y 34,37 ppm, presentando valores menores en noviembre y valores más elevados en el mes de diciembre. El pH estuvo entre los 7,74 y 8,56, donde setiembre presentó los valores más bajos en cambio agosto se mostraban valores más altos. El oxígeno muestra valores dentro del rango de 2,58 ppm y 5,48 ppm, donde los valores más bajos

se presentaron en el mes de setiembre, en cambio valores más altos acuñados al mes de febrero. (Figura 6).

Figura 6

Promedios de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2022



Fitoplancton año 2022

Se reconocieron 10 especies pertenecientes a 3 grupos. Para el grupo de Dinoflagelados se reconocieron 7 especies, mientras que para el grupo de las Diatomeas se encontraron 2 especies, y en el caso de las Raphidophyceae se presentó una especie. (Tabla 6).

Tabla 6

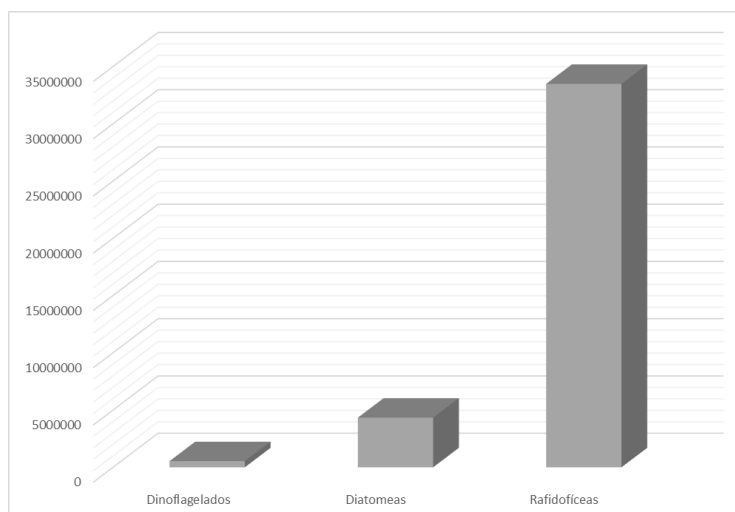
Especies registradas de la Bahía Sechura durante el año 2022

Grupo	Especie
Dinoflagelados	<i>Dinophysis acuminata</i>
	<i>Dinophysis caudata</i>
	<i>Dinophysis infundibulum</i>
	<i>Dinophysis tripos</i>
	<i>Phalacroma rotundatum</i>
	<i>Prorocentrum cordatum</i>
	<i>Gonyaulax spinifera</i>
Diatomeas	<i>Pseudo-nitzschia sp (delicatissima)</i>
	<i>Pseudo-nitzschia sp (seriata)</i>
Rafidofíceas	<i>Heterosigma akashiwo</i>

Los valores de densidad presente para los grupos encontrados fueron mayores para las Rafidofíceas con 33485379 cel/L, y en menor cantidad por los dinoflagelados con 537680 cel/L (Figura 7).

Figura 7

Abundancia del fitoplancton (cel/L) de la Bahía Sechura durante el año 2022



Las abundancias por mes nos indican que el grupo de Dinoflagelados mostró mayor abundancia en febrero con 358320 cel/L, y su menor abundancia estuvo presente en octubre con

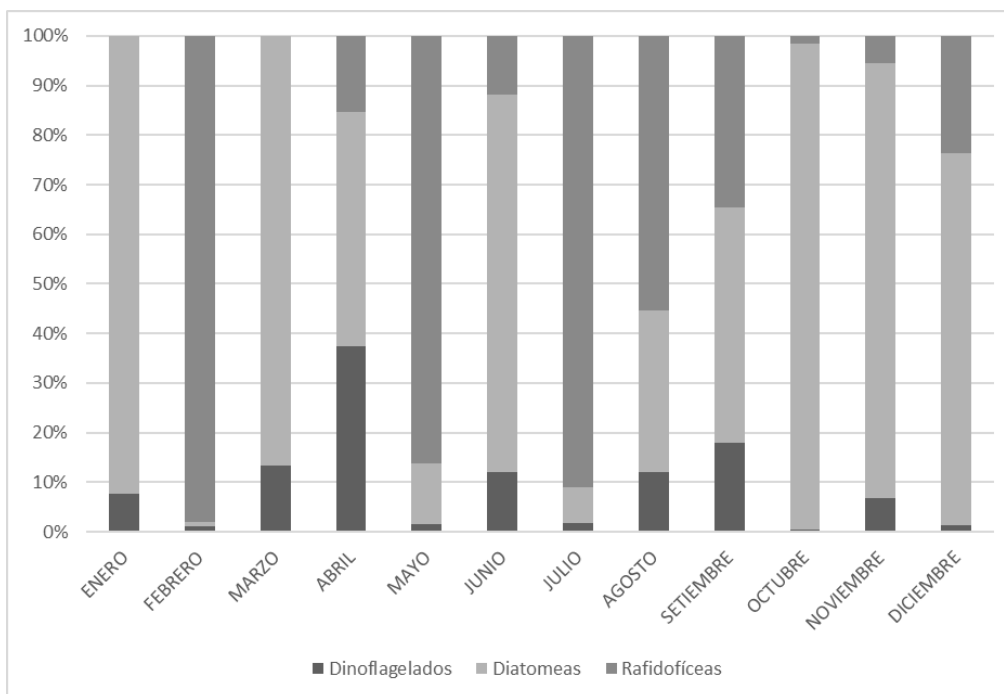
480 cel/L., mientras que el mes más abundante para las Diatomeas fue diciembre con 3458644 cel/L y el menos abundante fue julio con 2360 cel/L., la abundancia de las Rafidofíceas presentó una mayor proliferación para febrero con 32274742 cel/L. (Figura 8).

