



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL**

EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA *Spirulina sp* PARA EL
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA:

Bach. González Pérez, Cyndi Estefani.

ASESOR:

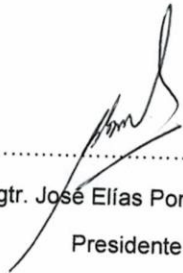
Mg. Rodas Cabanillas, José

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

Chiclayo- Perú

PAGINA DEL JURADO



.....
Mgtr. José Elías Ponce Ayala
Presidente



.....
Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez
Secretario



.....
Mgtr. Cesar Zatta Silva
Vocal

DEDICATORIA

Esta tesis que con gran esfuerzo logro concluir, va dedicado para las personas que me han apoyado en todo momento en especial a mis padres José González y Lourdes Pérez que son mi motivo para salir adelante, a mis hermanos, familiares y amigos quienes estuvieron pendientes de mi desempeño como estudiante.

AGRADECIMIENTO

Al todo poderoso por haberme permitido nacer en una familia maravillosa y darme la fuerza para superar las adversidades.

A mis queridos padres por su apoyo incondicional y enseñarme a luchar para cumplir con mis metas y seguir adelante; Gracias por ser mi mayor ejemplo a seguir.

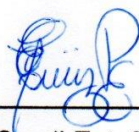
A mis hermanos, familiares y amigos por siempre estar presente cuando los necesito.

A mis asesores ya que gracias a sus conocimientos me permitieron realizar esta investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Cyndi Estefani González Pérez, estudiante de decimo ciclo de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, identificada con DNI 47347854, con la tesis titulada "Eficacia de un biofiltro a base de la microalga *Spirulina Sp* para el tratamiento de las aguas residuales, 2016" declaro bajo juramento que:

1. La tesis es de mi autoría.
2. Se ha tomado en cuenta las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los datos, que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada. De identificarse falta de fraude, plagio, auto plagio, piratería o falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Cesar Vallejo.



Cyndi Estefani González Pérez

47347854

Chiclayo 2016

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado

La presente tesis titulada " EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICRO ALGA *Spirulina sp* PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016", en cumplimiento con el reglamento y requerimientos para optar el título de Ingeniera Ambiental.

La investigación contiene seis partes: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

Este trabajo constituye las ganas y el esfuerzo afianzado durante el periodo profesional esperando lograr las metas a corto, mediano y largo plazo.

Se espera que este trabajo sea tomado para futuras investigaciones siendo la chispa de motivación para generar nuevos conocimientos y resolver problemas de la sociedad.

Cyndi Estefani González Pérez

DNI N° 47347854

ÍNDICE

Página Del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria De Autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	16
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	18
1.3.1 CONCEPTO DE EFICACIA.....	18
1.3.2 EFICACIA DE UN BIOFILTRO.....	18
1.3.3 AGUA RESIDUAL.....	19
1.3.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	21
1.3.5 LAS MICROALGAS.....	23
1.3.6 <i>SPIRULINA SP</i>	25
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	26
1.6 HIPÓTESIS.....	27
1.7 OBJETIVOS.....	27
1.7.1 Objetivo general.....	27
II. METODO.....	28
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	28
2.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	28

2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
2.3.1	Población.....	31
2.3.2	Muestra	31
2.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y VALIDEZ.....	31
2.4.1	Técnicas de Recolección de Datos.....	31
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	31
2.5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	32
2.6	ASPECTOS TECNICOS.....	33
III.	RESULTADOS.....	36
3.1.	Análisis Físicos, Químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.A.I Pomalca S.A	36
IV.	DISCUSIÓN.....	45
V.	CONCLUSIONES.....	47
VI.	RECOMENDACIONES.....	48
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	49
VIII.	ANEXOS.....	52
8.1.	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	66
	ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	68
	AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1	Evaluación de la temperatura obtenida de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.....	36
Figura N°2	Evaluación del potencial de hidrogeno de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.....	37
Figura N°3	Evaluación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.....	38
Figura N°4	Evaluación de solidos totales en suspensión de las aguas residuales procedentes de la E.A.I Pomalca S.A.A.....	39
Figura N°5	Evaluación de turbidez de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.....	40
Figura N°6	Evaluación de la demanda bioquímica de oxigeno de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.....	41
Figura N°7	Evaluación de la demanda química de oxigeno (DQO) Comparación de los resultados de DQO desde la primera muestra obtenida de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A hasta la muestra final después del tratamiento.....	42
Figura N°8	Evaluación de la determinación de coliformes totales de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.....	43
Figura N°9	Evaluación de coliformes termotolerantes de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.....	51
Figura N°10	Lugar donde se obtuvo las muestras de aguas residuales provenientes de la E.I.A Pomalca S.A.A.....	51
Figura N°11	Reconocimiento de la microalga <i>spirulina sp</i>	52
Figura N°12:	Cultivo de la microalga <i>Spirulina sp</i>	52
Figura N°13	Tomas de muestras para análisis y tratamiento.....	53
Figura N°14	Construcción del biofiltro para el tratamiento de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A.....	53

Figura N°15	Aplicación de la microalga <i>spirulina sp</i> en las aguas residuales provenientes de la E.I.A Pomalca S.A.A para su tratamiento.....	54
Figura N°16	Análisis físicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A.....	55
Figura N°17	Resultados de los análisis microbiológicos de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A desde el inicio hasta el fin del trabajo de investigación.....	56
Figura N°18	Validación de Resultados de los Análisis de DBO5 Y DQO.....	60
Figura N°19	Validación de Resultados de los Análisis Físico-químicos.	63
Figura N°20	Validación de Resultados de los Análisis Microbiológicos.	64

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

Cuadro Nº 01	Operación de Variables.....	29
Cuadro Nº 02	Técnicas.....	31
Cuadro Nº 03	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
Tabla Nº 01	Resultados de la determinación de la temperatura de la E.A.I Pomalca S.A.A.....	36
Tabla Nº 02	Resultados de la determinación del potencial de hidrogeno de las aguas residuales de la E.A.I Pomalca S.A.A.....	37
Tabla Nº03	Resultados de la determinación de Conductividad Eléctrica.....	38
Tabla Nº04	Resultados de la determinación de Solidos Totales en Suspensión (SST.....	39
Tabla Nº05	Resultados de la determinación de Turbidez.....	40
Tabla Nº06	Resultados de la determinación de DBO ₅	41
Tabla Nº07	Resultados de la determinación de (DQO).....	42
Tabla Nº08	Resultados de la determinación de Coliformes totales.....	43
Tabla Nº09	Resultados de la determinación de Coliformes Termotolerantes.....	44
Tabla Nº10	Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.....	65
Tabla Nº11	Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.....	66

RESUMEN

El agua es un medio indispensable para la vida, sin ella no existiría vida. Según las investigaciones el agua abarca alrededor del 71% de la corteza terrestre, a pesar de ser tan abundante, solo una pequeña cantidad es utilizada para el consumo.

Estamos viviendo en una era donde utilizar correctamente el agua podría cambiar la vida de los habitantes dentro de los próximos años. El Perú es un país muy afortunado al contar con abundante agua para satisfacer sus necesidades ya que contamos con el uso de aguas subterráneas y estas a su vez ayudan a abastecer diversas necesidades de la población. Agregando a esto, el precio de este líquido tan vital como es el agua es muy barata a comparación del resto del mundo, y esta es una causa principal de que no valoramos y lo utilicemos correctamente.

En la presente investigación se propuso el objetivo de reducir la contaminación de las aguas residuales E.A.I. Pomalca S.A.A a partir de la utilización de un biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp.* Para la investigación se utilizó un diseño no experimental, descriptivo, transversal.

Se realizó un muestreo semanal durante tres semanas para ver la evolución del tratamiento de las aguas residuales provenientes de sus actividades de la E.A.I Pomalca S.A.A las muestras fueron tomadas donde desemboca las aguas residuales dicha empresa.

Los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de la E.A.I Pomalca S.A.A; en el estado inicial de las aguas residuales provenientes de dicha empresa, se encontraban dentro de los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo a la ley establecida.

Palabras claves: Reducir, biofiltro, microalga y tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

Water is an indispensable medium for life, without it there would be no life. According to research, water covers about 71% of the earth's crust, despite being so abundant, only a small amount is used for consumption.

We are living in an era where using water correctly could change the lives of the inhabitants within the next few years. Peru is a very fortunate country to have water supply to meet their needs as we have the use of groundwater and these in turn help to meet diverse needs of the population. Adding to this, the price of this vital liquid such as water is very cheap compared to the rest of the world, and this is a main cause that we do not value and use it correctly.

In the present investigation, the objective of reducing wastewater contamination was proposed E.A.I. Pomalca S.A.A from the use of a biofilter based on the microalga *Spirulina* sp. For the research, a non-experimental, descriptive, transversal design was used.

A weekly sampling was carried out for three weeks to see the evolution of wastewater treatment from its activities of E.A.I Pomalca S.A.A samples were taken where the company's wastewater flows.

The results obtained from the microbiological and physicochemical analyzes of E.A.I Pomalca S.A.A; in the initial state of the wastewater from said company, they were within the maximum permissible limits (LMP) according to the established law.

Keywords: reduce, biofilter, microalga and sewage treatment.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un medio esencial para la vida en el planeta, los seres humanos dependemos de ella para nuestras necesidades como salud, producción de alimentos, bienestar y servicios. actualmente las industrias han ido incrementando sus efluentes de aguas residuales, sin darles un tratamiento previo antes de ser devueltas al medio ambiente, teniendo como resultado el aumento de contaminación de dichas aguas, causando malestar a la salud y a toda la naturaleza.

Las industrias azucareras generan una vasta contaminación ambiental, generando aguas residuales con agudo contenido de materia orgánica, perjudicando al medio ambiente.

En nuestro país especialmente en el departamento de Lambayeque existe cinco industrias azucareras a las cuales se les puede dar un tratamiento adecuado para sus aguas residuales de sus diferentes procesos de fabricación de azúcar.

El presente trabajo de investigación trata de alguna manera ayudar a reducir con la contaminación de los cuerpos de agua generadas por la utilización de las empresas en sus actividades se utilizara un biofiltro a base de la microalga llamada *Spirulina sp* la cual tiene como objetivo principal minimizar la carga de contaminantes de las aguas residuales, para luego ser tratadas y que estas cumplan con las normas específicas, antes de que puedan ser reutilizadas, o con normas definidas estrictamente para que puedan ser descargadas al medio ambiente.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En nuestro país actualmente se ha ido incrementando la contaminación de las aguas debido al mal manejo por parte de algunas industrias que no dan un tratamiento adecuado a sus aguas procedentes de sus actividades.

En el departamento de Lambayeque las industrias azucareras en su mayoría no realizan un tratamiento de sus aguas residuales como establecen las normas, la gran mayoría desemboca en las alcantarillas públicas y estas a los ríos y al océano contaminando dichas aguas.

El crecimiento acelerado de las Industrias azucareras presenta un desafío a resolver, la pregunta que nos hacemos es: saber si el agua utilizada en sus diferentes procesos volverá a tener la misma calidad requerida después de un tratamiento.

