

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

**Disminución de nitratos y fosfatos con chlorellas sp.
en las aguas residuales de la poza de oxidación del
distrito de Huayucachi – 2020**

Kener Brayan Iparraguirre Justo

Para optar el Grado de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis padres por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de estos años de estudio en la universidad. Aunque no siempre pudieron estar a mi lado, pero gracias a sus consejos puedo seguir edificando mi futuro.

Agradezco a mi hermano, pues es también una parte fundamental en mi vida, ya que, fue quien más estuvo presente a lo largo de la vida universitaria. Él es mi mejor amigo y lo aprecio mucho. De la misma manera a mi tíos, tías, primos y primas, pues gracias a todas esas personas que me rodean pude y puedo construir un buen cimiento para las cosas que se vienen en adelante.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que luchan día a día para salir adelante. Sé que con trabajo duro lo podrán conseguir.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	1
1.1.1. Problema general.....	2
1.1.2. Problemas específicos	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivos generales	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e Importancia.....	3
1.3.1. Justificación Ambiental.....	3
1.3.2. Justificación Social.....	3
1.3.3. Justificación Económica.....	4
1.4. Hipótesis y descripción de variables	4
1.4.1. Hipótesis general	4
1.4.2. Hipótesis específicas	4
1.4.3. Operacionalización de variables.....	4
1.4.3.1. Operacionalización.....	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del problema	6
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Internacionales	8
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1. Microalgas.....	10
2.2.2. Eutrofización	10
2.3. Definición de término básicos.....	10
CAPÍTULO III.....	12
METODOLOGÍA	12
3.1. Métodos y alcance de la investigación.....	12

3.1.1.	Método de investigación	12
3.1.2.	Alcance o nivel de investigación.....	12
3.2.	Diseño de investigación	12
3.3.	Población y muestra	13
3.3.1.	Población.....	13
3.3.2.	Muestra.....	13
3.3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
CAPÍTULO IV		14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		14
4.1.	Resultados del Tratamiento y Análisis de Información	14
4.2.	Prueba de Hipótesis.....	18
4.2.1.	Hipótesis específica 1	18
4.2.1.1.	Nitratos	18
4.2.1.2.	Fosfatos	20
4.2.2.	Hipótesis específica 2.....	21
4.2.2.1.	Hipótesis Estadística.....	21
4.2.2.2.	Significancia.....	22
4.2.2.3.	Conductividad Eléctrica	22
4.2.2.4.	Turbidez	24
4.2.2.5.	SST	27
4.2.2.6.	DBO	30
4.2.2.7.	DQO	32
4.2.3.	Hipótesis específica 3.....	35
4.3.	Discusión de resultados.....	39
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables	5
Tabla 2. Caracterización inicial de las aguas residuales	14
Tabla 3. Caracterización luego de aplicar las Chlorellas sp. en las aguas residuales.....	14
Tabla 4. Concentración celular de la microalga Chlorellas sp.	17
Tabla 5. Concentración de nitratos antes y después del tratamiento.....	19
Tabla 6. Estadístico de prueba de las muestras de nitratos antes y después del tratamiento.....	19
Tabla 7. Concentración de fosfatos antes y después del tratamiento	20
Tabla 8. Estadístico de prueba de las muestras de fosfatos antes y después del tratamiento	20
Tabla 9. Prueba de regresión lineal para Conductividad Eléctrica con una dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	22
Tabla 10. Prueba de regresión lineal para Conductividad Eléctrica con una dosis de 50 ml de Chlorellas sp.....	24
Tabla 11. Prueba de regresión lineal para Turbidez con una dosis de 30 ml de Chlorellas sp.....	25
Tabla 12. Prueba de regresión lineal para Turbidez con una dosis de 50 ml de Chlorellas sp.....	26
Tabla 13. Prueba de regresión lineal para SST con una dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	28
Tabla 14. Prueba de regresión lineal para SST con una dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	29
Tabla 15. Prueba de regresión lineal para DBO con una dosis de 30 ml de Chlorellas sp.....	30
Tabla 16. Prueba de regresión lineal para DBO con una dosis de 50 ml de Chlorellas sp.....	32
Tabla 17. Prueba de regresión lineal para DQO con una dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	33
Tabla 18. Prueba de regresión lineal para DQO con una dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	34
Tabla 19. Prueba de normalidad para la correlación entre crecimiento de microalgas y pH	36
Tabla 20. Prueba de correlación entre el crecimiento de microalgas y pH	37
Tabla 21. Prueba de normalidad para la correlación entre crecimiento de microalgas y T°	38
Tabla 22. Prueba de correlación entre crecimiento de microalgas y T°	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación referencial de las pozas de oxidación del distrito de Huayucachi	2
Figura 2. Concentración de nitratos con dosis de 30 ml a lo largo de los 10 días.....	15
Figura 3. Concentración de nitratos con dosis de 50 ml a lo largo de los 10 días.....	16
Figura 4. Concentración de fosfatos con dosis de 30 ml a lo largo de los 10 días	16
Figura 5. Concentración de fosfatos con dosis de 50 ml a lo largo de los 10 días	17
Figura 6. Relación de las concentración celular y parámetros físicos.....	18
Figura 7. Prueba de dispersión para Conductividad Eléctrica con dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	22
Figura 8. Prueba de dispersión para Conductividad Eléctrica con dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	23
Figura 9. Prueba de dispersión para Turbidez con dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	25
Figura 10. Prueba de dispersión para Turbidez con dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	26
Figura 11. Prueba de dispersión para SST con dosis de 30 ml de Chlorellas sp.....	27
Figura 12. Prueba de dispersión para SST con dosis de 50 ml de Chlorellas sp.....	29
Figura 13. Prueba de dispersión para DBO con dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	30
Figura 14. Prueba de dispersión para DBO con dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	31
Figura 15. Prueba de dispersión para DQO con dosis de 30 ml de Chlorellas sp.	33
Figura 16. Prueba de dispersión para DQO con dosis de 50 ml de Chlorellas sp.	34
Figura 17. Diagrama de dispersión para la correlación entre crecimiento de microalgas y pH.....	36
Figura 18. Diagrama de dispersión para la correlación entre crecimiento de microalgas y T°	38