Las mayores abundancias están referidas a las Rafidofíceas, con su único representante *Heterosigma akashiwo* alcanzando su máximo valor 32274742 cel/L. en febrero.

En el caso de las diatomeas están encabezados por *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)* alcanzando valores de 3440364 cel/L. en diciembre seguido por *Pseudo-nitzschia sp. (seriata)* 156780 cel/L. en el mes de enero.

Figura 8

Abundancia del fitoplancton de la Bahía Sechura durante el año 2022



Los dinoflagelados presentaron mayor diversidad, con un total de 7 especies, las cuales se presentaron de manera irregular, con excepción de *Dinophysis acuminata* que se manifestó de manera continua a lo largo del estudio. *Dinophysis acuminata* fue la especie con mayor abundancia

para este grupo, presentando 250740 cel/L. para el mes de febrero; seguida por *Dinophysis caudata* alcanzando 87660 cel/L. para la misma fecha que la especie anterior. En tercer lugar, encontramos a *Gonyaulax spinifera*, donde sus mayores concentraciones fueron en abril alcanzando un pico de 60600 cel/L. También podemos mencionar a *Dinophysis infundibulum*, *Dinophysis tripos*, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum cordatum*, con abundancias mucho menores a las antes mencionadas.

Tabla 7

Abundancia total (cel/L) de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022

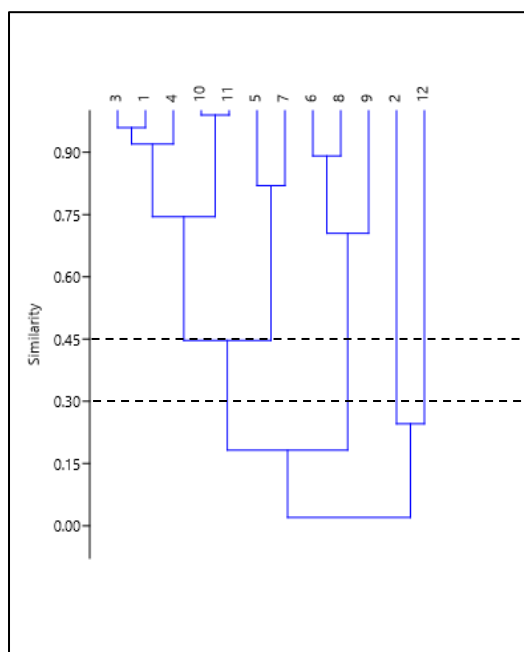
MES	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Dinophysis infundibulum</i>	<i>Dinophysis tripos</i>	<i>Gonyaulax spinifera</i>
Enero	4900	7780	0	280	0
Febrero	250740	87660	0	1080	15540
Marzo	8680	10280	0	40	0
Abril	11000	320	0	40	60600
Mayo	360	0	0	40	160
Junio	400	160	300	120	0
Julio	280	80	120	0	0
Agosto	480	0	720	0	0
Setiembre	520	0	320	0	0
Octubre	360	0	40	0	0
Noviembre	5960	0	660	0	0
Diciembre	56120	0	620	0	380
MES	<i>Phalacroma rotundatum</i>	<i>Prorocentrum cordatum</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp (delicatissima)</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp (seriata)</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>
Enero	160	160	720	156780	0
Febrero	3300	3300	185680	95080	32274742
Marzo	2040	2040	98600	37740	0
Abril	240	240	5680	84880	29640
Mayo	200	200	3680	2040	40560
Junio	80	80	6240	440	1040
Julio	120	120	1120	1240	29720
Agosto	120	120	1080	2480	6040
Setiembre	80	80	1440	1080	1840
Octubre	80	80	57460	43860	1700
Noviembre	260	260	74140	14920	5520
Diciembre	620	620	3440364	18280	1094577

La prueba no paramétrica ANOSIM para la abundancia del año 2022 nos muestra un valor de 0,0005 indicando que sí hay una diferencia significativa para las abundancias entre las especies para los meses muestreados.

A través de un clúster, nos muestra gráficamente que existen 4 grupos de valores de abundancia, donde dos de ellos están conformados por valores atípicos para los meses de febrero y diciembre. De la misma manera se forman 5 subgrupos de valores donde se hallan valores con similitud más cercanas (Figura 9).

Figura 9

Clúster aplicado para la Tabla 2 de abundancia de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022



A través del método estadístico SIMPER se pudo conocer la disimilitud de abundancias entre las estaciones del año, con un mayor aporte por parte de *Heterosigma akashiwo* con un 35,73% de contribución, *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)* aportó con un 25,76%, *Pseudo-nitzschia sp. (seriata)* con 22,34% y *Dinophysis acuminata* con 6,724% (Tabla 8).

