

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA**



**TITULO TESIS**

**MANEJO DE MACROALGAS PARDAS (*Gracilariopsis lemaneiformis*) PARA  
BIORREMEDIACIÓN DEL AMBIENTE MARINO COSTERO,  
PUERTO DE HUACHO – 2019  
(PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO)**

**PRESENTADO POR:**

**OSCAR FRANCISCO FLORES PEREA**

Bachiller en Ingeniería Pesquera

**PEDRO JAYRO SILVA RODRIGUEZ**

Bachiller en Ingeniería Pesquera

**ASESOR:**

Ing. JOSÉ DEL CARMEN CUELLAR REYES

**Ingeniero Pesquero – Registro CIP N° 24741**

**HUACHO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

Esta presentación va dedicada a mis familiares por haberme brindado muchas fuerzas para seguir por un camino correcto, Gracias a ello es que hoy me encuentro en este punto de mi carrera, prácticamente el punto final de inicio a una nueva etapa.

Oscar

Dedicado a la memoria de mi madre, quien cuando estuvo a mi lado pudo brindarme mucho apoyo y me dio motivos para continuar. Pienso en ella y consigo las ganas para continuar. Asimismo, dedico esta presentación a mi señor padre y a mi hermana por su cariño, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi esposa e hija por ser mis pilares y luz en mi vida, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos.

Jayro

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Señor todo poderoso por darme vida para continuar con mis estudios universitarios. Seguidamente quiero agradecer a la plana docente universitaria por haberme dado esta formación, la cual ha sido muy necesaria para llegar hasta en donde me encuentro actualmente. Por último y no menos importante quiero agradecer a mis compañeros de aula puyes juntos nos hemos dado la mano para culminar satisfactoriamente la carrera.

Oscar

Definitivamente debo agradecer a los docentes que me han brindado sus conocimientos, sin ello no estaría como estoy en este momento. Asimismo, debo agradecer a mi padre y hermana por seguir apoyándome en mis decisiones. Soy consciente que ellos confían en mí y no pienso defraudarlos.

Jayro

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 Descripción de la realidad problemática	17
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos	19
1.3 Objetivos de la investigación	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.4 Justificación de la investigación	20
1.5 Delimitación de estudio	20
1.6 Viabilidad de estudio	20
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.1.1 Investigaciones Internacionales	21
2.1.2 Investigaciones Nacionales	22

2.2 Bases teóricas	25
2.2.1 Antecedentes históricos	27
2.2.2 Descripción	28
2.2.3 Distribución	29
2.2.4 Usos	29
2.3 Definiciones conceptuales	30
2.4 Formulación de hipótesis	33
2.5 Operacionalización de las variables	34
CAPITULO III: METODOLOGÍA	36
3.1 Diseño metodológico	36
3.2 Población y muestra	36
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.3.1 Descripción de instrumentos	38
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	40
CAPITULO IV: RESULTADOS	41
4.1 Resultados de las variables físico químicas del ambiente marino Huachano	41
4.2 Resultados de la composición microbiológica en la costa Huachana	52
4.3 Resultados de la composición de metales pesados en la costa Huachana	56
4.4 Comprobación de Hipótesis	61
CAPITULO V: DISCUSIÓN	63
5.1 Discusiones	63

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
6.1 Recomendaciones	75
6.2 Recomendaciones	76
CAPITULO VII:FUENTES DE INFORMACIÓN	77
7.1 Fuentes documentales	77
7.2 Fuentes Bibliográficas	78
7.3 Fuentes Hemerográficas	80
7.4 Fuentes Electrónicas	80
ANEXOS	81
ANEXOS N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA	81
ANEXO N.° 02	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Promedio mensual de temperatura superficial del agua en la bahía de Huacho	41
Tabla 2: Promedio mensual de nitratos en la superficie del agua del puerto de Huacho	42
Tabla 3: Promedio mensual de nitritos en la superficie de agua del puerto de Huacho	44
Tabla 4: Promedio mensual de silicatos en la superficie del agua del puerto de Huacho, 2016 – 2019	46
Tabla 5: Promedio mensual de fosfatos en la superficie del agua del puerto de Huacho	47
Tabla 6: Promedio mensual de oxígeno en la superficie del agua del puerto de Huacho	49
Tabla 7: Valores mínimo y máximo de sulfuros de agua a nivel superficial del 2016 al 2019 en el puerto de Huacho	51
Tabla 8: Valores (mínimos - máximos) de aceites y grasas a nivel superficial del 2016 al 2019 en el puerto Huachano	52
Tabla 9: Valores mínimos y máximos de DBO en el agua marina del 2017 al 2019 en el puerto de Huacho	53
Tabla 10: Valores de coliformes totales en el agua del puerto de Huacho	53
Tabla 11: Valores de coliformes termo tolerantes en el agua de marina del 2016 al 2019	54
Tabla 12: Coliformes termotolerantes en el puerto de Huacho, desde el 2016 al 2019	55
Tabla 13: Análisis de metales pesados en las aguas marinas	56
Tabla 14: Bioacumulación de metales en <i>Gracilariopsis lemaeiformis</i>	57
Tabla 16: Niveles promedios de bioacumulación de cobre en <i>Chondracanthus Chamissoi</i> y de factores ambientales	59



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura del agua de mar cada año por mes desde 2016 al 2019	41
Figura 2: Temperatura del agua de mar promedio, máximos y mínimos del 2016 al 2019	42
Figura 3: Nitratos del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019	43
Figura 4: Nitratos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019	44
Figura 5: Nitritos del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019	45
Figura 6: Nitritos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019	45
Figura 7: Niveles del silicato del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019	46
Figura 8: Silicatos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019	47
Figura 9: Niveles de Fosfato del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019	48
Figura 10: Fosfatos. Valores promedio, máximos y mínimos desde el 2016 al 2019	49
Figura 11: Oxígeno del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019	50
Figura 12: Oxígeno. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019	50
Figura 13: Sulfuros de agua de mar desde el 2016 al 2019	51
Figura 14: Aceites y grasas a nivel superficial desde el 2016 al 2019	52
Figura 15: Valores de coliformes totales de agua de mar entre 2016 y 2019	54
Figura 16: Valores de coliformes termotolerantes entre 2016 y 2019	54
Figura 17: Valores de coliformes termotolerantes máximos y mínimos durante 2016 y 2019	55
Figura 18: Metales pesados en el agua de mar durante 2016 y 2019	57
Figura 19: <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> (Bory de Saint-Vincent) E.Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, “pelillo”	58
Figura 20: Niveles promedios de bioacumulación de cobre (ug/g) en <i>Chondracanthus chamissoi</i> de la zona intermareal de Salaverry. Trujillo. Perú (10 meses)	60
Figura 21: Niveles promedios de cobre (mg/L) en agua de mar de la zona intermareal de Salaverry. Trujillo. La Libertad. Perú. (10 meses)	60

## RESUMEN

El presente trabajo “Manejo de macroalgas pardas (*Gracilariopsis lemaneiformes*) para biorremediación del ambiente marino costero, Puerto de Huacho – 2019” tuvo como objetivo evaluar variables microbiológicas y químicas, además de la composición de los metales pesados cuya caracterización se efectuó en base a las estaciones de muestreo del Laboratorio Costero del IMARPE.

Se utilizó un kit multiparámetro, se midió la temperatura del mar con un termómetro digital Amarall y el pH con un potenciómetro MV 870 digital PM MESSGEMT; así mismo, los metales pesados y concentraciones de los componentes microbiológicos siguiendo la técnica descrita por Alveal et al, 20. Los fosfatos y silicatos se realizaron de acuerdo a las técnicas y modificaciones dadas por Strickland y Parsons (1968), los sólidos suspendidos totales con el Standard Methods (1980), el análisis de bacterias de grupos coliformes con tubos múltiples (Número más probable) según Standard Methods for the Examination of Water And Waste Water (Alpha, 1995), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) con la descrita en el Standard International (ISO 5815), tomando como referencia los límites máximos permisibles (LMP) acorde a la ley de aguas del Perú, en el puerto de Huacho en el área comprendida de latitud 11°07'19.20" S, longitud 077°37'06.80" W a latitud de 11°07'80.40" S, longitud 077°37'04.80" W.

Demostrándose así la capacidad de bioacumulación del macroalga parda *gracilariopsis lemaneiformes* en ambientes marinos costeros.

Estando presentes las variables microbiológicas, la demanda bioquímica de oxígeno, los coliformes totales y termotolerantes, temperatura, nitratos, nitritos silicatos, fosfatos, oxígeno disuelto superficial, sulfuros, aceites y grasas, así como la composición de los metales pesados: As, Ga, Zn, Ni, V, Ti, Sn, Nb, Pb, y Cu. Concluyendo así condiciones de biorremediación.

**Palabras clave:** Manejo, variables microbiológicas, químicas, metales pesados, macroalga, ambiente marino costero.

## ABSTRACT

In the present work "Management of brown macroalgae (*Gracilariopsis lemaneiformes*) for bioremediation of the coastal marine environment, Puerto de Huacho - 2019" with the objective of evaluating microbiological and chemical variables and the composition of heavy metals, whose characterization was carried out based on the sampling stations of the IMARPE Coastal Laboratory.

Using a multiparameter kit, the sea temperature with an Amarall digital thermometer, pH with a MV 870 digital PM MESSGEMT potentiometer, heavy metals and concentrations of microbiological components, following the technique described by Alveal et al.20, the phosphates and silicates were performed according to the techniques and modifications given by Strickland and Parsons 1968), the total suspended solids with the (Standard Methods 1980), the analysis of bacteria from the coliform group with multiple tubes ( Most Probable Number) according to Standard Methods for the Examination of Water And Waste Water (Apha 1995), the Demand Biochemistry of Oxygen (BOD5) with that described in the International Standard (ISO 5815) taking as reference the Maximum Permissible Limits (LMP) according to the Peruvian Water Law, in the Port of Huacho in the area of Latitude  $11^{\circ} 07' 19.20''$  S, Longitude  $077^{\circ} 37' 06.80''$  W at Latitude  $11^{\circ} 07' 08.40''$  S, Longitude  $077^{\circ} 37' 04.80''$  W.

Demonstrating the bioaccumulation capacity of the brown macroalgae *Gracilariopsis lemaneiformes* in coastal marine environments.

That the microbiological variables, BOD (Biochemical Oxygen Demand), total coliforms and thermotolerant coliforms, chemical variables; temperature, nitrates, nitrites, silicates, phosphates, surface dissolved oxygen, sulphides and oils and fats as well as the composition of heavy metals; As, Ga, Zn, Ni, V, Ti, Sn, Nb, Pb, Cd, Pb and Cu, which concludes bioremediation conditions.

**Key Word:** Management, microbiological and chemical variables, heavy metals, macroalgae, coastal marine environment.

## INTRODUCCIÓN

A la fecha se han realizado diversos trabajos de investigación sobre el manejo de macroalgas para biorremediación de ambientes marinos a nivel internacional y nacional, pero muy pocos en el contexto local. A mediados de 1950 el “uso intencionado” recibió el nombre de “Biodegradación”, siendo esta la capacidad de degradación. (Forero, 2012).

Las zonas marino costeras adyacentes a las poblaciones a nivel mundial están siendo contaminadas como producto de las actividades humanas, es un flagelo que se evidencia en múltiples regiones a escala internacional. Se están ensayando muchas alternativas de tratamiento, entre las cuales podemos mencionar: las aguas residuales, y la remoción de nutrientes y metales pesados con el uso de macroalgas; tecnología que tiene un costo bajo de instalación e implementación si se le compara con aquellos métodos tradicionales en las que se hacen uso de infraestructuras más caras. Asimismo, este campo guarda mucho potencial debido a que tiene múltiples aplicaciones que aún no se han explotado tanto a nivel investigativo como a nivel comercial.

Se trata de determinar un manejo adecuado del macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* para la biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho, ya que investigaciones anteriores arrojan el resultado concluyente de que el cultivo de macroalgas con fines de biorremediación puede ser utilizada para remover fósforo, amonio y metales pesados. Su uso también tiene ventajas para el tratamiento de aguas residuales al igual que el aprovechamiento de biomasa producto de este proceso.

Por la existencia de desechos tóxicos vertidos es que se tiene como gran problema a considerar la contaminación costera; debido a esto es que se requiere de una gestión eficiente para tratar estos afluentes. La existencia de residuos provoca que se eutroficen las aguas de todo tipo y también provocan que se originen los gases de efecto invernadero.

La zona marino costera del Perú posee importantes actividades económicas y sociales que configuran toda su dinámica, en donde los diferentes grupos sociales realizan actividades económicas y de subsistencia como vendría a ser la pesca artesanal e industrial, la agricultura, la ganadería, las actividades de instalaciones industriales y portuarias, centros recreativos y turísticos, lo que abarcan cientos de kilómetros de litoral natural peruano.

Cuando la cantidad demográfica era mucho menor los niveles de contaminación no eran tan perceptibles por los sentidos humanos, los desechos arrojados al mar eran mínimos y la disponibilidad de DBO era suficiente para su reducción; de igual manera, las praderas naturales de macroalgas eran suficientes para mantener el equilibrio físico-químico del medio costero. Hoy en día todo ha cambiado radicalmente, la población aumentó dando paso a una mayor disposición de efluentes domésticos e industriales, como es el caso del Puerto de Huacho.

También incrementaron los niveles de variables microbiológicas, la demanda bioquímica de oxígeno, los coliformes totales y termotolerantes, las variables químicas, los metales pesados y todo agente contaminante producto de la actividad humana en incremento. Por esa razón, se hace no solo necesario, sino también impostergable tomar las previsiones para biorremediar el ambiente marino costero utilizando macroalgas como *Gracilariopsis lemaneiformes*, el cual se comporta como un excelente reductor de desechos provenientes de la descomposición de

materia orgánica. Dicho de esta forma una posible solución la constituye la biorremediación como complemento a los procesos tradicionales y a su vez reduce los costos energéticos haciendo que la eficiencia en los procesos sea mejor y se genera una biomasa micro algal que contiene bioproductos con valor agregado que son utilizados para distintos productos a comercializar (Forero, 2012).

Con esto se pretende dar una posible solución a la demanda que tiene el sector productivo con respecto al mejoramiento de la gestión ambiental brindada a los efluentes haciendo que se optimicen los mecanismos que controlan las bacterias coliformes, nitrógeno, fósforo y materia orgánica que se encuentra presente dentro de estos haciendo que se reduzca considerablemente los efectos negativos en la calidad de vida que tiene las personas afectadas. Por ende, la presente investigación se centró en determinar el manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* para la biorremediación del ambiente marino costero huachano. Estableciendo la relación del manejo de macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con la composición de metales pesados presentes en el ambiente marino, contribuyendo así al fortalecimiento de la comunidad universitaria con su entorno social y enriqueciendo las actividades I+D+i que necesita la universidad.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática

En la zona marino costera del Perú vive más del 50% de la población peruana, la cual se extiende a lo largo de 3 080 km de longitud. En el mismo punto se localizan importantes actividades económicas que impulsan la dinámica social, y donde los grupos humanos y sectores de producción realizan actividades primarias y de subsistencia como lo son: la pesca artesanal e industrial, la recolección, ganadería, instalaciones industriales y portuarias, centros recreativos y turísticos, todo abarcado a lo largo y ancho del litoral.

Con el transcurrir de los años la sociedad se fue perfeccionando, las zonas urbanas fueron aumentando y se dio lugar a un tipo de basura muy peculiar, las aguas servidas o aguas negras que son desechos líquidos provenientes, principalmente, de uso doméstico e industrial. Estas llevan disueltas y en suspensión una variedad de materias orgánicas e inorgánicas que van a parar de forma directa al mar, en lugar de ser tratadas en plantas de saneamiento.

Al ser la población mucho menor, los niveles de contaminación no eran perceptibles por los sentidos humanos y, por lo tanto, tampoco eran una amenaza a la salud; la disponibilidad de DBO era suficiente para la reducción de la contaminación, de igual manera las praderas naturales de macroalgas eran suficientes para mantener el equilibrio físico química del medio costero marino. Actualmente todo cambió, determinaciones realizadas por SANIPES en el 2018

en el puerto huachano arrojaron niveles de hasta 1600 NMP/100 ml de *coliformes termotolerantes*, siendo el mínimo permitido de 50 NMP/100 ml; por lo que se hace necesario tomar previsiones para biorremediar el medio ambiente costero utilizando macroalgas como *Gracilariopsis lemaneiformes*, siendo un excelente reductor de desechos provenientes de la descomposición de materia orgánica, de microorganismos y de metales pesados.

