



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica**

**Escuela profesional de Ingeniería Química**

**Análisis y silicatos en la superficie de agua de mar del puerto  
de Huacho, 2008-2020**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico**

**Autor**

**Vega Santiago, Cinthia Maryori**

**Vega Santiago, Julio Alexander**

**Asesor**

**Dr. Sánchez Guzmán Alberto Irhaam**

**Huacho – Perú**

**2023**

# ANÁLISIS DE FOSFATOS Y SILICATOS EN LA SUPERFICIE DE AGUA DE MAR DEL PUERTO DE HUACHO, 2008–2020

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	5%
2	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://peerj.com">peerj.com</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to ucr Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://renatiqa.sunedu.gob.pe">renatiqa.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://revistas.tec.ac.cr">revistas.tec.ac.cr</a> Fuente de Internet	1%

**Análisis y silicatos en la superficie de agua de mar del  
puerto de Huacho, 2008-2020**

**Dr. Sánchez Guzmán Alberto Irhaam**

**Asesor**

**Miembros del jurado**

**Dr. RUÍZ SÁNCHEZ BERARDO BEDER**

**Presidente**

**M(o). COCA RAMÍREZ, VÍCTOR RAÚL-**

**Secretario**

**M(o). IMÁN MENDOZA JAIME**

**Vocal**

## **Dedicatoria**

A nuestros seres queridos por ese profundo amor y a toda la familia,  
por guiarnos en el camino del bien y forjarnos un futuro prometedor.

*Julio y Cinthia*

## **Agradecimiento**

Al todo poderoso nuestro Señor Dios por darnos mucho amor y felicidad. A todos nuestros profesores por formarnos académicamente y encaminarnos de manera integral en nuestra profesión.

*Julio y Cinthia*

## ÍNDICE

Título de la tesis.....	3
Miembros del jurado.....	4
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
INDICE DE TABLAS.....	9
INDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
1.5 Delimitación del estudio.....	16
1.6 Viabilidad de estudio.....	17
Capítulo II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Bases teóricas.....	21
2.3 Definiciones conceptuales.....	23

2.4	Formulación de hipótesis .....	24
2.4.1	Hipótesis general.....	24
2.4.2	Hipótesis específicas .....	24
Capítulo III.	METODOLOGÍA .....	25
3.1	Diseño metodológico.....	25
3.2	Población y muestra .....	25
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.4	Técnicas para procesamiento de información .....	25
Capítulo IV.	RESULTADOS.....	26
4.1	Análisis de los resultados .....	26
Capítulo V.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1	Discusión de resultados .....	32
5.2	Conclusiones .....	34
5.3	Recomendaciones .....	34
Capítulo VI.	REFERENCIAS DE INFORMACIÓN .....	35
ANEXOS	.....	38

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis descriptivo de Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) en agua superficial mar de Huacho, 2008-2020.....	26
Tabla 2. Análisis descriptivo de Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020.....	29

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. El fosfato en agua de mar .....	22
Figura 2. Diagrama de tallo y hoja de fosfatos, mar de Huacho, 2008-2020 .....	27
Figura 3. Diagrama de cajas de Fosfato ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020.....	28
Figura 4. Tendencia de fosfatos en superficie del mar de Huacho, periodo 2008 -2020....	28
Figura 5. Diagrama de tallo y hoja de silicatos, mar de Huacho, 2008-2020.....	30
Figura 6. Diagrama de caja de Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020.....	31
Figura 7. Tendencia de silicatos en superficie de mar de Huacho, periodo 2008 -2020 ....	31

## RESUMEN

La investigación pretende realizar un análisis exploratorio de datos a fin de establecer un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020. El estudio es de tipo cuantitativo, el cual evalúa parámetros de fosfatos y silicatos establecidos en una base de datos del anuario del repositorio ambiental del Instituto Nacional de Estadística e Informática. Los fosfatos en el mar de Huacho cuentan con valores medios de  $4,132 (\pm 2.966) \mu\text{M}$ , mientras que los silicatos reportan valores medios de  $10,520 (\pm 7,864) \mu\text{M}$ . Se concluye que existe cierta variabilidad de los parámetros de fosfatos y Silicatos en las aguas superficiales del mar de Huacho, observándose valores atípicos en ciertos valores obtenidos del periodo en estudio, con elevadas concentraciones de silicatos comparados con estudios realizado, existiendo una probabilidad que el exceso de estos nutrientes altere los ecosistemas marinos.

**Palabras Clave:** Parámetros, silicatos, fosfatos, nutriente del fitoplancton.

## **ABSTRACT**

The research aims to carry out an exploratory data analysis in order to establish an analysis of phosphates and silicates in the sea surface of the port of Huacho, 2008-2020. The study is of a quantitative type, which evaluates parameters of phosphates and silicates established in a database of the yearbook of the environmental repository of the National Institute of Statistics and Informatics. Phosphates in the Huacho Sea have mean values of 4,132 ( $\pm$  2,966)  $\mu$ M, while silicates report mean values of 10,520 ( $\pm$  7,864)  $\mu$ M. It is concluded that there is some variability of the parameters of phosphates and silicates in the surface waters of the Huacho Sea, observing atypical values in certain values obtained from the period under study, with high concentrations of silicates compared to studies carried out, with a probability that the excess of these nutrients alter marine ecosystems.