Según investigaciones en la actualidad existen industrias azucareras que aún no emplean un tratamiento adecuado para sus aguas residuales provenientes de sus procesos, la cual viene vertiendo a un cuerpo de agua receptor sin antes darles un tratamiento respectivo de remediación de contaminantes. Por ende, el objetivo de esta investigación es dar una alternativa de tratamiento, diseñando un biofiltro para la remoción de diversos contaminantes de sus aguas residuales de dichas empresas, estableciendo así una cultura ambiental a todo el personal de estas industrias, y establecer las gestiones que nos permita mitigar la contaminación establecida por las industrias.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Luego de revisar diferentes fuentes y trabajos de investigación relacionados al tema se optó por los siguientes:

- OLARTE, Edward y VALENCIA, Mónica 2016. En su trabajo de investigación titulado, “evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de las aguas residuales industriales (Vinazas)”, se encontró resultados similares a la presente investigación. Olarte y Valencia llevaron a cabo un experimento a escala de laboratorio, en la cual se desarrolló un tratamiento biológico que permitió medir y cuantificar la producción de biomasa y las cantidades de remoción para los nutrientes y parámetros específicos de las aguas residuales, mediante el uso de *Chlorella vulgaris* en un medio como las vinazas.

Este estudio demostró la obtención de porcentajes de remoción de DQO 30,92 y (DBO) 30,92%, respectivamente, lo que argumenta la viabilidad de emplear la microalga *Chlorella vulgaris* en la realización de los procesos de biorremediación en el sector de Biocombustible.

- ROSALES, Néstor 2007, en su trabajo de investigación titulado, “Microalgas presentes en una laguna para pulimento de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas”. Rosales nos dice que las microalgas son utilizadas como un sistema alternativo para tratar aguas residuales. Realizo un muestreo semanal durante dos meses, para evaluar la población de microalgas en entradas y salidas de una laguna para polímetro de efluente de una planta de tratamiento. Se cuantificó la población a través de recuento célula; La población observada con mayor frecuencia pertenece a la división *Cyanophyta*, con 99,5% y 97,45% para entrada y salida. El género más frecuente fue *Synechocystis* con 96,25%. El pH se mantuvo estable entre 7-8. Se observó una disminución entre los valores de entrada y salida del 60%, 38% en cuanto a SST, DQO. Los resultados demuestran dominancia de *Cyanophyta*.

- ROMERO Leidi 2015, es su investigación denominada, “diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegaran de manera directa al humedal neutra en el municipio de Soacha”, Romero en su trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar las categorías del agua residual que llegan de manera directa al humedal concluyendo que la evaluación de las características del agua que llega al dicho humedal se observó que los valores de DBO₅ se encuentran por encima de los 5 mg/L de O₂, lo que nos indica que son aguas contaminadas y por estar los valores comprendidos entre 100 y 400 mg/l de O₂ se deduce que la contaminación es de aguas residuales urbanas. El valor promedio de pH es de 7,3 lo que indica que el agua que entra al humedal es neutral y una temperatura entre 18°C y 20°C, adecuada para el tratamiento y existencia de vida biológica.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 CONCEPTO DE EFICACIA.

La palabra “eficacia” viene del latín *efficere* que, a su vez, es derivado de *facere* que significa “hacer o lograr”. Según los conceptos que se puede encontrar en el diccionario de la real academia la eficacia se define como la capacidad que posee un tratamiento para lograr un resultado esperado o deseado.

Para lograr total claridad sobre la eficacia, hace falta precisar lo que constituye un “objetivo”. Asimismo, un objetivo debe delimitar el tiempo en que se espera generar un determinado efecto. Por lo tanto, una iniciativa resulta eficaz si cumple los objetivos esperados en el tiempo previsto y con la calidad esperada. (MOKATE, Karen 1999 p.2)

1.3.2 EFICACIA DE UN BIOFILTRO.

Romero (como se citó en Rodríguez,2014) nos dice que un biofiltro es un sistema que nos permite filtrar diferentes contaminantes, con diferentes dimensiones los cuales puede ser aerobios porque pueden estar al aire libre o anaerobios porque pueden permanecer cerrados sin necesidad de oxígeno, que se nutren de agua residual; también se puede definir como un sistema diseñado para la remoción de los contaminantes que se encuentran en aguas contaminadas.

a) Lecho filtrante: según Romero (como se citó en Pérez, 2014) afirma en su investigación que un lecho filtrante es un sistema que está compuesto por material que retienen los contaminantes del agua residual que entra por el lecho poroso, este lecho filtrante puede estar conformado por grava, arena o antracita.

b) Biofiltro de flujo horizontal: en su trabajo de investigación de Romero (como se citó en Tapias y Villavicencio, 2007) afirma que los biofiltros de flujo horizontal son humedales artificiales, ya que en la superficie del humedal han sembrado plantas que permiten dar un pre tratamiento y por la acción de microorganismos que existen en las raíces los contaminantes se adhieren a estas ayudando a la filtración y sedimentación de las aguas residuales.

- c) **Tanque séptico:** este sistema nos facilita la sedimentación de sólidos existentes en las aguas residuales, el material sedimentado con el paso del tiempo se va hacia el fondo del tanque formando un lodo el cual es retirado habitualmente cuando sea necesario. (Romero, 2015, pp12).
- d) **Tratamiento Biológico:** según (Romero, 2015, pp12) nos dice que es un tratamiento que utiliza los microorganismos para estabilizar la materia orgánica alimentándose de compuestos contaminantes reduciendo los sólidos no sedimentados del agua residual.

1.3.3 AGUA RESIDUAL

El agua residual es generada por los diferentes usos de las actividades humanas ya sea domésticas, industriales entre otras, contienen grandes cantidades de sustancias y microorganismos que representan un peligro para el medio ambiente y estas deben ser tratadas de una manera adecuada antes de ser arrojadas al medio ambiente.

1.3.3.1 Clasificación de las aguas residuales.

- a) **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** son originadas por las actividades domésticas de los seres humanos como por ejemplo de cocinas, de limpieza de la casa, entre otras actividades y estas suelen tener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos como también restos de detergentes, grasas entre otros.
- b) **Aguas residuales industriales:** estas provienen de diversas actividades que genera una fábrica y establecimiento industrial que contiene alto contenido de contaminación como por ejemplo ácidos, grasas, aceites, antibióticos y aguas residuales producto de la actividad minera, química, animal y vegetal; todas estas varían su composición dependiendo de la actividad que se realiza.
- c) **Aguas residuales agrícolas:** son procedentes de las actividades agrícolas desarrolladas en el país, según PAREDES Daniel (2016), nos dice que estas aguas participan directamente en el riego agrícola a la cual no se le da ningún tratamiento previo antes de ser utilizadas.”. p 20

1.3.3.2 Principales inconvenientes de las aguas residuales

Los principales inconvenientes de las aguas residuales es la presencia de sustancias tóxicas que aportan gran cantidad de microorganismos, las cuales contaminan las fuentes donde son vertidas sin previo tratamiento. Mucho de estas sustancias poseen comportamientos desconocidos en los organismos vivos. Como, por ejemplo:

a) Malos olores y sabores: es el resultado de la diversidad de compuestos presentes en el agua los cuales al descomponerse lo producen, especialmente en el tratamiento anaeróbico puesto que al descomponer la materia orgánica desprende gases, a esto añadimos el aumento de microorganismos que producen olores y sabores naturalmente.

b) Acción tóxica: es la repercusión que causa verter el agua residual directamente a la naturaleza sin previo tratamiento afectando la flora y fauna que vive en ella, trascendiendo en el ser humano que se alimenta de esta flora y fauna contaminada, utilizando para el regadío de sus cosechas corriendo el riesgo de consumir sustancias tóxicas.

1.3.3.3 Tipos de contaminantes de las aguas residuales.

Los tipos de contaminantes varían con las actividades que se realiza el hombre, estos pueden ser industriales, químicos, agroindustriales, etc. Los contaminantes que se encuentran en estas aguas residuales son diversos.

a) Contaminantes orgánicos

Proteínas: derivan directamente de las heces humanas y animales o de excedentes de productos alimentarios, estos son responsables de los malos olores, bastante inestables y son biodegradables.

Carbohidratos: provienen al igual que las proteínas, de heces humanas o animales y desperdicios alimentarios, incluyendo los almidones, fibras celulares y azúcares

Aceites y grasas: provienen de diferentes procesos alimentarios como restaurantes, industrias alimentarias entre otras actividades.

b) Contaminantes inorgánicos

son de origen inorgánico con naturaleza cambiada como: óxidos, sales, ácidos y bases inorgánicas, metales entre otros, están presentes en cualquier tipo de agua residual abundando en las industriales. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función de material contaminante, así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante.

1.3.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Morales Trujillo (2011) afirma que el tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente, es muy común llamarlo depuración de aguas residuales. p.47

1.3.4.1 Principales contaminantes y parámetros de caracterización.

Los principales compuestos a controlar de las aguas residuales son las siguientes:

- a) Objetos gruesos:** trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.
- b) Grasas y aceites:** sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia es tanto doméstica como industrial.
- c) Sustancias con requerimientos de oxígeno:** materia orgánica y compuestos inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno del medio al que se vierten.
- d) Agentes patógenos:** son organismos que se encuentran en las aguas residuales que son capaces de producir enfermedades como son las bacterias, protozoos, hongos entre otros.
- e) Contaminantes emergentes o prioritarios:** en la actualidad los seres humanos generamos contaminantes que nuestros antepasados no conocían, estas sus sustancias aparecieron cuando aumentamos productos de cuidado personal, fármacos, de limpieza doméstica entre otros. A estos productos se los conoce como contaminantes emergentes, no dándoles a la mayoría de ellos un tratamiento debido

antes de ser arrojados al medio ambiente. Para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que permitan medir los contaminantes anteriormente definidos.

Los parámetros más habituales son los siguientes:

Sólidos en suspensión: sólidos que no pasan a través de una membrana filtrante que es de un tamaño determinado (0,45 micras). Dentro de dichos sólidos se encuentran los sólidos sedimentables, que acentúan por su propio peso.

Aceites y grasas: el contenido de aceites y grasas en las aguas residuales se determina mediante su extracción previa con un disolvente apropiado.

Demanda Bioquímica de oxígeno a los 5 días DBO₅: cantidad de oxígeno disuelto (mg O₂ /l) necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales.

Demanda química de oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno (mg O₂ /l) disuelto necesario para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas. La proporción DBO₅/DQO es un factor importante, que indica la biodegradabilidad de las aguas residuales, entendiéndose por biodegradabilidad, la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular), y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos.

1.3.4.2 Niveles de tratamiento de aguas residuales.

a) Tratamiento primario.

Se define como tratamiento primario a los procesos que empleen un tratamiento físico o químico que busca reducir con la sedimentación de los sólidos en suspensión y la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales, antes de pasar con el siguiente tratamiento.

el principal objetivo del tratamiento primario es eliminar la contaminación biodegradable, debido a que esta constituida por materia orgánica. (Moran, 2014, pp 13).

b) Tratamiento secundario.

Se define como tratamiento secundario a un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso en el que se consiga la eliminación de materia orgánica. El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presentes en las aguas residuales.

Una parte de la materia orgánica se oxida por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular.

De forma simultánea, la otra fracción de materia orgánica se convierte en un nuevo tejido celular, empleándose para ello la energía liberada en la fracción de oxidación. (Moran, 2014, pp 14)

c) Tratamiento terciario.

Los tratamientos terciarios conocidos también como tratamientos avanzados, más rigurosos, que permiten tener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes.

Consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes como: fosforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, entre otros. Es un tipo de tratamiento más caro que los tratamientos anteriores y es usado en casos más especiales como por ejemplo purificar desechos de alguna industria.