Conociendo que el contenido orgánico susceptible a ser descompuesto de forma natural puede llegar al 80%, este porcentaje tiende a reducirse cuando las aguas son sobresaturadas. El nivel del contaminante se mide en términos de la demanda bioquímica de oxígeno, determinado por la cantidad de oxígeno absorbida por la oxidación biológica de los compuestos orgánicos biodegradables expresada en partes por millón o miligramos por litro de oxígeno consumido, en las urbes el ciudadano común y corriente normalmente produce una demanda entre 40 y 60 gr de O<sub>2</sub>/día. Lo que implica que, la demanda bioquímica de oxígeno es directamente proporcional a la cantidad de población existente, provocando así que la disponibilidad de O<sub>2</sub> sea insuficiente.

Todo eso da lugar a que los excedentes de la descomposición orgánica se acumulen y se forme una especie de caldo de cultivo para muchos microorganismos causantes de la contaminación, motivando así a la realización de un manejo adecuado y considerado de macroalgas para la biorremediación del ambiente marino como se plantea en la presente tesis.

## **1.2 Formulación del problema**

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es la relación del manejo de macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con la biorremediación del ambiente marino costero del Puerto de Huacho?

### 1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la relación del manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con las variables microbiológicas del ambiente marino costero del Puerto de Huacho con el estudio?
- b. ¿Cuál es la relación de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con las variables fisicoquímicas de las aguas del ambiente marino costero del Puerto de Huacho?
- c. ¿Cuál es la relación de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con la composición de los metales pesados del ambiente marino costero del Puerto de Huacho?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

Determinar el manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* para la remediación del ambiente marino costero del Puerto de Huacho.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a. Evaluar el manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con las variables microbiológicas del ambiente marino costero del Puerto de Huacho.
- b. Determinar la relación del manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con las variables químicas de las aguas del ambiente marino costero del Puerto de Huacho.
- c. Establecer la relación del manejo de macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* con la composición de los metales pesados del ambiente marino costero del Puerto de Huacho.

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

Necesidad de fortalecer la comunidad universitaria en su quehacer social y comunitario. Además, pretendemos mejorar las actividades I+D+i que desarrolla la casa de estudios para que los resultados de sus investigaciones sirvan al desarrollo de las comunidades.

Por otro lado, quisimos contribuir a la mayor utilización de las macroalgas marinas como agentes de remediación por los pescadores artesanales y universidad en general. Dada la necesidad por sus distintas bondades que nos puede brindar, siendo la más resaltante su accionar biorremediante. Así mismo su capacidad para evaluar las variables microbiológicas: DBO5, coliformes totales y termotolerantes, nutrientes, fosfatos, silicatos, etc., y la composición de los metales pesados, demostrando así las propiedades mencionadas con anterioridad del objeto en cuestión.

#### **1.5 Delimitación de estudio**

El estudio tiene duración de 6 meses y abarca el análisis de los parámetros básicos para determinar el nivel de contaminación del Puerto de Huacho, sus posibilidades de biorremediación con las macroalgas marinas y en particular con la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes*.

#### **1.6 Viabilidad de estudio**

El estudio se viabilizó por cuanto se contaba con los materiales, reactivos y equipos para los análisis y un presupuesto mínimo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones Internacionales

Westermeier R.H. (2013) establece un estudio donde se centra en el estudio de una zona costera ubicada en Atacama-Chile donde se hay visto afectada por la presencia de relave proveniente de las actividades mineras. El problema se origina debido a que se han adicionado de metales dentro de la zona geográfica. Como plan para contrarrestar los efectos se procedió a emplear algas pardas para provocar la biorremediación en toda la zona. Las especies empleadas han sido algales *Lessonia nigrescens* y *Macrocystis integrifoli* junto con cultivos de *Gracilaria chilensis* y *Macrocystis integrifolia*.

Delgadillo, G. (2006) desarrolla un estudio en donde presente un reporte referente al cultivo piloto de macroalgas dentro de una zona perteneciente a la bahía de Portete en Colombia. La finalidad del estudio es generar una evaluación de la alternativa para poder determinar la factibilidad a su implementación dentro del área. El procedimiento consta del sembrado de 114 kg de algas de las especies *Gracilaria cervicornis*, *Hydropuntia cornea*, *Hypnea musciformis* y *Grateloupia sp* en mallas cilíndricas y cuerdas localizadas en dos lugares pertenecientes a la bahía. Al finalizar el estudio se ha llegado a la conclusión de que se requiere una evaluación de los factores que

probablemente afectan el crecimiento de las macroalgas como la concentración de nutrientes, salinidad, movimiento del agua y salinidad.

Álvarez, L. (2010) sustenta una tesis referente a las macroalgas marinas pertenecientes a la fauna del Caribe y el Pacífico de Colombia. El autor estructura el estudio gracias al análisis y revisión de trabajos acerca del tema principal llegando a confirmar que las macroalgas marinas poseen grandes propiedades que pueden ayudar a contrarrestar los efectos que se posan sobre el ecosistema.

Ávila, M. (2010) desarrolla un manual acerca del cultivo de macroalgas pardas. Dentro de este manual se especifica la guía práctica para poder producir macroalgas pardas de especies como la *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata* desarrolladas dentro de invernaderos. Se tiene por finalidad gestionar un plan para que futuramente se plantee a repoblación de cultivos dentro de la zona costera. Por su parte, el manual permite obtener conocimientos acerca del control de algas reproductivas, liberación de esporas y desarrollo de los esporofitos y gametofitos en invernadero.

### 2.1.2 Investigaciones Nacionales

IMARPE (1995) desarrolla un informe respecto a los efectos que se producen por la contaminación que sufren los ecosistemas marinos pertenecientes a la zona de Huacho y Carquin. Los parámetros a tener en cuenta dentro de ello son la calidad microbiológica presente dentro del agua, el estado de las comunidades benthicas y la demanda bioquímica de oxígeno. Asimismo, los muestreos a realizarse se han dado entre los meses de febrero y octubre del año 1995 consiguiendo determinar que dentro de la zona de Carquin se encuentra una contaminación microbiológica considerable.

Como plan para contrarrestar ello se detecta las zonas de contaminación, siendo esta la zona de descarga de efluentes industriales pertenecientes a empresas pesqueras correspondiente a la localidad. Finalmente, se llega a la conclusión de que hay una intensa polución dentro de la zona la cual genera un gran impacto dentro de la bahía huachana.

Maldonado, Carlos. (2009) desarrolla un informe para determinar la calidad que presenta el agua localizada dentro de la bahía huachana consiguiendo determinar que la temperatura presente es de alrededor de los 17,7 °C. Asimismo se pudo determinar el O<sub>2</sub> promedio ubicado en la superficie, el mismo que oscila entre los 3,5 y 3,8 ml/L. Un dato curioso y que marca diferencias entre los estudios en distintas zonas reside en los valores de fosfato pues en Huacho dichos valores fueron normales mientras que en Carquin se excedió el límite permisible de acuerdo con la Leu general de aguas pues el valor obtenido fue de 15,80 µg-at/L.

Ledesma, J. y Flores, G. (2001) realizan una evaluación de la calidad que presenta el agua localizada en la bahía de Huacho y Carquin. Estudio realizado en el año 2021 necesario para el programa de vigilancia de la calidad que presenta el medio marino. Asimismo, dentro del estudio se consideró determinar la calidad acuática que presenta e medio marino considerando los parámetros de calidad correspondientes. Midieron la temperatura empleando un termómetro digital AMARALL, el pH con un potenciómetro MV 870 digital PM MESSGEMT, de tal modo que colectaron muestras en 17 estaciones, analizando oxígeno disuelto, salinidad, nutrientes, coliformes, fosfatos y silicatos, además de sólidos suspendidos totales.

El estudio de Pre – inversión a nivel de perfil mejoramiento de la descontaminación del Puerto de Huacho, provincia de Huaura, se hizo con el objetivo de proponer alternativas de solución para la descontaminación de las aguas de mar en la zona portuaria de huacho, pero también para seleccionar la mejor alternativa técnico – económica para el control de la contaminación de aguas residuales. Se tomó como base los registros realizados por el Instituto de Mar Peruano dentro del programa “Investigaciones de la Salud de los Ecosistemas Marinos y su Biodiversidad”, así como los estudios hechos por el IMARPE – Laboratorio costero de Huacho. (Maldonado, 2002 – 2009).

Huerta (2013) sustenta una tesis referente a la contaminación provocada por los residuos líquidos vertidos en las aguas de la bahía huachana durante el año 2012 y 2013. Tras su estudio da a conocer un registro con los tipos de vertimientos detectados dentro del agua estudiada, siendo 6 de estos correspondientes a la industria, 5 a las aguas domésticas y 6+ pertenecientes a los vertimientos municipales.

Consecuentemente, la población impactada sería la residente en el distrito de Huacho, donde hay 55,442 habitantes y en particular la población de la zona sur que descarga sus desagües a través del Emisor Puerto de la bahía de Huacho; e indirectamente la población de los distritos de Carquín, Hualmay, Huaura y Santa María.

Rodríguez, M. en su estudio “*Bioacumulación de cobre en Chondracanthus chamissoi*” señala que la captación y toxicidad de los metales para los organismos acuáticos están definidos no sólo por su concentración, sino que también son relevantes el tiempo de exposición, los factores bióticos y abióticos del ambiente. En esta revisión se presentan ejemplos que ilustran la necesidad de determinar no sólo la concentración total de un



metal en solución acuosa, sino también el perfil de su entorno físico químico y su bio disponibilidad. Esta última puede estar correlacionada directamente con la especiación química a través del modelo de actividad del ion libre (FIAM, free ion activity model). Se discute, además, la posibilidad de usar organismos como sensores de la biodisponibilidad de los metales en relación con su especiación química, y que dentro de ellos las algas representan un grupo muy importante ya que muestran una sensibilidad a los contaminantes mucho mayor que otros organismos acuáticos, datos obtenidos mediante bioensayos de laboratorio y utilizando cultivos algales mono específicos de *Selenastrum capricornutum* Printz

Ramírez, A. et al. (2010) desarrollan un estudio acerca de las áreas para pesca artesanal y los bancos naturales de invertebrados bentónicos destinados al comercio. La conclusión a la que llegan los autores es que la batimetría dentro del área es de 25 metros. La zona en la que se desarrolló el estudio, específicamente, es el sector ubicado entre la Punta Carquin y la Bahía Salinas. Área caracterizada por tener una variada distribución de perfiles biométricos los cuales forman una planicie con más de 15 metros de profundidad.

## 2.2 Bases teóricas

Las algas marinas bentónicas son aquellas enterradas o parcialmente enterradas dentro del suelo marino, de acuerdo con las propiedades que presentan se puede decir que su proceso vital se encuentra equilibrado entre la respiración y los procesos fotosintéticos. La división a la que pertenecen las algas pardas se le conoce como *Phaeophyta* y tiene por característica la presencia de grupos que reúnen distintas especies con morfologías diferentes siendo estas desde algas filamentosas con una estructura simple hasta aquellas algas que presentan longitudes altas junto

con una estructura más compleja. Con respecto al color que presentan (desde un verde amarillento hasta el parduzco), se ha determinado que se genera gracias a la *xantofila* lo cual no es más que un pigmento que por las propiedades que presenta, sirve como protección contra la luz solar.

Por otra parte, respecto a las sustancias de reserva que poseen, se encuentra a los polisacáridos siendo la más resaltante e importante la *laminarina* además de no poseer almidón. Mientras que las células que presentan poseen paredes compuestas por ácido alginico y celulosa.

Se consideran algunas especies de algas pardas con un ciclo de vida en común, el cual es el hetero mórfico en donde se produce una alternancia de generaciones de una fase microscópica y una fase macroscópica.

Se tiene en cuenta la fase asexual macroscópica provocada por la intervención del esporofito (2N) el cual es un alga que se puede localizar en las playas o roqueríos.

Con respecto a los esporofitos, estos en sus frondas contienen una estructura reproductiva conocida como soro esporangial en donde se encuentra contenido los esporangios. Los soros se encuentran ubicados formando bandas longitudinales en ambas caras de la lámina y se les puede reconocer de forma fácil debido a que presentan una pigmentación más oscura en comparación con las demás partes que constituyen a fronda.

Las características que presentan los esporangios son de que, primero, son microscópicos. La forma que presentan es parecida a un saco, el contenido de su interior se encuentra constituido por diversas esporas móviles. Por su parte las esporas mencionadas tienen una forma alargada con presencia de dos flagelos ubicadas uno en cada extremo. Cuando se produce su liberación de los esporangios producen una germinación formando un tubo, proceso que se da dentro de las 48 horas a partir de su liberación.

Cuando ya se ha producido la germinación, las esporas que han germinado por divisiones mitóticas tiene a dar paso a la formación de gametofitos dioicos, siendo estos unos microscópicos que presentan células escasas conformando de esta manera la fase asexual gametofítica. Al haber transcurrido este proceso se estima que por lo menos la mitad de zoosporas que se liberaron den formación a los gametofitos femeninos y la otra mitad restante den paso a los gametofitos masculinos.

Bajo las condiciones de cultivo ideal, es decir, teniendo una temperatura correcta, iluminación y nutrientes adecuados, a los 15 días se tiene la posibilidad de diferenciar el sexo que tiene al emplear un microscopio.

Una característica que diferencia a los gametofitos masculinos de los femeninos es que los primeros se encuentran conformados por distintas ramificaciones junto con células de un tamaño considerablemente reducido mientras que los segundos poseen células más grandes y el número de ramificaciones que presentan son ampliamente menor si se les compara.

### 2.2.1 Antecedentes históricos

En el año 1753 se produce la primera denominación de “algas” gracias a Linneo quien emplea el latín “Algae” para poder dar denominación a una categoría taxonómica de organismos que pertenecen al mismo tipo. Mientras tanto, en la actualidad esta denominación es usada para nombrar a un conjunto variable, complejo y heterogéneo de distintos grupos de organismos autótrofos que se caracterizan por generar fotosíntesis por acción de la clorofila que poseen dando paso a la liberación de oxígeno.

Respecto a su origen; se ha determinado que las algas no pertenecen a algún tipo de ancestro en común antes de evolucionar, sino que son de distintos ancestros debido a que

estos presentan distintos patrones estructurales y funcionalidades básicas. Sin embargo, su semejanza se debe a respuestas similares que se consiguieron seguramente por pertenecer al mismo medio.

### 2.2.2 Descripción

Los organismos multicelulares, como las algas pardas, conforman un grupo de 265 géneros los cuales a su vez contiene alrededor de 1500 y 2000 especies, siendo marinas la mayoría de estas y otros seis géneros pertenecientes a agua dulce. La localización de la mayoría de géneros se encuentra en las costas rocosas pertenecientes a las zonas subpolares y templadas.

La presentación de estos se da en formas flotantes libres como es el caso del *Sargassum*. Gracias a su presencia es que se producen distintas comunidades de microorganismos y también animales invertebrados; por lo general se diferencian en talo y pie, siendo el talo una parte provista de un tamiz de tubos que sirven para dar paso al agua y productos provocado por la fotosíntesis:

- 1) Las algas pardas conforman el filo *heterokontophyta* el cual es una agrupación conformada por diversos organismos eucariotas que se diferencian de otros por tener cloroplastos envueltos en cuatro membranas, permitiendo el origen de la relación simbiótica entre el eucarionte fotosintético y el basal.
- 2) Las algas pardas poseen una coloración gracias a que poseen un pigmento denominado como fucoxantina el cual se considera para dar denominación al grupo.

- 3) *Dentro de los heterokontophyta* se encuentra como especie única a las algas pardas pues estas son organismos multicelulares que poseen tejidos diferenciados pero su reproducción se da mediante esporas flageladas haciendo que se semejen a las células heterocontas. Asimismo, de acuerdo con estudios de su genética se sabe que son parientes cercanos de las *Xanthophyceae* o algas verde amarillentas.

### 2.2.3 Distribución

Debido a las propiedades que poseen, la capacidad de las algas es grande pues puede colonizar en cualquier parte del mundo sin importar el medio; existen algas de tipo acuático y terrestre, también aquellas que nacen sobre rocas, arena, plantas, animales, entre otros medios.

Debido a la antigüedad que presentan, habitan lagos tropicales y también zonas nevadas. Gracias a los hallazgos se conoce que existen fósiles pertenecientes al precámbrico; estos tienen un mecanismo de dispersión y una plasticidad adaptativa.

### 2.2.4 Usos

Por lo general son usados para la alimentación de animales; asimismo se usa para obtener alginatos. Los géneros que comúnmente son usados son la turbinaria y el sargassum.