El grupo de correlación de Spearman entre especies muestra en el caso de *Heterosigma akashiwo* no poseer ninguna correlación fuerte con otras especies. Se presenta una correlación positiva media entre las diatomeas, así como también una correlación positiva media con *Dinophysis acuminata*. En el caso de los dinoflagelados *Dinophysis acuminata* es la que presenta mayores correlaciones con otras especies de dinoflagelados (Tabla 9).

Tabla 8

Prueba estadística SIMPER aplicada a las abundancias totales de especies de la Bahía Sechura durante el año 2022

Especies	Contribución %	Acumulado %	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<i>Heterosigma akashiwo</i>	35,73	35,73	0	6,45E+06	0	5,93E+03	1,01E+04
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	25,76	61,49	180	3,71E+04	2,47E+04	1,14E+03	920
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	22,34	83,83	3,92E+04	1,90E+04	9,44E+03	1,70E+04	510
<i>Dinophysis acuminata</i>	6,724	90,55	1,23E+03	5,01E+04	2,17E+03	2,20E+03	90
<i>Dinophysis caudata</i>	4,241	94,8	1,95E+03	1,75E+04	2,57E+03	64	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	2,861	97,66	0	3,11E+03	0	1,21E+04	40
<i>Dinophysis infundibulum</i>	0,8506	98,51	0	0	0	0	0
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0,848	99,35	40	660	510	48	50
<i>Prorocentrum cordatum</i>	0,3396	99,69	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis tripos</i>	0,3058	100	70	216	10	8	10
Especies	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Heterosigma akashiwo</i>	260	4,95E+03	1,51E+03	307	340	1,10E+03	1,82E+05
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	1,56E+03	187	270	240	1,15E+04	1,48E+04	5,73E+05
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	110	207	620	620	8,77E+03	2,98E+03	3,05E+03
<i>Dinophysis acuminata</i>	100	46,7	120	120	72	1,19E+03	9,35E+03
<i>Dinophysis caudata</i>	40	13,3	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	63,3
<i>Dinophysis infundibulum</i>	75	20	180	180	8	132	103
<i>Phalacroma rotundatum</i>	20	20	30	30	16	52	103
<i>Prorocentrum cordatum</i>	0	0	0	0	0	0	533
<i>Dinophysis tripos</i>	30	0	0	0	0	0	0

Tabla 9

Correlación SPEARMAN entre especies vs especies de la Bahía Sechura durante el año 2022

Especies	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Dinophysis infundibulum</i>	<i>Dinophysis tripos</i>	<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	<i>Phalacroma rotundatum</i>	<i>Prorocentrum cordatum</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>
<i>Dinophysis acuminata</i>		0,512	0,069	0,341	0,302	0,087	0,613	0,063	0,356	0,428
<i>Dinophysis caudata</i>	0,512		-0,325	0,575	0,135	-0,175	0,424	-0,194	0,128	0,363
<i>Dinophysis infundibulum</i>	0,069	-0,325		-0,139	-0,063	0,076	0,103	-0,071	0,231	-0,042
<i>Dinophysis tripos</i>	0,341	0,575	-0,139		0,028	0,032	0,243	-0,155	0,059	0,181
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0,302	0,135	-0,063	0,028		0,109	0,335	0,180	0,050	0,078
<i>Heterosigma akashiwo</i>	0,087	-0,175	0,076	0,032	0,109		0,197	0,199	-0,031	-0,250
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0,613	0,424	0,103	0,243	0,335	0,197		-0,150	0,174	0,220
<i>Prorocentrum cordatum</i>	0,063	-0,194	-0,071	-0,155	0,180	0,199	-0,150		-0,080	-0,222
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	0,356	0,128	0,231	0,059	0,050	-0,031	0,174	-0,080		0,521
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	0,428	0,363	-0,042	0,181	0,078	-0,250	0,220	-0,222	0,521	

La correlación de Spearman de especies contra parámetros fisicoquímicos muestra que *Heterosigma akashiwo* presenta una correlación positiva con la salinidad. Las diatomeas se encuentran una correlación positiva débil con oxígeno y *Pseudo-nitzschia sp. (Grupo seriata)* una correlación positiva más marcada con temperatura. Para los dinoflagelados *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* presentan una correlación positiva fuerte con la temperatura, también *D. caudata* muestra una correlación alta con pH, mientras que *Prorocentrum cordatum* muestran correlaciones negativas para pH.

Tabla 10

Correlación SPEARMAN entre especies vs parámetros fisicoquímicos de la Bahía Sechura durante el año 2022

Especies	Temperatura	Salinidad	Oxígeno	pH
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,570	-0,119	0,019	0,121
<i>Dinophysis caudata</i>	0,611	-0,083	0,280	0,573
<i>Dinophysis infundibulum</i>	-0,379	-0,039	-0,096	-0,336
<i>Dinophysis tripos</i>	0,331	0,052	0,184	0,450
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0,273	0,010	-0,065	0,177
<i>Heterosigma akashiwo</i>	0,020	0,323	0,144	-0,003
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0,425	-0,048	0,094	0,365
<i>Prorocentrum cordatum</i>	-0,049	0,096	0,160	-0,446
<i>Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)</i>	0,071	-0,161	0,271	-0,140
<i>Pseudo-nitzschia sp. (seriata)</i>	0,378	-0,079	0,196	0,096

Capítulo IV. Discusión

La abundancia fitoplanctónica alcanza su apogeo en los meses relacionados a las estaciones de primavera y verano conforme con los reportes de Alva, L.F.A. (2018), mostrando de igual forma un declive de densidad para los meses relacionados con otoño e invierno.