1.3.5 LAS MICROALGAS

Las microalgas son organismos eucariotas, habitan en ambientes acuáticos, presentan un metabolismo fotosintético y son estructuralmente menos complejas que las plantas terrestres. Las microalgas poseen clorofila y algunos pigmentos auxiliares que les confiere la capacidad de realizar fotosíntesis oxigénica. (Jiménez, 2017, p.10)

Jiménez (como se cito en Pérez, Escalante y Basha, 2011) nos afirma que las microalgas se pueden clasificar de acuerdo a su requerimiento nutricional en: Autótrofas, heterótrofas y mixotróficas. Las microalgas para crecer autotróficamente necesitan principalmente una fuente de carbono que normalmente serio dióxido de carbono, además de luz como fuente de

energía. Dentro del proceso autotrófico, las células almacenan energía lumínica en su fotosistema durante la exposición a la luz. Las microalgas pueden crecer mixotróficamente ya que son capaces de ser autótrofas y heterótrofas y ser muy cambiantes en su crecimiento. por esta razón se le puede suministrar paralelamente una fuente de luz y una fuente externa de carbono orgánico, como carbonato para que las microalgas fijen el dióxido de carbono por medio de la fotosíntesis y puedan consumir los nutrientes orgánicos del medio en donde se encuentran. (Jiménez, 2017, p.11)

1.3.5.1 Sistemas de cultivo de microalgas

La productividad de cultivo esta determinada principalmente por el pH, salinidad, la disponibilidad y concentración de nutrientes, la intensidad y el tipo de luz, la temperatura y la contaminación o degradación de otros organismos.

a) Luz: La disponibilidad de la luz es un principal factor limitante de los cultivos de microalgas, la luz debe ser continuamente suministrada al cultivo ya que la energía radiante no se puede acumular.

b) pH El pH en la mayoría de cultivos de microalgas se encuentra entre 7 y 9, con un óptimo entre 8,2–8,7. El control de pH se consigue mediante aireación o adición de CO₂. Como se ha explicado, el proceso fotosintético de fijación de CO₂ provoca un aumento gradual de pH en el medio debido a la acumulación de OH⁻, lo que puede promover la eliminación de nitrógeno en forma de amoniaco por stripping a la atmósfera y eliminación de fósforo por precipitación de ortofosfatos. (Ruiz, 2011,p.34)

c) Oxígeno El nivel de oxígeno disuelto debe ser controlado, ya que altas concentraciones pueden privar la fijación de carbono por parte del enzima RuBisCo. Esta inhibición se ve favorecida por alta radiación y temperatura, así como en el caso de pérdida de CO₂. (Ruiz, 2011,p.34)

d) Agitación La agitación, además de facilitar la eficiencia en el transporte, impedir la sedimentación de las algas y su adherencia a las paredes del reactor y homogeneizar el pH, asegura la distribución de los gases y de la luz. Una correcta agitación es capaz de someter a las

algas a ciclos rápidos de mezclado, en los que en cuestión de milisegundos pasan de una zona oscura a una zona iluminada. (Ruiz, 2011,p.35)

e) Temperatura A pesar de que gran variedad de microalgas son capaces de desarrollarse en un amplio rango de temperaturas, todas ellas presentan un rango fuera del cual se ven inhibidas o incluso mueren. En sistemas abiertos de cultivo un incremento de temperatura se ve compensado con evaporación del agua, regulándose de este modo la temperatura máxima. En sistemas cerrados de cultivo es necesaria la refrigeración adicional en zonas cálidas, donde la relación entre nivel de luz y temperatura puede afectar a la biomasa en gran medida. (Ruiz, 2011,p.35).

1.3.6 SPIRULINA SP

a) Taxonomía: el género *Arthrospira* y *Spirulina* estuvieron unidos a un solo género llamado *Spirulina*, en el que se describían a las especies que formaban tricomas helicoidales o en forma de espiral. En 1927 se discutió la razón de porque estaban unidas y cuáles eran las diferencias entre ellas, donde, muchos autores mencionaban que no había muchas diferencias que eran muy similares y todas eran espiraladas, aunque algunos si notaban diferencias, como la presencia de ácido y-linoleico en el género *Arthrospira* y no en el género *Spirulina*, sin embargo años más tarde 1989, en el reconocido manual de Bacteriología sistemática de Bergey, se oficializó la separación de genero *Spirulina* y el género *Arthrospira*. Es necesario conocer la taxonomía de la *Spirulina* que es la no comestible, para diferenciar bien los géneros por ello la *Spirulina* pertenece al Dominio *Bacteria*, al Filo *Cyanobacteria*, a la clase *Cyanophyceae* a la subclase *Oscillatoriophyceae*, al orden *Chroococcales*, a la familia *Spirulinaceae* y al género *Spirulina*. BOHÖRQUEZ, Sofía (2017). a esta microalga también se la llama como el alga azul verdosa por la presencia de *Clorofila* que le genera

el color verdoso al igual que la *phycocianina* que le da el color azul, su reproducción de la *Spirulina sp* es por división celular.

b) Evolución: según (BOHÖRQUEZ,2017) nos dice que la *Spirulina* ha evolucionado a lo largo de los años estando en la superficie de la tierra hace más de 3,6 mil millones de años en el periodo Precámbrico en donde se hallaron fósiles de formas unicelulares, que el precámbrico abundaban en formas de filamentos no heterocista aunque la primera forma de las algas verdes azuladas fueron anaeróbicas y usaban compuestos de azufre reducidos como un electrón donante en la fotosíntesis para luego evolucionar con la capacidad de utilizar el agua como donante de electrones. Asimismo, la cianobacterias, con su gran capacidad de realizar fotosíntesis, habían permitido el desarrollo de otras formas de vida que necesitan del oxígeno para vivir y por ende evolucionar. La misma propiedad de fijar el dióxido de carbono y producir materia orgánica.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué tan eficaz es un biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp* para el tratamiento de las aguas residuales, 2016?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La escasez del agua es cada vez mayor y las descargas de aguas residuales generan cada vez más problemas graves de contaminación en los cuerpos receptores y su falta de tratamiento es un riesgo muy serio para la salud humana y para la calidad del medioambiente. Además, se ha demostrado que la inadecuada disposición de las aguas residuales es una de las causas de la contaminación del agua potable en las áreas rurales.

El agua es un suministro dementico, como industrial, una vez utilizada contiene gran cantidad de materia orgánica, entre otros elementos contaminantes que son arrojadas sin antes pasar por un tratamiento adecuado contaminando el medio ambiente. Las aguas residuales de industrias azucareras generalmente son descargadas directamente a

alcantarillas públicas, ríos, entre otros, generando un problema ambiental a tal grado que el agua utilizada para diferentes actividades de dichas industrias queda contaminada.

La presente investigación busca dar un tratamiento a las aguas residuales de las industrias azucareras aplicando la tecnología de un biofiltro a base del micro alga *Spirulina sp.*

Para que la investigación cumpla con el objetivo se realizó el análisis de variación de la composición del agua residual de la empresa E.A.I Pomalca S.A.A mediante un tratamiento biológico y así reducir la contaminación que esta, esté generando para el bienestar de todos los seres vivos y de la naturaleza.

En este caso para lograr dicha investigación se tomó una muestra de agua residual donde se sembró la microalga *Spirulina sp* luego se midió la temperatura, pH, turbidez, sólidos suspendidos totales y la conductividad eléctrica las cuales se realizaron desde el momento de la primera toma de muestra del agua residual de la industria Azucarera E.A.I. POMALCA S.A.A y después del tratamiento semana tras semana; pero las muestras de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes totales, Coliformes fecales y Coliformes termotolerantes solo fueron dos muestras una en el estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. POMALCA S.A.A y la otra muestra se tomó en la tercera semana de haber aplicado el tratamiento debido al tiempo y al costo que estas muestras implican.

1.6 HIPÓTESIS

Será eficaz el uso de un biofiltro a base de la microalga *spirulina sp* para el tratamiento de las aguas residuales.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo general

Reducir la contaminación de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A a partir de la utilización de un biofiltro a base de microalga *Spirulina sp.*

1.7.2 Objetivos específicos

Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales que produce la E.A.I Pomalca S.A.A.

Aplicar un biofiltro a base de microalga *Spirulina sp* para minimizar la contaminación de las aguas residuales de la E.A.I Pomalca S.A.A.

Comparar los resultados iniciales de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A con los resultados obtenidos aplicando el biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp*.

II. METODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Descriptivo – no experimental, transversal.

Descriptivo su mismo nombre lo dice se describe todo el proceso que se realizó para lograr los objetivos y no experimental porque no se altera el lugar donde se a realizar la tesis.

2.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1 Variables.

Primera variable: Tratamiento de aguas residuales.

Segunda variable: Eficacia de un biofiltro a base de la microalga *Spirulina Sp*.

2.2.2 Operacionalización

En el siguiente cuadro se muestra la Operacionalización de variables de la presente investigación.

Cuadro N° 01: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	CODIFICACIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	
PRIMERA VARIABLE: Tratamiento de agua residual	El tratamiento de aguas residuales es el proceso físico químico y biológico que se hace en el agua residual para eliminar todo tipo de contaminantes.	La técnica de tratamiento de agua residual, tiene como objetivo medir el agua residual proveniente de la empresa para volver a reutilizarla mediante la utilización de instrumentos como:	temperatura	°C	Intervalo	
			Potencial de hidrogeno	-	Nominal	
			Conductividad eléctrica	uS/cm	Razón	
			Solidos suspendidos totales	Mg/l	Razón	
			turbidez	NTU	Razón	
			pH metro.	DBO ₅	Mg/l	Razón
			Conductímetro	DQO	Mg/l	Razón
			Colorímetro	Coliformes totales	MNP/100ml	Razón
				Coliformes termotolerantes	MNP/100ml	Razón

			temperatura	°C	Intervalo
SEGUNDA VARIABLE: Eficacia del biofiltro.	Un biofiltro es un sistema compuesto por lechos filtrantes de grava, de diferentes dimensiones esto puede ser anaerobios o aerobios, que se nutren de agua residual; también se puede definir como un sistema diseñado para la remoción de los contaminantes que se encuentran en aguas contaminadas.	La eficacia del biofiltro a base de la microalga <i>Spirulina Sp</i> va a reducir el grado de contaminación presente en el agua residual y será medido utilizando instrumentos como: pH metro. Conductímetro. Colorímetro.	Potencial de hidrogeno		Nominal
			Conductividad eléctrica	uS/cm	Razón
			Solidos suspendidos totales	Mg/l	Razón
			turbidez	NTU	Razón
			DBO ₅	Mg/l	Razón
			DQO	Mg/l	Razón
			Coliformes totales	MNP/100ml	Razón
			Coliformes termotolerantes	MNP/100ml	Razón



2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 Población

Aguas residuales que genera la E.A.I Pomalca S.A.A.

2.3.2 Muestra

Se utilizará una muestra de 10 litros de agua residual generada por E.A.I Pomalca S.A.A.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y VALIDEZ.

2.4.1 Técnicas de Recolección de Datos:

Las técnicas que he empleado son las siguientes:

Cuadro N°2

TECNICAS DE FICHAJE	Fichas textuales.- para transcribir todos los contenidos que sean necesarios en forma original de bibliografías consultadas.
	Fichas bibliográficas.- estas fichas me permiten recopilar los datos de las fuentes visitadas para la tesis.
	Fichas de resumen.- me permite resumir los contenidos encontrados en los textos para utilizarlos en la tesis.
TECNICAS DE CAMPO	Observación.- la utilización de la hoja de observación.
	Recopilación de datos.- utilizar la ficha de recolección de datos que me permitan resaltar los datos que sean de interés.
	Análisis de las muestras. - estas se analizaron en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo –Chiclayo.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos.