Con respecto al alginato que se produce, estos sirven como materia prima de mucho interés para empresas textiles y papeleras. Asimismo, es empleado como colorante y aditivo para adhesivos empelados en cartones corrugados.

Por otra parte, alrededor del 30% de alginatos producidos son comercializados para las industrias alimenticias con las que se fabrican frutas artificiales y rellenos para aceitunas basados en el ají. Otro de los usos que se les da es su propiedad para ser empleada en la industrialización de los camarones, carnes y otras comidas que son conocidas como “semi artificiales” basadas en alginato de sodio con pastas homogenizadas.

Por su parte, un 5% de los alginatos producidos son aprovechados por las industrias cosméticas y farmacéuticas. La razón de su aprovechamiento es que las propiedades que posee permiten que su tolerancia a la piel sea única, además, es lubricante refrescante y tiene un contenido bajo en lípidos; también sirve como materia prima para la producción de shampoos, jabones, cremas para afeitar y suavizantes empleados en el cabello.

Hay usos peculiares que se les da a los alginatos como por ejemplo su utilización en soldaduras, moldes para dientes, entre otros. La composición que presentan contiene minerales y vitaminas que son de gran aprovechamiento como fertilizantes.

## **2.3 Definiciones conceptuales**

### **Demanda bioquímica de oxígeno**

También es conocida simplemente por las iniciales DBO y constituye un parámetro que permite medir la cantidad de oxígeno que se consume al producir la degradación de la materia orgánica presente dentro de una muestra líquida. Por lo general es empleada para conocer el grado de contaminación que presenta tal muestra, su medición se realiza cinco días después de que ha ocurrido la reacción.

**Cultivo multitrófica**

Se le conoce con las iniciales AMTI y constituye una práctica con la que se pretende emplear los desechos de una especie para poder convertirlos en aportes para otra práctica; por lo general estas se dan cuando se produce su transformación en alimentos o fertilizantes.

**Cadena trófica**

Término proveniente del idioma griego y hace referencia a la alimentación. Se le conoce como aquel proceso en el que se transfieren sustancias nutritivas mediante las distintas especies que conforman una comunidad biológica, estas forman una cadena en la que cada uno alimenta al siguiente.

**Ecosistema marino**

Se le considera con esta denominación a toda área que involucra agua y en la que existe alguna forma de vida, esta incluye lagos, ríos, océanos, etc. Debido a la extensión que tienen se puede considerar que este ecosistema es el más grande que existen dentro del planeta tierra. Solamente los océanos conforman dos tercios de toda la superficie del planeta teniendo alrededor de 361 millones km<sup>2</sup>.

**Biótico**

Todo aquello relacionado con los organismos vivos, implica a estos o aquello que se vincula con el ser vivo. Por lo general este término es empleado para nombrar la fauna y flora presente dentro de una zona.

**Abiótico**

Al contrario del término biótico, este hace referencia al entorno en donde los seres vivos se relacionan y viven cumpliendo sus funciones.

**Los factores bióticos**

Parte fundamental de todo ecosistema; se puede decir de manera simple que es todo aquello que posee vida; sin importar que sea planta, animal, bacteria. No obstante, dentro de la ecología solo se considera como factor biótico a los seres vivos pertenecientes a la fauna y flora de un área específica en donde estos dos producen interacción.

**Biotopo**

Se le conoce con este nombre a la zona en la que se reúnen las condiciones ambientales necesarias para que pueda albergar vida. Entonces dentro del biotopo se encuentra la flora y fauna de una zona.

**Interacciones entre metales y organismos acuáticos**

Cuando se origina una interacción entre organismos con metales pesados con un índice mucho mayor que el que puedan permitir se considera que es extremadamente tóxico.

Aquellos metales que tienen mayor importancia toxicológica dentro de un ambiente acuático son el Plomo, Cromo, Arsénico y el Mercurio. No solo la cantidad de metal vertido es lo que causa un impacto en los organismos acuáticos sino también el tiempo que se encuentran expuestos y los factores bióticos y abióticos que presenta el ambiente.



## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

El manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* permite la biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho.

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- a. El manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* influye en la composición de las variables microbiológicas del ambiente marino costero del puerto de Huacho.
- b. El manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* influye en la composición de las variables fisicoquímicas de las aguas del ambiente marino costero del Puerto de Huacho.
- c. El manejo de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* influye en la composición de los metales pesados de las aguas del ambiente marino costero del puerto de Huacho.

## Variables

### A. Variable independiente

Macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes*

### B. Variable dependiente

Biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho

## 2.5 Operacionalización de las variables

“MANEJO DE MACROALGAS PARDAS (*Gracilariopsis Lemanaeiformes*) PARA BIORREMEDIACIÓN DEL AMBIENTE MARINO COSTERO, PUERTO DE HUACHO – 2019”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Manejo de macroalga parda (<i>Gracilariopsis lemanaiformes</i>)</b>	Alga marina caracterizada por tener un tamaño macroscópico, que en comparación con las micro algas estas son multicelulares.	Entre los ecosistemas con mayor producción se encuentran las praderas contenedoras de algas marinas. Estas son ecosistemas con mayor diversidad solo por debajo de los arrecifes de coral.	FOTOSÍNTESIS	02	mgO <sub>2</sub> /lt.
	El reino al que pertenecen las algas pardas es conocido como protista. Asimismo, el grupo al que pertenece se denomina como Heterokonta.	Su distribución es desde el intermareal hasta por lo menos 20 metros de profundidad; profundidad requerida para tener las condiciones óptimas para poder generar su fotosíntesis.		CO <sub>2</sub>	mgCO <sub>2</sub> /lt.

<p><b>Biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho</b></p>	<p>Con el fin de obtener un agua purificada es que se emplean las almas marinas debido a que estas poseen una cualidad denominada como biorremediación, en otras palabras, la capacidad para poder regenerar un entorno y darle su naturalidad mediante el filtrado de productos nocivos.</p>	<p>Recientes aplicaciones biotecnológicas han demostrado la capacidad de las algas para su uso en la biorremediación ambiental, dada sus propiedades para remover y acumular sustancias tóxicas del medio acuático.</p>	<p>VARIABLES MICROBIOLOGICAS</p>	<p>DBO</p>		
					<p>COLIFORMES</p>	<p>mg/l</p>
					<p>TOTALES</p>	<p>NMP/100ml</p>
					<p>COLIFORMES</p>	<p>NMP/100ml</p>
					<p>TERMOTOLERANTES</p>	
						<p>°C</p>
					<p>Temperatura superficial</p>	<p>mg/l</p>
					<p>Nitratos.</p>	<p>mg/l</p>
					<p>Nitritos</p>	<p>mg/l</p>
					<p>Silicatos</p>	<p>mg/l</p>
			<p>Fosfatos</p>	<p>mg/l</p>		
			<p>Oxígeno disuelto</p>	<p>mg/l</p>		
			<p>Sulfuros de agua de mar</p>	<p>mg/l</p>		
			<p>Aceites y grasas</p>	<p>mg/l</p>		
				<p>mg/l</p>		
				<p>Antimonio</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Cadmio (Cd),</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Cobre (Cu),</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Hierro (Fe),</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Plomo (Pb),</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Arsénico (As),</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>y Mercurio (Hg)</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Bario</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Cromo VI</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Níquel</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Selenio</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Talio</p>	<p>mg/l</p>	
				<p>Zinc</p>		
	<p>Capacidad biodegradaría de las macroalgas.</p>	<p>Esta propiedad de las plantas se conoce como fitorremediación, en la que la planta es seleccionada fundamentalmente por su propiedad fisiológica que le brinda la capacidad de tolerar sustancias toxicas y producir la degradación de contaminantes que afectan un medio.</p>	<p>VARIABLES QUÍMICAS DE AGUAS</p>			
	<p>Variación estacional de variables físico químicas de las aguas.</p>	<p>Capacidad biodegradaría de las macroalgas.</p>		<p>COMPOSICIÓN DE METALES PESADOS EN LAS MACROALGAS</p>		

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### 3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada

##### 3.1.2 Nivel de investigación

Explicativa

##### 3.1.3 Diseño

Pre experimental

##### 3.1.4 Enfoque

Mixto

#### **3.2 Población y muestra**

La población lo constituyen las algas de la zona costera del Distrito de Huacho.

Las muestras son las algas del Puerto de Huacho.

##### **a. Método de investigación**

Se ha utilizado la metodología recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency), la caracterización se efectuó en base a las estaciones de muestreo del laboratorio costero del IMARPE, utilizando el Kit multiparámetro, con los métodos de ensayo y estándares de la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos y

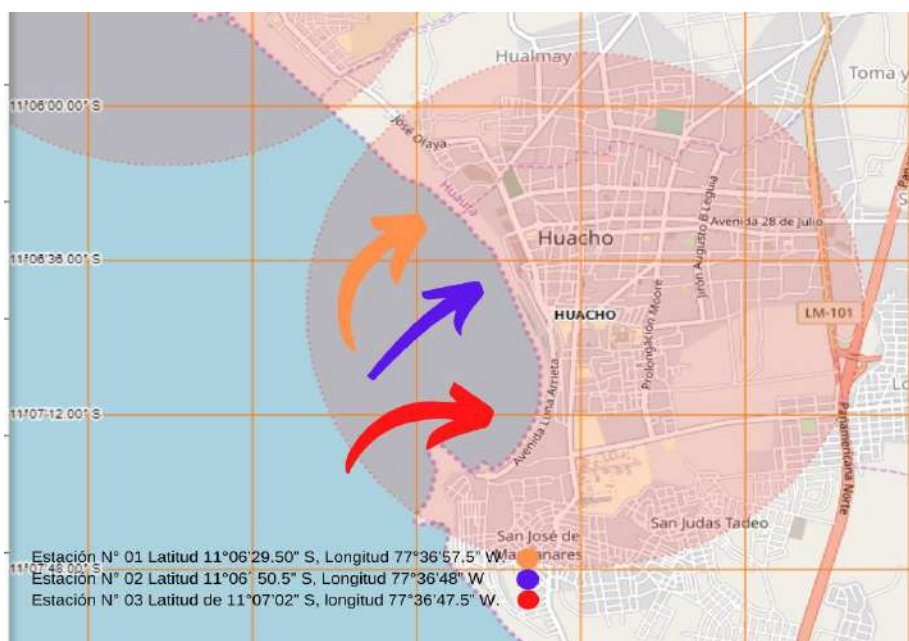
tomando como referencia los límites máximos permisibles (LMP) acorde a la Ley de aguas del Perú.

### b. Localización geográfica

Puerto de Huacho en el área comprendida de Latitud  $11^{\circ}06'29.50''$  S, Longitud  $77^{\circ}36'57.5''$  W

Latitud  $11^{\circ}06' 50.5''$  S, Longitud  $77^{\circ}36'48''$  W Latitud de  $11^{\circ}07'02''$  S, longitud  $77^{\circ}36'47.5''$  W

### c. Estaciones



### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con el fin de obtener datos referidos a la temperatura que presenta el mar fue necesario el uso de un termómetro digital AMARALL. Asimismo, para poder determinar el pH se vio necesario el uso de un potenciómetro MV 870 digital PM MESSGEMT. Finalmente, con la finalidad de poder determinar la salinidad, los nutrientes el oxígeno disuelto y los coliformes es que se vio necesario tener una colección de muestras.

Se emplearon baldes para poder tomar muestras superficiales, mientras que para las muestras de profundidad se emplearon botellas niskin. Por su parte, se hizo uso del método Winkler para poder determinar el oxígeno disuelto.

Para poder determinar los silicatos y fosfatos se usaron técnicas y modificaciones basadas en Strickland y Parsons (1968)

### 3.3.1 Descripción de instrumentos

#### a) Técnicas empleadas

En el caso del kit de muestreo, se efectuó lo siguiente:

- i) Descripción del parámetro, código y estándares utilizados para el análisis de muestras y métodos.
- ii) Importancia, vías de exposición y contaminación, estándares de calidad, efectos sobre la salud y el ecosistema.
- iii) Instrumentos de medición, parámetro, código, componente ambiental, principio de medición, procedimiento de medición, lectura de datos y resultados, unidad de medida, imagen del kit, interpretación y recomendaciones finales para la gestión ambiental.
- iv) **Componente agua.** - Los análisis de calidad de agua en el parámetro químico se realizaron con el kit multiparámetro que utiliza IMARPE y la Facultad de Ingeniería Pesquera-UNJFSC que cuenta con toda la instrumentación e insumos mínimos necesarios.
- v) **Componente macroalga.** - Mediante estudios realizados se tomó la información secundaria y se identificó la composición de los componentes de metales pesados. Las concentraciones de los componentes microbiológicos

nos permitieron estimar la capacidad de biorremediación de la macroalga en el ambiente marino.

vi) **Determinación de la bioacumulación de Cu.** – Al tener las muestras se procedió a hacerles una lavada empleando agua destilada con el fin de descartar elementos contenidos en sedimentos y organismos epifitos. Se consiguió material algal proveniente de los muestreos que se realizaron y de ello se sacaron tres sub muestras con un peso de 10 g pasándolos por un secado en estufa con una temperatura de 80 °C por lo menos unas 48 horas. Seguidamente se realizó el pulverizado de la muestra empleando un mortero, se separan 2 g para ser colocados dentro de tubos de ensayo en donde se les adicionara unos 10 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado hasta que se realice una digestión total con una temperatura de 110 °C. Posteriormente, las muestras pasaron por un filtrado y fueron aforados con un volumen final de 20 ml con un HNO<sub>3</sub> al 0.1 N. En total se realizaron tres análisis en donde se aplicó la espectrofotometría de absorción atómica para conocer las concentraciones trazas de Cu tanto del agua de mar como para el alga.

vii) **Del análisis microbiológico de las aguas de mar**

**Coliformes totales y coliformes fecales.** - Fueron tomadas directamente en el frasco de vidrio esterilizado hasta las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total del mismo y cerradas en refrigeración.

**Análisis químico: pH, conductividad, sólidos totales.** - Se tomaron 1 litro de muestra en frasco plástico, llenándose completamente, cerrándose y guardándose en refrigeración.

viii) **Metales pesados.** - Se tomó 1/2 litro de muestra en frasco de plástico y se preservó con HNO<sub>3</sub> 1:1 hasta pH < 2. Cerrándose y mezclando luego.

**ix) D.B.O.-** Se tomó 1 litro de muestra en frasco de plástico (llenándose completamente sin burbujas) y se resguardó en refrigeración.

b) Instrumentos utilizados

- i) Equipo multiparámetro para determinar las variables químicas.
- ii) Frascos de vidrio para toma de muestras para variables microbiológicas con cajas de tecnopor para su traslado al laboratorio certificado.
- iii) Generador de aire o blower.
- iv) Frascos de plásticos para toma de muestras para metales pesados para su traslado a laboratorio.
- v) Estereoscopio
- vi) Microscopio compuesto
- vii) Salinómetro
- viii) Oxímetro
- ix) 02 termómetros
- x) Cámara fotográfica
- xi) Baldes de plástico de 20 lts. y 10 lts.

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

Para el análisis estadístico, se utilizó el programa estadístico Excel como medio de evaluación y procesamientos de datos.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultados de las variables físico químicas del ambiente marino Huachano

##### a. Temperatura

Tabla 1: Promedio mensual de temperatura superficial del agua en la bahía de Huacho

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2016	20.29	20.15	19.84	18.71	17.79	16.71	16.38	16.04	15.56	15.66	15.91	16.07
2017	17.03	20.03	21.17	18.88	17.65	17.35	16.88	15.74	15.4	14.98	15.16	15.51
2018	16.21	15.79	15.77	15.99	15.92	15.92	15.82	15.51	15.22	15.22	15.94	15.51
2019	18.73	19.36	17.96	17.4	17.39	16.64	15.32	14.38	14.68	14.88	15.63	16.87

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú, IMARPE.