**Keywords:** Parameters, silicates, phosphates, phytoplankton nutrient.

## INTRODUCCIÓN

Los silicatos son compuestos químicos que regulan la actividad fotosintética en las plantas; por otro lado, el fosfato como indicador bioquímico de la fotosíntesis, ambos se constituyen como elementos importantes en el ciclo fotosintético del fitoplancton y por ende en el equilibrio de los ecosistemas marinos. Tal como lo manifiesta Montoya, et al. (2021), la alteración de fosfatos y silicatos se pueden expresar en cambios del fitoplancton produciendo reacciones químicas que originan exceso de sustancias tóxicas. El vertido de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales, entre otras, podrían ser la causa de alteraciones de silicatos y fosfatos en los lechos marinos. El estudio tiene con objetivo establecer un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, para lo cual se ha recurrido al repositorio del anuario ambiental del Instituto Nacional de Estadística en Informática (INEI). Con ello se busca conocer los parámetros que inciden en la eutroficación de sistemas acuáticos marinos, a fin de determinar los futuros estudios estrategias para revertir estos acontecimientos de elevadas concentraciones de silicatos y fosfatos como nutrientes bioquímicos en lechos marinos.

## Capítulo I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática.

Cuencas marinas (cubos oceánicos) como cuerpo marino contienen el 97,2% del total de agua que existe en el planeta (Prego, 1994). Los estudios científicos se vienen preocupando por la utilidad del mar como desempeño de la vida en la tierra, en ello podemos conocer la Biogeoquímica, como ciencia de los compuestos químicos presentes en el agua de mar, incluyendo sus propiedades, ciclo, etc. Entre los que podemos resaltar: el fósforo (como fosfatos) y la sílice (como silicatos), compuestos químicos que actúan como posibles mecanismos de control en los océanos, principalmente por uso biológico y regeneración, participando en la vida marina (fitoplancton y zooplancton), y como principales componentes del ciclo de la vida marina y en las condiciones de fertilidad de sus suelos. (Prego & Belzunce, 1994, p.13).

Este importante volumen, junto con la gran superficie que ocupa, en ellas se vienen constituyéndose como grandes receptores de aguas residuales, originadas por desechos industriales o domésticos; así mismo vienen desembocando los ríos, los cuales durante su curso conducen diferentes sustancias químicas, entre las que destacamos los silicatos y fosfatos, nutrientes de vital importancia en el ciclo de vida del fitoplancton, etc. Las características de las aguas de ríos contienen provenientes de aguas usadas en la agricultura o por las características de los suelos que tienen contacto durante su trayectoria, vienen alterando estos ecosistemas marinos.

En el Perú, muchos ríos como efluentes marinos contienen gran cantidad de nutriente por uso de fertilizantes en las actividades agrícolas y descargas de residuos en ríos que desembocan en el mar, en aras de preservar las cuencas marinas y calidad de agua, se han emitido Estándares de Calidad Ambiental (ECA), en cuya norma se estipulan criterios en las categorías de aguas de mar o continental para diferentes usos: Recreacional (natación, bote, etc.) Extracción, cultivo (principalmente de moluscos, especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto) y otras actividades marino costeras y continentales (Ministerio del Ambiente [MINAN], 2017).

Ante ello es necesario conocer en impacto de Silicatos y fosfatos contenidos en las superficies marinas del puerto de Huacho, a fin de tomar acciones correspondientes y contener dichas situaciones que pueda malograr los ecosistemas.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera se puede analizar fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?

### **1.2.2 Problemas específicos Seleccionar la materia prima más idónea**

¿Es posible efectuar un análisis de tendencia para los datos de fosfatos obtenidos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?

¿Es posible efectuar un análisis de tendencia para los datos de silicatos obtenidos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?

### **1.3 Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Establecer un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Caracterizar mediante un análisis de tendencia los parámetros de fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020.

Caracterizar mediante un análisis de tendencia los parámetros de silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020.

### **1.4 Justificación de la investigación**

El estudio se caracteriza por establecer una evaluación y análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, durante el periodo 2008-2020, a fin de conocer los parámetros que inciden en la eutroficación de sistemas acuosos marinos. Con ello se pretende conocer si el exceso de estos nutrientes (fosfatos y silicatos) bioquímicos en exceso es potencialmente peligroso o ponen en riesgo las actividades, como: pesca, turismo de recreación, cultivo de especies marinas, etc.

### **1.5 Delimitación del estudio**

#### **Delimitación espacial**

Se realizó esta investigación tomando como referencia base de datos de los parámetros ambientales contenidos en anuario ambiental del INEI.

## **1.6 Viabilidad de estudio**

Fue posible realizar el estudio, dado que existe una base de datos disponible en el repositorio del INEI, donde se consolidan los parámetros en estudio, como los silicatos y fosfatos.

## Capítulo II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Internacionales

Alfaro-Sandí et al. (2021), en *“Evaluación de parámetros físicos y químicos de agua de mar alrededor de Isla Uvita, Limón, Costa Rica”*. Tuvo como objetivo evaluar parámetros físicos y químicos determinando la calidad de agua marina alrededor de isla Uvita, Limón, Costa Rica. Se analizaron diferentes nutrientes entre ellos los fosfatos y nitratos además establecer sobre influencia de procedente descarga de emisario submarino en ciudad Limón del circundante medio marino. Los valores promedio (en  $\mu\text{mol/L}$ ) de nitratos y fosfatos fueron de 5,88 ( $\pm 0.06$ ) y 0,91 ( $\pm 0.5$ ) respectivamente. Se concluye que los resultados no evidencian que dichas descargas del emisario submarino en Limón tengan una influencia significativa en la Isla Uvita, por lo que se requiere más estudios al respecto.