La presente investigación utilizó los siguientes instrumentos para la obtención de los resultados:

Cuadro N°3: Instrumentos de recolección de datos

pH-metro	Balanza de precisión	Autoclave	Horno Mufla
Conductímetro	Balanza analítica	Campana extractora	
Turbidímetro	Baño maría	Microscopio	Desecador
Densímetro	Estufa	Termómetro	Centrifuga digital

2.4.3 Validez

La validez se dará mediante los diferentes resultados a raíz de los análisis obtenidos en el laboratorio Universidad Cesar Vallejo, mediante un certificado otorgado por la jefa del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo y laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE 026. Para luego compararlos con los estándares de calidad ambiental establecidos y los límites máximos según la normativa vigente.

2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.

Los datos para la presente investigación fueron trabajados en tablas, gráficos y medidas los cuales son propios de la estadística descriptiva que se procesaron en el programa Excel con el fin de determinar las diferencias existentes.

Se tomará muestras de aguas residuales producto de las actividades de la E.A.I Pomalca S.A.A. a las cuales se realizan los siguientes análisis:

Determinación del pH.

Conductividad eléctrica.

Sólidos totales en suspensión.

Demanda química de oxígeno (DQO).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)₅.

Análisis microbiológico.

2.6 ASPECTOS TECNICOS.

Toda información utilizada en la presente investigación es utilizada de buenas fuentes las cuales se ven reflejadas en el desarrollo de la tesis.

2.6.1 Ubicación geográfica.

El presente trabajo se llevó a cabo en la desembocadura de sus aguas residuales de la E.A.I Pomalca S.A.A. El distrito de Pomalca lo cual se ubica al norte de la costa del Perú, a 770 km. De la ciudad de Lima y a 7 km. de la ciudad de Chiclayo, región de Lambayeque entre las coordenadas geográficas 6° 44´ 59" y 79° 48´ 09" de longitud oeste del mediterráneo de Greenwich y a 40 m.s.n.m.

Los límites del lugar donde se obtuvo la muestra de agua residual es el siguientes:

Por el norte con el distrito de Picsi.

Por el sur con el distrito de Reque y Monsefú.

Por el este con el distrito de Tumán.

Por el oeste con el distrito de Chiclayo.

2.6.2 Características del lugar.

Clima El clima es cálido templado, regulado por la cadena occidental de los andes, la corriente marina de Humboldt y la corriente marina El niño. La temperatura fluctúa entre los 31,6°C en verano y 15°C en invierno, la humedad relativa varía entre los 55% y 60%; las precipitaciones pluviales son de 75mm. Anuales.

Ecología Ecológicamente, Pomalca presenta áreas de vegetación natural como algarrobos, faiques, chilco, pájaro bobo, chope, zapote, totora, bichayo, etc., donde se desarrolla una variada fauna silvestre, como palomas, peches, gallaretas, patos, garzas, chiscos, chilalas, búhos, entre otros.

Suelo Suelos arenosos, areno-arcillosos, francos, arcillosos y arcillosos-limosos, los cuales se dedican al cultivo de la caña de azúcar.

Cultivos En gran parte del distrito de Pomalca está rodeado de cultivos de caña de azúcar la cual es procesada en E.A.I Pomalca S.A.A.

2.6.3 Características del ensayo.

Se elaboró un biofiltro con el agua obtenida de la desembocadura de la E.A.I Pomalca S.A.A donde se aplicó un biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp.* el cual tiene las siguientes características.

Capacidad de botella utilizada para el biofiltro	20 litros
Cantidad de agua a tratar	10 litros
Cantidad de microalga <i>Spirulina sp</i>	Indefinida

2.6.4 Etapas de la investigación

Identificación de la microalga *Spirulina sp*: La microalga que se utilizó para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A se obtuvo de las orillas del río Chancay (Lambayeque).

Cultivo: Luego de haber extraído las microalgas del río Chancay fueron cultivadas en una botella de plástico alejada de cualquier factor contaminante cubierta con papel aluminio y conectadas a una bomba de oxígeno y a luz artificial. En un proceso de dos semanas se necesitó dos botellas más ya que se habían multiplicado. (Ver figura N°12)

Construcción de un biofiltro: En una botella de 20 litros de agua se colocó, 3 paquetes de gasa, 1/2kg de algodón, 1kg de arena, 1kg de grava, 2kg de piedra picada y 10 litros de agua residual proveniente de la E.A.I Pomalca S.A.A. (Ver figura N°14)

Aplicación de la microalga *Spirulina sp*: Con una aza bacteriológica se tomó la microalga *Spirulina sp* las cuales fueron aplicadas directamente al Biofiltro. (Ver figura N° 15)

Determinación del pH y la temperatura: Estos datos se tomaron semanalmente desde el inicio del tratamiento hasta el final del tratamiento. La temperatura y el pH fueron medidos Ex situ.

Obtención de la muestra de agua tratada: Luego de tres semanas de haber colocado el agua residual de la E.A.I Pomalca S.A.A al biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp* se obtuvo buenos resultados con respecto al tratamiento de dichas aguas.

2.6.5 Línea base del agua residual de la E.A.I Pomalca S.A.A según los límites máximos permisibles.

Parámetro	Valor inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	LMP
Temperatura	26.7 °C	35 °C
pH	6.6	6-9
Conductividad eléctrica	618 uS/cm	-
SST.	169.4 mg/l	50 mg/l
Turbidez	12.6 NTU	-
DBO5	27 mg/l	50 mg/l
DQO	82 mg/l	250 mg/l
Coliformes totales	488 NMP/100ml	-
Coliformes termotolerantes	453 NMP/100ml	-

Fuente: LMP para Industria Cervecera-MINAM

2.6.6 Parámetro de comparación para el agua tratada en base al ECA de agua establecido por el decreto supremo N° 004-2017-MINAM se usará la categoría 3 y Sub categoría de riego de vegetales.

Parámetro	Valor inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	ECA
Temperatura	26.7 °C	<35
pH	6.6	6,5-8,5
Conductividad eléctrica	618 uS/cm	2500 uS/cm
SST.	169.4 mg/l	-
Turbidez	12.6 NTU	-
DBO5	27 mg/l	15 mg/l
DQO	82 mg/l	40 mg/l
Coliformes totales	488 NMP/100ml	-
Coliformes termotolerantes	453 NMP/100ml	2000 NMP/100ml

Fuente: ECA de Agua - MINAM

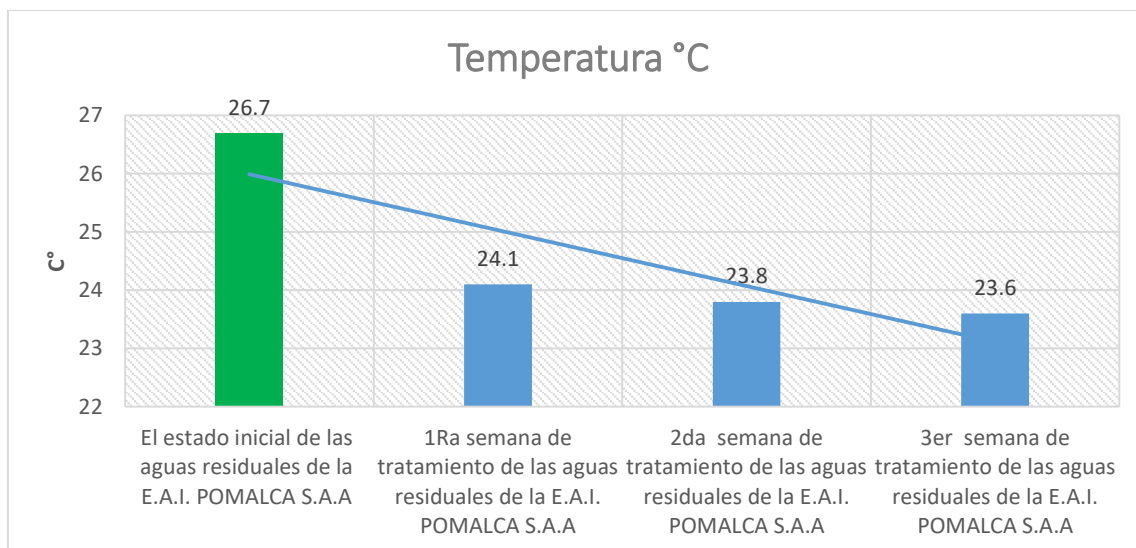
III. RESULTADOS

3.1. Análisis Físicos, Químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.A.I Pomalca S.A.

Tabla N°1 Resultados de la determinación de la temperatura

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	Parámetros
Temperatura °C	26.7	24.1	23.8	23.6	<35

Figura N°1 Evaluación de la temperatura obtenida de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.

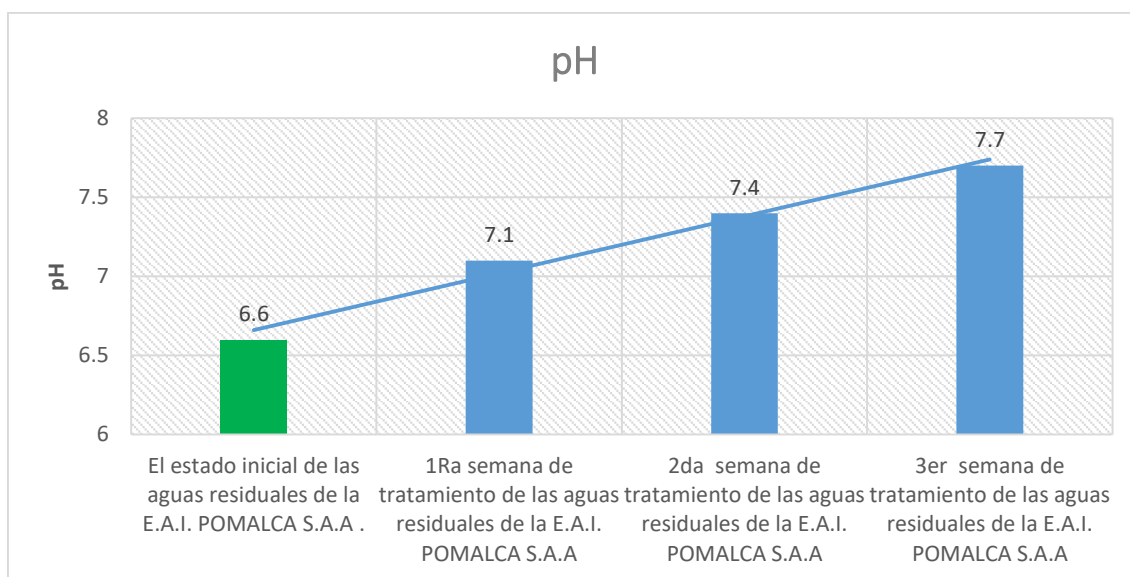


Interpretación: Se evaluó la temperatura de las aguas residuales de E.A.I Pomalca S.A.A y se observó que la mayor temperatura se obtuvo al momento de tomar la muestra en un valor de 26.7°, observamos que disminuyó semana a semana, siendo 23.6° la temperatura a la tercera semana de iniciado el trabajo de investigación.