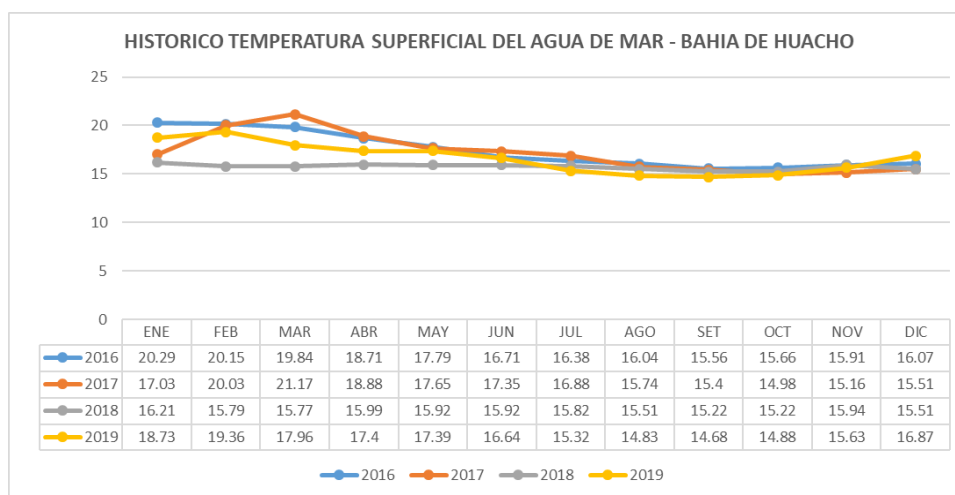


Figura 1: Temperatura del agua de mar cada año por mes desde 2016 al 2019

En el año 2016 la temperatura superficial del agua de mar registró su temperatura más alta del orden de 20.29 °C y el más bajo en el mes de setiembre con 15.56 °C. En el 2017 registró su nivel más alto de 21,17 °C el mes de marzo y el más bajo de 14.98°C.

En el mes de octubre del 2018 se registra 16.21 °C en su nivel más alto el mes de enero y 15,22 °C el mes de setiembre el nivel más bajo. En febrero del 2019 registra su nivel más alto de 19.36 °C y el más bajo el mes de julio (Tabla N°1), haciendo las comparaciones respectivas con el patrón perteneciente a Huacho hace determinar una anomalía térmica de 0.6 °C concluyendo que durante este periodo se tienen condiciones térmicas cálidas correspondientes a la estación en la que se encuentra (verano). Durante marzo se supo que la temperatura superficial estuvo entre los 7.90 °C - 18.40 °C, (Fig. 4), los valores obtenidos están dentro de los rangos para la temperatura superficial. El año 2017 refleja una anomalía térmica superficial de más de 6 °C, lo cual establece un calentamiento para este año. La temperatura estuvo dentro de la normalidad, aunque entre julio y octubre se tuvo temperaturas más bajas a comparación con el periodo de enero a marzo.

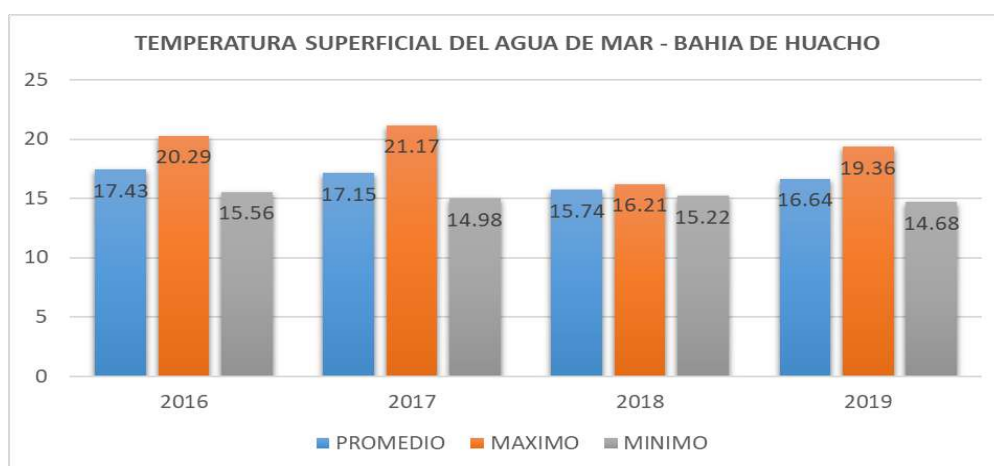


Figura 2: Temperatura del agua de mar promedio, máximos y mínimos del 2016 al 2019

## b. Nitratos

Tabla 2: Promedio mensual de nitratos en la superficie del agua del puerto de Huacho

Mes/Año	2016	2017	2018	2019
Enero		3.79	6.99	9.51
Febrero		7.38	7.37	10.1

<b>Marzo</b>	-	9.33	5.66	8.86
<b>Abril</b>	-	18.11	4.93	10.97
<b>Mayo</b>	7.52	10.92	3.04	5.8
<b>Junio</b>	9.61	11.51	-	14.51
<b>Julio</b>	2.61	14.33	12.49	2.42
<b>Agosto</b>	17.01	13.01	-	-
<b>Setiembre</b>	11.32	15.08	13.76	15
<b>Octubre</b>	16.55	7.14	-	8
<b>Noviembre</b>	13.52	7.99	-	11.98
<b>Diciembre</b>	12.7	5.31	-	9.33

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú, IMARPE.

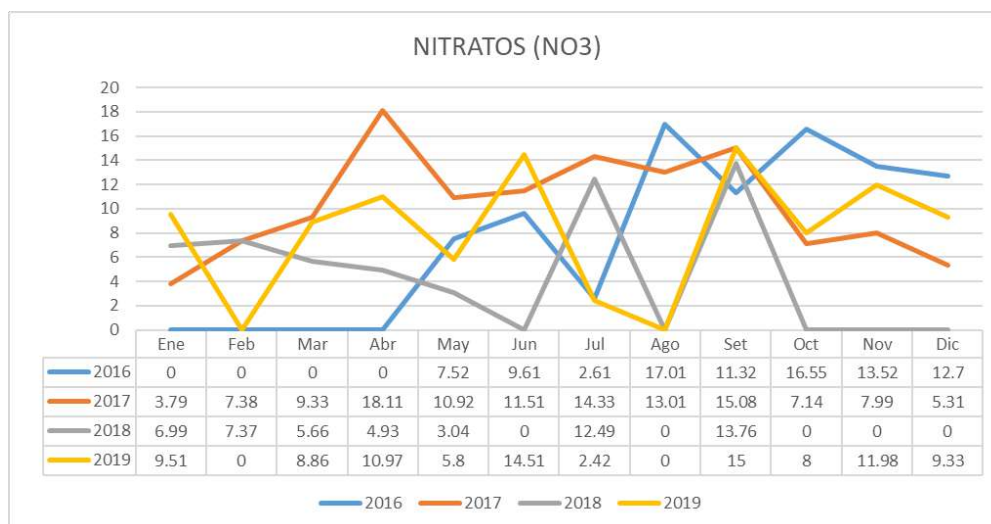


Figura 3: Nitratos del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019

Según los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático; los Nitratos (NO<sub>3</sub>), en la zona marino costera es del orden de 200 mg/L. La fluctuación registrada está en el rango de 2.61 en el mes de julio a 17,01 mg/L en el mes de agosto del año 2016. Rangos de 3,79 en el mes de enero a 18,11 mg/L el mes de abril el año 2017. Rangos de 3,04 el mes de mayo a 13,76 mg/L el mes de setiembre del año 2018. Rangos de 2,42 el mes de julio a 14,51 mg/L el mes de junio del año 2019.

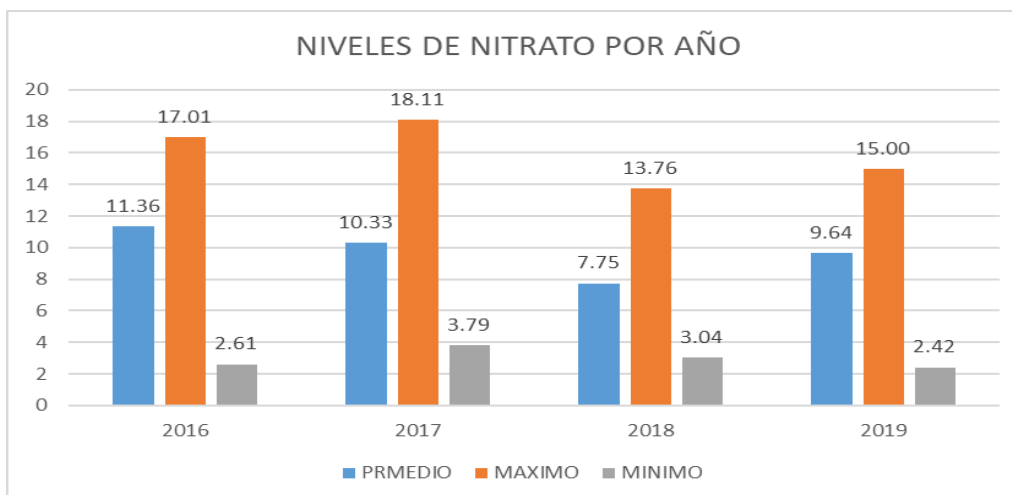


Figura 4: Nitratos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019

### c. Nitritos

Según los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua en su categoría 4:

Conservación del ambiente acuático: 1 mg/L.

Tabla 3: Promedio mensual de nitritos en la superficie de agua del puerto de Huacho

Mes/Año	2016	2017	2018	2019
Enero	-	1.64	1.91	1.11
Febrero	-	0.55	1.87	1.33
Marzo	-	1.02	2.75	1.84
Abril	-	2.25	1	1.88
Mayo	1.4	1.23	3.19	1.71
Junio	1.84	0.83	-	1.23
Julio	0.45	0.92	2.04	1.47
Agosto	0.53	0.92	-	-
Setiembre	1	0.75	1.04	1.33
Octubre	1.33	0.59	-	1.78
Noviembre	0.86	0.65	-	1.14
Diciembre	0.71	0.7	-	6.94

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales del 2019. IMARPE.

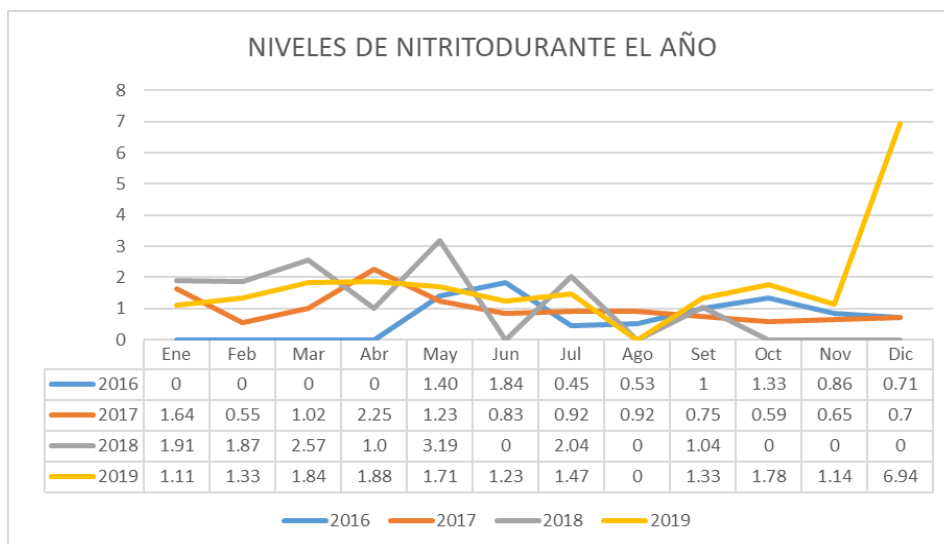


Figura 5: Nitritos del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019

Las fluctuaciones registradas son del rango de 0.45 el mes de julio a 1,84 mg/L en el mes de junio del año 2016. Rangos de 0,55 el mes de febrero a 2,25 mg/L el mes de abril el año 2017. Rangos de 1,00 el mes de abril a 3,19 mg/L el mes de mayo del año 2018. Rangos de 1,11 el mes de enero a 6,94  $\mu\text{g-mg/L}$  el mes de diciembre del año 2019, las cuales se encuentran totalmente por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la ley general de aguas.

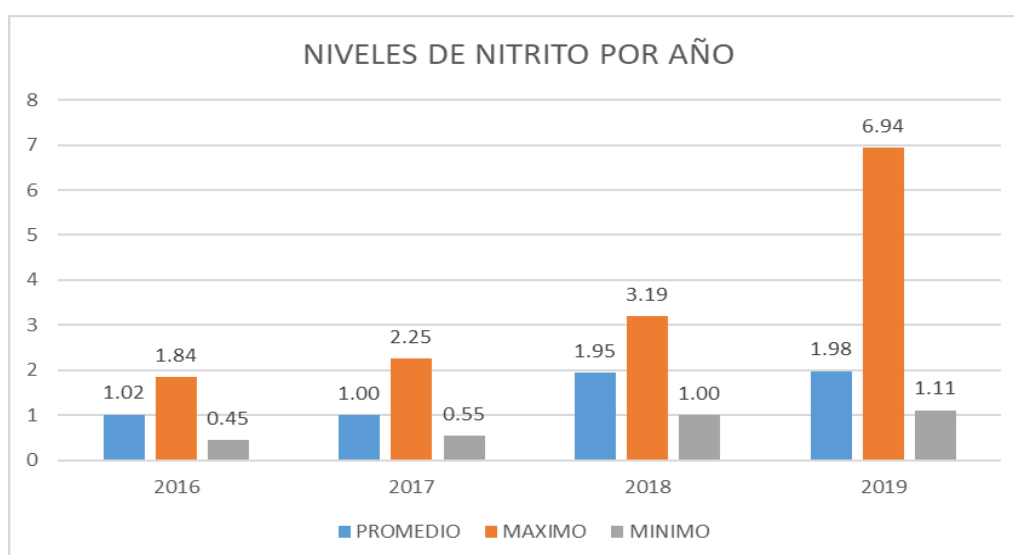


Figura 6: Nitritos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019

## d. Silicatos

Tabla 4: Promedio mensual de silicatos en la superficie del agua del puerto de Huacho, 2016 – 2019

Mes/Año	2016	2017	2018	2019
Enero	-	6.42	18.7	23.38
Febrero	-	4.71	19.89	9.2
Marzo	-	6.1	26.39	6.47
Abril	-	6.68	15.26	0.37
Mayo	10	20.47	16.69	9.71
Junio	9.56	14.32		0.33
Julio	12.94	23.39	14.71	8.05
Agosto	22.52	22.76	11.36	-
Setiembre	8.13	19.99	-	11.92
Octubre	8.6	12.25	-	12.12
Noviembre	4.98	10.89	-	8.82
Diciembre	3.39	9.64	-	8.27

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales del 2019. IMARPE.

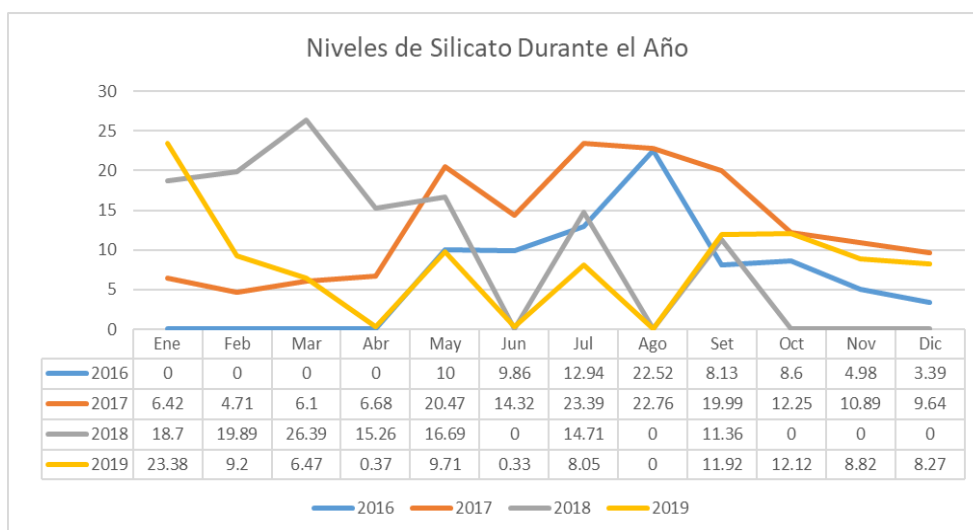


Figura 7: Niveles del silicato del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019

Según los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, en su Límite de detección: Silicatos: 1 mg/L.

En diciembre del 2016 se registró su valor más bajo siendo este de 3,39 mg/L y su valor más alto de 22,52 mg/L. En febrero del 2017 se registró su valor más bajo siendo 4,71 mg/L y en julio su valor más alto siendo 23,39 mg/L En setiembre del 2018 se registró su valor más bajo siendo 11,36 mg/L y un valor más alto de 26,39 mg/L. En junio del 2019 se registró un valor muy bajo de 0,33 mg/L y su valor más alto de 23,38 mg/L.