Montoya et al. (2021), en su informe de investigación titulada *“Dinámica estacional de parámetro ambiental en dos localidades costeras en Buenos Aires”* tuvo como objetivo analizar la variación estacional y las diferencias observadas entre las localidades de muestreo. Las muestras se recolectaron en agua de mar superficial, el análisis para fosfatos y silicatos alícuotas de 5 mL se filtraron por filtros de acetato de celulosa, para eliminar material sedimentario. Los resultados indican que para la localidad de Santa Teresita rangos de variación de silicatos de: 5,87-102,26  $\mu\text{M}$  y fosfatos: 0.03-8,61  $\mu\text{M}$ ; mientras que para Villa Gesell valores de Silicato de: 6,11-57,83  $\mu\text{M}$  y Fosfatos: 0.05-3,04  $\mu\text{M}$ . La alta variación de nutrientes afecta la respuesta en la producción fitoplanctónica originándose sustancias tóxicas.

Quevedo & Paganini (2018), en su estudio *“Fósforo suministrado a las aguas superficiales como resultado del uso de detergentes en polvo: aspectos ambientales y de salud pública”*. Su objetivo fue evaluar el impacto ambiental por la presencia de detergentes fosfatados y su implicancia en la calidad del agua. Concluyen que los detergentes suministrados en Brasil contienen baja concentración de fósforo por lo que el impacto en los niveles de agua es bajo.

### **2.1.2 Nacionales**

Flores et al. (2021), en su estudio *“Condiciones hidro químicas en el mar de Perú desde Talara hasta bahía Independencia. Crucero 1908-09”*, tuvo como objetivo mostrar las condiciones hidro químicas entre ellas las concentraciones de silicatos en la superficie del mar. Se encontraron elevados niveles de silicatos ( $>10 \mu\text{M}$ ) con promedio de  $10,64 \mu\text{M}$ , siendo el valor máximo de  $30,27 \mu\text{M}$  y el mínimo de  $1,61 \mu\text{M}$ . Concluyendo que en todo el litoral se encontraron elevados niveles de silicatos y pequeños núcleos ( $5 \mu\text{M}$ ) en Paita y Chancay.

Natividad (2021), en su estudio *“Variabilidad de alta frecuencia de zooplancton en estación fija Callao (Cantolao) 2017”*, realizado para el título de Licenciada en Biología, Su fin fue la determinación de variabilidad en alta frecuencia de zooplancton, con una escala por semana. Donde se demostró la correlación entre el zooplancton con los fosfatos. Se realizaron análisis de nutrientes entre ellos fosfatos que presentan concentraciones desde  $1,01$  a  $4,83 \mu\text{M}$ ; silicatos  $1,6822 - 59,09 \mu\text{M}$  como parámetros. Concluye que se observa amplia variabilidad de los resultados fisicoquímicos en la bahía Cantolao.

Castro (2018) en "*Evaluación de calidad de agua de mar que impactó la empresa que extrae hidrocarburos*". Con la cual logró la licenciatura en Química, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Su fin fue estudiar al agua de mar de la costa al norte de Perú, que fue afectada por una empresa que extrae hidrocarburos. Evaluaron durante un año las concentraciones de fosfatos, nitratos, entre otros componentes. Para la obtención de muestras se consideró los efluentes vertidos y las zonas impactadas, los parámetros de fosfatos oscilan entre 0.021 y 0.191 mg/L, entre todas las estaciones en estudio. Se concluyó que los parámetros de fosfatos en aguas costeras en estudio se encuentran enmarcadas dentro de la normatividad vigente.

Flores et al. (2018), en su estudio "*Oxígeno, clorofila y nutrientes desde Puerto Pizarro hasta Huarmey en otoño 2014*". Entre sus objetivos se encuentra evaluar las condiciones hidro químicas. El estudio se realizó entre el Puerto Pizarro y Huarmey, de establecieron 42 estaciones, para el análisis de fosfatos, nitrato y silicatos, se usó el espectrofotómetro Lambda 45. Los resultados en la superficie del mar entre Casma y Punta Negra mostraron entre sus valores concentraciones de nutrientes como fosfatos entre 1,5 y 2  $\mu\text{M}$ , silicatos y nitratos de 10 a 15  $\mu\text{M}$ . Se concluye que a consecuencia del fenómeno del niño se ha encontrado una disminución de la concentración de nutrientes, dando lugar a la oxigenación de la capa superficial, incrementándose estos de norte a sur, sin llegar a las concentraciones correspondientes en la superficie del mar.

Ledesma et al. (2022) en su artículo: "*Niño Costero 2017 y sus efectos en oxigenación, fertilidad y productividad del mar en costa peruana*", de Imarpe Perú. Tuvo como objetivo describir como se asocia la variabilidad de temperatura de mar con cambios en oxigenación, fertilidad y productividad. Para evaluar los fosfatos, silicatos, entre otros se utilizó las técnicas modificadas por Strickland y Parsons. En fosfatos se

encontró concentraciones de 1,0 a 2,0  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en primavera de 2016 y mayores de 0.5  $\mu\text{mol L}^{-1}$  frente a Paita y Chicama. Concluye que, frente a la costa norte, las concentraciones de nutrientes exhibieron valores debajo de lo normal, especialmente fosfatos y silicatos.

## 2.2 Bases teóricas.

### Silicatos

Ambrust (como se citó en Gutiérrez Prada, 2020) manifiesta que el silicio abunda en la corteza terrestre. En la naturaleza, se les puede encontrar en la composición de plantas terrestres superiores como pastos, En el ambiente acuático el suministro de este compuesto es de gran potencial, como el de las paredes celulares en las diatomeas, las cuales representan composiciones superiores al 40% comparada con la producción primaria marina.