La evaluación del fitoplancton marino en este estudio, muestran a las especies de fitoplancton tóxico en la bahía de Sechura que fueron dominadas por el grupo de Diatomeas con 2 especies, seguido por el grupo de los Dinoflagelados con 7 especies para ambos años de estudio (2018 y 2022) y 1 especie perteneciente al grupo de Rafidofíceas, estos datos coinciden con las especies encontradas en la investigación en el mismo lugar por parte de Neyra(2015) sin embargo, no reportó presencia de Rafidofíceas; por otra parte, estos valores son menores en comparación con estudios como el de Montes, et al. (2006) que reportaron 30 especies de Diatomeas siendo el grupo más representativo a diferencia de las 23 especies de Dinoflagelados, de igual forma, coincide con Alva (2018) que reporta al grupo de Diatomeas como dominante con 2 especies seguido por Dinoflagelados con 8 especies, y donde también se evidencia la presencia de *Heterosigma akashiwo* para la Bahía de Samanco.

La diversidad del fitoplancton en ambos años de estudio, estuvo caracterizada por la presencia de especies importantes como; *Pseudo-nitzschia sp. (Grupo delicatissima)*, *Pseudo-nitzschia sp. (Grupo seriata)*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis caudata*, *Phalacroma rotundatum*, *Alexandrium monilatum*, *Dinophysis infundibulum* y *Dinophysis tripos*, *Gonyaulax spinifera*, *Heterosigma akashiwo*; durante los meses de estudio las diatomeas fueron más abundantes en primavera y menos abundante en invierno, de igual manera, los dinoflagelados en verano fueron más abundantes y menos abundantes en invierno igual que el grupo de Rafidofíceas.

Estos resultados coinciden con investigadores como Baylon (2019), Neyra (2015), Martínez (2018) y Montes (2006), quienes mencionan al grupo de dinoflagelados con abundancias más elevadas en la estación de verano teniendo como principales representantes a los géneros *Prorocentrum* y *Dinophysis*; las diatomeas fueron predominantes en la estación de primavera y verano siendo representadas por el género *Pseudo-nitzschia*; para el grupo de Rafidofíceas, estuvieron representadas por *Heterosigma akashiwo* siendo más abundantes en la misma estación.

La abundancia de estos organismos para el año 2018 fue destacada por el grupo de Diatomeas lo que concuerda con Neyra (2015) y Montes, et al.(2006) a diferencia del año 2022 donde la abundancia fue predominada por el grupo de las Rafidofíceas siendo similar a las investigaciones en otras zonas geográficas como en la playa de Chorrillos estudiada por Baylon (2019) en donde las diatomeas fueron las especies dominantes 59,2% pero no las más abundantes, en su lugar se reportaron a las Rafidofíceas con un 73,72%.

El análisis de la correlación entre especies vs parámetros fisicoquímicos nos permite entender mejor la variabilidad estacional del fitoplancton marino, conforme con Neyra (2015), se evidencia un aumento de densidad por parte de las Diatomeas (*Pseudo-nitzschia*) correlacionada a un aumento de la temperatura, también Alva, A. F. (2018) nos señala que, la densidad fitoplanctónica aumenta directamente proporcional al aumento de la temperatura, esto debido al favorecimiento del proceso de fotosíntesis que facilita el desarrollo de las especies.

Para los dinoflagelados como *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* presentan una correlación positiva con la temperatura y pH, *Phalacroma rotundatum* muestra correlaciones más altas para temperatura y pH datos similares a Baylon (2019) quien menciona que la variable temperatura influyó en este grupo ya que contribuye de diversas formas, desde reacciones

enzimáticas hasta interacciones ecológicas. El grupo de Rafidofíceas con su único representante, *Heterosigma akashiwo*, presenta una correlación positiva con salinidad y oxígeno para el año 2022 lo que concuerda con Baylon (2019) pero difiere de Martinez (2018) quien relaciona a esta especie con temperatura y el pH.

Conclusiones

Los grupos taxonómicos predominantes en estudio fueron; las Diatomeas con especies *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Pseudo-nitzschia seriata* con mayor abundancia en primavera y los dinoflagelados, con sus representantes *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* en verano para el año 2018. En el año 2022, se encontró una mayor abundancia para las Rafidofíceas en la estación de verano, seguidas por las diatomeas en primavera y en verano los dinoflagelados.

La abundancia de fitoplancton el año 2018 fue predominada por el grupo de Diatomeas con 5040483 cel/L y para el año 2022 fue predominada por el grupo de las Raphidophyceas presentando hasta 33485379 cel/L.

Se presentó mayor diversidad de especies para el año 2022, sobre todo para el grupo de los dinoflagelados presentando también a *Gonyaulax spinifera* y *Prorocentrum cordatum* en comparación con el año 2018, así mismo también se evidenció la presencia de *Heterosigma akashiwo* la cual fue la más predominante del 2022. En el año 2018 se encontró a *Alexandrium monilatum*.