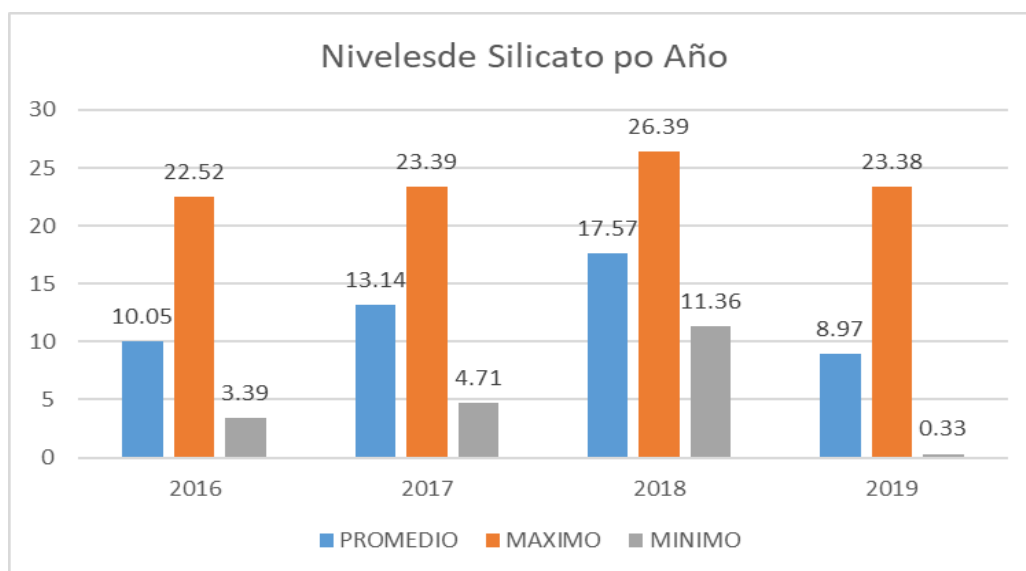


Figura 8: Silicatos. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019

#### e. Fosfatos

Tabla 5: Promedio mensual de fosfatos en la superficie del agua del puerto de Huacho

Mes/Año	2016	2017	2018	2019
<b>Enero</b>	-	3.48	4.28	0.92
<b>Febrero</b>	-	1.82	3.09	3.26
<b>Marzo</b>	-	3	5.34	3.77
<b>Abril</b>	-	4.1	2.17	3.65
<b>Mayo</b>	4.14	2.28	3.78	3.65
<b>Junio</b>	4.41	2.72	-	5.43
<b>Julio</b>	2.43	2.98	5.4	2.68
<b>Agosto</b>	3.04	2.6	-	8.9
<b>Setiembre</b>	3.34	3.27	5.32	
<b>Octubre</b>	3.8	4.27	-	2.88

Noviembre	3.98	3.23	-	3.22
Diciembre	2.51	1.85	-	3.71

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales del 2019. IMARPE.

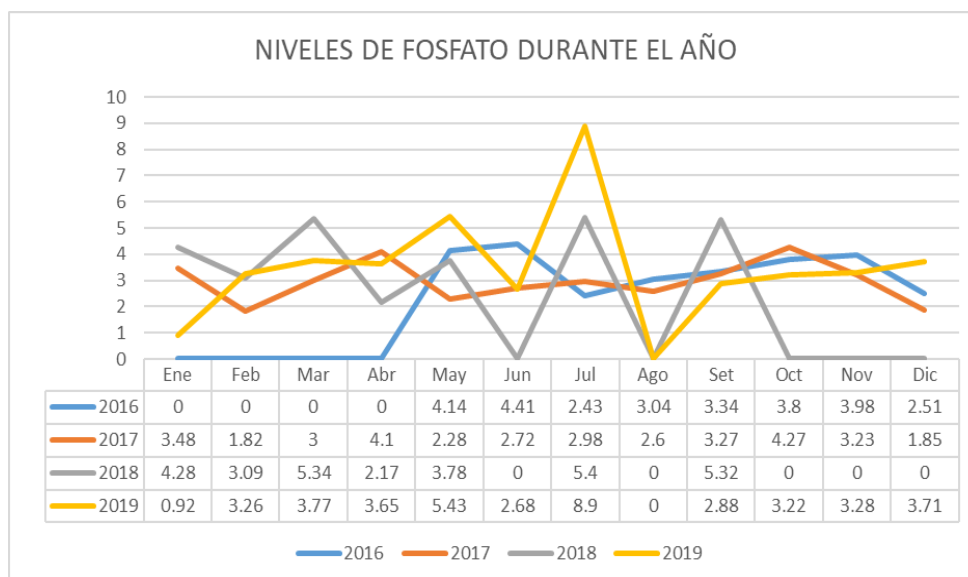


Figura 9: Niveles de Fosfato del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019

Según los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático. ECA: Fósforo total, Ecosistema marino costero: 0,062 mg/L.

El año 2016 registró 2,43 mg/L el mes de julio su valor más bajo y su valor más alto de 4,41 mg/L, el mes de junio. En el año 2017 se registró su valor más bajo de 1,82 mg/L y en el mes de octubre el más alto siendo 4,27 mg/L. En abril del 2018 se registró 2,17 mg/L siendo este su valor más bajo y 5,40 mg/L el más alto. En enero del 2019 se registró 0,92 mg/L el valor más bajo y 8,90 mg/L su valor más alto.

Los valores se encontraron por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la ley general de aguas (LGA).



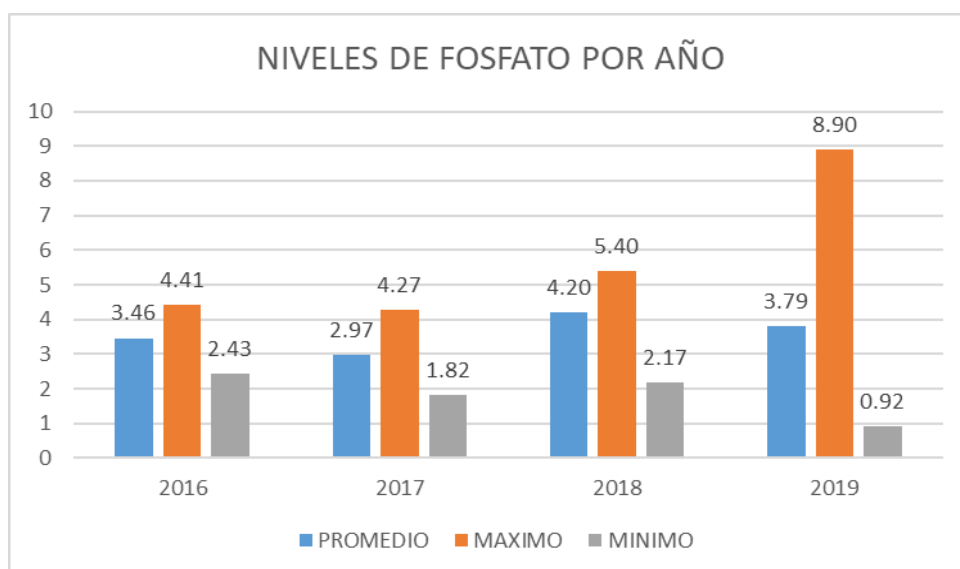


Figura 10: Fosfatos. Valores promedio, máximos y mínimos desde el 2016 al 2019

f. Oxígeno disuelto superficial

Según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. Oxígeno Disuelto zona marino costera (valor mínimo):  $\geq 4$  mg/L.

Tabla 6: Promedio mensual de oxígeno en la superficie del agua del puerto de Huacho

Mes/Año	2016	2017	2018	2019
<b>Enero</b>	4.18	4.06	3.13	4.51
<b>Febrero</b>	2.76	4.03	2.29	4.88
<b>Marzo</b>	3.35	3.19	2.75	3.62
<b>Abril</b>	4.2	4.08	2.82	3.45
<b>Mayo</b>	4.08	4.15	2.56	3.42
<b>Junio</b>	4.15	4.16	2.75	3.43
<b>Julio</b>	4.69	4.39	2.89	3.47
<b>Agosto</b>	4.57	4.08	4.6	4.27
<b>Setiembre</b>	4.89	4.94	4.58	4.09
<b>Octubre</b>	5.11	4.34	3.23	3.74
<b>Noviembre</b>	4.94	3.86	3.65	3.92
<b>Diciembre</b>	5.31	3.42	4.39	3.82

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales del 2019. IMARPE.

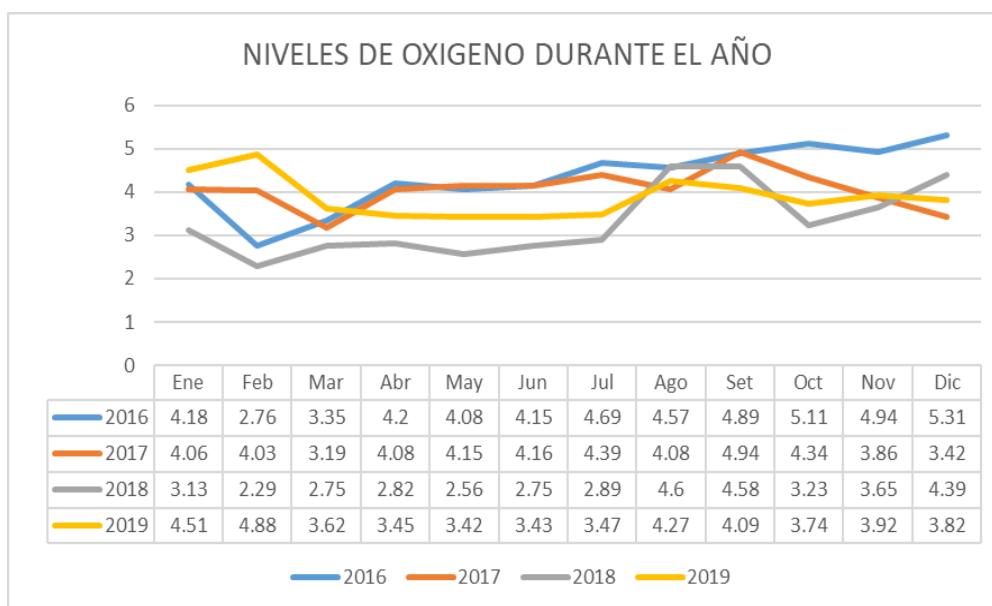


Figura 11: Oxígeno del agua de mar cada año por mes desde el 2016 al 2019

Las concentraciones de Oxígeno disuelto registraron sus valores mínimos de 2,76 ml/l el mes de febrero y el máximo de 5,31 mg/L el mes de diciembre del año 2016. En setiembre del 2017 los valores máximos fueron de 4,94 mg/L y en marzo los valores fueron mínimos de 3,19 mg/L. Las concentraciones de Oxígeno disuelto registraron sus valores mínimos de 2,29 ml/l en el mes de febrero y el máximo de 4,60 mg/L el mes de agosto del año 2018. En febrero del 2019 los valores máximos fueron de 4,88 mg/L y en mayor los valores mínimos de 3,42 mg/L.

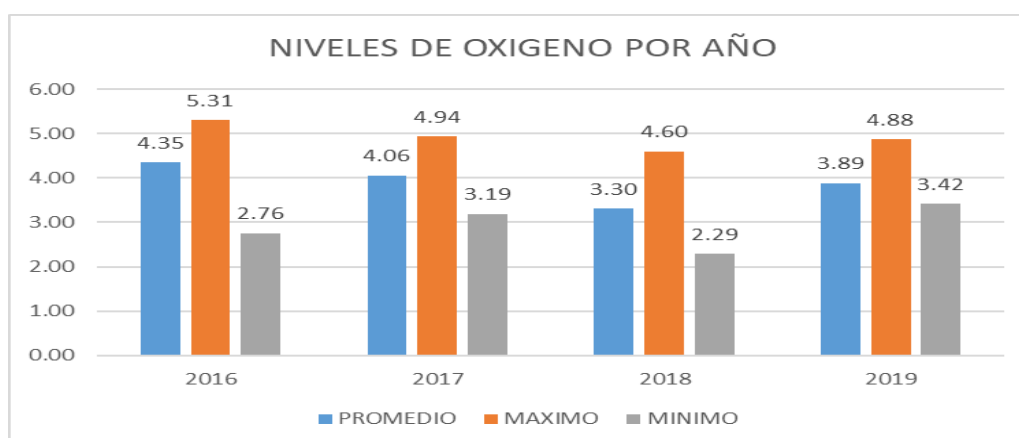


Figura 12: Oxígeno. Valores promedio, máximos y mínimo desde el 2016 al 2019

## g. Sulfuros

Tabla 7: Valores mínimo y máximo de sulfuros de agua a nivel superficial del 2016 al 2019 en el puerto de Huacho

Años	Mínimo	Máximo	Promedio
2019	0.01	0.02	0.02
2018	-	-	-
2017	-	-	-
2016	-	-	-

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú. IMARPE



Figura 13: Sulfuros de agua de mar desde el 2016 al 2019

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, zona marino costera: Sulfuros: 0,002 mg/L

De este parámetro, en el año 2019, sólo se tiene registrado que en su superficie los valores oscilaron entre 0,01 y 0,02 mg/L, todos se encontraron por encima de los límites máximos permisibles (0,02 µg-at/L) establecidos por la ley general de aguas.

## h. Aceites y grasas

Tabla 8: Valores (mínimos - máximos) de aceites y grasas a nivel superficial del 2016 al 2019 en el puerto Huachano

Años	Mínimo	Máximo	Promedio
2019	-	-	-
2018	-	-	-
2017	0.3	0.3	0.3
2016	0.1	20.90	10.5

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú. IMARPE



Figura 14: Aceites y grasas a nivel superficial desde el 2016 al 2019

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

ECAS: Aceites y grasas (MEH): Ecosistema marino costero: 5,0 mg/L Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR LMP de efluentes vertidos a cuerpos de aguas: 20 mg/L Límites máximos permisibles para efluentes de establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto; Límite máximo permisible: 350 mg/L Presentaron una fluctuación entre 0,10 y 20,90 0,62 mg/L en el 2016 y en el 2017 una media de 0,30 mg/L.

## 4.2 Resultados de la composición microbiológica en la costa Huachana

a) Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 9: Valores mínimos y máximos de DBO en el agua marina del 2017 al 2019 en el puerto de Huacho

Años	Mínimo	Máximo	Promedio
2019	1.00	10.30	5.65
2018	6.46	7.46	6.96
2017	1.00	2.70	1.85
2016	1.00	6.00	3.50

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú. IMARPE.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

ECA: Demanda Bioquímica de Oxígeno zona marino-costera, (DBO5): 10 mg/L

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTALMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas: 100 mg/L. Presenta valores que fluctúan entre 1,00 y 6,00 mg/L en el año 2016. En el 2017 presentó valores de 1,00 y 2,70 mg/L. Entre 6,46 y 7,46 mg/L en el 2018, y 1,00 a 10,30 mg/L en el 2019.

## b) Análisis microbiológico

### i) Coliformes totales

Tabla 10: Valores de coliformes totales en el agua del puerto de Huacho

Años	2016	2017	2018	2019
Puerto de Huacho	2.4x10 <sup>4</sup>	3.5x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	2.3x10 <sup>3</sup>

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú. IMARPE.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Zonas marino costeras: Coliformes Totales: 2 000NMP/100 ml. Presentaron un promedio anual de 2,4x10<sup>4</sup> NMP/100mL en el 2016, en el 2017 3,5x10<sup>3</sup>NMP/100mL y en el 2018 2,4x10<sup>3</sup> NMP/100mL.

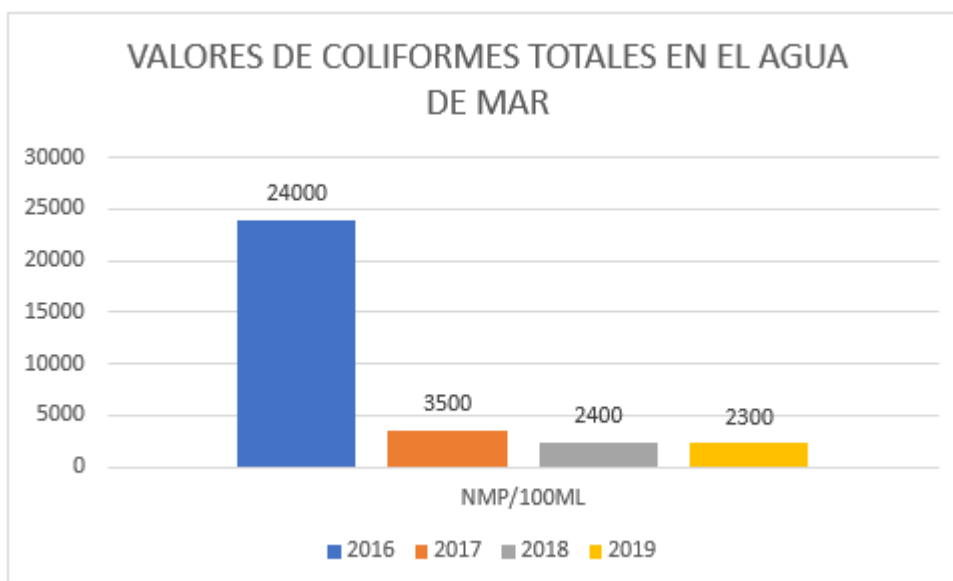


Figura 15: Valores de coliformes totales de agua de mar entre 2016 y 2019

## ii) Coliformes termotolerantes

Tabla 11: Valores de coliformes termo tolerantes en el agua de marina del 2016 al 2019

Años	2016	2017	2018	2019
<b>Puerto de Huacho</b>	$2.4 \times 10^4$	$3.5 \times 10^5$	$2.4 \times 10^2$	-

**Fuente: Anuario de estadísticas ambientales 2019. Perú. IMARPE.**

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Coliformes termotolerantes, zonas marino costeras: 2 000 NMP/100 ml.