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de las *Chlorella sp.* a nivel de laboratorio en el proceso de eutrofización generado por el vertido de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi. Las muestras se extrajeron de la poza de oxidación del distrito que son las que presentan una concentración elevada de nitratos y fosfatos, que es lo que conduce a la eutrofización del cuerpo receptor de estas aguas residuales. El método científico es método general de la investigación, el tipo de investigación es aplicado y el diseño de la investigación es experimental. El distrito de Huayucachi tiene un sistema rudimentario de tratamiento de aguas residuales mediante una poza de oxidación, asimismo según manifestaciones de pobladores de la zona, estas pozas emiten malos olores, y otro problema más relevante es el nivel de nutrientes que contienen estas aguas, ya que en el cuerpo receptor se observa gran cantidad de biomasa, producto de la eutrofización. Durante el diseño se procede a cultivar las microalgas, monitoreando tanto su temperatura como su pH. Para posteriormente inocularlas en las aguas residuales con dosis de 30 ml, 50 ml y una muestra de control para ver la disminución en la concentración. Estas muestras son tratadas al largo de 10 días y durante ella se registran la concentración de nitratos y fosfatos y de algunos parámetros relevantes para la investigación. Luego de la medición final y el análisis de los resultados, se obtuvo que las *Chlorellas sp.* influyen tanto en los parámetros como en la concentración de los nutrientes. Aunque por parte de los nitratos no se obtuvo diferencias significativas en el tratamiento con las diferentes dosis. Por lo tanto, se puede decir que la *Chlorella sp.* influye disminuyendo la concentración de nitratos y fosfatos y asimismo influye en los parámetros fisicoquímicos.

PALABRAS CLAVE: *Chlorellas sp.*, eutrofización, poza de oxidación

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the influence of *Chlorella* sp. at the laboratory level in the eutrophication process generated by the discharge of wastewater from the oxidation pool of the Huayucachi district. The samples were taken from the district's oxidation pond, which are those with a high concentration of nitrates and phosphates, which is what leads to eutrophication of the receiving body of these wastewater. The scientific method is a general method of research, the type of research is applied and the research design is experimental. The district of Huayucachi has a rudimentary system of wastewater treatment through an oxidation pool, also according to the statements of residents of the area, these pools emit bad odors, and another more relevant problem is the level of nutrients that these waters contain, since that a large amount of biomass is observed in the recipient body, a product of eutrophication. During the design, the microalgae are cultivated, monitoring both their temperature and their pH. To later inoculate them in the wastewater with doses of 30 ml, 50 ml and a control sample to see the decrease in concentration. These samples are treated for 10 days and during it the concentration of nitrates and phosphates and relevant parameters for the investigation are recorded. After the final measurement and the analysis of the results, it was obtained that the *Chlorellas* sp. they influence both the parameters and the concentration of nutrients. Although on the part of nitrates, no significant differences were obtained in the treatment with the different doses. Therefore, it can be said that *Chlorella* sp. it influences reducing the concentration of nitrates and phosphates and also influences the physicochemical parameters.

KEYWORDS: *Chlorellas* sp., Eutrophication, oxidation pool

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de Tesis, tiene por finalidad dar solución a un problema existente en el distrito de Huayucachi, donde se ubican pozas de oxidación que están afectando tanto a la población como a las aguas del río Mantaro vertiendo aguas con presencias de contaminantes. El objetivo es determinar la influencia de las *Chlorellas sp.* a nivel de laboratorio el proceso de eutrofización por el vertido de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi.

El trabajo de investigación consta de cuatro capítulos, en el Capítulo I, de esta tesis hace referencia al planteamiento del problema de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi, para posteriormente determinar la influencia de las *Chlorellas sp.* en las aguas residuales, y luego se plantea las posibles respuestas a los problemas, así como la justificación y la operacionalización de variables.

En el Capítulo II, el marco teórico este compuesto por los antecedentes a nivel nacional e internacional, las cuales servirán de base durante el proceso de la investigación pues contiene información importante sobre el problema, el tratamiento y diseño de la investigación, también contiene bases teóricas que se relacionan con el objeto de estudio.

El Capítulo III consta de la metodología del estudio, en el cual resalta el método científico, tiene un nivel correlativo y un diseño experimenta por la manipulación de la variable independiente.

En Capítulo IV consta de los resultados de la investigación, así como de las discusiones con otras investigaciones que se han realizado anteriormente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

En nuestro Valle del Mantaro en los últimos años se ha incrementado el uso de agua debido a las actividades humanas y esto está trayendo consecuencias que se encuentran afines a la salud y a la afectación de la calidad de agua, las cuales sirven de abastecimiento a las localidades, ya sea, a la población o integradamente al ecosistema. Así mismo, según (Meoño, Taranco y Olivares 2016), el 70 % de aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual trae como consecuencia que el agua pueda tener un ciclo, en especial en su reúso. Y posteriormente esta agua es llevada en gran parte a sus respectivas cuencas hídricas sin pasar antes por algún tratamiento para que no afecte la calidad de agua del río al cual va a desembocar. Y en este caso de estudio el problema que es más frecuente, es la eutrofización, causados por la presencia de un aumento en las concentraciones de nitratos y fosfatos, que son los nutrientes requeridos para que aumente la biomasa en cualquier fuente de agua y así mismo afectando la calidad de agua. Son estos nutrientes que proceden de las diversas actividades agrícolas ubicadas alrededor de los pozos de oxidación del distrito de Huayucachi. Asimismo, debido también a las aguas residuales domesticas presentes en dicha localidad. La falta de tratamiento de las aguas que han sido enriquecidas produce un proceso de descomposición luego del crecimiento obtenido, esto altera el consumo de oxígeno disuelto en el agua y hace variar también diversos parámetros, ocasionando la una transformación acelerada de ríos, lagos y otras fuentes de agua en ambientes hipertróficos en cuestión de lustros o décadas por lo que se convierte en un problema global (Garcia Lozano 2016). Y es así que debido a este problema se propuso usar un tratamiento y disminuir las concentraciones de nitratos y fosfatos en las

aguas residuales de las pozas de oxidación del distrito de Huayucachi que son vertidas en el río Mantaro.



Figura 1. Ubicación referencial de las pozas de oxidación del distrito de Huayucachi

Fuente: («Google Maps» 2020)

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la *Chlorella sp.* a nivel de laboratorio controlando el proceso de eutrofización generado por el vertido de aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi - 2020?

1.1.2. Problemas específicos

¿Las *Chlorellas sp.* disminuirán la concentración de nitratos y fosfatos de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi - 2020?

¿Cuál es la influencia de las *Chlorella sp.* en los parámetros fisicoquímicos como la conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO de las aguas residuales de la poza de oxidación de Huayucachi – 2020?