Según Thangavelu y Rao (2002) citado por Hilario Espinoza (2018) (Natividad Hilares, 2021) manifiesta que el Silicio es un elemento cuya función química es proteger la actividad fotosintética, protege los tejidos de las plantas ante agentes deshidratantes, y el encargado de aumenta la nutrición de fósforo. En contacto con el oxígeno forman los silicatos bases de muchos minerales tetraédricos que contienen silicio-oxígeno, los cuales superan el 95% de la corteza terrestre, formando rocas, arenas y arcillas (Brito, 2012) citado por (Mendoza Rodríguez, 2018).

El Silicato de magnesio es un compuesto conocido como serpentina ( $\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ), con característica de roca metamórfica compleja, originada de la dunita (olivino)  $(\text{Mg, Fe})_2 \text{SiO}_4$  y Hazburguita (olivino y enstatita-Mg  $(\text{SiO}_4)$ ). La serpentina es una roca que contiene los compuestos de magnesio y sílice, su utilidad

es corregir la acides de los suelos neutralizando su pH del suelo. Los derivados de la serpentina se hidrolizan con los compuestos hidrolizados de Aluminio ( $\text{Al}(\text{OH})^{+ 2}$ ) y  $\text{Al}(\text{OH})^{+}$ , son potencialmente tóxicos. Su contacto con el suelo cambia además las propiedades de este (Quesada Moreno, 2022).

## Fosfatos

Los fosfatos en el mar actúan sobre procesos químico-biológicos (bioquímicos) para la fotosíntesis, en restauración de minerales y sedimentación y en la adsorción-desorción. En el ciclo del fósforo se observa que al estar unido con diferentes sustancias orgánicas participa en diferentes reacciones bioquímicas; como fosfato actúa en la transmisión y control de la energía química en procesos de hidrólisis del ATP. Siendo el fósforo el mayor componente de las sustancias o compuestos orgánicos marinos (Prego & Belzunce, 1994, pp 14-21).

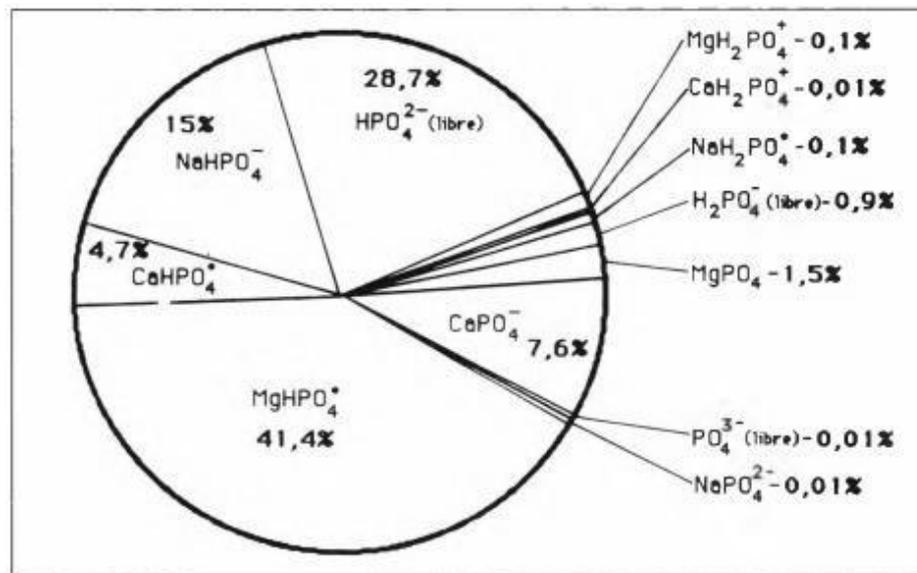


Figura 1. El fosfato el agua de mar.

Fuente: Extraído de Prego, et al. (1994)

El fósforo, elemento químico fundamental para un desarrollo tanto de animales como plantas, que mediante oxidación forma el fosfato importante para la vida y crecimiento de las algas, tal como lo manifiesta Sierra (2011) citado por Davila & Zuñiga, (2018) se presentan en el sistema acuoso como: ortofosfatos, polifosfato y los fosfatos orgánicos. El fosfato disuelto en el agua y aprovechado por las plantas es el ortofosfato (conocido como aprovechable o disponible). Existen formas de fosfatos provenientes de uso agrícola, detergentes, aguas residuales o descomposición de pesticidas orgánicos, cuyos vertimientos son depositados en el mar alterando drásticamente la calidad de los nutrientes de los ecosistemas marinos.

El fósforo es importante para la vida de organismos, por ser un nutriente de la productividad; así mismo altas concentraciones origina reproducciones geométricas de organismos unicelulares que dependen de este elemento (Díaz, Gonzaga y Contreras, 2007).

### **2.3 Definiciones conceptuales.**

**Nitrato:** Es un compuesto químico de característica inorgánica, constituido átomos es decir tres oxígenos y uno de nitrógeno  $\text{NO}_3$ . El cual no se considera tóxico.

**Fosfatos:** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Es una sal o éster del ácido fosfórico es insalubre en agua.

**Eutroficación.** Está referido al incremento descontrolado de nutrientes, (nitrógeno y fósforo), originando que aumente la biomasa y empobrezca en el sistema acuático la diversidad (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2012), citado por (Quiroz Santos, 2019).

## **2.4 Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Si es posible realizar un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

Si es posible realizar un análisis de tendencia de los fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.

Si es posible realizar un análisis de tendencia de los silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.

## **Capítulo III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1 Tipo de investigación.**

Cuantitativa, basada especialmente análisis exploratorio de datos y análisis de tendencias de los fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.

##### **3.1.2 Nivel de investigación**

Fue aplicativo.