Se encontraron diferencias significativas entre las abundancias de las estaciones anuales para ambos años de estudio, presentándose elevadas abundancias en mayor parte por *Pseudo-nitzschia* sp. (*delicatissima*) con una contribución del 68.71% en el 2018, y de parte de *Heterosigma akashiwo* con un 35.73% para el año 2022.

Se encontraron correlaciones entre dinoflagelados, como sería *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* y correlaciones medias por parte de las diatomeas, ambas correlaciones positivas, también se puede evidenciar correlaciones negativas entre Rafidofíceas y Diatomeas.

Con relación a los parámetros fisicoquímicos se encontraron correlaciones positivas para las diatomeas con la temperatura, en especial para *Pseudo-nitzschia sp. (delicatissima)*, quién presentó los valores más altos en abundancia para el año 2018. Para los dinoflagelados se obtuvieron correlaciones positivas con la temperatura y pH en ambos años, con relación a *Heterosigma akashiwo* se presentó una marcada correlación positiva con la salinidad y el oxígeno.

Recomendaciones

Realizar de manera constante monitoreos de la abundancia fitoplanctónica, para poder entender con mayor precisión la distribución de las especies vinculadas a las floraciones algales nocivas, ya que son de importancia ecológica porque liberan toxinas que afectan el ecosistema marino.

Continuar con más investigaciones a largo plazo que vinculen la correlación de los parámetros fisicoquímicos con la proliferación de las especies fitoplanctónicas, con el fin de evaluar interacciones directas o indirectas que desencadenen una floración algal nociva, y así poder detectar un patrón que nos permita predecir el riesgo de aparición de las mismas.

Del mismo modo incluir más parámetros a las investigaciones que se asocien a la proliferación algal (nitritos, nitratos, CO₂, HCO₃⁻, carbonatos, sílice, etc), prevenir las FAN y así salvaguardar el ecosistema marino y la salud humana.

Referencias

- Alva, A. F. (2018). *Variación espacio temporal del fitoplancton toxico en relación con factores fisicoquímicos de la Bahía de Samanco (Ancash, Perú) en los años 2011 y 2012*. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3138>
- Alvarez, F. S., Borja, C., Moraña, B., & Salusso, M. (2024). *Bloom-forming cyanobacteria and dino fl agellates in fi ve Argentinian reservoirs : Multi-year sampling*. 3(November 2023). <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2023.100232>
- Azanza, R. V, Yñiguez, A. T., Onda, D. F., Benico, G. A., Lim, P. T., Leaw, C. P., & Iwataki, M. (2024). Expansion of Toxic Algal Blooms in Coastal and Marine Areas in the Philippines and Malaysia : Is It Climate Change Related ? *Sustainability*, 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16083304>
- Bances, S. (2020). Fitoplancton potencialmente nocivo en el banco natural de concha de abanico en isla Lobos de Tierra y el área de concesión de Lagunas-Chérrepe(Abril, setiembre 2017). *Boletin Instituto Del Mar de Perú*, 35(2). <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/309>
- Baylón, M., Advincula, O., Loyola, O., Norabuena, Á., & 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 spatial and temporal variation of phytoplankton with emphasis in algal blooms on fishermen crafts. *Ecología Aplicada*, 18(2), 133–143. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1332>
- Borbor-Cordova, M. J., Torres, G., Mantilla-Saltos, G., Casierra-Tomala, A., Bermúdez, J. R., Renteria, W., & Bayot, B. (2019). Oceanography of Harmful Algal Blooms on the

- Ecuadorian Coast (1997 – 2017): Integrating Remote Sensing and Biological Data. *Frontiers in Marine Science*, 6(February). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00013>
- Detoni, A. M. S., Navarro, G., Ramirez-romero, E., Zoffoli, M. L., Pazos, Y., & Caballero, I. (2024). *Potentially toxigenic phytoplankton patterns in the northwestern Iberian Peninsula. February*, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1330090>
- Fuentes, C., Clement, A., & Aguilera, A. (2008). “*Alexandrium catenella Bloom and the Impact on Fish Farming in the XI region, Chile*”. https://www.researchgate.net/publication/223620372_Alexandrium_catenella_Bloom_and_the_Impact_on_Fish_Farming_in_the_XI_region_Chile
- Gokul, E., Raitos, D. E., Gittings, J. A., Alkawri, A., & Ibrahim, H. (2019). Remotely sensing harmful algal blooms in the Red Sea. *PLoS ONE*, 1–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215463> Editor:
- Guallar, C., Bacher, C., & Chapelle, A. (2017). Global and local factors driving the phenology of *Alexandrium minutum* (Halim) blooms and its toxicity. *Harmful Algae*, 67, 44–60. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.05.005>
- Hattenrath-Lehmann, T. K., Marcoval, M. A., Middlesdorf, H., Goleski, J. A., Wang, Z., Haynes, B., Morton, S. L., & Gobler, C. J. (2015). Nitrogenous nutrients promote the growth and toxicity of *Dinophysis acuminata* during estuarine bloom events. *PLoS ONE*, 10(4), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124148>
- Hallegraeff G. 2003. Harmful algal blooms: A global overview, in manual on harmful marine microalgae. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11: 25-49.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000136163>