¿Existe una correlación entre el crecimiento favorable de la microalga a nivel de laboratorio y el pH y temperatura?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivos generales

Determinar la influencia de la *Chlorella sp.* a nivel laboratorio en el proceso de eutrofización generado por el vertido de las aguas residuales de la poza de oxidación de Huayucachi - 2020.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar la disminución de la concentración de nitratos y fosfatos de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

Determinar la influencia de las *Chlorellas sp.* en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

Determinar si existe correlación entre el crecimiento favorable de la microalga a nivel de laboratorio y el pH y temperatura.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Justificación Ambiental

Las aguas residuales causan serio problema, ya que modifican ambientes, o en este caso la calidad de agua de los ríos porque contienen contaminantes y nutrientes en exceso que son capaces de lograr eutrofización, creando ambientes hipertróficos. Es por ello que para disminuir la carga de nutrientes que son vertidos al río se utilizan microalgas que se adaptan a estas condiciones, y asimilan estos excesos de nutrientes.

1.3.2. Justificación Social

Las pozas de oxidación que se encuentran en diversos distritos de la zona sur de la provincia de Huancayo, acumulan grandes cantidades de agua residual llegando a tener como consecuencia la liberación de malos olores y la presencia de vectores biológicos, esto debido a la presencia de la materia fecal y la presencia de materia orgánica en descomposición lo que genera malestar en la población de este distrito puesto que la dispersión de estos olores llegan a alcanzar grandes distancias, por ellos se debe aplicar un tratamiento para disminuir la presencia de estos contaminantes.

En la actualidad, nuestro país tiene serios problemas con el tratamiento de aguas residuales y no es capaz de cumplir con las metas que se plantearon en Plan Nacional de Acción Ambiental de tener para el 2021, 100% de las aguas tratadas en las zonas urbanas y en las zonas rurales un 30% y, asimismo, reutilizar estas aguas (Brack Egg 2011). Nuestro Valle no es ajeno a este problema, pues se

puede encontrar que diversas localidades vierten sus aguas residuales hacia la cuenca del río Mantaro sin previo tratamiento. Es por ello que desarrolló esta propuesta como una buena alternativa en la cual se trata el agua con microorganismos que logran adaptarse y vivir en estas condiciones y tengan resultados favorables disminuyendo los nutrientes en exceso que se encuentran en las aguas residuales.

1.3.3. Justificación Económica

Las *Chlorellas sp.* es un conjunto de microorganismos, los cuales según estudios se pueden adaptar a las aguas residuales, pero la importancia de ello está en que micro algas se pueden cultivar en laboratorio en cierto periodo de tiempo, logrando después de esto tener una gran cantidad mg/L de microorganismos, de esta manera disminuyendo el exceso de nutrientes a un bajo costo.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

Hipótesis alterna: Las *Chlorellas sp.* influyen controlando el proceso de eutrofización por el vertido de aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi - 2020.

Hipótesis nula: Las *Chlorellas sp.* no influyen en el proceso de eutrofización generado por el vertido de aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

1.4.2. Hipótesis específicas

Las *Chlorellas sp.* disminuirán la concentración de nitratos y fosfatos de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

Las *Chlorellas sp.* influyen en los parámetros físicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

Existe correlación entre el crecimiento favorable de la microalga a nivel de laboratorio y el pH y temperatura.

1.4.3. Operacionalización de variables

1.4.3.1. Operacionalización

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables

Matriz de Variables					
Variables	Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores	Medidores	Método/Equipo
<i>Chlorellas sp.</i>	Variable cuantitativa, independiente	Tipo de microalga	Incremento de microalgas	cel/ml	Recuento en cámara de contaje Neubauer
Agua residual de la poza de oxidación de Huayucachi	Variable cuantitativa, dependiente	Nitratos	Concentración de nitratos	ppm	Espectrofotómetro
		Fosfatos	Concentración de fosfatos	ppm	Espectrofotómetro
		Conductividad eléctrica	Salinidad del agua residual	mS/cm	Multiparámetro
		Turbidez	Partículas suspendidas	NTU	Turbidímetro
		Sólidos suspendidos totales	Materia orgánica en suspensión	mg/L	Multiparámetro
		DQO	Grado de Contaminación del agua	mg/L	Equipo reactor de DBO
		DQO	Grado de Contaminación del agua	mg/L	Equipo reactor de DQO
		Temperatura	Temperatura	°C	Multiparámetro
		pH	Alcalinidad/Acidez	Unid.	Multiparámetro

Fuente: Propio

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Nacionales

En el trabajo de investigación (Huayhua Huamani 2019) se determinó los efectos de la microalga *Chlorella sp.* en las aguas residuales de la provincia de Juliaca para reducir en magnitud la concentración de los nutrientes, nitrato y fosfato, presentes en este cuerpo. En la investigación para experimento se utilizaron foto biorreactores en el laboratorio, donde estos microorganismos estuvieron expuestos por 18 horas a la luz, todos los días. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos que estaban siendo monitoreados durante los primeros 5 días habían mejorado su calidad. Ello debido a la presencia de estas microalgas, debido su metabolismo había consumo parte de estos nutrientes para así también poder duplicarse. Presentaron una remoción de un 93% para el nutriente nitrato y para el caso del nutriente fosfato obtuvo una remoción del 85%. Y se concluyó que la foto biorreactores ayudan a incrementar el porcentaje de remoción.

En el trabajo de investigación realizado por (Lopez Ponte 2019), los cuales evaluaron la capacidad que tienen las microalgas *Chlorellas sp.* y *Desmodesmus sp.* para consumir nitratos y fosfatos que se encuentran presentes en las aguas residuales. Asimismo, también evaluaron el crecimiento de estas microalgas en las aguas residuales, pero en las condiciones de frío, invierno. La metodología que los autores utilizaron para cultivar los microorganismos fue el sistema de lotes. Como resultados obtuvieron tasas y porcentajes de remoción óptimos de nitratos y fosfatos mediante dos ecuaciones, que determinaron que el

microorganismo *Desmodesmus sp.* tiene mayor eficiencia en el consumo de nitratos y fosfatos.

En la tesis de (Amasifuen Del Águila 2017). En la cual se cultivaron las especies del microorganismo en diferentes concentraciones de nitrato, las cuales fueron 8.5 g, 4 g, 0 g en 100 ml de agua. Las cuales tuvieron un crecimiento gradual y en el caso de la *Chlorella sp.* tuvo la segunda mayor producción de biomasa, teniendo buenos resultados para con el consumo de nitrato, que es un exceso de nutriente en las aguas residuales.