##### **3.1.3 Enfoque.**

Cuantitativo

#### **3.2 Población y muestra.**

No se ha considerado la población ni muestra, se están tomando datos del repositorio del INEI.

#### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Repositorio INEI (anuario ambiental), donde se consolidan los parámetros fisicoquímicos entre ellos los silicatos y fosfatos del agua de superficie del mar durante el periodo 2008 al 2020.

#### **3.4 Técnicas para procesamiento de información**

Basado en análisis de datos exploratorio (EDE) de los parámetros químicos Silicatos y fosfatos a fin de elaborar un análisis de tendencia, mediante el programa Estadístico SPSS.

**Capítulo IV**  
**RESULTADOS**

**4.1 Análisis de los resultados**

**Análisis de fosfatos**

Tabla 1

*Análisis descriptivo de Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) en agua superficial mar de Huacho, 2008-2020*

		Estadístico	Error estándar	
Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )	Media	4.132	0.254	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.629	
		Límite superior	4.635	
	Media recortada al 5%	3.716		
	Mediana	3.445		
	Varianza	8.798		
	Desviación estándar	2.966		
	Mínimo	0.720		
	Máximo	25.270		
	Rango	24.550		
	Rango intercuartil	1.615		
	Coefficiente de variación	0.257		
	Asimetría	4.513	0.208	
	Curtosis	25.829	0.413	

El análisis se realiza a 133 observaciones de fosfatos, como muestra la tabla 1, donde se tiene media por estadístico con puntaje mayor asignado a centro de distribución (4.132), los puntajes se dispersan en 2.966 con relación a promedio; su dispersión en la muestra es 25,70 % con respecto al valor de la media; recortada al 5% la media asignando valor menor (3.716) y mediana inferior sensible (3.445).

Se tiene media aritmética superior a la mediana, evidenciando asimetría positiva posible.

El valor de asimetría = 4,513) que es mayor de 0, lo que indica una asimetría positiva. La concentración mayor de datos se encuentra bajo la variable, existen mayor cantidad de puntajes debajo de la media (4.132).

Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) Gráfico de tallo y hojas

Frecuencia	Stem & Hoja
2.00	0 . 79
1.00	1 . 1
7.00	1 . 7788888
11.00	2 . 11223333444
18.00	2 . 56666677777788999
29.00	3 . 00000000111112222222333344444
18.00	3 . 5556666777789999999
18.00	4 . 001111222233344444
4.00	4 . 6799
9.00	5 . 111333344
3.00	5 . 559
3.00	6 . 001
2.00	6 . 58
8.00	Extremos   ( $\geq 7.5$ )

Ancho del tallo: 1.00  
Cada hoja: 1 caso(s)

Figura 2. Diagrama de tallo y hoja de fosfatos, mar de Huacho, 2008-2020

Se tiene en la figura 2, que hay 2 observaciones de fosfatos con menor puntaje que es de 0,79; mientras que existen 8 observaciones con un puntaje mayor en concentración de fosfatos (7,5). La mayor frecuencia (29 observaciones) se encuentran en una concentración de fosfatos de 29,00.

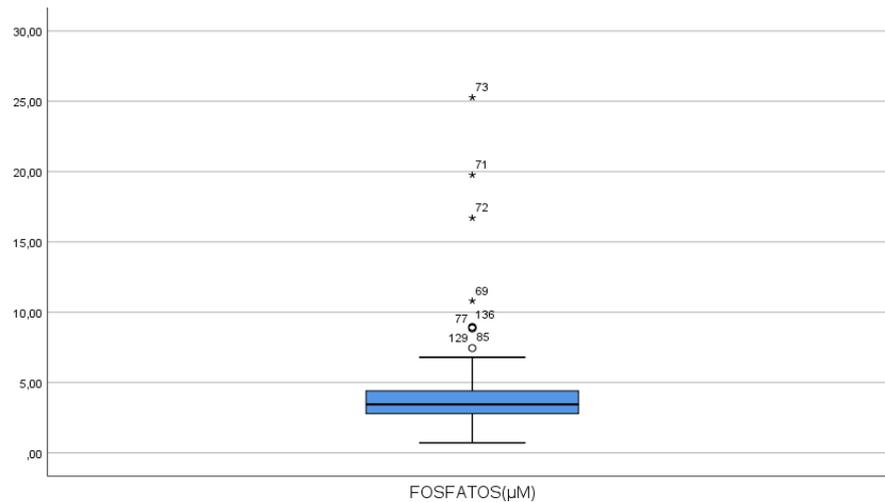


Figura 3. Diagrama de cajas de Fosfato ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020

Al analizar la concentración de fosfatos como se tiene en la figura 3, se identifica variable con positiva asimetría (4,513); asimismo se muestra atípicos valores, siendo coeficiente de variación mayor al 20% (25,70), debido a esta evidencia se recomienda usar la mediana como medida representativa de datos.