- Herrera A, Sierra-Beltrán A, Hernández-Saavedra N. 2008. Floraciones algales nocivas: perspectivas y estrategias biotecnológicas para su detección. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. *Bio Tecnología*. 12 (1): 23-40. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2408/1/Floraciones_algales_nocivas_perspectivas%20%281%29%20%281%29.pdf
- Karlson, B., Andersen, P., Arneborg, L., Cembella, A., Eikrem, W., Lundholm, N., Mazur-marzec, H., Naustvoll, L., Poelman, M., Provoost, P., De Rijcke, M., Suikkanen, S., & A. (2021). Harmful algal blooms and their effects in coastal seas of Northern Europe. *Harmful Algae, March*, 101989. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.101989>
- Mardones, J. I., Fuenzalida, G., Zenteno, K., Alves-de-souza, C., Astuya, A., Dorantes-aranda, J. J., & Iriarte, J. L. (2019). *Salinity-Growth Response and Ichthyotoxic Potency of the Chilean Pseudochattonella verruculosa*. 6(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00024>
- Martínez, A., Méndez, S., Fabre, A., & Ortega, L. (2017). *Intensificación de floraciones de dinoflagelados marinos en Uruguay*. 13(13), 19–25. <https://doi.org/dx.doi.org/10.26461/13.02>
- Martinez, E. O. (2018). *Variación estacional del fitoplancton potencialmente tóxico frente a los parámetros ambientales y oceanográficos en el área de atenas - bahía de paracas (febrero 2016 – abril 2017)*. Universidad Nacional Federico Villareal. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2380>

- Montes, R., Gálvez, M., & Rivera, H. (2006). *Fitoplancton de la Bahía de Sechura , Piura*. 11(2), 57–65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2924741>
- Mora, M., Ascón, D., & Hung, A. (2015). Evaluación y validación de la prueba de qPCR para el control y monitoreo de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* en las bahías de Guaynuna y Salinas. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 3(1), 13-13. <https://doi.org/10.20453/stv.v3i1.2760>
- Moreira González, A. (2013). *Florecimiento de la diatomea potencialmente tóxica Pseudo-nitzschia cf. multistriata en aguas cubanas*. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistadeinvestigacionesmarinas/2013/vol33/no1/4.pdf>
- Neyra, V. (2015). *Composición y abundancia de diatomeas y dinoflagelados potencialmente tóxicos en la bahía de Sechura , departamento de Piura – Perú*. Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/4671>
- Orozco, R., Quispe, Y., & Lorenzo, A. (2017). *Notas científicas 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*. 24(April), 111–116. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13111>
- Reguera, B. (2003). *Biología, autoecología y toxinología de las principales especies del género Dinophysis asociadas a episodios de Intoxicación Diarreogénica por Bivalvos (DSP)*. Universidad de Barcelona. <https://hdl.handle.net/2445/35295>
- Reguera, B., Alonso, R., Moreira, Á., & Méndez, S. (2011). Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. In COI de UNESCO y

- OIEA (Ed.), *Manuales y guías de la COI*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000214510>
- Sánchez, s., jacobó, n., & franco, a. (2021). *Floraciones algales nocivas en la costa peruana durante el niño costero 2017 y su relación con las condiciones ambientales*. 36(2).
<https://hdl.handle.net/20.500.12958/4237>
- Sar, E. A., Ferrario, M. E., & Reguera, B. (2002). Floraciones algales nocivas en el cono Sur Americano. In *Instituto Español de Oceanografía* (Issue May).
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000215417>
- Sastre, V., Santinelli, N., & Ferrario, M. E. (2019). *Microalgas marinas tóxicas en aguas costeras de la provincia de chubut*. June 2021.
- Shumway, S. E., Burkholder, J. M., & Morton, S. L. (2018). *Harmful algal blooms: A compedium desk reference* (Primera).
https://www.researchgate.net/publication/327117626_Harmful_Algal_Blooms_A_Compedium_Desk_Reference
- Suárez, B., & Guzmán, L. (n.d.). *Floraciones De Algas Nocivas Mareas Rojas y Toxinas Marinas*. 1–56. https://www.ifop.cl/marearaja/wp-content/uploads/sites/2/2016/01/8_-FLORACIONES-DE-ALGAS-NOCIVAS-Mareas-Rojas-y-Toxinas-Marinas-Guzman-y-Suarez-1998.pdf
- Sunesen, I., Méndez, S. M., Mancera-Pineda, J. E., Dechraoui, M.-Y., & Enevoldsen, H. (2021). *The Latin America and Caribbean HAB status report based on OBIS and HAEDAT maps and databases*. 102(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101920>

- Tsikoti, C., & Genitsaris, S. (2021). Review of Harmful Algal Blooms in the Coastal Mediterranean Sea , with a Focus on Greek Waters. *Diversity*, 13, 1–22.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/d13080396>
- Tume, J., Ibaceta, A., Cortez, M., & Santisteban, J. (2012). Recursos de la zona béntica de la bahía de Sechura. *Ciencia y Desarrollo*, 15(1), 19–50.
<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2012.v15i1.02>
- Villegas, R. (2018). *EL GÉNERO Pseudo-nitzschia presente en la bahía de samanco (ancash, Perú) y su impacto en el cultivo de Argopecten purpuratus (LAMARCK, 1819)*|| Tesis. Universidad peruana Cayetano Heredia. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/1631>
- Yap-Dejeto, L. G., & Batula, H. S. (2016). Bloom of Trichodesmium (Oscillatoriales , Phormidiaceae) and seasonality of potentially harmful phytoplankton in San Pedro Bay , Bloom of Trichodesmium (Oscillatoriales , Phormidiaceae) and seasonality of potentially harmful phytoplankton in San Pedro. *Biología Tropical*, June.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.19380>
- Yu, Z., Tang, Y., & Gobler, C. J. (2023). Harmful algal blooms in China : History , recent expansion , current status , and future prospects. *Harmful Algae*, 129(August), 102499.
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102499>

Anexos

Anexo 1

OFICIO N° 1116-2022-SANIPES-DFS[R], Permiso correspondiente para el tratamiento de datos publicados por la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES).