Tabla N°2 Resultados de la determinación del potencial de hidrogeno (pH).

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
pH	6.6	7.1	7.4	7.7	6.5 – 8.5

Figura N°2 Evaluación del potencial de hidrogeno de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.

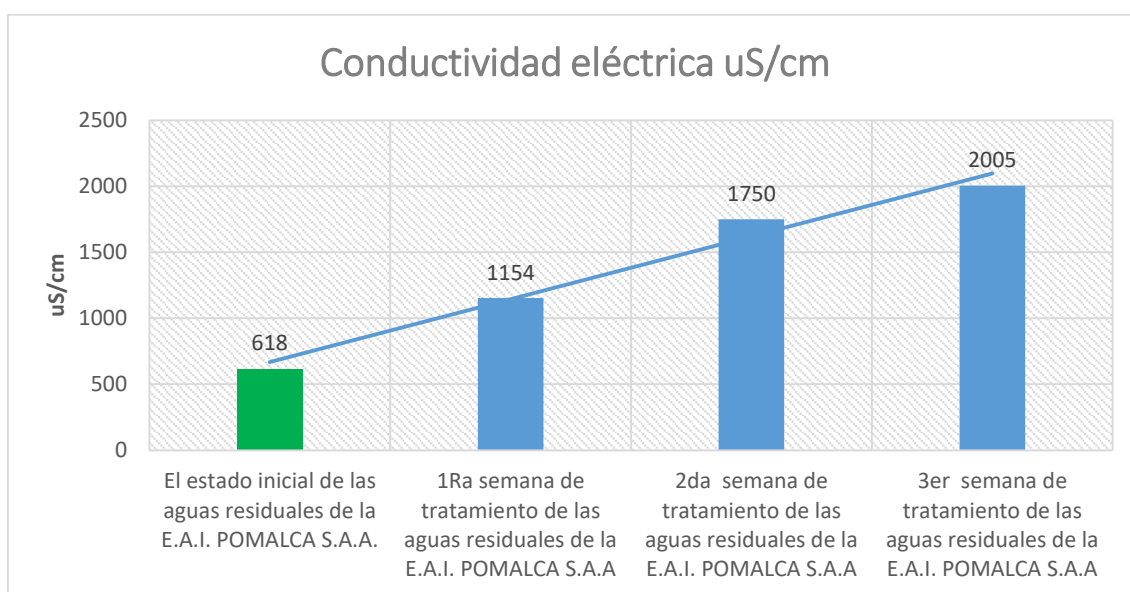


Interpretación: se evaluó el potencial de hidrogeno de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A al momento de tomar la muestra se observó que el pH se encuentra en un valor de 6.6, dentro de lo establecido por el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, de categoría 3 y Sub categoría de riego de vegetales. Elevando su nivel de pH a un valor de 7.7 la tercera semana de tratamiento.

Tabla N°3 Resultados de la determinación de conductividad eléctrica.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	Parámetros
Conductividad eléctrica uS/cm	618	1154	1750	2005	2500 – 5000

Figura N°3 Evaluación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.

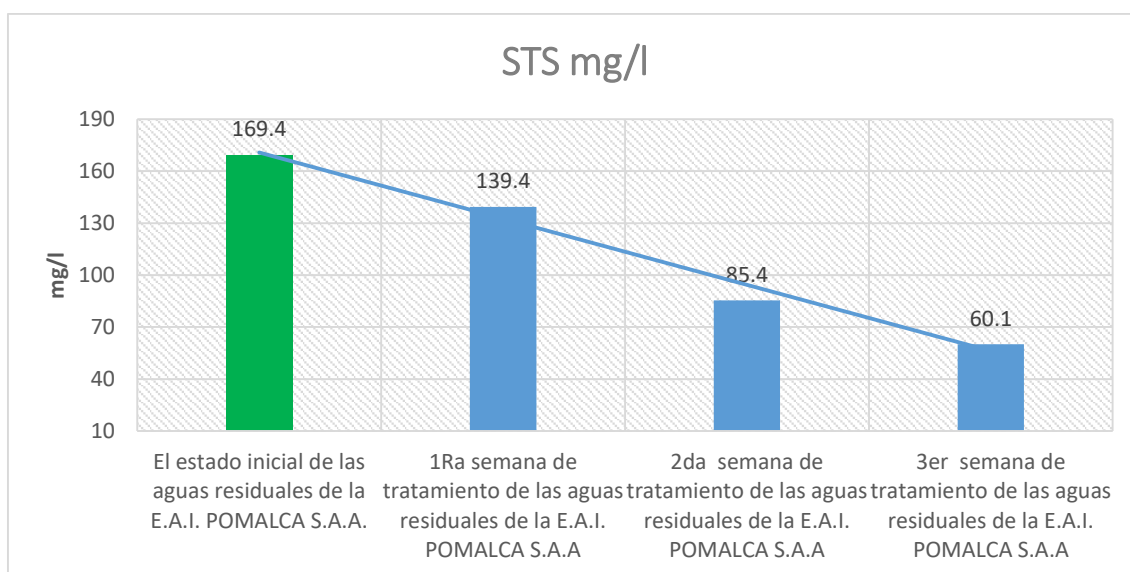


Interpretación: Se midió la conductividad eléctrica de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A y se percibió que dichas aguas se encontraban en un estado de 618 uS/cm al momento de iniciar la toma de muestra cumpliendo con ECA establecido por el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 3, luego del paso de semanas se observa el aumento llegando a la tercera semana con 2005 uS/cm de conductividad eléctrica.

Tabla N°4 Resultados de la determinación de solidos totales en suspensión de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
SST mg/l	169.4	139.4	85.4	60.1	150

Figura N°4 Evaluación de solidos totales en suspensión de las aguas residuales procedentes de la E.A.I Pomalca S.A.A.

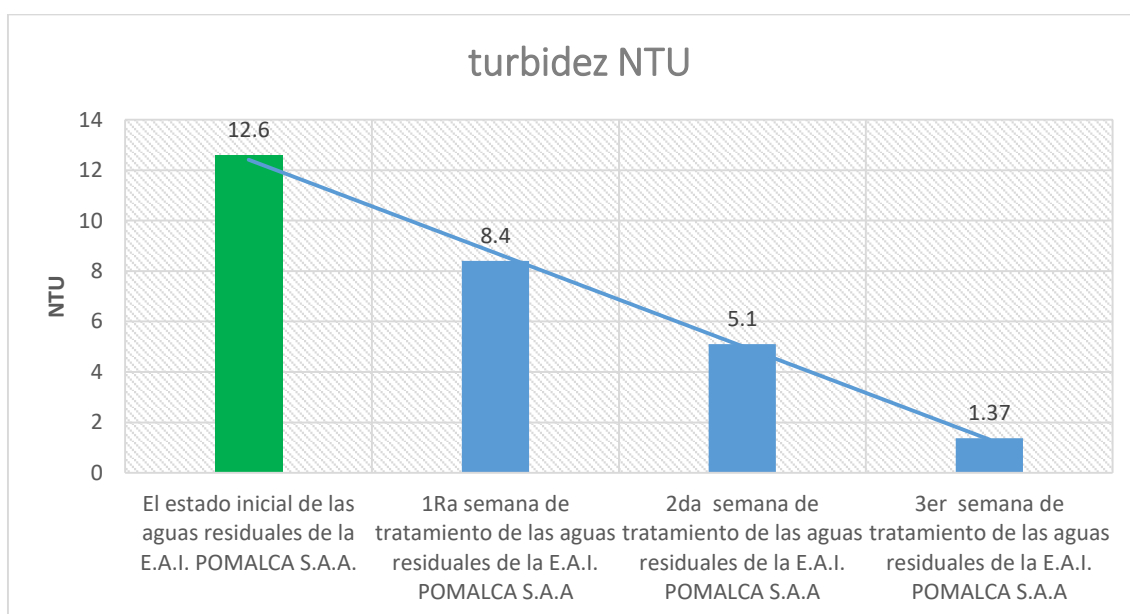


Interpretación: Se evaluó los sólidos totales en suspensión de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A. y se observó que la mayor cantidad se obtuvo en el momento de la toma de muestra con un valor de 169.4 mg/l; en el transcurso de las semanas ha ido disminuyendo debido al tratamiento llegando a una cantidad de 60.1 mg/l de solidos totales en suspensión a la tercera semana de incluido el tratamiento.

Tabla N°5 Resultados de la determinación de turbidez.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
turbidez NTU	12.6	8.4	5.1	1.37	

Figura N°5 Evaluación de turbidez de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.



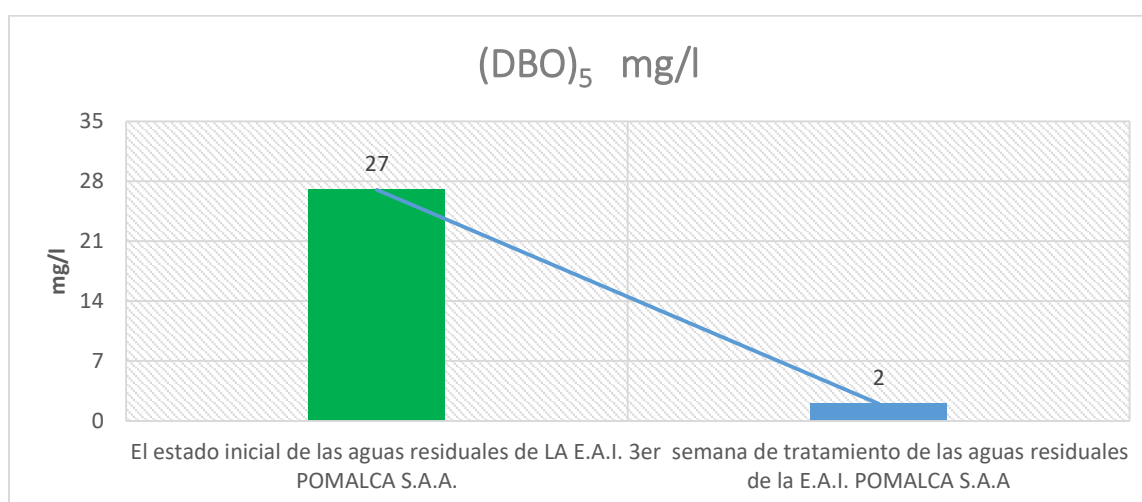
Interpretación: Se evaluó la turbidez de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A. y se observó que la mayor turbidez se obtuvo en el momento de la toma de la muestra en un valor de 12.6 NTU, podemos apreciar que el nivel de turbidez es alto por la presencia de partículas en suspensión. En la tercera semana de tratamiento se observó que fue disminuyendo al pasar las semanas, quedando en un valor 1.37 NTU de turbidez debido al tratamiento.

Tabla N°6 Resultados de la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)₅ de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de LA E.A.I. S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
(DBO) ₅ mg/l	27	2	15

Nota: Estos análisis solo se realizaron dos veces, en el estado inicial de las aguas residuales y en la tercera semana de tratamiento, debido al tiempo y costo que toma hacer dichos análisis.

Figura N°6 Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.