En la tesis del (Avila Peltroche 2015), evaluaron la capacidad de remoción de los nitratos y fosfatos en aguas residuales municipales, este proceso realizado por cepas de microalgas que se encuentran libres e inmovilizadas de una planta que recupera las aguas del río de Surco, Lima. Se utilizaron dos cepas de microorganismo, *Chlorella sp.* y *Chlamydomonas sp.*, que se lograron desarrollar en estas aguas y tuvieron porcentajes de remoción de 71.25% y entre 56% a 67% para el nitrato respectivamente, y para el fosfato tuvieron porcentajes de remoción de 83.69% y de 78% a 81% respectivamente. De esta manera concluyendo que la microalga *Chlorella sp.* posee mayor eficiencia en esta investigación.

En el trabajo de investigación presentado por (Meza Rojas y Felipe 2016) se realizó para determinar la incidencia que tienen la presencia de los nutrientes nitrógeno y fósforo en la eutrofización de la Bahía Interior del Lago Titicaca. En este lugar se encontró que la Bahía presentaba alto niveles de eutrofización, esto debido a la presencia de nitrógeno mayormente en las estaciones de verano, concluyendo así que es causante de la alta presencia de materia orgánica y llegando así a eutrofizar cualquier fuente de agua.

En el trabajo de investigación presentado por (Ochoa Altamirano 2019) en la cual utilizaron el *Paramecium caudatum* para hacerle frente al proceso de eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga debido a las consecuencias de ser abandonado. Esta investigación posee un diseño experimental muy parecido a nuestra investigación. Asimismo, están utilizando otro organismo para tratar una fuente de agua. A lo largo de su investigación se usaron 3 dosis de estos cultivos de microorganismo: de 350 ml, 500 ml y 650 ml. Monitorearon a lo largo de los días parámetros fisicoquímicos como el pH, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos totales. Y los resultados que obtuvieron fueron positivos, ya que, concluyeron en que este protozoo ayuda a controlar el

proceso de eutrofización y proponen su aplicación en estos cuerpos de agua justamente para biorremediarlas.

En la tesis elaborada por (Vasquez Uriol 2017) que tuvo como objetivos remover parámetros como turbidez, asimismo nutrientes como los nitratos y fosfatos en aguas grises que provienen de la Urb. Primera, en la ciudad de Trujillo. Esta investigación aporta a la nuestra en la parte de diseño experimental, ya que en este estudio se hace un tratamiento de estas aguas con las especies *Eichornia crassipes* y *Spirodel polyrhiza*. Asimismo, se hizo experimentos con 3 pruebas por grupo durante 10 días y los resultados que se obtuvieron fue de que ambas especies tienen efectos positivos al disminuir tanto la concentración de fosfatos y nitratos.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

En el trabajo de investigación realizado por (Ortiz-Villota, Romero-Morales y Meza-Rodríguez 2018), como objetivo principal disminuir los niveles de nitratos, nitritos y fosfatos de la fuente de agua de la laguna de Ubaque. Para esta investigación se utiliza el método de la biorremediación con diferentes cepas de algas microscópicas como la *Spirulina máxima*, *Spirulina plantensis* y *Chlorella vulgaris*. Se realizó un experimento que sigue los pasos del diseño compuesto central factorial 2² que utiliza un software para el procesamiento de datos. Las microalgas se adaptaron a las condiciones o parámetros de la laguna y como resultado se obtuvo que este tratamiento y por ende tecnología es una opción viable para reducir el nivel de nitratos, fosfatos, y por consecuencia, el nivel de eutrofización de las fuentes de agua, aunque en el experimento no todas las microalgas mostraron resultados positivos.

En el trabajo de investigación presentado por (Roa Parra y Cañizares Villanueva 2013), tiene como objetivo fundamental estudiar preliminarmente la remoción de nitratos y fosfatos del medio de cultivo Bold utilizando *Scenedesmus incrassatulus* inmovilizado en alginato de calcio, como una nueva alternativa tecnológica de remoción. El experimento utilizó dos fotos reactores que controlaba que la temperatura se mantenga en 20° C. Se llevó a cabo las evaluaciones diarias de nitratos, fosfatos y pigmentos. Se hizo un estudio por días en el cual se obtuvieron remociones de 60% de concentración de nitratos, en niveles de fosfatos se vio que disminuyó en un 47%. Se hizo un examen a los cultivos de microalgas para determinar su grado de viabilidad y mostró resultados alentadores y concuerda con el color verde de los cultivos.

En el trabajo realizado por (Bolaños-Alfaro et al. 2017), analizaron la concentración de los nutrientes nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en el agua potable de los cantones de la provincia de Alajuela en Costa Rica. Se hizo un monitoreo de estas aguas durante los meses de junio, julio y fin de año. Encontraron valores altos que sobrepasaban como era de esperarse su normativa y determinaron sus posibles causas entre las cuales resaltan la contaminación de las aguas a causa del hombre, también las actividades industriales, el crecimiento demográfico y un mal manejo de las aguas residuales de aquel lugar.

En el trabajo realizado por (Medina et al. 2013), tuvo como objetivos cuantificar la magnitud del caudal y el transporte de nutrientes como nitritos, nitratos, amonio y fosfatos a lo largo de la cuenca del río Manzanares y también en la costa de la ciudad de Cumaná. Asimismo, otro de sus objetivos fue el de determinar e identificar los factores que disminuyen o incrementan el transporte de nutrientes y también el caudal. Como resultados obtuvieron que el transporte de nutrientes aumentaba hacia la cuenca media y baja del río, esto debido a que en estas zonas la presencia del caudal es mucho mayor.

En el trabajo de investigación presentado por (Olguín et al. 2010), y así mismo con el apoyo del Instituto de Ecología de México, plantearon como objetivo hacer un diagnóstico de la calidad de agua en la subcuenca del río Sordo, que está ubicado al en la ciudad de Xalapa, Veracruz. Todo ello con la finalidad de proponer soluciones o estrategias para promover el desarrollo sostenible y poder rescatar la subcuenca de este río. Se obtuvieron como resultado en la concentración de nitratos de 10.50 mg/L y 8.50 mg/L, y pues se encuentra bibliografía que niveles mayores a 4 mg/L traen consecuencias negativas tanto en los ecosistemas como en la salud de las personas. Asimismo, la presencia de fosfatos fue alta en la época seca. Se concluyó que la calidad del río en esta subcuenca está contaminada en un 40.14%.

En la investigación realizada por (Rodríguez, Asmundis y Martínez 2016), tuvo como objetivo evaluar las variaciones de las concentraciones de fosfatos y nitratos en las distintas estaciones del año 2013 en diferentes fuentes de agua con las que pequeños productores hortícolas de la provincia de Corrientes hacen uso. Se utilizó como instrumento un espectrofotómetro de absorción y se obtuvo que los niveles de concentración de fosfatos más altos se dan en la estación de invierno y de igual manera la concentración más alta de nitratos se da en la

estación de verano. En las aguas superficiales se registraron niveles de concentración de fosfatos y nitratos más bajo que en las aguas subterráneas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Microalgas

Son organismos de tamaño muy pequeño y unicelulares que son capaces de realizar el proceso llamado fotosíntesis, en este grupo de organismos también se encuentran las cianobacterias que son mayormente conocidas como algas verdeazuladas, asimismo, las algas eucariotas verdes, rojas o doradas.