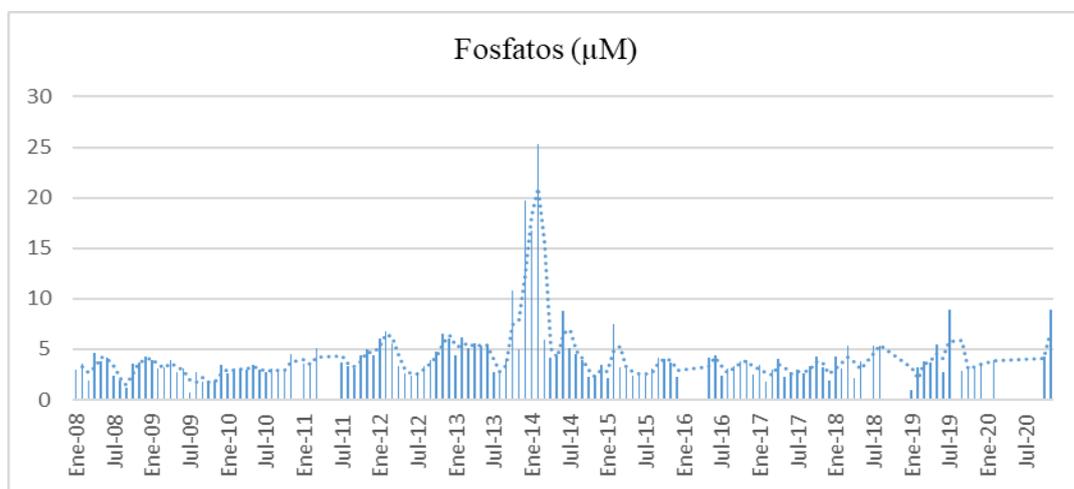


Figura 4. Tendencia de fosfatos en superficie del mar de Huacho, periodo 2008 -2020

En figura 4, se observa tendencia ondulatoria de fosfatos en la superficie del mar de Huacho, periodo 2008-2020, presentan pequeñas variaciones, observándose algunas anomalías en el mes de enero de 2014.

## Análisis de silicatos

Tabla 2

*Análisis descriptivo de Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020*

		Estadístico	Error estándar	
Silicatos ( $\mu\text{M}$ )	Media	10.520	0.682	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9.172	
		Límite superior	11.869	
	Media recortada al 5%	10.080		
	Mediana	9.640		
	Varianza	61.846		
	Desviación estándar	7.864		
	Mínimo	0.330		
	Máximo	43.140		
	Rango	42.810		
	Rango intercuartil	12.940		
	Coficiente de variación	0.682		
	Asimetría	0.855	0.210	
	Curtosis	0.967	0.417	

El análisis se realiza a 133 observaciones de silicatos, dado en la tabla 2, donde la media es de mayor puntaje asignado al centro de la distribución (10,520), los puntajes van a tender a dispersión en 7,864 en cuanto a promedio; siendo una dispersión muestral 68,20 % con respecto a media muestral; dicha media recortada a 5% da valía inferior (10,080) y mediana inferior (9,640).

Se tiene media aritmética superior a la mediana, evidenciándose asimetría positiva posible.

Es mayor a 0 el valor de asimetría (0,855), con lo que se tiene una asimetría positiva.

La concentración mayor de datos está debajo de la variable, existen mayor cantidad de puntajes debajo de la media (10,520).

Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) Gráfico de tallo y hoja

Frecuencia	Stem &	Hoja
20.00	0 .	00000001111111111111
15.00	0 .	222222222333333
12.00	0 .	444444555555
11.00	0 .	66666666677
11.00	0 .	88888889999
10.00	1 .	0000001111
11.00	1 .	2222222233
9.00	1 .	44445555
11.00	1 .	66666666777
7.00	1 .	8889999
2.00	2 .	01
7.00	2 .	2222233
4.00	2 .	4455
1.00	2 .	6
1.00	2 .	8
1.00	Extremos	(>=43)
Ancho de tallo: 10.00		
Cada hoja: 1 caso		

*Figura 5.* Diagrama de tallo y hoja de silicatos, mar de Huacho, 2008-2020

En la figura 5, se tiene 20 observaciones de silicatos con menor puntaje que es de 0,01; mientras que existen 1 observación con un puntaje mayor en concentración de silicatos. La mayor frecuencia (20 observaciones) se encuentran en una concentración de fosfatos de 0,001.

Al analizar la concentración de fosfatos (figura 4), se tiene una variable con asimetría positiva (0,855); asimismo se observan atípicos valores, siendo mayor a 20% (68,20) el coeficiente de variación, debido a esta evidencia se recomienda usar la mediana como medida representativa de datos.

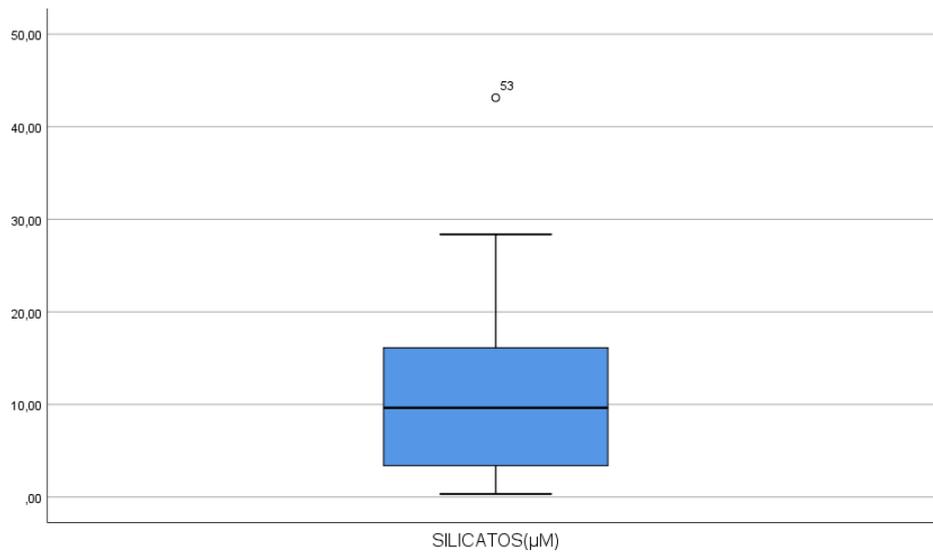


Figura 6. Diagrama de caja de Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) de agua superficial mar de Huacho, 2008-2020