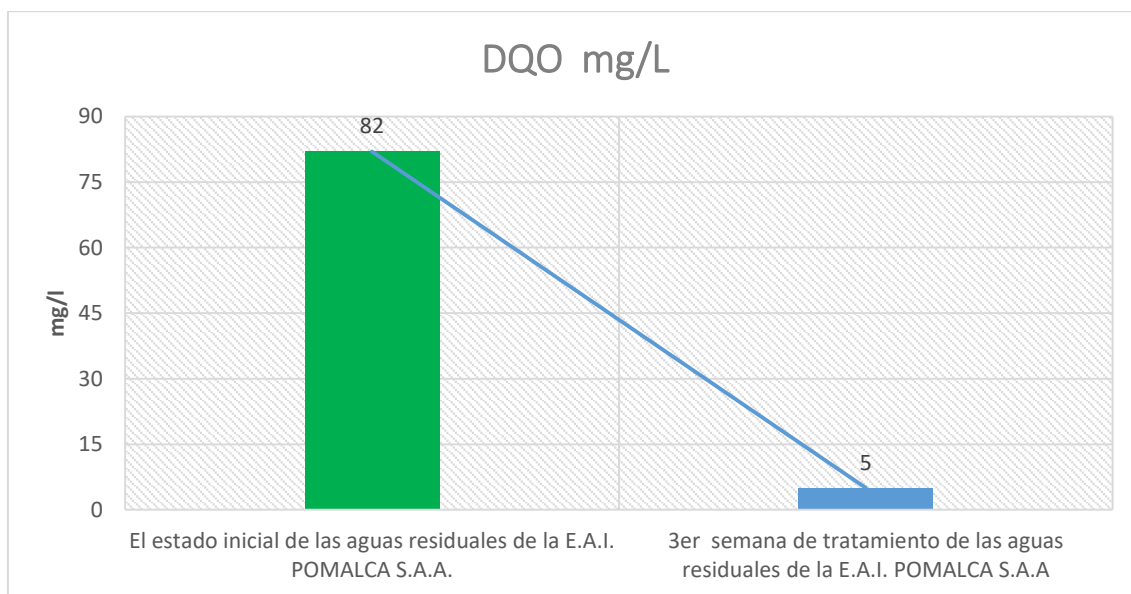
Interpretación: Se midió la concentración de la DBO₅ de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A, y se observó que la mayor concentración de la demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo en el momento de tomar la muestra con un valor de 27mg/l encontrándose por encima de los ECA establecido por el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 3, luego se observó que fue disminuyendo a un valor de 2mg/l de demanda bioquímica de oxígeno a la tercera semana de incluido el tratamiento esto se debió a que la microalga *Spirulina Sp* se alimenta de la materia orgánica presente en el agua residual.

Tabla N°7 Resultados de la determinación de demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
DQO mg/L	82	5	40

Nota: Estos análisis solo se realizaron dos veces, en el estado inicial de las aguas residuales y en la tercera semana de tratamiento, debido al tiempo y costo que toma hacer dichos análisis.

Figura N°7 Evaluación de la demanda química de oxígeno (DQO) Comparación de los resultados de DQO desde la primera muestra obtenida de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A hasta la muestra final después del tratamiento.



Interpretación: Se evaluó la demanda química de oxígeno de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A. y se observó que la mayor concentración de DQO se encontró en la primera toma de muestra con un valor de 82mg/l, debido a que el agua obtenida de dicha industria tiene gran cantidad de materia orgánica que puede sufrir oxidación, la cual se encuentra por encima de los ECA establecido por el decreto supremo N°

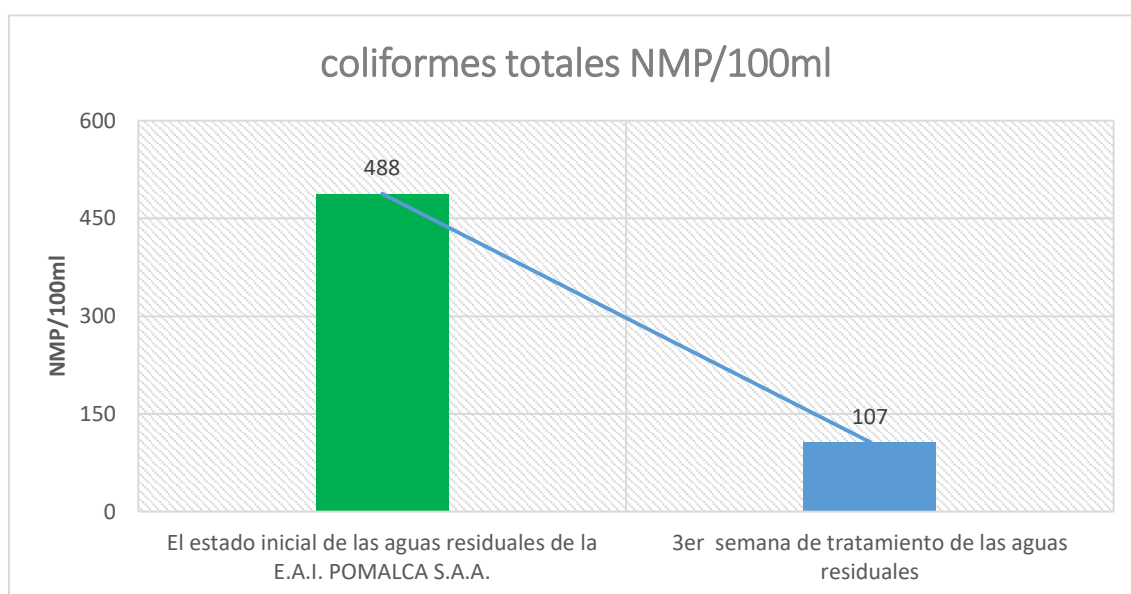
004-2017-MINAM, categoría 3, disminuyendo al paso de tres semanas de incluido el tratamiento a un valor de 5mg/l de DQO.

Tabla N°8 Resultados de la determinación de coliformes totales.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros
Coliformes totales NMP/100ml	488	107	1000

Nota: Estos análisis solo se realizaron dos veces, en el estado inicial de las aguas residuales y en la tercera semana de tratamiento, debido al tiempo y costo que toma hacer dichos análisis.

Figura N°8 Evaluación de la determinación de coliformes totales de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.



Interpretación: Se evaluó la cantidad de coliformes totales de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A. y se observó que la mayor cantidad de coliformes totales se obtuvo en el estado inicial de la muestra con un valor de 488NMP/100ml, observando que fue disminuyendo semana tras

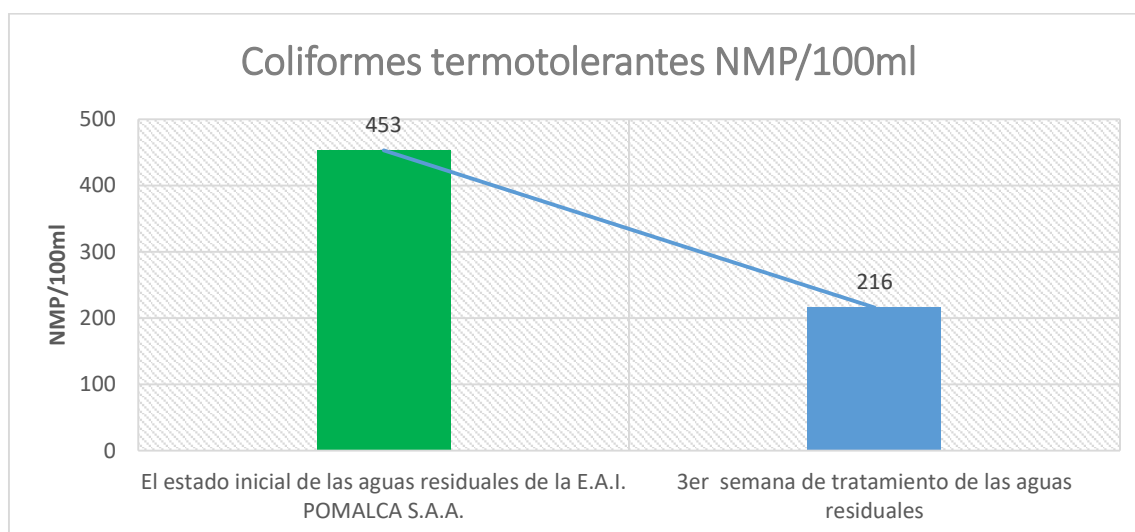
semana, siendo 107NMP/100ml de coliformes totales a la tercera semana de iniciado el trabajo de investigación.

Tabla N°9 Resultados de la determinación de coliformes termotolerantes.

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A..	Parámetros
Coliformes termotolerantes NMP/100ml	453	216	10000

Nota: Estos análisis solo se realizaron dos veces, en el estado inicial de las aguas residuales y en la tercera semana de tratamiento, debido al tiempo y costo que toma hacer dichos análisis.

Figura N°9 Evaluación de coliformes termotolerantes de las aguas residuales provenientes E.A.I Pomalca S.A.A.



Interpretación: Se midió la cantidad de coliformes termotolerantes de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A. y se observó que la mayor cantidad de coliformes termotolerantes fue en el estado inicial de agua residual antes del tratamiento con un valor de 453NMP/100ml, en la tercera semana del tratamiento de estas aguas observamos que fue disminuyendo a un valor de 216 NMP/100ml.

IV. DISCUSIÓN

- OLARTE, Edward y VALENCIA, Mónica 2016. En su trabajo de investigación titulado, “evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de las aguas residuales industriales (Vinazas)”, se encontró resultados similares a la presente investigación. Olarte y Valencia llevaron a cabo un experimento a escala de laboratorio, en la cual se desarrolló un tratamiento biológico que permitió medir y cuantificar la producción de biomasa y las cantidades de remoción para los nutrientes y parámetros específicos de las aguas residuales, mediante el uso de *Chlorella vulgaris* en un medio como las vinazas. En la presente investigación se utilizó la microalga *Spirulina sp* para la disminución de materia orgánica en un medio como una agroindustria azucarera; también Olarte y Valencia demostraron su investigación la obtención de porcentajes de remoción de DQO 30,92% y DBO₅ 30,92%, respectivamente, lo que argumenta la viabilidad de emplear la microalga *Chlorella vulgaris* en la realización de los procesos de biorremediación en el sector de Biocombustible. En la presente investigación se logró obtener un porcentaje de remoción de DQO y DBO₅ de 92.5% respectivamente, lo que argumenta la viabilidad de emplear el biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp* en la realización de los procesos de biorremediación en el sector agroindustrial.
- ROSALES, Néstor 2007, en su trabajo de investigación titulado, “microalgas presentes en una laguna para pulimento de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas”, nos dice que las microalgas son utilizadas como un sistema alternativo para tratar aguas residuales. Realizo un muestreo semanal durante dos meses, para evaluar la población de microalgas en entradas y salidas de una laguna para polímetro de efluente de una planta de tratamiento. El pH se mantuvo estable entre 7-8. Se observó una disminución entre los valores de entrada y salida del 60%, 38% en cuanto a SST, DQO. Los resultados demuestran dominancia de *Cyanophyta*. En la presente investigación se realizó un muestreo semanal durante tres semanas, para evaluar el nivel de tratamiento del biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp* con respecto al tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I.

Pomalca S.A.A. observando también que el pH se mantuvo entre los 6.6-8.5 cumpliendo así con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental de acuerdo a ley. Se observó también la disminución en cuanto a la conductividad eléctrica, los SST, la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, coliformes totales y los coliformes termotolerantes demostrando así la eficacia del biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp* para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A.