2.2.2. Eutrofización

Es un proceso en el cual las aguas residuales que contienen nutrientes disponibles, nitrato y fosfatos, para las plantas que al ser consumidas por las algas causan que estas tengan un rápido crecimiento, así como también otras especies de vegetales. Este fenómeno en muchos ambientes se produce de forma natural, pero tiende a acelerarse debido a un incremento de elementos como nitrógeno o fósforo, y pues la presencia de estos está asociada a actividades humanas. (Quiroz Santos 2019)

La eutrofización es la fertilización del agua. El nutriente en un cuerpo de agua favorece mayormente al crecimiento de plantas o de biomasa. Esto va a depender de las diferentes condiciones como la presencia de nitrógeno, de fósforo, de la cantidad de horas luz y el calor o temperatura del cuerpo de agua, entre otros parámetros fisicoquímicos. Durante este proceso acelerado pueden predominar plantas como las algas, también se hallan plantas acuáticas flotantes o en el fondo del cuerpo. Al asimilar los nutrientes que son básicamente el nitrógeno y fósforo en sus diferentes variaciones de sustancias el crecimiento de las plantas acuáticas aumenta considerablemente. (Quiroz Santos 2019)

2.3. Definición de término básicos

- a) **Nitrato:** Es un compuesto inorgánico que está conformado por un átomo de nitrógeno y tres átomos de oxígeno. Este compuesto no es peligroso para la salud normalmente, pero si se reduce a nitrito, su nivel de toxicidad aumenta considerablemente. Su símbolo es NO_3 .
- b) **Fosfatos:** Es otro compuesto que presenta un átomo de fósforo y se encuentra rodeado de cuatro átomos de oxígeno. Son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Su símbolo es PO_4^{3-} . Una característica de los fosfatos secundarios y también de los terciarios es que en el agua son insolubles

- c) **Cuerpo receptor:** Es el recurso que recibe o al que se arrojan directa o indirectamente los residuos de cualquier actividad humana. En otras palabras, son los ríos, pozos, suelos, aire, etc.
- d) **Parámetros:** Son aquellas características físicas, químicas y biológica de la calidad de agua que pueden ser sometidas a medición.
- e) **Eutrofización:** Es un fenómeno que se da de forma natural, pero de manera lenta y se ve acelerado por la actividad antropogénica. Es un enriquecimiento de nutrientes de diferentes fuentes de agua y produce un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al terminar su ciclo de vida se depositan en el fondo de la fuente de agua, lo que genera una gran cantidad de residuos que cuando se logran descomponer consumen una gran parte del oxígeno disuelto que se encuentra en él. De esta manera afecta formas de vida que puedan existir en el agua y producen que no tengan suficiente oxígeno para sus funciones vitales, causándoles la muerte.
- f) **Conductividad:** Es una medida de la capacidad que tiene una solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. Se debe tener en consideración que las sales minerales son buenas conductoras y que las materias orgánicas y coloidales tienen poca conductividad.
- g) **pH:** Es un parámetro que mide la concentración de iones de hidrógeno en una fuente de agua. Se tiene conocimiento que agua que se encuentre fuera del rango de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática.
- h) **Temperatura:** La temperatura juega un papel muy importante en la solubilidad de los gases, en la disolución de las sales y por lo tanto en la conductividad eléctrica, en la determinación de pH, en el conocimiento del origen de agua y de las eventuales mezclas, etc.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

El método general que se está utilizando es el científico ya que la tesis sigue procedimientos desde la búsqueda del problema, la hipótesis y su validación correspondiente para la formulación de las conclusiones.(Bernal Torres 2006)

El método específico es el inductivo ya que se partirá de las hipótesis específicas hacia la hipótesis general.

3.1.2. Alcance o nivel de investigación

Los estudios correlacionales asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Este tipo de estudios lleva por finalidad conocer la relación que existe entre dos variables, categorías o variables en algún contexto específico. (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2014) .

3.2. Diseño de investigación

El tipo de diseño en el que se desarrollará la investigación será experimental, ya que se realizará la medición de variables y control; para que posteriormente se pueda continuar con la validez de los procedimientos dentro del laboratorio.

RG1	0	-	0
RG2	0	X	0
RG3	0	X	0

RG1, RG2, RG3: Muestras de aguas residuales

0: Se aplica medición de parámetros físico químicos a las muestras

X: Se administra un tratamiento con *Chlorellas sp.* a las muestras

0: Se aplica medición de parámetros físico químicos

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población identificada en el trabajo de investigación son las aguas residuales que se encuentran en la poza de oxidación o las lagunas facultativas del distrito de Huayucachi.

3.3.2. Muestra

Las muestras no probabilísticas, admiten un procedimiento orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. La ventaja de este tipo de muestras, desde la visión cuantitativa, es la utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una “representatividad” de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema. (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2014)

La presente investigación la selección de la muestra fue del tipo no probabilístico. Se tomó 3 muestras a lo largo de la poza de oxidación.

3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de es la observación

Concentración de nitrato → Espectrofotómetro

Concentración de fosfato → Espectrofotómetro

pH → Potenciómetro

Turbidez → Turbidez

DBO → Reactor de DBO

DQO → Reactor de DQO

Conductividad eléctrica → Multiparámetro

Sólidos suspendidos totales → Multiparámetro

Temperatura → Multiparámetro

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de Información

En la Tabla 2 se muestra los parámetros medidos de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi.

Tabla 2. Caracterización inicial de las aguas residuales

Parámetro	Muestras
Nitratos (ppm)	25.03
Fosfatos (ppm)	13.77
Turbidez (NTU)	205
DQO (mg/l)	285
DBO (mg/l)	413.70
Conductividad eléctrica (μ S)	1037
SST (mg/l)	720

Fuente: Propia, datos obtenidos de resultados del laboratorio

De acuerdo a lo observado solo se cuenta con una medición para todas las muestras, ya que, estas fueron tomadas el mismo día y en el mismo intervalo de tiempo. Los resultados reportados por el laboratorio muestran una concentración alta con respecto a los nitratos y fosfatos. Un pH moderadamente neutro para estas aguas, pero con alta carga de materia orgánica de acuerdo al DBO.