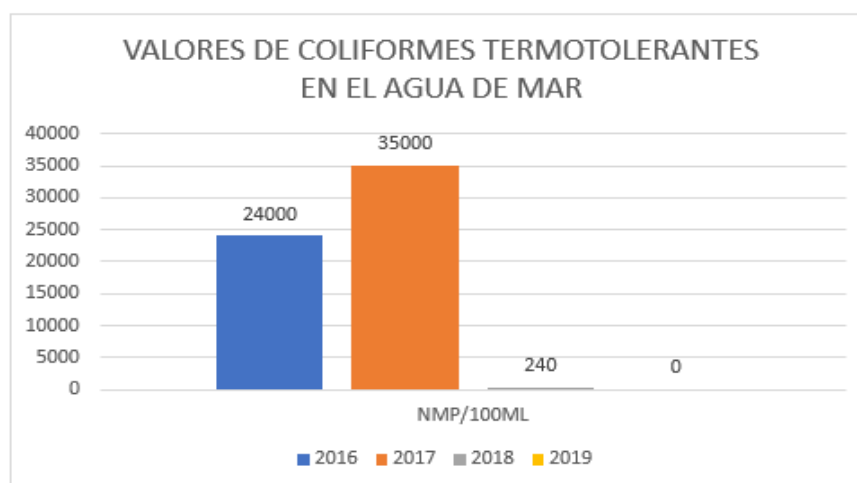


Figura 16: Valores de coliformes termotolerantes entre 2016 y 2019

Valores mínimo y máximo de coliformes termotolerantes en el puerto de Huacho en el 2016 y 2019.

Tabla 12: Coliformes termotolerantes en el puerto de Huacho, desde el 2016 al 2019

Año	Mínimo	Máximo
2019	<1.8	$5.4 \times 10^4$
2018	$2.4 \times 10^2$	$5.4 \times 10^2$
2017	$2.3 \times 10$	$2.4 \times 10^3$
2016	70	$3.5 \times 10^4$

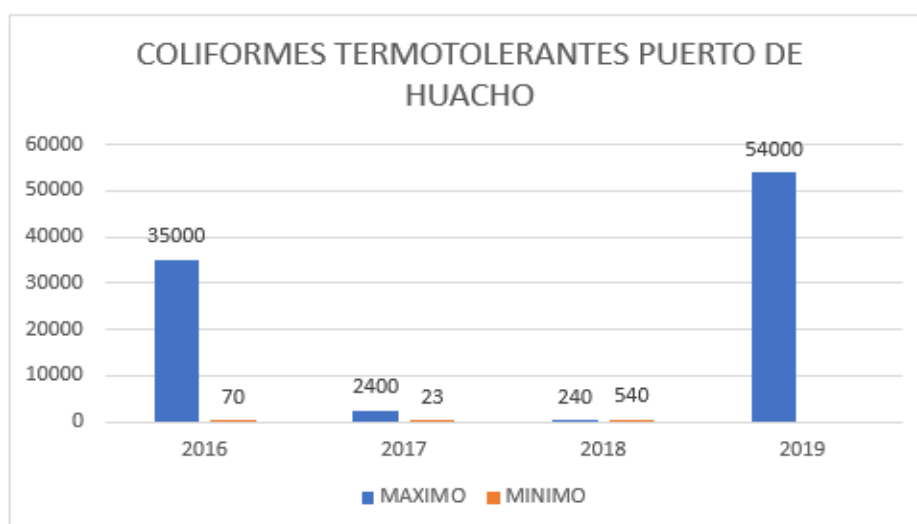


Figura 17: Valores de coliformes termotolerantes máximos y mínimos durante 2016 y 2019

Presentaron una distribución media anual de  $2.4 \times 10^4$  NMP/100mL en el 2016, una mínima de 70 y  $3.3 \times 10^4$  como máximo. Así mismo, una distribución media anual de  $2.4 \times 10^5$  NMP/100mL en el 2017, una mínima de  $2.3 \times 10$  y  $2.4 \times 10^3$  como máximo. Presentan una distribución media anual de  $5.4 \times 10^2$  NMP/100mL en el 2018, una mínima de  $2.4 \times 10^2$   $5.4 \times 10^2$  como máximo, variando entre <1,8 y  $5.4 \times 10^4$  NMP/100mL en el 2019.

### 4.3 Resultados de la composición de metales pesados en la costa Huachana

Tabla 13: Análisis de metales pesados en las aguas marinas

<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA</b>			
<b>Categoría 4: Conservación del ambiente acuático</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>E3: Ecosistema costeros y marinos</b>	
		<b>Estuarios</b>	<b>Marinos</b>
<b>Antimonio</b>	mg/L	**	**
<b>Arsénico</b>	mg/L	0.036	0.036
<b>Bario</b>	mg/L	1	**
<b>Cadmio disuelto</b>	mg/L	0.0088	0.0088
<b>Cobre</b>	mg/L	0.05	0.05
<b>Cromo VI</b>	mg/L	0.05	0.05
<b>Mercurio</b>	mg/L	0.0001	0.0001
<b>Níquel</b>	mg/L	0.0082	0.0082
<b>Plomo</b>	mg/L	0.0081	0.0081
<b>Selenio</b>	mg/L	0.071	0.071
<b>Talio</b>	mg/L	**	**
<b>Zinc</b>	mg/L	0.081	0.081

**Fuente: Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.**



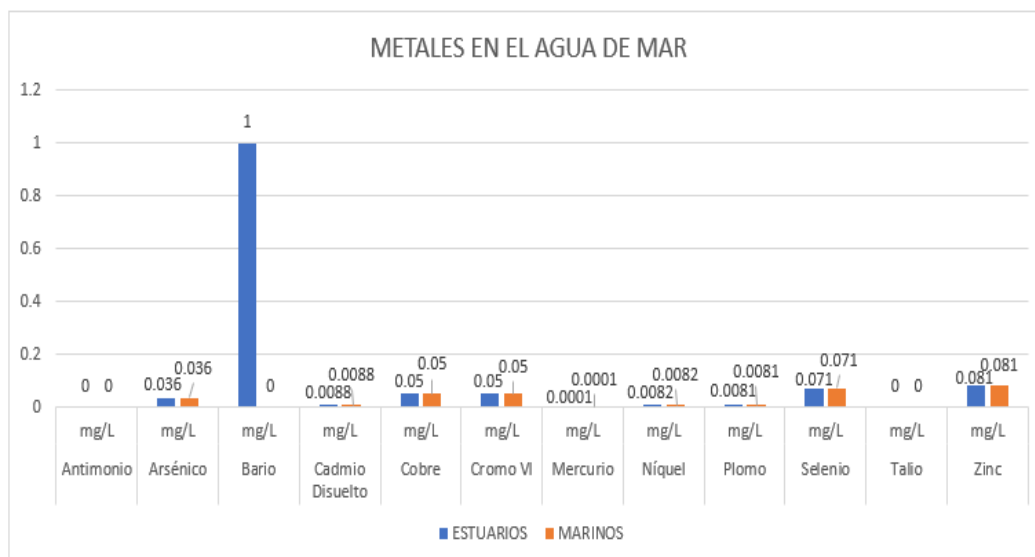


Figura 18: Metales pesados en el agua de mar durante 2016 y 2019

Tabla 14: Bioacumulación de metales en *Gracilariopsis lemaeiformis*

Mes	Cu(mg/g)	Cd (mg/kg)	Pb(mg/kg)	Salinidad	Ph	Temp °C
1	1.07	0.33	0.08	34.39	7.77	17.8
2	1.01	0.31	0.06	34.3	7.68	17.1
3	1	0.31	0.05	34.01	7.59	16.7

Tabla 15: Producción acuícola mundial de algas acuáticas

Especie	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
<i>Laminaria del Japón</i> ( <i>Laminaria japonica</i> )	5380.9	5699.1	6525.6	10302.7	10662.6	11174.5	11448.3
<i>Algas marinas nep' (Eucheuma spp.)</i>	215.3	986.9	3479.5	10189.8	9775.9	9578	9237.5
<i>Gracilaria (Gracilaria spp.)</i>	55.5	933.2	1657.1	3767	4248.9	4174.2	3454.8
<i>Wakame (Undaria pinnatifida)</i>	311.1	2439.7	1505.1	2215.6	2063.5	2341.7	2320.4
<i>Luche (Porphyra spp.)</i>	424.9	703.1	1040.7	1109.9	1312.9	1733.1	2017.8
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	649.5	1283.5	1884.2	1751.8	1524.5	1545.2	1597.3
<i>Algas pardas (Phaeophyceae)</i>	2852.8	1827.2	3021.2	436.8	805	666.6	891.5
<i>Laver nori (Porphyra tenera)</i>	529.2	584.2	565.2	688.5	713.4	831.2	855
<i>Sargassum fusiforme</i>	12.1	115.6	97	209.3	216.4	254.6	268.7
<i>Eucheuma espinosa</i> ( <i>Eucheuma denticulatum</i> )	84.3	171.5	258.7	274	214	193.8	174.9

<i>Spirulina nep (Spirulina spp.)</i>	48.5	93.5	81.2	73.4	72	69.6	
<i>Algas marinas nep (algae)</i>	32.5	13.6	8.9	15.2	15.8	20	22.5
Otras algas	47.4	25.2	37.6	22.1	24.2	28.1	27.8
Total	10595.5	14831.3	20174.3	31.63.9	31650.5	32613	32386.1

Fuente: Universidad Científica del sur

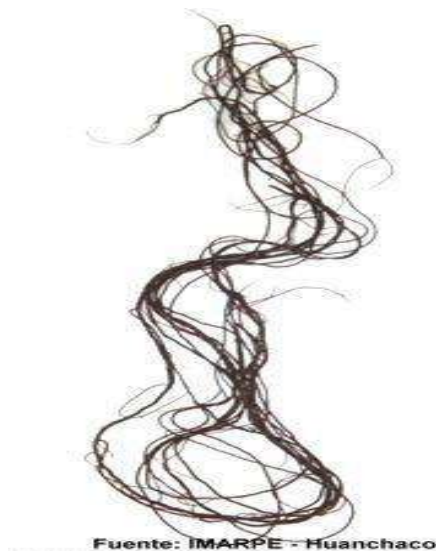


Figura 19: Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent) E. Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, “pelillo”

**Nombre científico y vulgar:** Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent) E. Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, “pelillo”.

**Descripción:** Alga que posee filamentos largos, tiene los talos con ramificaciones cilíndricas y delgadas con un diámetro desde los 0.5 hasta los 1.5 aunque en ciertos casos puede llegar a ser de 3 a 3.5 mm.

**Hábitat:** Se encuentran en rocas que están cubiertas por arena. Su localización es dentro de la región media y baja del litoral, aunque en ciertas ocasiones se le ha visto en el infra

litoral hasta unos 15 m de profundidad. Es común en aguas tranquilas y Fig.15. Macroalga *Gracilariopsis lemaneiformis* someras de bahías y estuarios.

**Distribución:** En la región La Libertad, playa Chérrepe, puerto Pacasmayo y puerto Malabrigo.

En el Perú las macroalgas marinas tienen gran importancia ecológica, económica y social. En el presente estudio se trata de establecer la capacidad biorremediadora de la macroalga *Gracilariopsis lemaneiformis*, que son utilizados como bioindicadores en ecosistemas marinos para metales pesados, advirtiéndonos de contaminación. Acumula e indica la presencia en aguas, tales como: As, Ga, Zn, Cu, Ni, V, Ti, Sn, Nb, etc.

Los problemas de contaminación por metales pesados y sus implicaciones para la salud pública y el medio ambiente son temas recientes de la biotecnología algal, como los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 156: Niveles promedios de bioacumulación de cobre en *Chondracanthus Chamissoi* y de factores ambientales

Meses	Cu(ug/g)	Salinidad	Ph	Temp(°C)
ECA	0.05			
Agosto	1.19	34.13	7.83	19.03
Setiembre	1.3	34.22	7.73	19.3
Octubre	0.64	35	8.2	19.33
Noviembre	0.71	35.13	8	20.3
Diciembre	1.08	34.3	7.8	21.06
Enero	0.94	35.4	8.1	21.33
Febrero	1.11	34.08	7.9	21.1
Marzo	1.23	34.9	7.8	21.3
Abril	1.91	34.91	7.73	20.1
Mayo	0.52	35.2	7.9	19
Promedio	1.06	34.73	7.89	20.19

Asimismo, a continuación, se muestra la figura en la que indica los niveles de bioacumulación de cobre en *Chondracanthus chamissoi* perteneciente a la localización en la que se realiza el estudio:

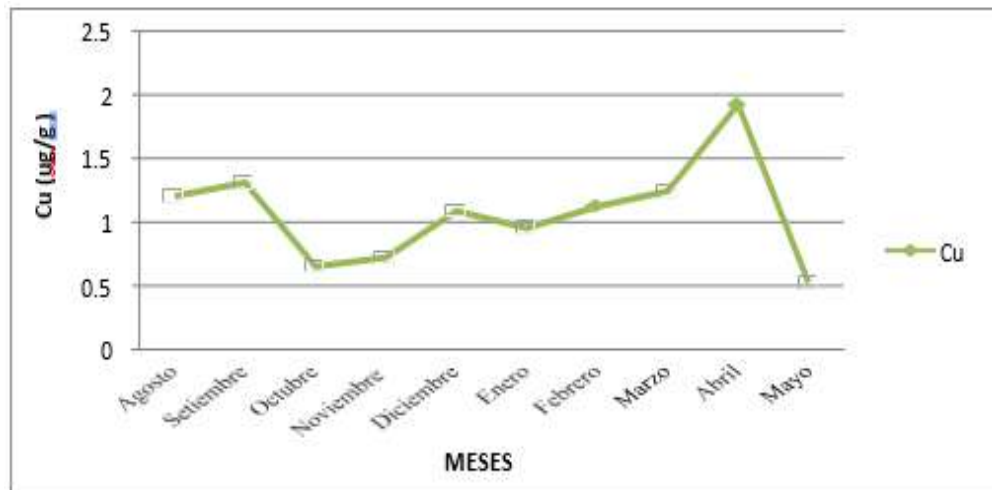


Figura 20: Niveles promedio de bioacumulación de cobre (ug/g) en *Chondracanthus chamissoi* de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo, Perú (10 meses)

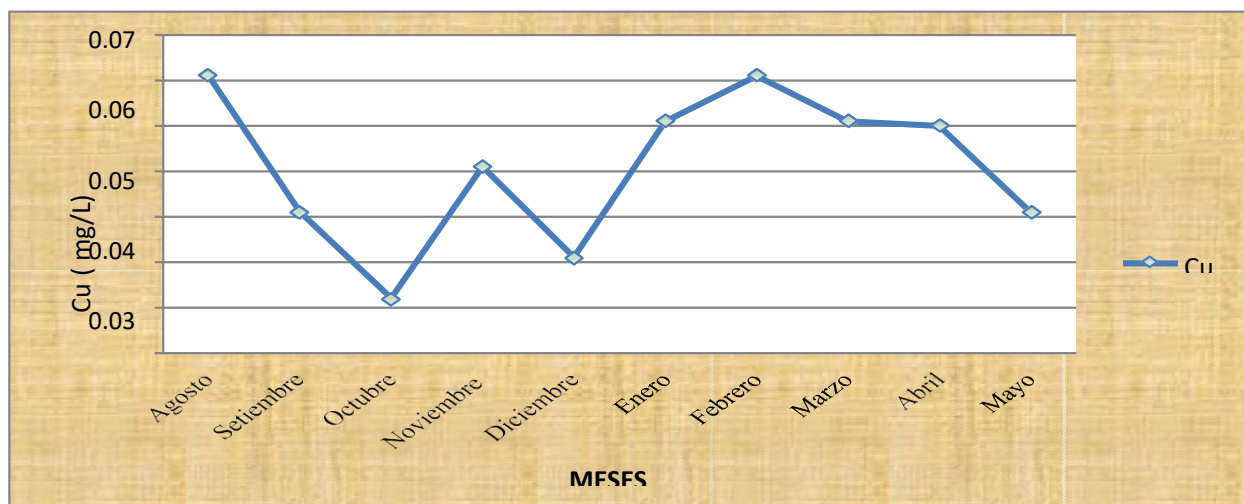


Figura 21: Niveles promedio de cobre (mg/L) en agua de mar de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo, La Libertad, Perú. (10 meses)

## 4.4 Comprobación de Hipótesis

### 4.4.1 Hipótesis

El manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformis* permite la biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho.