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

Lima, 23 de diciembre de 2022

OFICIO N° 1116-2022-SANIPES/DFS

Señor:
JOSÉ EUGENIO NUÑEZ FAYA
jnunezf@unprg.edu.pe
Presente. -

Referencia : Formulario de Acceso a la Información Pública, con registro (HT 474322022)

Tengo el agrado de dirigirme a usted en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicita vía Acceso a la Información Pública, permiso para uso de la información publicada del sitio web de SANIPES, sobre el Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico del año 2018 en la Bahía Sechura.

Al respecto, cabe precisar que, en virtud del derecho fundamental de acceso a la información pública, toda persona, sin expresión de causa, puede solicitar y recibir información de cualquier entidad del Estado. Salvo las excepciones establecidas en la Ley 27806 Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado mediante Decreto Supremo N° 021-2019-JUS (en lo sucesivo, *TUO de la Ley N° 27806*).

Conforme a lo expresado, cabe precisar que el concepto de información pública conforme al TUO de la Ley N° 27806, comprende aquella contenida en documentos escritos, fotografías, grabaciones, soporte magnético o digital, o en cualquier otro formato, siempre que haya sido creada u obtenida por la entidad y que se encuentre en su posesión o bajo su control.

Siendo así, tenemos que la solicitud de permiso para uso de la información publicada contenida en el sitio web de SANIPES sobre el Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico del año 2018 en la Bahía Sechura, no se adecua a los supuestos de atención establecidos TUO de la Ley N° 27806, a razón que versa sobre una solicitud de permiso para uso de la información que ya está publicada en el sitio web de SANIPES y es de libre acceso.

Sin perjuicio de lo citado, el administrado puede hacer uso de la información publicada en la plataforma digital de SANIPES, recomendándose que su uso sea veraz y que refleje la información proporcionada por la entidad.

Es propicia la oportunidad para expresarle a usted los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,

(Firmado digitalmente)
ELSA YOLANDA CARRILLO PEREZ
Dirección de Fiscalización Sanitaria (e)
Organismo Nacional de Sanidad Pesquera



Firmado digitalmente por:
CARRILLO PEREZ Elsa
Yolanda FAU 20505420658 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 23/12/2022 12:46:31-0500

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el ORGANISMO NACIONAL DE SANIDAD PESQUERA, aplicado a lo dispuesto por el Art. 25 del D.S. 070-2013-PCM y a la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <http://app02.sanipes.gob.pe:8089/Verificacion/index> ingresando el siguiente código de verificación 1943