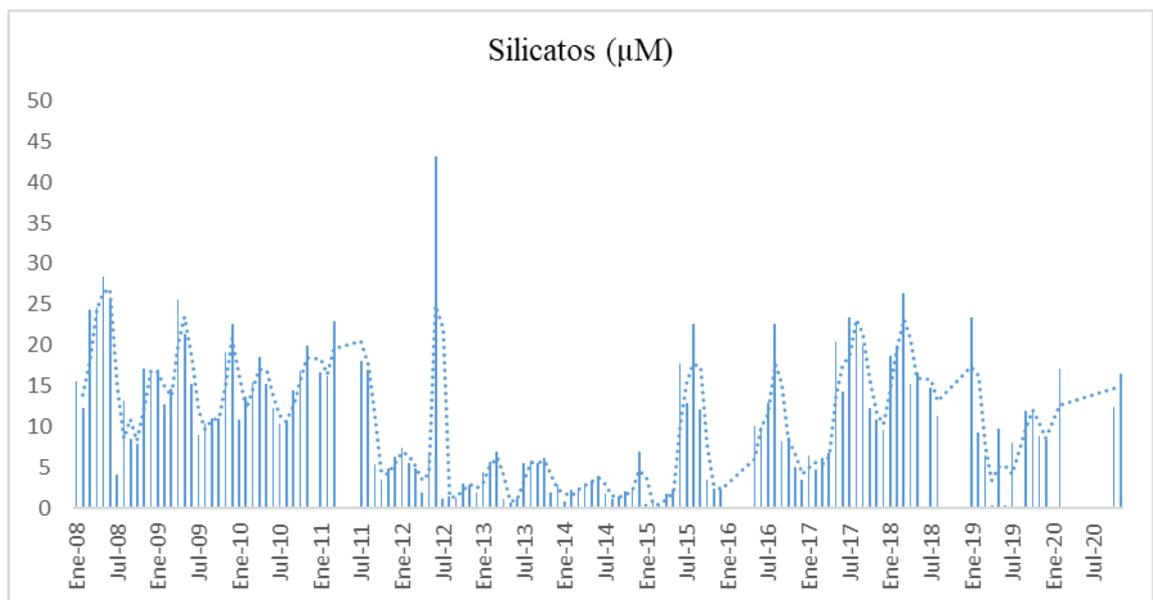


Figura 7. Tendencia de silicatos en superficie del mar de Huacho, periodo 2008 -2020

En figura 7, se observa variaciones en la tendencia de sulfatos en la superficie del mar de Huacho, periodo 2008-2020, presentan pequeñas variaciones cíclicas, observándose algunas anomalías en el mes de julio de 2012.

## Capítulo V

### DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Discusión de resultados.

Del objetivo, establecer análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, se observa que hay una variabilidad en los resultados, coincidentemente con los estudios de Natividad (2021) realizados en la Playa Cantolao del Callao.

En cuanto al objetivo caracterizar mediante un análisis de tendencia para los parámetros de fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, se aprecia cierta variabilidad de los fosfatos observándose periodos pico entre noviembre de 2013 y mayo de 2014 con altos valores de fosfatos, donde su máximo valor fue en enero de 2014. En el análisis exploratorio de datos indican que los fosfatos reportan valores medios de  $4,132 (\pm 2.966) \mu\text{M}$ , parámetros que coinciden con los estudios de Montoya, et al. (2021) realizados en Buenos Aires (Santa Teresita), donde determinó valores de fosfatos de  $0.03\text{-}8,61 \mu\text{M}$  y con el estudio de Alfaro-Sandí, et al. (2021) quien realizó análisis en Costa Rica (Uvitas) lugar de influencia de emisario submarino, encontrando valores promedio de fosfatos de  $0,91(\pm 0.5)$ .

Con respecto a caracterizar mediante un análisis de tendencia los parámetros de silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, se aprecia cierta variabilidad de los silicatos observándose periodos pico con altos valores de silicatos, donde su máximo valor fue en julio de 2012. En el análisis exploratorio de datos indican que los silicatos reportan valores medios de  $10,520 (\pm 7,864)$ , valores que se encuentran dentro del rango de los estudios de coinciden con los estudios de Montoya, et al. (2021) realizados en Buenos Aires (Santa Teresita),  $5,87\text{-}102,26 \mu\text{M}$  y en Villa

Gesell, 6,11-57,83  $\mu\text{M}$ . Parámetros que probablemente alteren estos ecosistemas por sus altas concentraciones alterando la capacidad nutriente del fitoplancton. Coinciden también con los estudios de Flores; Carhuapoma; Beltrán; Domínguez y Sarmiento (2021), quienes encontraron en estudios realizados en diferentes sectores del mar peruano, valores de Silicatos superiores de 10  $\mu\text{M}$ ., en ese sentido los estudios de Natividad (2021), quién calculó que los silicatos en la Bahía Cantolao sus parámetros entre oscilan entre 1,6822 y 59,09  $\mu\text{M}$ .

## **5.2 Conclusiones**

- Al establecer un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, encontramos cierta variabilidad de los parámetros de fosfatos y Silicatos, encontrándose valores atípicos en ciertos periodos.
- La caracterización mediante un análisis de tendencia de los parámetros de fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, nos muestra que las concentraciones de fosfatos coinciden con la de diferentes playas de Sudamérica y del litoral peruano. Parámetros que sirven como nutriente del fitoplancton, elemento importante de la cadena alimenticia en el mar.
- Caracterizar mediante un análisis de tendencia para los parámetros de silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020, se observan valores elevados comparados con los estudios realizados al respecto, lo cual podría alterar las funciones del fitoplancton al producir sustancias tóxicas, por exceso de estas concentraciones químicas.