Año	Tem °C min	Tem °C max	Nitratos (No3) mg/L min	No3 mg/L max	Nitritos mg/L min	Nitritos mg/L max	Silicatos mg/L min	silicatos mg/L max	Fosfatos mg/L min	fosfatos mg/L max
2016	15.56	20.29	2.61	17.01	0.45	1.84	3.39	22.53	2.43	4.41
2017	14.98	21.17	3.79	18.11	0.55	2.25	4.71	23.39	1.82	4.27
2018	16.21	15.22	3.04	13.76	1	3.19	11.36	26.39	2.17	5.4
2019	14.68	19.36	2.42	14.51	1.11	6.94	0.33	23.38	0.92	8.9

Año	O2 disuelto min mg/L	O2 disuelto max mg/L	Aceites y grasas min mg/L	Aceites y grasas max mg/L	DBO5 min mg/L	DBO5 max mg/L	Coliformes totales prom.	Coliformes term. Max
2016	2.76	5.31	0.1	20.9	1	6	2.4 x 10 <sup>4</sup>	2.4 x 10 <sup>4</sup>
2017	3.19	4.94	0.1	9.2	1	2.7	3.5 x 10 <sup>3</sup>	2.4 x 10 <sup>5</sup>
2018	2.29	4.6	0.1	2.49	6.46	7.46	2.4 x 10 <sup>3</sup>	5.4 x 10 <sup>2</sup>
2019	3.42	4.88	0.1	0.92	1	10.3	2.4 x 10 <sup>3</sup>	5.4 x 10 <sup>4</sup>

Niveles promedio de bioacumulación de metales en *Gracilariopsis Lemaneiformis*

Mes	Cu(mg/g)	Cd (mg/kg)	Pb(mg/kg)	Salinidad	Ph	Temp °C
1	1.07	0.33	0.08	34.39	7.77	17.8
2	1.01	0.31	0.06	34.3	7.68	17.1
3	1	0.31	0.05	34.01	7.59	16.7

Capacidad de Bioacumulación de algunas algas

Especies de Algas	Bioacumulación Cadmio
Chondracanthus chamissoi (Rhodophyta)	1.07 ug/g
Gymnogongrus sp	5.4 ug/g
Myriogramme mangini	10.0 ug/g
Gracilariopsis lemaneiformis	5.93 ug/g

H0: El manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformis* permite la biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho.

H1: El manejo adecuado de la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformis* no permite la biorremediación del ambiente marino costero del puerto de Huacho.

### COMPROBACION:

Aplicando la técnica de prueba de no actividad de Tukey, de acuerdo a la tabla que tiene una significancia menor a 0.05 % aceptando la hipótesis alterna H1 planteada por los investigadores y rechazando la hipótesis nula que los deroga H0

ANOVA con prueba para no aditividad de Tukey							
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig	
Inter sujetos		18.035	15	1.202			
Intra sujetos	Entre elementos	2664.606	3	888.202	499.330	0.000	
	Residuo	No aditividad	15,114 <sup>a</sup>	1	15.114	10.242	0.003
		Equilibrar	64.932	44	1.476		
		Total	80.045	45	1.779		
	Total	2744.652	48	57.180			
Total		2762.687	63	43.852			

Media global = 5,5893

a. La estimación de Tukey de potencia en la que se deben realizar observaciones para conseguir una aditividad = ,207.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusiones

En cuanto a los parámetros físico – químicos de las aguas de la bahía del puerto de Huacho, en el año 2016 la temperatura más alta alcanzó los 20,29 °C y la más baja en el mes de setiembre fue de 15,56 °C.

En marzo del 2017 registró su nivel más alto de 21,17 °C y en octubre de 14,98 °C, el más bajo. En enero del 2018 registró el nivel más alto de 16,21 °C y en setiembre del mismo año, el nivel más bajo fue de 15,22 °C. Durante el 2019 registra su nivel más alto, siendo este de 19,36 °C y el más bajo en el mes de julio (ver tabla N° 1).

Haciendo las comparaciones respectivas con el patrón perteneciente a Huacho hace determinar una anomalía térmica de 0.6 °C concluyendo que durante este periodo se tienen condiciones térmicas cálidas correspondientes a la estación en la que se encuentra (verano). Durante marzo se supo que la temperatura superficial estuvo entre los 7.90 °C - 18.40 °C, (Fig. 4), los valores obtenidos están dentro de los rangos para la temperatura superficial. El año 2017 refleja una anomalía térmica superficial de más de 6 °C, lo cual establece un calentamiento para este año. La temperatura estuvo dentro de la normalidad, aunque entre julio y octubre se tuvo temperaturas más bajas a comparación con el periodo de enero a marzo.

IMARPE el año 1995, hace un informe respecto al ecosistema marino en la bahía huachana donde evalúa los efectos que tiene la contaminación, las condiciones térmicas en 1995 fueron más frías que el año 1992 (Sánchez et al. 1992). Lo que nos permite concluir que hay un incremento de temperatura en el agua y el ambiente.

**En cuanto a los Nitratos.** - Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en la zona marino costera es del orden de 200 mg/L., su fluctuación registrada está en el rango de 2,61 el mes de julio a 17,01 mg/L en el mes de agosto del año 2016. Rangos de 3,79 en el mes de enero a 18,11 mg/L el mes de abril el año 2017. Rangos de 3,04 en el mes de mayo a 13,76 mg/L el mes de setiembre del año 2018. Rangos de 2,42 el mes de julio a 14,51 mg/L el mes de junio del año 2019. Los nitratos registrados en la superficie variaron de 13,18 a 20,24  $\mu\text{g-at/I}$ . según IMARPE (1995); los que comparados con el estándar indicado están muy debajo de este al igual que nuestros resultados.

**En cuanto a los Nitritos.** - Las fluctuaciones registradas son de rango de 0,45 en el mes de julio a 1,84 mg/L en el mes de junio del año 2016. Rangos de 0,55 en el mes de febrero a 2,25 mg/L en el mes de abril del año 2017. Rangos de 1,00 el mes de abril a 3,19 mg/L en el mes de mayo del 2018. Rangos de 1,11 en el mes de enero a 6,94  $\mu\text{g-mg/L}$  durante el mes de diciembre del 2019; indican que se encuentran totalmente por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la ley general de aguas (LGA).

**En cuanto a silicatos.** - En diciembre del 2016 se registró su valor más bajo, siendo 3,39 mg/L, pero su valor más alto fue de 22,53 mg/L. En febrero del 2017 se registró 4,71 mg/L, siendo este su valor más bajo y 23,39 mg/L su valor más alto. En setiembre del 2018 registró 11,36 mg/L, su valor más bajo, y 26,39 mg/L su valor más alto. En el mes de junio del 2019 se registró un valor de 0,33 mg/L, siendo su valor más bajo, y 23,38 mg/L como su valor más alto,



todos los cuales arrojan valores por encima de estos estándares con el agregado de que a medida que pasa los años se incrementa cada vez más.

**En cuanto a los fosfatos.** - ECA: Fósforo total en el ecosistema marino costero es de: 0,062 mg/L. En julio del 2016, su valor más bajo fue de 2,43 mg/L y el más alto de 4,41 mg/L durante el mes de junio del mismo año. Durante el 2017, en febrero se registró 1,82 mg/L como su valor más bajo, así mismo en octubre su valor más alto fue de 4,27 mg/L. En abril del 2018 se registró 2,17 mg/L siendo su valor más bajo, y en el mismo año su valor más alto fue de 5,40 mg/L. Durante el 2019, en enero el valor más bajo fue de 0,92 mg/L y el más alto de 8,90 mg/L. Valores por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la ley general de aguas. (LGA).

**En cuanto al oxígeno disuelto superficial.** - Conservación del ambiente acuático, el oxígeno disuelto en zona marino costera tiene su valor mínimo de:  $\geq 4$  mg/L. Tenemos que las concentraciones de oxígeno, durante el año 2016, registraron sus valores mínimos de 2,76 en el mes de febrero y máximos de 5,31 mg/L durante el mes de diciembre. En el 2017, durante setiembre, los valores máximos fueron 4,94 mg/L y los mínimos 3,19 mg/L en el mes de marzo. Los valores mínimos de concentraciones de oxígeno disuelto, durante febrero del 2018, fueron de 2,29 mg/L, así mismo el valor máximo en el mismo año fue 4,60 mg/L. En febrero del 2019 los valores fueron de 4,88 mg/L y los mínimos de 3,42 mg/L durante mayo. Comparando estos resultados con el estándar mínimo, se obtiene que diciembre del 2016, setiembre del 2017, agosto y febrero del 2018 alcanzaron valores por encima del estándar de la norma. Por lo tanto, deducimos que, este incremento se debe a dos factores: el primero es la estacionalidad y el otro es el exceso de materia orgánica correspondiente a las fuentes terrestres que consuman oxígeno disuelto.

**En cuanto a aceites y grasas.** - Categoría 4: Conservación del ambiente acuático del ECA: aceites y grasas (MEH). En el ecosistema marino costero su valor máximo es de: 5,0 mg/L, y teniendo en cuenta que límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR y vertidos a cuerpos de aguas es del orden de: 20 mg/L. Los registros efectuados presentan una fluctuación entre 0,10 y 20,90 mg/L durante el 2016. En el 2017 una media de 0,30 de aceites y grasas en superficie presentaron un rango de 0,1 a 9,2 mg/L, se observó que su distribución estuvo relacionada con la dinámica de las mareas y las corrientes costeras. El promedio más elevado se dió en abril del 2019 con un valor de 2,49 mg/L, según IMARPE (1995). Los aceites y las grasas en superficie presentaron un rango de 0,1 a 9,2 mg/L, estos valores indicarían que están por debajo de los estándares.

**En cuanto a la DBO (demanda bioquímica de oxígeno).** - acorde a la categoría 4: Conservación del ambiente acuático del ECA: Demanda bioquímica de oxígeno en la zona marino costera, (DBO5), su límite es de: 10 mg/L. Los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR y vertidos a cuerpos de aguas es de: 100 mg/L. Nuestros registros tenían valores que fluctúan entre 1,00 y 6,00 mg/L durante el 2016 y 1,00, 2,70 mg/L en el 2017. En el 2018 estaban entre 6,46 y 7,46 mg/L, de la misma manera durante el 2019 entre 1,00 y 10,30 mg/L. IMARPE. (1995). Resaltando que los valores más altos se presentaron en las muestras de algas que superaron los límites máximos permisibles dados por la ley general de aguas, demostrando así su capacidad de biorremediación.

**En cuanto a los análisis microbiológicos.** - los coliformes totales: en la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, zonas marino-costeras: Coliformes Totales, su nivel máximo es de: 2 000 NMP/100 ml. Se registraron un promedio anual de  $2,4 \times 10^4$  NMP/100mL

durante el 2016,  $3,5 \times 10^3$  NMP/100mL en el 2017 y  $2,4 \times 10^3$  en el año 2018, valores muy por encima de este estándar.

**En cuanto a coliformes termo tolerantes.** - según la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. Los coliformes termotolerantes en zonas marino costeras no deben superar los: 2 000 NMP/100 ml. Se presentaron una distribución media anual de  $2,4 \times 10^4$  NMP/100mL en el 2016. Una mínima de 70 y  $3,3 \times 10^4$  como máximo, así mismo una distribución media anual de  $2,4 \times 10^5$  NMP/100mL durante el 2017. Una mínima de  $2,3 \times 10$  y  $2,4 \times 10^3$  como máximo presentan una distribución media anual de  $5,4 \times 10^2$  NMP/100mL el año 2018. Una mínima de  $2,4 \times 10^2$   $5,4 \times 10^2$  como máximo, variando entre  $<1,8$  y  $5,4 \times 10^4$  NMP/100mL en el 2019, todos los cuales están por encima del estándar señalado por la normativa peruana.

Corroborando estos resultados, Ledesma, J. y Flores G. (2001) brindan una conclusión correspondiente a la evaluación que hacen, siendo esta que los efluentes domésticos e industriales son los que afectan la zona junto con los materiales conocidos como contaminantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos se determina que la bahía huachana se encuentra contaminada por ausencia de una buena gestión de residuos, ello hace que no se controlen estas acciones y por lo tanto se tenga el resultado que se ha observado. Los indicadores de la calidad que posee el agua han superado de forma considerable los valores que se exigen en la Ley general de aguas, IMARPE (1995).

Otros de los resultados indicaron la presencia de isoxigenas de 3, 4, 5 y 6 ml/L siendo las mayores aquellas ubicadas entre Huacho y Aragan; asimismo, la concentración de nutrientes y fosfatos promedio es de  $2,28 \mu\text{g-at/L}$ .

Jauregui, N. (2003) estableció una investigación en la que evalúa el nivel de contaminación que tienen las aguas correspondientes al puerto huachano. Este menciona que los residuos son los causantes de la afección a los recursos bióticos y no bióticos. Este fenómeno produce el deceso de variedad de especies marinas.

La problemática se complica mucho más debido a la ausencia de políticas ambientales las cuales deberían estar establecidas por los gobiernos locales y regionales de turno en donde se priorice el tratamiento de las aguas.

Con el paso del tiempo las aguas del puerto huachano han ido cambiando el aspecto que presentan, tanto físico como químico y también biológico. El color que se ve reflejado actualmente es de un tono desnaturalizado provocado por los metales y residuos que flotan en él.

En la investigación *“Pre-inversión a Nivel de Perfil Mejoramiento de la descontaminación del Puerto de Huacho, distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Lima”*, que tiene el objetivo recuperar la calidad de agua de la zona marino costera de la ciudad de Huacho, se señaló que hay estudios de calidad ambiental acuática en bahías con alto potencial de impacto. Estas son realizadas por el Instituto del mar del Perú dentro del programa “Investigaciones de la salud de los ecosistemas marinos y su biodiversidad” e integrados al POI y PTI. De otro lado, los estudios realizados por el IMARPE – Laboratorio costero de Huacho, (Maldonado, C. 2002 - 2009) han podido establecer focos puntuales de impacto producidos por efluentes domésticos durante todo el año; y en las estaciones de playa se registraron valores de coliformes totales y termotolerantes que superaron los ECA’s contemplados en la normativa nacional vigente. De

acuerdo con los resultados obtenidos por el IMARPE se detectó la presencia de microorganismos que indican la existencia de contaminación fecal dentro de la zona de estudio, por lo que se determina que hay una concentración elevada de coliformes y termo tolerantes los cuales superan los ECA.

Los factores que afectan la naturaleza de bahías como la Huacho y Carquin son los efluentes provenientes de hogares y de la industria quienes, mediante los materiales y sustancias contaminantes que expulsan provocan la contaminación

Huerta (2013) en su identifica 19 vertimientos, de los cuales 06 corresponden a vertimientos industriales, 05 a vertimientos domésticos, 06 a vertimientos municipales, entre otros. Consecuentemente la población impactada de modo directo sería la del distrito de Huacho donde hay 55,442 habitantes, y en lo particular la población de la zona Sur que descarga sus desagües a través del emisor puerto a la bahía de Huacho. Por lo general los peces se alimentan de aquellos que desovan en áreas costeñas. Se tiene estimado que alrededor del 75 y 90% de especies que están destinadas a la pesca comercial dependen de su supervivencia en tierras húmedas como esteros o estuarios.

Campos León SV. Instituto del Mar del Perú (2009), concluye que en el Perú las macroalgas marinas constituyen un potencial elemento necesario en áreas ecológicas, económicas y sociales. Conforman la base para que se cumplan las diversas funciones ecológicas de comunidades marinas permitiendo la diversidad que requieren los hábitats.