- ROMERO Leidi 2015, es su investigación denominada, “diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegaran de manera directa al humedal neutra en el municipio de Soacha”, según su investigación concluyó que la evaluación de las características del agua que llega al humedal se observó que los valores de DBO₅ se encuentran por encima de los 5 mg/L de O₂, lo que nos indica que son aguas contaminadas y por estar los valores comprendidos entre 100 y 400 mg/l de O₂ se deduce que la contaminación es de aguas residuales urbanas. El valor promedio de pH es de 7,3 lo que indica que el agua que entra al humedal es neutral y una temperatura entre 18°C y 20°C, adecuada para el tratamiento y existencia de vida biológica. En la presente investigación concluyo que las aguas residuales procedentes de las E.A.I Pomalca S.A.A no cumplieron con los estándares de calidad ambiental; a las cuales se le dio un tratamiento para que dichas aguas sean vertidas a un cuerpo de agua receptor y así poder ser reutilizadas para regadío y que no contaminen el medio ambiente. El valor del pH de las aguas residuales E.A.I Pomalca S.A.A es de 6.6 lo que indico que el agua que entro al biofiltro es neutral y la temperatura 26.7 °C, adecuada para el tratamiento y para la supervivencia de la microalga *Spirulina sp*.

V. CONCLUSIONES

- 1) En la presente investigación se concluyó que el agua residual proveniente de la E.A.I Pomalca S.A.A, se encontraba entre los límites máximos permisibles de acuerdo a las fuentes del MINAM. Por otro lado, los estándares de calidad ambiental como por ejemplo la DBO₅ 27 mg/l y la DQO 82 mg/l excedían con los parámetros establecidos.
- 2) La aplicación de un biofiltro a base de la microalga *Spirulina Sp* fue eficaz de acuerdo a los resultados obtenidos después del tratamiento debido a que demuestran una importante disminución en los estándares de calidad ambiental obtenidos en la investigación demostrando así la importancia en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A.
- 3) Se concluyó que los resultados obtenidos de las muestras iniciales de agua residual provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A. con la muestra de la tercera semana de tratamiento nos dan a notar la eficacia que posee el biofiltro a base de la microalga *Spirulina Sp*, con una disminución de DBO₅ 92.6%, DQO 93.91% respectivamente; esto se demuestra con los resultados obtenidos.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Para cultivar la microalga *Spirulina sp* se debe tener un control con la agitación puesto que, si es muy fuerte mueren las microalgas, debido a que estas están entrelazadas entre si y la agitación puede separarlas.
- 2) Establecer un sitio donde se puede ubicar el biofiltro para tener un mayor control de él, puesto que siempre va a permanecer con luz artificial debido a que las microalgas necesitan de luz para sobrevivir y ventilación para mantener la temperatura estable.
- 3) Capacitar a los trabajadores de las empresas en la importancia que tiene tratar sus aguas antes de verterlas y llevar un control constante para verificar el cumplimiento de los LMP establecidos por ley.
- 4) Si se desea reutilizar el agua tratada como agua para riego realizar la caracterización física, química y microbiológica respectiva para poder determinar si el agua es apta para ese tipo de uso.
- 5) Se recomienda que para este tipo aguas residuales provenientes de agroindustrias se dé un tratamiento secundario (con microorganismos) ya que es un proceso que incluye un tratamiento biológico en el que se consigue la eliminación de materia orgánica presentes en dichas aguas contaminadas para luego ser vertidas al medio ambiente.
- 6) La microalga tiene la capacidad de reproducirse rápidamente en este caso se recomienda comercializarla ya que cuenta con un alto contenido proteico y es utilizada como suplemento alimenticio.

VII. BIBLIOGRAFÍA

OLARTE, Edward y VALENCIA, Mónica. Evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de las aguas residuales industriales (Vinazas). Tesis (Titulo en Ingeniería Ambiental). Universidad nacional abierta y a distancia, 2016. 30 pp. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/5882/3/91535665.pdf>.

ROSALES, Néstor. Microalgas presentes en una laguna para pulimento de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas. Tesis (Microbiólogo). Universidad de Zulia, 2007. 225 a 230 pp.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2876116>

VIGUERAS Juan. Innovación tecnológica para tratamiento de aguas residuales domesticas con biofiltros orgánicos. Tesis (Doctor en ciencias en biotecnología). Instituto Politécnico Nacional, 2012. 144 pp.

https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18326/TESIS%20JUAN%20VIGUERAS%20CORTES_195.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MOKATE, Karen. EFICACIA, EFICIENCIA, EQUIDAD Y SOSTENIBILIDAD: ¿QUÉ QUEREMOS DECIR? Junio, 1999[fecha de consulta 10 de diciembre 2016]. Disponible en https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover_2006_03_eficacia_eficiencia.pdf.

ESPIGARES, Miguel y PERÉZ, José. Estudio sanitario del agua. [en línea] 2 ed. Granada. 1999 [fecha de consulta 2016]. Disponible en http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

BRAVO Quintana, Antonio. Técnicas de aprendizaje en el tratamiento de las aguas residuales para desarrollar la conciencia ambiental de los alumnos de educación superior. Tesis (doctorado en educación). Lima: Universidad San Martin de Porres, 2015. 254 pp.

FERNANDEZMAYO Peternell, Eduardo. Proyecto ejecutivo de planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Xochiapa, ver. Tesis

(título en ingeniería civil). Región de Xalapa: universidad de Veracruzana, 2010. 98pp.

ROMERO, Leidi. Diseño de un sistema de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal neutra en el municipio de Soacha. Tesis (título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Libre, 2015.76pp. Disponible en <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8906/PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf;sequence=1>

BOHORQUEZ Medina, Sofía. Efectos de la Spirulina en el manejo de las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad revisión sistemática. Tesis (magister en gestión de negocios de nutrición). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2017.106pp.

JIMENEZ Tafur, Juan. Estudio de la producción de biomasa de *Chlorella vulgaris* crecida heterotróficamente sobre vinazas de la caña de azúcar. Tesis (pregrado en química farmacéutica). Santiago de Cali: Universidad Icesi,2017. 64pp.

RUIZ, Ana. Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróticamente. Ingeniería Hidráulica. Tesis (Master universitario). España: Universidad Politécnica de Valencia, 2011. 102pp. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12831/Ruiz%20Martinez%20Ana%20-%20Tesina%20Fin%20Master%20-%202011.pdf?sequence=1>

VIRACUCHA, Sandra. Tratamiento biológico de las aguas residuales generadas en ingenios azucareros-con la tecnología de lodos activados. Tesis (título de ingeniera química). Quito: Universidad Central de Ecuador, 2012. 169pp.

MORALES Trujillo, Javier. "Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategia de mitigación". Monografía. México: Universidad Veracruzana,2011. 82pp.

MORÁN Villela, Diego. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Tesis (Título Ingeniero Ambiental). Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar, 2014. 118pp.

OEFA, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima, Perú: s.n., 2014

MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua [en línea]. 2015 [fecha de consulta 10 de diciembre 2016]. Disponible en:

http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/compendio_05_-_calidad_ambiental_2.pdf.

Decreto supremo MINAM. [en línea]. 2017 [fecha de consulta 15 julio 2017]. Disponible en:

<http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59020>.

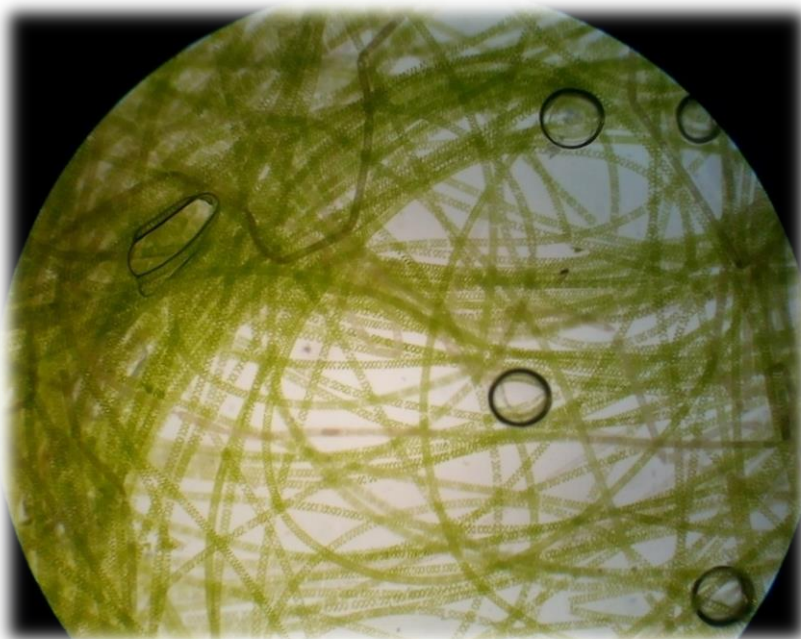
VIII. ANEXOS

Figura N°10: Lugar donde se obtuvo las muestras de aguas residuales provenientes de la E.I.A Pomalca S.A.A.



Fuente: Propia

Figura N°11: Reconocimiento de la microalga *spirulina sp.*



Fuente: Propia

Figura N°12: Cultivo de la microalga *Spirulina* sp.



Fuente: Propia

Figura N°13: Tomas de muestras para análisis y tratamiento.



Fuente: Propia

Figura N°14: Construcción del biofiltro para el tratamiento de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A.



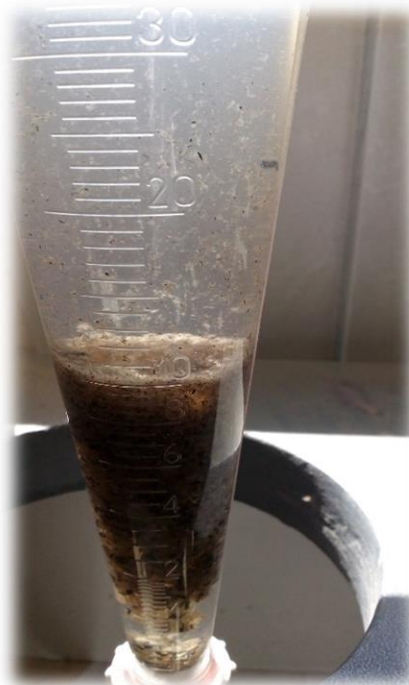
Fuente: Propia

Figura N°15: Aplicación de la microalga *spirulina sp* en las aguas residuales provenientes de la E.I.A Pomalca S.A.A para su tratamiento.



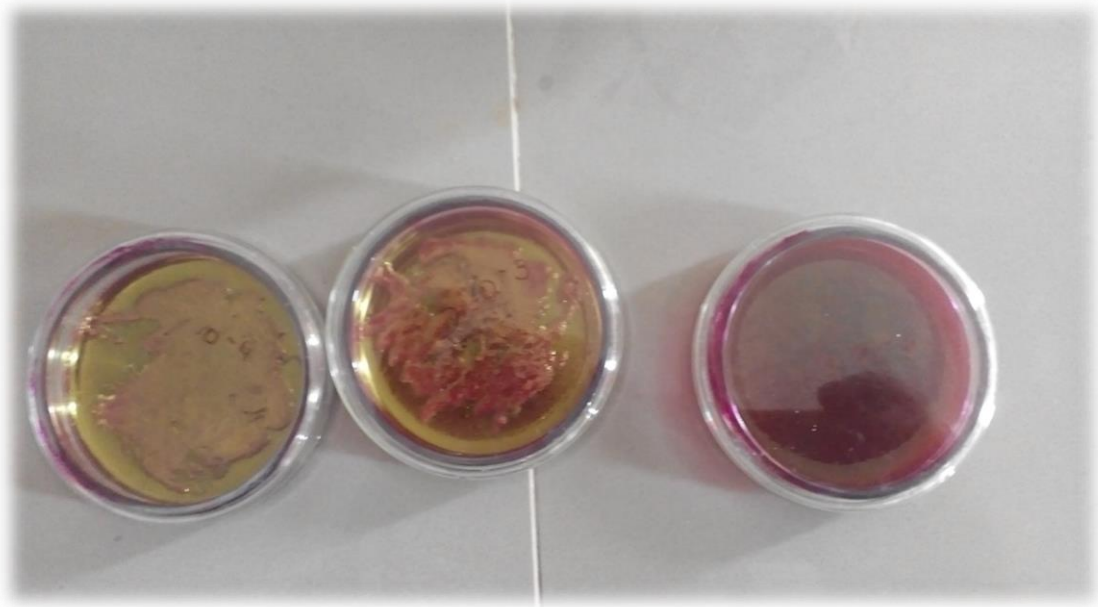
Fuente: Propia

Figura N°16: Análisis físicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A.