## **5.3 Recomendaciones**

- Realizar estudios de silicatos y fosfatos como nutrientes ambientales en sectores ecológicos del mar peruano.

## Capítulo VI

### REFERENCIAS DE INFORMACIÓN

- Alfaro-Sandí, J., Piedra-Marín, G., Saravia, A. & Piedra, L. (2021). Evaluación de parámetros físicos y químicos de agua de mar alrededor de Isla Uvita, Limón, Costa Rica. *Revista Tecnología en marcha*, 34, 88–95.  
<https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4985>
- Castro, J. (2018). *Evaluación de calidad de agua de mar impactada por empresa extractora de hidrocarburos* [Universidad Nacional Federico Villarreal].  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3069>
- Davila, J. & Zuñiga, F. (2018). Determinación de fosfatos y nitratos en río Ichu parte urbana de Huancavelica. *Repositorio UNH*,  
[http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP_0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, W., Balmez, L. & Contreras, N. (2007). Determinación de Coagulante que permita máxima remoción de Fosfatos en agua cruda de Río Otún. *Scientia Technica*, XIII(34), 607–612.
- Flores, G., Carhuapoma, W., Beltrán, L., Domínguez, N., & Sarmiento, M. (2021). Condiciones hidroquímicas del mar peruano desde Talara hasta bahía Independencia . Hydrochemical conditions of the peruvian sea between. *Inst Mar Perú*, 48(3), 436–450. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3586>
- Flores, G., Morón, O., Palacios, J. & Anculle, T. (2018). Oxígeno, Clorofila y Nutrientes desde Puerto Pizarro a Huarmey en Otoño 2014. *IMARPE*, 45, 5–13.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12958/3283>

- Gutiérrez Prada, M. Á. (2020). Evaluación de uso de Silicato de Magnesio ( $MgSiO_4$ ) en Cultivo de Camarón Blanco (*Penaeus Vannamei*) a baja salinidad en Municipio Repelón, Atlántico. [Universidad de Cundinamarca. Colombia]. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/3478>
- Hilario Espinoza, J. (2018). Fuentes y niveles de silicio en rendimiento e incidencia de ojo de Galli [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1644/TS\\_JDHE\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1644/TS_JDHE_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ledesma, J., Graco, M., Tam, J., Díaz, K., Anculle, T., García, W., Bernales, A., Quispe, D., Espinoza, D., Carhuapoma, W. & Dimitri, G. (2022). Efectos de El Niño Costero 2017 sobre oxigenación, fertilidad y productividad del mar frente a costas del Perú. *Boletín de IMARPE.*, 36(2), 409–427. <https://doi.org/https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.345> RESUMEN
- Mendoza Rodríguez, C. R. (2018). *Efecto de silicatos de magnesio sobre rendimiento y vida de anaquel de tomate* [Universidad Rafael Landívar].
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Montoya, N., Carignan, M., Baldoni, A. & Benavides, H. (2021). *Dinámica estacional de parámetros ambientales en dos localidades costeras. Provincia de Buenos Aires*

- Natividad Hilares, K. (2021). Variabilidad de alta frecuencia del zooplancton en estación fija Callao (Cantolao) 2017. [Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4533>
- Prego, R. (Biogeoquímica M. I. de I. M. (CSIC) & Belzunce, M. (Biogeoquímica M. I. de I. M. (CSIC)). (1994). Biogeoquímica marina, nueva visión de océanos. *VII Seminario de Química Marina. Universidad de Cádiz* (pp. 13–27).
- Quesada Moreno, C. (2022). *Evaluación correctiva de carbonatos, óxidos y silicatos de Ca y/o Mg en suelo oxisol*. [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Colombia.]. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4513>
- Quevedo, C. & Paganini, W. (2018). Phosphorus delivered to surface waters resulting from the use of powder detergents: *Ciencia e Saude Coletiva*, 23(11), 891–902. <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.27062016>
- Quiroz, R. (2019). *Evaluación de estados trópicos en Laguna principal de área de conservación Regional Albufera Medio Mundo, Huaura-Lima* [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/649>

### ANEXO 01: Matriz de consistencia

#### Título: MODELO DE ANÁLISIS PREDICTIVO PARA ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LA SUPERFICIE DEL AGUA DE MAR, HUACHO

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<b>Problema principal</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable 1.</b> Análisis de fosfatos y silicatos  <b>Dimensiones</b> Análisis de fosfatos.  Análisis de silicatos	<b>Análisis de proceso</b> - Concentración de fosfatos  - Concentración de silicatos	<b>Población y Muestra:</b> Agua de superficie mar, Huacho.  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Nivel:</b> Explicativa  <b>Diseño:</b> No experimental
¿De qué manera se puede analizar fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?	Establecer un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020.	Si es posible realizar un análisis de fosfatos y silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.			
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>			
¿Es posible efectuar un análisis de tendencia para los datos de fosfatos obtenidos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?	Caracterizar mediante un análisis de tendencia los parámetros de fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020 .	Si es posible realizar un análisis de tendencia de los fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.			
¿Es posible efectuar un análisis de tendencia para los datos de silicatos obtenidos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020?	Caracterizar mediante un análisis de tendencia los parámetros de fosfatos en la superficie de mar del puerto de Huacho, 2008-2020 .	Si es posible realizar un análisis de tendencia de los silicatos en la superficie de mar del puerto de Huacho del periodo 2008 al 2020 considerando la base de datos ambiental del INEI.			