Tabla 3. Caracterización luego de aplicar las *Chlorellas sp.* en las aguas residuales

Muestra	Día	Nitratos (ppm)	Fosfatos (ppm)	Conductividad eléctrica (μ S)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)
Muestra 1	1	25.03	13.77	1037	205	720	413.7	285
	3	24.11	13.05	1024.1	203.1	718.5	410.5	283
	5	23.12	12.78	1015.2	202.14	716.5	408.2	281.3

	7	22.55	12.13	104	200.94	714.2	404.8	279.6
	10	21.78	11.86	998.4	199.57	711.8	402.3	277.8
Muestra 2 (30 ml)	1	25.03	13.77	1037	205	720	413.7	285
	3	22.38	11.54	958.1	183.6	684.2	384.5	269.4
	5	16.54	8.95	886.2	151.5	638.5	358.4	243.2
	7	11.48	5.24	817.5	123.8	594.2	324.4	227
	10	5.33	2.79	743	71	543	298.5	212.2
Muestra 3 (50 ml)	1	25.03	13.77	1037	205	720	413.7	285
	3	21.2	10.45	950.5	180.42	677.8	380.6	263.4
	5	14.9	7.3	876.2	145.2	628.1	354.7	239.5
	7	9.4	4.2	803.8	118.6	588.4	319.6	220.2
	10	3.8	2.1	728.9	65.2	534.5	296.4	204.8

Las muestras fueron analizadas luego de 10 días de tratamiento con las microalgas. Y se nota una disminución de los valores en algunos parámetros como también un aumento. Las muestras 1 es la muestra control y las muestras 2 y 3 contienen 50 ml de microalgas.

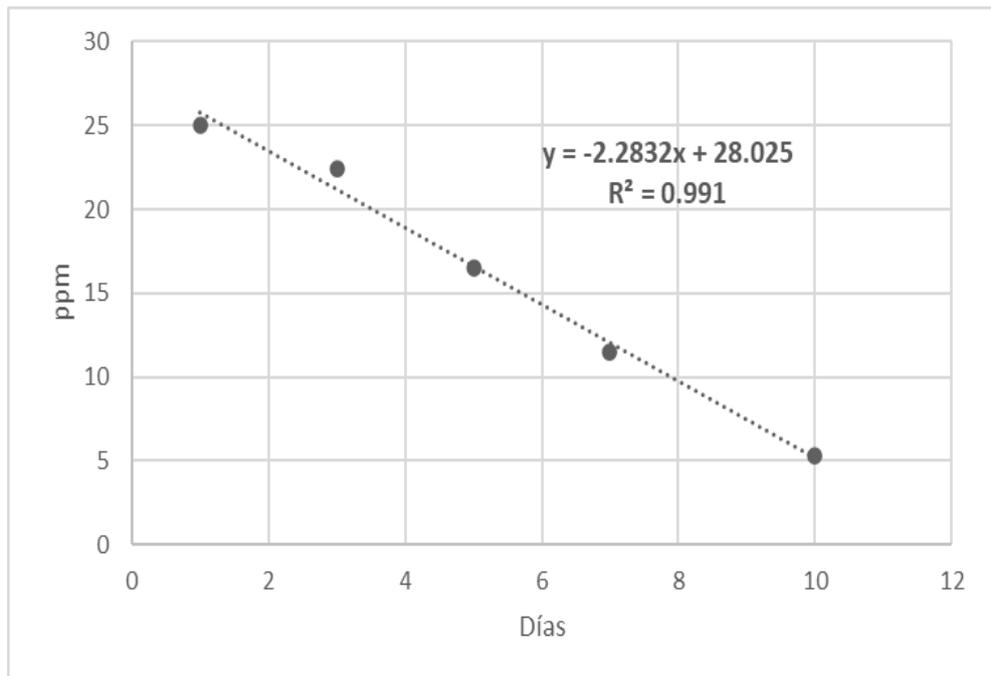


Figura 2. Concentración de nitratos con dosis de 30 ml a lo largo de los 10 días

Las medidas se tomaron a lo largo de 10 días y de acuerdo a la Figura 2. Tenemos una disminución en la concentración de los nitratos puesto que la línea va bajando conforme pasan los días.

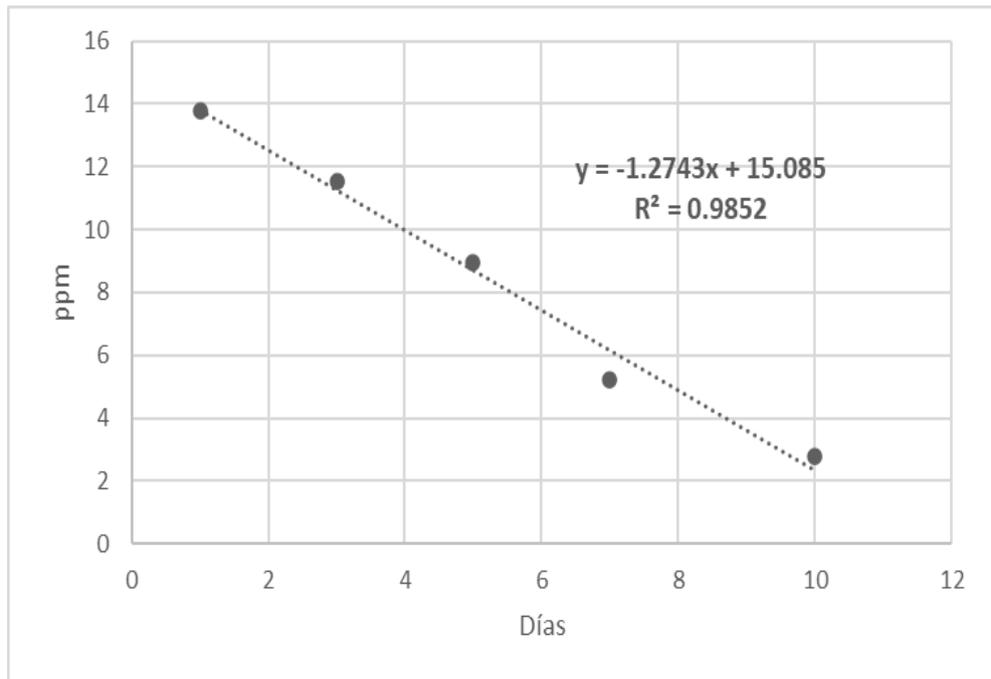


Figura 3. Concentración de nitratos con dosis de 50 ml a lo largo de los 10 días

Las medidas se tomaron a lo largo de 10 días y de acuerdo a la Figura 3. Tenemos una disminución en la concentración de los nitratos con la dosis de 50 ml puesto que la línea va bajando conforme pasan los días.