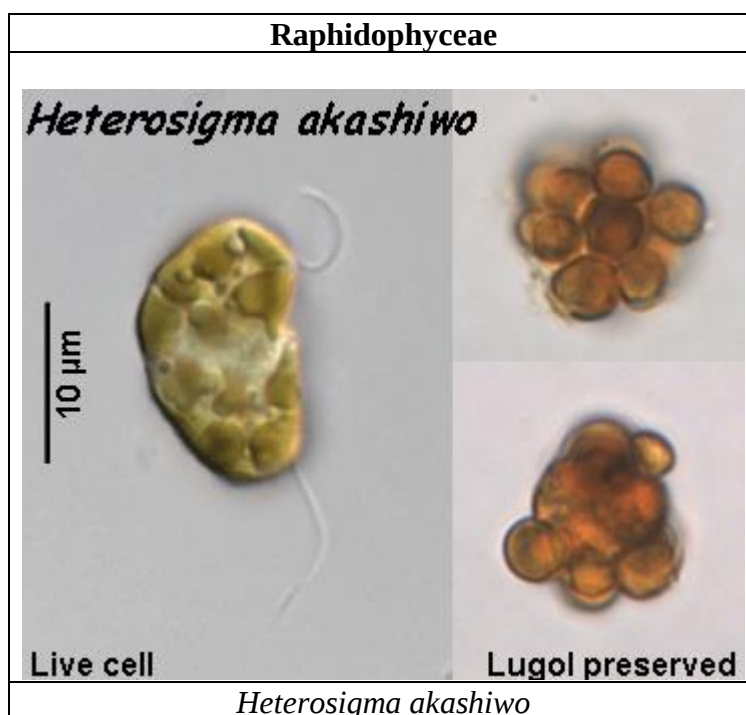
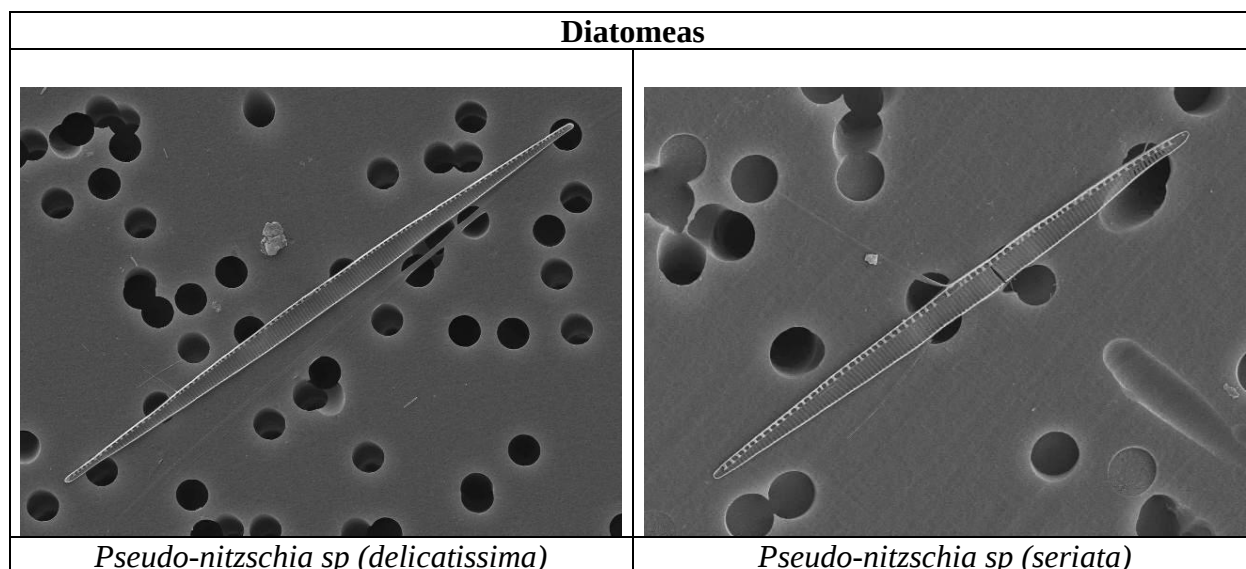
EYCP/svc
HT 344762022

Amador Merino Reyna N° 267, piso 12, San Isidro - Lima
Av. Carretera a Ventanilla km 5.2 - Callao
www.gob.pe/sanipes

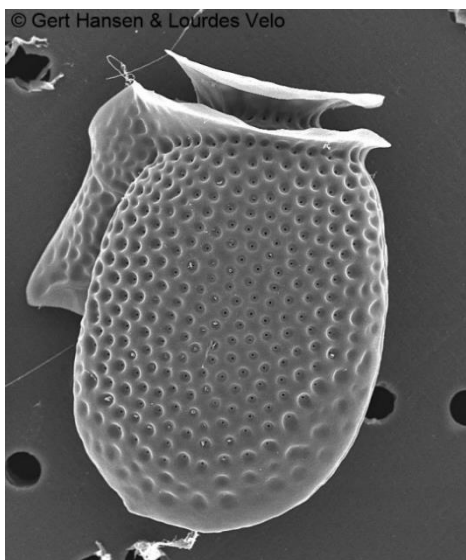


Anexo 2

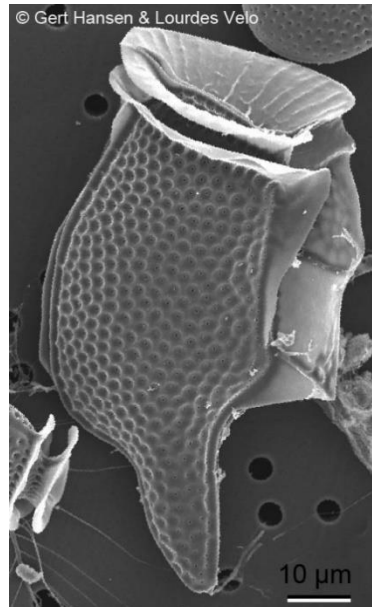
Listado de grupos y especies de fitoplancton potencialmente tóxico tomando como referencia el “Taxonomic Reference List of Harmfull Micro Algae” – IOC-UNESCO usado por SANIPES.



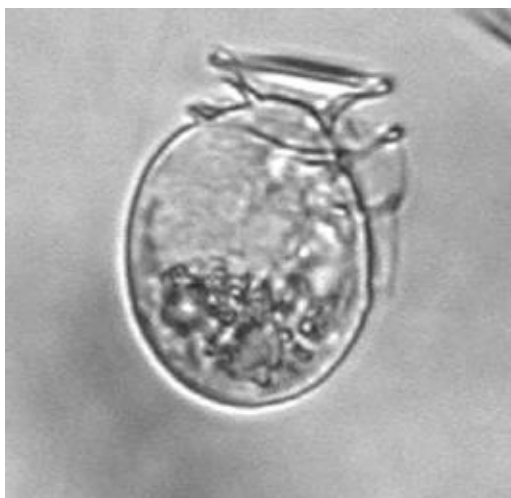
Dinoflagelados



Dinophysis acuminata



Dinophysis caudata



Dinophysis infundibulum



Dinophysis tripos



Phalacroma rotundatum



Prorocentrum cordatum



Gonyaulax spinifera



Alexandrium monilatum