Fuente: Propia

Figura N°17: Análisis microbiológicos de las aguas residuales de la E.I.A Pomalca S.A.A desde el inicio hasta el fin del trabajo de investigación.



Fuente: Propia

Figura N°18: Validación de Resultados de los Análisis de DBO5 Y DQO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA CON
REGISTRO No LE 026**

INFORME DE ENSAYO
T-1235-J216-GONZALEZ

Pág. 01 de 02

CLIENTE : GONZALEZ PEREZ CYNDI ESTEFANI

MÉTODOS DE ENSAYO : Químico, Microbiológico

ITEM DE ENSAYO : Agua Residual Industrial

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envases de plástico
Preservadas


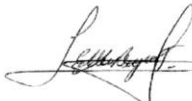

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN: Trujillo, 13 de octubre de 2016
Hora: 17:30

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN: Trujillo, 13 de octubre de 2016

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5210 A, B, 22nd Ed. 2012	<27.0 mg/L	48h
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5220 A, C 22nd Ed. 2012	<82 mg/L	28d

Sello	Fecha Emisión	Jefe Administrativo	Jefe del Laboratorio de Química	Jefe del Laboratorio de Microbiología
	22/10/2016	 Alexandra Aurazo Rodríguez	 Edder Neyra Jaico CIP 147028	 Juan Colina Venegas CBP 9924

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

***Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.**

* Las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente

* Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: Laboratorio de Ensayo Acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA

INFORME DE ENSAYO
T-1235-J216-GONZALES

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-1235-01
Código de Cliente			Muestra A
Item de Ensayo			Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo			13/10/2016
Hora de Muestreo			11:30
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	<27.0
Código de Laboratorio			T-1235-02
Código de Cliente			Muestra B
Item de Ensayo			Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo			13/10/2016
Hora de Muestreo			11:30
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	<82.0



Fuente: Laboratorio de Ensayo Acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA CON
REGISTRO No LE 026**

**INFORME DE ENSAYO
T-1247-J216-GONZALEZ**

Pág. 01 de 02

CLIENTE : GONZALEZ PEREZ CYNDI ESTEFANI

MÉTODOS DE ENSAYO : Químico, Microbiológico

ITEM DE ENSAYO : Agua Residual Industrial

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envases de plástico
Preservadas


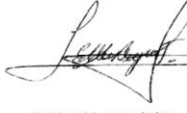
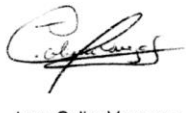
MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN: Trujillo, 03 de noviembre de 2016
Hora: 18:00

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN: Trujillo, 03 de noviembre de 2016

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5210 A,B. 22nd Ed. 2012	<2 mg/L	48h
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5220 A, C 22nd Ed. 2012	<5 mg/L	28d

Sello	Fecha Emisión	Jefe Administrativo	Jefe del Laboratorio de Química	Jefe del Laboratorio de Microbiología
	11/11/2016	 Alexandra Aurazo Rodríguez	 Edder Neyra Jaico CIP 147028	 Juan Colina Venegas CBP 9924

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

* Las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente

* Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

T-1247-J216-GONZALEZ

Fuente: Laboratorio de Ensayo Acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA

INFORME DE ENSAYO
T-1247-J216-GONZALEZ

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-1247-01
Código de Cliente			Muestra A
Item de Ensayo			Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo			03/11/2016
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	<2.0
Código de Laboratorio			T-1247-02
Código de Cliente			Muestra B
Item de Ensayo			Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo			03/11/2016
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	<5.0



T-1247-J216-GONZALEZ

Fuente: Laboratorio de Ensayo Acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA

Figura 19: Validación de Resultados de los Análisis Físico-químicos.



VALIDACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS DE TESIS

ALUMNA: González Pérez Cyndi Estefani

TESIS: EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA *Spirulina sp* PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016

Por medio del presente documento se brinda validez a los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos que se realizaron a las muestras de agua residual procedentes de la E.A.I. Pomalca S.A.A; estos análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LA TEMPERATURA (°C)

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A
Temperatura °C	26.7	24.1	23.8	23.6

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE POTENCIAL DE HIDROGENO (pH).

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A
pH	6.6	7.1	7.4	7.7

Fuente: Universidad César Vallejo-Filial Chiclayo

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (uS/cm)

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A
Conductividad eléctrica uS/cm	618	1154	1750	2005

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (STS mg/l)

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A
STS mg/l	169.4	139.4	85.4	60.1

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN

Indicador	El estado inicial de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	1 ^{Ra} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	2 ^{da} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A	3 ^{er} semana de tratamiento de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A
turbidez NTU	12.6	8.4	5.1	1.37

Fuente: Universidad César Vallejo-Filial Chiclayo

En concordancia el procedimiento realizado, así como los instrumentos y materiales utilizados, se otorga la validez a los resultados anteriormente mostrados.

En muestra de conformidad, firmo el presente.



Dra. Maxe Malca Raquel
Químico Responsable del Laboratorio
Universidad César Vallejo

Fuente: Universidad César Vallejo-Filial Chiclayo

Figura 20. Validación de Resultados de los Análisis Microbiológicos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACION DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE TESIS

ALUMNA: González Pérez Cyndi Estefani

TESIS: EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA *Spirulina sp* PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016

Por medio del presente documento se brinda validez a los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos que se realizaron a las muestras de agua residual procedentes de la E.A.I. Pomalca S.A.A; estos análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)

Estado inicial de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.	Tercera semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.
---	--

1500 NMP/100ml

200 NMP/100ml

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)

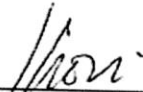
Estado inicial de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.	Tercera semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.
---	--

1070 NMP/100ml

488 NMP/100ml

En concordancia el procedimiento realizado, así como los instrumentos y materiales utilizados, se otorga la validez a los resultados anteriormente mostrados.

En muestra de conformidad, firmo el presente.


MSc. García López Jhon W.
Microbiólogo Responsable Del Laboratorio
Universidad César Vallejo

Fuente: Universidad César Vallejo-Filial Chiclayo

Tabla N°10 Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la E.A.I. Pomalca S.A.A.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.

Indicador	Estado inicial de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.	Tercera semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. POMALCA S.A.A.	Parámetros Estándar de calidad ambiental
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) ₅ mg/l.	27 mg/l	<2 mg/l	15mg/l
- Demanda química de oxígeno (DQO) mg/l.	82 mg/l	<5 mg/l	40mg/l
- Coliformes fecales NMP/100ml.	Si	Si	Si
- Coliformes totales NMP/100ml.	1500 NMP/100ml	200 NMP/100ml	1000 NMP/100ml
- Coliformes termotolerantes NMP/100ml.	1070 NMP/100ml	488 NMP/100ml	10.000 NMP/100ml

Tabla N°11 RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA E.A.I. POMALCA S.A.A.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. Pomalca S.A.A.

Indicador	Estado inicial de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Primera semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Segunda semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Tercera semana de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la E.A.I. Pomalca S.A.A.	Parámetros Estándar de calidad ambiental
- Potencial de hidrogeno (pH).	6.6	7.1	7.4	7.7	6.5-8.5
- Temperatura (°C)	26.7 °C	24.1 °C	23.8 °C	23.6 °C	<35
- Conductividad eléctrica uS/cm	618 uS/cm	1154 uS/cm	1750 uS/cm	2005 uS/cm	2500- 5000 uS/cm
- Solidos totales en suspensión (STS) mg/l.	169.4 mg/l	139.4 mg/l	85.4 mg/l	60.1 mg/l	150 mg/l
- Turbidez NTU	12.6 NTU	8.4 NTU	5.1 NTU	1.37 NTU	-----

MATRIZ DE CONSISTENCIA

AUTORA: GONZÁLEZ PÉREZ, Cyndi Estefani

TITULO: EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA *Spirulina sp* PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Estrategia
¿Qué tan eficaz es un biofiltro a base de la microalga <i>Spirulina sp</i> para el tratamiento de las aguas residuales, 2016?	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Reducir la contaminación de las aguas residuales provenientes de la E.A.I Pomalca S.A.A a partir de la utilización de un biofiltro a base de microalga <i>Spirulina sp</i>.</p>	<p>Existe la eficacia de un biofiltro a base de la microalga <i>Spirulina sp</i> para el tratamiento de las aguas residuales.</p>	<p>Primera variable:</p> <p>Tratamiento de aguas residuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura. - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)s. - Demanda química de oxígeno (DQO). - Determinación del pH. - Conductividad eléctrica. - Sólidos totales en suspensión. - Coliformes totales. 	<p>Realizar análisis de laboratorio</p>

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales que produce la E.A.I Pomalca S.A.A.
 - Aplicar un biofiltro a base de microalga *Spirulina sp* para minimizar la contaminación.
 - Comparar los resultados iniciales con los resultados obtenidos aplicando el biofiltro a base de la microalga *Spirulina sp*.
-

Segunda

variable:

Eficacia de un biofiltro a base de la microalga *Spirulina Sp*

- Temperatura.
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)₅.
- Demanda química de oxígeno (DQO).
- Determinación del pH.
- Conductividad eléctrica.
- Sólidos totales en suspensión.
- Coliformes totales.

Realizar análisis de laboratorio

ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

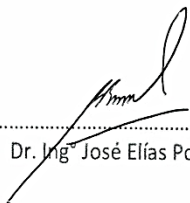


ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LOS TRABAJOS ACADEMICOS DE LA UCV

Yo, **PONCE AYALA JOSÉ ELÍAS**, docente de la experiencia curricular de **DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, del ciclo **X**, y revisor del trabajo académico titulado: **EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA Spirulina sp PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016**, elaborado por la Ex Alumna **CYNDI ESTEFANI GONZÁLES PÉREZ**, he sido capacitado e instruido en el uso de la herramienta Turnitin y he constatado lo siguiente

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 22 %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencia mínimo que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 12 setiembre del 2018



.....
Dr. Ing. José Elías Ponce Ayala

AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS

	<p style="text-align: center;">AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</p>	<p>Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 2</p>
--	---	--

Yo **CYNDI ESTEFANY GONZALEZ PEREZ**, identificado con DNI N° **47347854**, egresada de la Escuela de **INGENIERIA AMBIENTAL**, de la Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: **EFICACIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE LA MICROALGA *Spirulina sp.* PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2016**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 47347854

FECHA: 14 de SEPTIEMBRE del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------