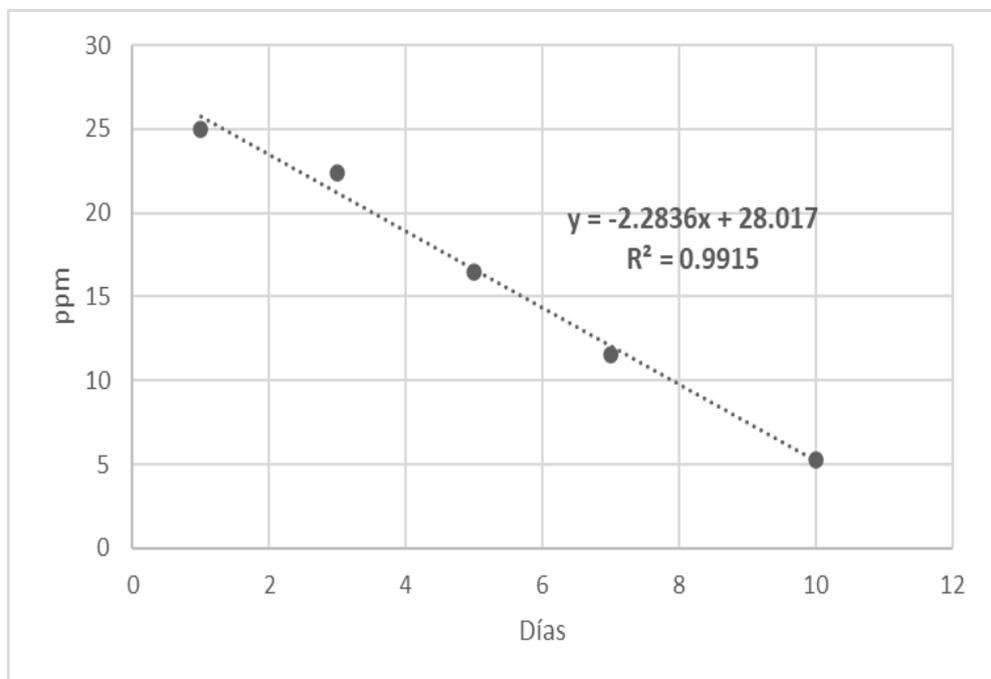


Figura 4. Concentración de fosfatos con dosis de 30 ml a lo largo de los 10 días

Las medidas se tomaron a lo largo de 10 días y de acuerdo a la Figura 4. Tenemos una disminución en la concentración de los fosfatos con una dosis de 30 ml puesto que la línea va bajando conforme pasan los días.

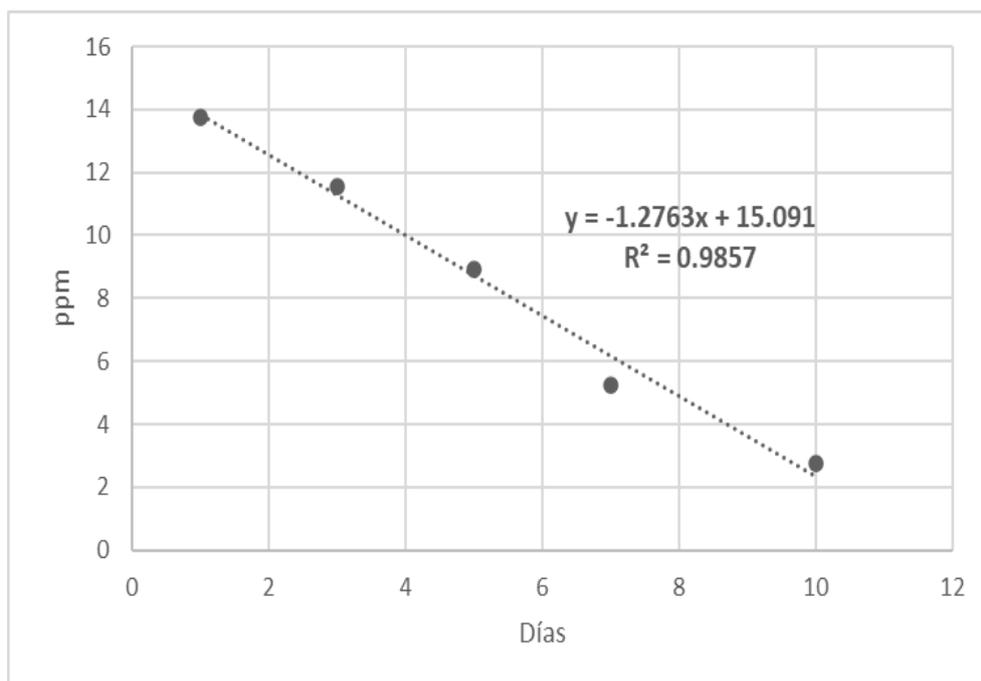


Figura 5. Concentración de fosfatos con dosis de 50 ml a lo largo de los 10 días

Las medidas se tomaron a lo largo de 10 días y de acuerdo a la Figura 5. Tenemos una disminución en la concentración de los fosfatos con una dosis de 50 ml puesto que la línea va bajando conforme pasan los días.

Tabla 4. Concentración celular de la microalga *Chlorellas sp.*

Días	Concentración celular (10^6 cel/ml)	pH	Temperatura ($^{\circ}$ C)
Día 1	0.29	7.08	18.5
Día 2	0.92	7.32	18.4
Día 3	1.86	8.86	18.6
Día 4	2.21	8.78	18.7
Día 5	4.40	8.38	18.8
Día 6	4.04	8.19	18.5
Día 7	3.97	8.44	18.4
Día 8	3.92	8.32	18.4
Día 9	4.14	7.56	18.5
Día 10	5.20	7.45	18.7

Fuente: Propia

Por un largo de 10 días se hizo un monitoreo del crecimiento micro algal, así como en parámetros como temperatura y pH para relacionar el crecimiento con la influencia de estos parámetros.