De otro lado, Plaza. J. (2012) evaluando *Macrocystis pyrifera* y *Undaria pinnatifida*, aplicando tecnología biológica de biosorción (Volesky, 2001) concluye que contribuye a la

remoción de metales y metaloides de efluentes por materiales biológicos. Así mismo, en su estudio llega a la conclusión de que la base de la cadena alimenticia se da por iniciada con las algas y constituyen el organismo que permite la mayor parte de la productividad primaria por lo que se puede decir que es fundamental para la evaluación y monitoreo de los niveles de contaminación que se dan dentro del lecho marino. De acuerdo con los datos publicados por estos científicos, las pruebas de remediación de los efluentes con microalgas en una planta piloto mostraron altos niveles de capacidad de remediación y un enfoque escalable para la remediación de efluentes.

Otros estudios sobre algas marinas señalan que detectan la contaminación del mar y acumulan metales pesados que indican contaminación como las *Cladophora glomerata*, además acumula e indica la presencia de micro elementos en aguas tales como: As, Ga, Zn, Cu, Ni, V, Ti, Sn, Nb.

En nuestro país en la región La Libertad se ha identificado 27 especies de macroalgas marinas, siendo el grupo dominante las *Rhodophyta* (18), seguida de las *Chlorophyta* (8) y las *Phaeophyta* (1). Dentro de las algas de importancia comercial se ha identificado a dos especies que pertenece al grupo de las *Rhodophyta* *Chondracanthus chamisoii* “yuyo” y *Gracilaria lemaneiformis* “pelillo”.

Tejada (2015) al realizar la evaluación de la concentración de mercurio pudo conocer que el porcentaje correspondiente fue menor a 0,5 mg/Kg. Asimismo, al realizarse la evaluación del Arsénico presente en las especies se pudo conocer que es menor al valor permisible el cual es de 5,0 mg/Kg. Continuando con la evaluación, el autor pudo conocer que las muestras de Plomo son menores a 1,5 mg/Kg. El valor del cadmio si fue uno de los que superaron el límite pues fue mayor a 0,5 mg/Kg llegando a la conclusión de que este constituye el metal pesado de

mayor abundancia, también de mayor consumo y el factor que tiene mayor potencial para ser tóxico al ser ingerido.

Rodríguez. E.M.R. (2014) desarrolló un estudio en donde muestra como mejor opción para la recuperación de bahías degradadas por la contaminación a la biorremediación algal por efecto del *Macrocystis pyrifera*, El estudio consta de la instalación de tres sistemas de cultivo con una extensión de 100 metros ubicados de forma estratégica en áreas en donde se manejan y explotan recursos bentónicos.

Respecto a su estudio pudo determinar sus resultados, los cuales indican que el alga con el que se hay trabajo tienen una capacidad especial pues son capaces de acumular metales pesados ubicados dentro de las bahías. Dentro de los elementos que se pudieron identificar se encuentra el Plomo, Plata, Hierro, Cadmio, Cobre, Hierro, entre otros.

Al realizarse el estudio respectivo se pudo determinar la correspondencia entre el contenido de metales presentes en el agua y los presentes en e tejido, determinando de esta manera que el Huiro Canutillo presenta una capacidad elevada para poder bioconcentrar metales, constituyéndose de esta manera como un bioindicador que detecta la presencia de metales pesados. Al haberse tenido ya unos 10 días de cultivo se pudo conocer la cantidad de metales disueltos dentro de la columna de agua y también en el tejido de Huiro Canutillo. Dentro de aquellos metales identificados se encuentran el Cobre, Cadmio, Cobalto, Plata, Selenio, Estroncio, ente otros metales. Como dato relevante dentro del estudio se considera la alta capacidad que posee dentro de su tejido para permitir la bio concentración de metales pesados. Aunque ekl cultivo solo huya suido experimental, se tiene un buen dato para poder elevar los objetivos. Finalmente, como conclusión final se tiene que el Huiro Canutillo tiene las

propiedades requeridas para ser denominado bioindicador de contaminación por presencia de distintos metales.

Sin embargo, hay que tener en consideración que aquellas algas que son empleadas como biorremediadores no pueden ser consumidas por las personas, entonces es necesario proponer una evaluación del uso del biocarbon mediante la biomasa para poder descartar los contaminantes, como una alternativa de combustible y alternativa para remover efluentes contaminados. La propuesta que se tiene en mente considera la realización de la ecología industrial para empresas pesqueras y los pescadores artesanales teniendo como materia prima al Huiro canutillo.

Asimismo, otro de los estudios relevantes y que tiene que ver mucho con este tema es aquel desarrollado en Chile, específicamente en la zona de Chañaral-Atacama. La localización elegida tiene mucho que ver con la contaminación debido a que el relave proveniente de la minería se ha encargado de perturbar la naturaleza del litoral. Entre los problemas que ha atraído se encuentra la presencia de metales dentro del área de estudio, ello probablemente afecta al río en la Caleta de Palito pues se han encontrado anomalías al realizarse las pruebas de calidad de agua y sedimentos presentes.

Otras de las actividades que se realizaron fue la evaluación del crecimiento, supervivencia y la madurez sexual que tuvieron las alfas; ello relacionado con la capacidad para acumular metales pesados; además, en la localización se caracterizaron los sedimentos ubicados dentro de la flora y la fauna.



Al determinar la relación entre los factores ambientales como la acidez y la salinidad dentro de la bioacumulación de cobre en *Ch. Chamissoi* se determinó la influencia de estos siendo inversamente significativa pues cuando se aumenta se produce una disminución de la bioacumulación; aunque, con respecto a la temperatura, Este si no presenta alguna relación significativa con el contenido de cobre presente en la macroalga. La razón de este fenómeno se debe a la presencia de solubilidades de metales pesados dentro del agua.

Hay una relación entre la bioacumulación de cobre que presenta el *Ch. chamissoi* con el contenido de cobre presente en el agua, puesta que; mientras más cobre se le adiciona al agua de mar, el contenido en el alga también aumenta. Sin embargo, la capacidad de absorción del metal por parte del alga puede ser afectado por presencia de factores externos medioambientales del tipo químico por físico, aunque también se dan por las condiciones fisiológicas.

De acuerdo con el autor para poder entender la relación entre la biota acuática y los metales se deben considerar tres niveles fundamentales, los cuales son:

- a. La especiación que presenta el ambiente
- b. Interacciones entre la membrana plasmática de interface organismo y el ambiente; además de considerar los factores secundarios que tienen potencial para afectar los mecanismos funcionales básicos de un individuo.
- c. La partición de los elementos dentro de los compartimentos pertenecientes al organismo y los efectos biológicos producidos debido a la interacción que se dan con los receptores ubicados dentro de los sitios de acción.

Surge la representación de ejemplos que pretenden demostrar la necesidad de determinar tanto el perfil de su entorno fisicoquímico, concentración total de un metal dentro de una solución acuosa y su biodisponibilidad. Con respecto a esta última, es posible relacionarla de forma directa con la especiación química mediante el modelo de actividad de ion libre. Asimismo, con lo que ya se conoce se discute la posibilidad de emplear estos organismos como sensores que indiquen la biodisponibilidad de los metales relacionados con su especiación química.

La presencia y surgimiento de nuevas industrias mineras han posibilitado que la contaminación del ecosistema sea aún mayor, y ello por la presencia de un exceso de metales pesados. Al respecto, Nader (2015) realiza un monitoreo al río Reconquista ubicado en Argentina, en donde llegó a determinar que los metales que se encontraban dentro de su composición superan de manera amplia los límites permisibles que se han establecido con el fin de preservar la vida dentro del agua dulce.

Considerando las predicciones por parte de las Naciones Unidas se estima que para el 2050 se tendrá una población mundial de alrededor de 10 000 millones de individuos quienes provocarán que sea necesaria mayor producción de alimentos y por ello se exigirá una mayor cantidad de sistemas para el abastecimiento de todos. Sin embargo, esto tendrá un lado negativo y tiene mucho que ver con la contaminación de los ecosistemas.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Recomendaciones

- a. Se demuestra la capacidad de biorremediación de la macroalga parda (*Gracilariopsis lemaneiformes*) en el ambiente marino costero del puerto de Huacho.
- b. Los resultados de la evaluación de las variables microbiológicas, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), coliformes totales y coliformes termotolerantes, permiten establecer un plan de manejo del ambiente marino costero del puerto de Huacho con la macroalga parda (*Gracilariopsis lemaneiformes*) por su capacidad de biorremediación.
- c. Las determinaciones de las variables químicas: temperatura, nitratos, nitritos, silicatos, fosfatos, oxígeno disuelto superficial, sulfuros, aceites y grasas posibilitan establecer un plan de manejo del ambiente marino costero del puerto de Huacho con la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* por su capacidad de biorremediación.
- d. Los resultados de la determinación de la composición de los metales pesados: As, Ga, Zn, Ni, V, Ti, Sn, Nb, Pb, Cd, Pb y Cu en las zonas costeras de Trujillo, Moquegua, Arequipa y Chile, posibilita establecer un plan de manejo del ambiente marino costero del puerto de Huacho con la macroalga parda *Gracilariopsis lemaneiformes* y otras por su capacidad de biorremediación.

- e. Se ha delineado un plan de manejo para la pesquería de macroalgas en la región Lima, mencionamos también su urgente implementación por parte de las entidades correspondientes: IMARPE, GORE Lima y la Academia en general.

## **6.2 Recomendaciones**

Implementación de la Propuesta de un “Plan de manejo para la pesquería de macroalgas en la región Lima”.

Promover proyectos de manejo de macroalgas que generen un impacto ambiental con el fin de recuperar la bahía de huacho.

Concientizar a la población de la importancia de la flora marina en su rol como bioremediador marino.

## CAPÍTULO VII

### FUENTES DE INFORMACIÓN

#### 7.1 Fuentes documentales

*Anuario de estadísticas ambientales 2019*. Instituto Nacional de Estadística e Informática – Instituto del Mar Peruano. Lima, Perú.

Campos, S. (2009). *Las macroalgas marinas en el Perú*. Instituto del mar del Perú.

CONCYTEC. (2005). *Re poblamiento de macroalgas “yuyo” Chondracanthus chamissoi en la Puntilla y San Andrés*. Pisco, Perú.

Gobierno regional de Lima. (2020). *Estudio de Pre-inversión a Nivel de Perfil (2009). Mejoramiento de la Descontaminación del Puerto de Huacho, distrito de Huacho, provincia de Huaura – Lima*. Lima, Perú.

Gobierno Regional de Moquegua. (2007). *Desarrollo del Proyecto: “Fortalecimiento de la pesquería del recurso macroalgas marinas en la Provincia de Ilo-Cultivos experimentales de *Macrocystis pyrifera* y *Gracilariopsis lamanaeformis*, en playa pozo de lisas-Ilo*. Perú.

Nader, M. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en un río urbano*. (Trabajo de tesis para optar por el título de Doctor). 257 pp.

- Peña, E. (2020). *Ficología marina aplicada: Estrategias de biorremediación de aguas costeras y marinas mediante el uso de macroalgas*. (Grupo de Investigación en Biología de Plantas y Microorganismos). Universidad del Valle. Colombia.
- Plaza, C. y Josefina del Carmen. (2012). *Remoción de metales pesados empleando algas marinas*. (Tesis para obtener el grado de doctor). 158 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2001). *Programa de acción mundial para la protección del medio ambiente marino, frente a las actividades realizadas en tierra*.
- Rodríguez, M. y Espejel, J. (2001). *Las aguas residuales Municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino costero en la Región de América Latina y el Caribe*. (Documento PNUMA-PAM-México)
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2018). *Monitoreo Puerto de Huacho de contaminación microbiológica*. PEI 2017-2018 SANIPES.

## 7.2 Fuentes Bibliográficas

- Acleto, C. (1971). *Algas marinas del Perú de importancia económica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. Lima, Perú. 107 pp.
- Acleto, C. (1998). *Introducción a las algas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Universidad Ricardo Palma. Escuela nueva S.A. Lima, Perú. 383 pp.
- Álvarez L., Pardo, P. y Trespalcios, A. (2007). *Evaluación y utilización potencial de las macroalgas marinas del Caribe y el pacífico de Colombia: estado actual de su conocimiento*. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. (6) 113 – 119 pp.

- Ávila, M. et al. (2010). *Manual de cultivo de algas pardas: desde el laboratorio al Océano*. Universidad Arturo Prat, Chile. 33 pp.
- Castillo, J. et al. (1999). *Cultivo de alga “pelillo” Gracilariopsis lemaneiformis en Caleta Chérrepe*.
- Figuerola, F. et al (2012). *Valor y uso de algas*. Universidad de Málaga, España.
- Hoffmann, A. & Santelices, B. (1997). *Flora Marina de Chile Central*. Pontificia Universidad Católica de Chile. 434 pp.
- Huerta, Y. (2013). *Influencia de los Residuos Líquidos en la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Huacho en el periodo 2012 al 2013*.
- Maldonado, C. (2009). *Calidad de agua en la Bahía de Huacho 2002*. IMARPE. 39(3-4). p. 212 – 217.
- Orozco, R. et al. (1995). *Evaluación de efectos de la contaminación sobre el ecosistema marino de Huacho y Carquin en 1995*. Instituto del mar del Perú. 39 pp.
- Robledo D. y Freile, Y. (2011). *Manejo de las interacciones entre plantas y animales en Acuicultura marina multitrófica: camarón integrado y organismos valiosos de cadena alimentaria baja con algas*.
- Rodríguez, R. (2015). *Bioacumulación de cobre en Chondracanthus chamissoi de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo-Perú*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Ruivo, M. *Contaminación del mar y los recursos vivos*. Dirección de Recursos pesqueros de la FAO – Fishing News (Books) Ltd England.
- SÁNCHEZ et al. (1992). *Evaluación de efectos de la contaminación sobre el ecosistema marino en las Bahías de Huacho*. IMARPE.

Westermeyer, R. (2013). *Uso de algas pardas de cultivo para la biorremediación del ambiente costero en la Bahía de Chañaral*. Universidad Austral de Chile. 183 pp.

Volesky, B. (2001) *Desintoxicación de efluentes que contienen metales: biosorción para el próximo siglo*. DOI: 10.1016 / S0304-386X (00) 00160-2

### 7.3 Fuentes Hemerográficas

Rodríguez, R. (2014). Bioacumulación de cobre en *Chondracanthus chamissoi* de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo-Perú. *Revista de investigación científica Rebiol*. Universidad Nacional de Trujillo. 34(2). 101 pp.

Delgadillo, O y Newmark F. (2006). Cultivo Piloto de macroalgas rojas (Rhodophyta), en bahía Portete la Guajira, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR*. 37(2), 7 - 26 pp.

Winberg, D., Skropeta A. y Ullrich (2011). *Seaweed cultivation Pilot trials, towards culture systems and marketable products rural industries*. Research and development Corporation. RIRDC-Publicación N°10/184 Australian Government.

### 7.4 Fuentes Electrónicas

Jáuregui, N. (2003). *Evaluación de la contaminación en las aguas costeras del Puerto de Huacho*. (Fascículo de divulgación científica N.º 2).  
<https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Fasciculo2-2.html>



## ANEXOS

## ANEXOS N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

“MANEJO DE MACROALGAS PARDAS (*Gracilariopsis Lemanaeiformes*) PARA BIORREMEDIACIÓN DEL AMBIENTE MARINO COSTERO, PUERTO DE HUACHO – 2019”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Manejo de macroalga parda <i>Gracilariopsis lemanaeiformes</i>	<p>Es un tipo de alga marina de tamaño macroscópico, multicelulares en general y por lo tanto se diferencia de las microalgas, las cuales son de tamaño microscópico y son unicelulares.</p> <p>Las algas pardas o feofíceas o marrones son un grupo de algas incluido en el reino Protista.</p> <p>No son verdaderas plantas pues se clasifican en el grupo Heterokonta.</p> <p>Comprende unos 265 géneros con unas 1500-2000 especies, principalmente marinos pues solo seis géneros son de agua dulce.</p>	<p>Uno de los ecosistemas más productivos lo conforman las praderas de algas marinas, son los ecosistemas más diversos después de los arrecifes de coral; se distribuyen a partir del intermareal hasta los 20 metros de profundidad (profundidad necesaria para realizar la fotosíntesis en el mar), las praderas y cinturones de macroalgas albergan una gran variedad de especies tanto de invertebrados como de vertebrados; brindándoles protección, alimento, son zonas de reproducción y guarderías; los cinturones de algas en el intermareal contienen la mayor riqueza de especies de algas marinas muchas de las cuales sirven para el consumo humano.</p>	FOTOSÍNTESIS	<p>02</p> <p>CO2</p>	<p>mgO2/lt.</p> <p>mgCO2/lt.</p>



**ANEXO N.º 02**