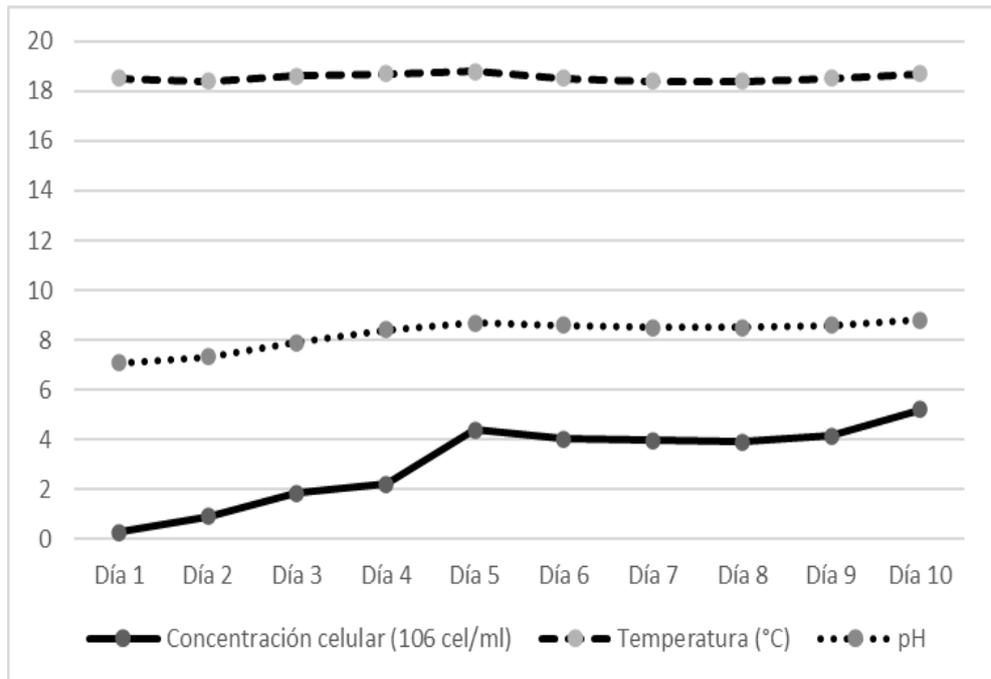


Figura 6. Relación de las concentración celular y parámetros físicos
Fuente: Propia

La figura indica que mientras hay un crecimiento de la población de celular de las *Chlorellas sp.* hay supuesto ligero incremento de temperatura, así como también para el parámetro de potencial de hidrógeno hay una ligera alcalinización del cultivo.

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis específica 1

Las *Chlorellas sp.* disminuirá la concentración de nitratos y fosfatos en las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

Las *Chlorellas sp.* no disminuirá la concentración de nitratos y fosfatos en las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.1.1. Nitratos

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H1: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} > 0$ (diferencia de medias)

H0: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} \leq 0$

SIGNIFICANCIA:

Error tipo 1 = $\alpha = 0.05$

Tabla 5. Concentración de nitratos antes y después del tratamiento

Concentración de Nitratos (ppm)			
	Antes	Reducción	Después
1	25.03	3.25	21.78
2	25.03	19.7	5.33
3	25.03	21.23	3.8

Fuente: Propio

TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



ESTADÍSTICO DE PRUEBA

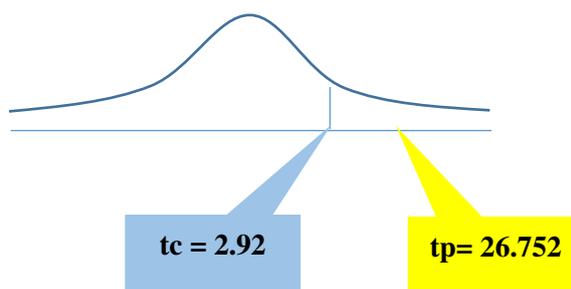
Tabla 6. Estadístico de prueba de las muestras de nitratos antes y después del tratamiento

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
95% de intervalo de									
Media de error									
Desviación de error									
95% de intervalo de confianza de la diferencia									
	Media	Desviación estándar	Media estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig.	(bilateral)
Par C_nitratos_antes -									
1 C_nitratos_despues	20,46500	1,08187	,76500	10,74475	30,18525	26,752	1	,024	

Fuente: SPSS

DECISIÓN GRÁFICA

Se somete a prueba la H0



H1: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} > 0$ **Se acepta**

H0: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} \leq 0$ **Se rechaza**

CONCLUSIÓN

La muestra presenta evidencia para afirmar que las *Chlorellas sp.* disminuyen la magnitud de las concentraciones de nitratos en las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.1.2. Fosfatos

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H1: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} > 0$ (diferencia de medias)

H0: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUÉS}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} \leq 0$

SIGNIFICANCIA:

Error tipo 1 = $\alpha = 0.05$

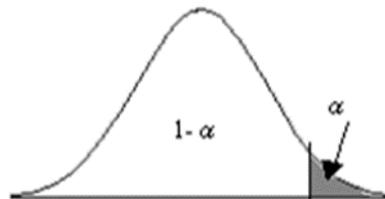
Tabla 7. Concentración de fosfatos antes y después del tratamiento

	Concentración de Nitratos (ppm)		
	Antes	Reducción	Después
1	13.77	1.91	11.86
2	13.77	10.98	2.79
3	13.77	11.67	2.1

Fuente: Propio

TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Tabla 8. Estadístico de prueba de las muestras de fosfatos antes y después del tratamiento

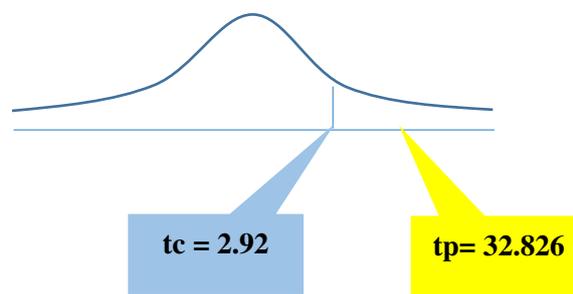
Prueba de muestras emparejadas	
Diferencias emparejadas	t gl

	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		Sig. (bilateral)		
				Inferior	Superior			
				de confianza de la diferencia				
Par C_fosfatos_antes - 1 C_fosfatos_despues	11,32500	,48790	,34500	6,94136	15,70864	32,826	1	,019

Fuente: SPSS

DECISIÓN GRÁFICA

Se somete a prueba la H0



H1: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUÉS}}$ $\rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} > 0$ **Se acepta**

H0: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUÉS}}$ $\rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUÉS}} \leq 0$ **Se rechaza**

CONCLUSIÓN

La muestra presenta evidencia para afirmar que las *Chlorellas sp.* disminuyen la magnitud de las concentraciones de fosfatos en las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.2. Hipótesis específica 2

Las *Chlorellas sp.* influyen en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

4.2.2.1. Hipótesis Estadística

H0: $\rho = 0$ Las *Chlorellas sp.* NO influyen de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: $\rho \neq 0$ Las *Chlorellas sp.* influyen de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

4.2.2.2. Significancia

Error tipo 1 = α = 0.05

4.2.2.3. Conductividad Eléctrica

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 30 ML

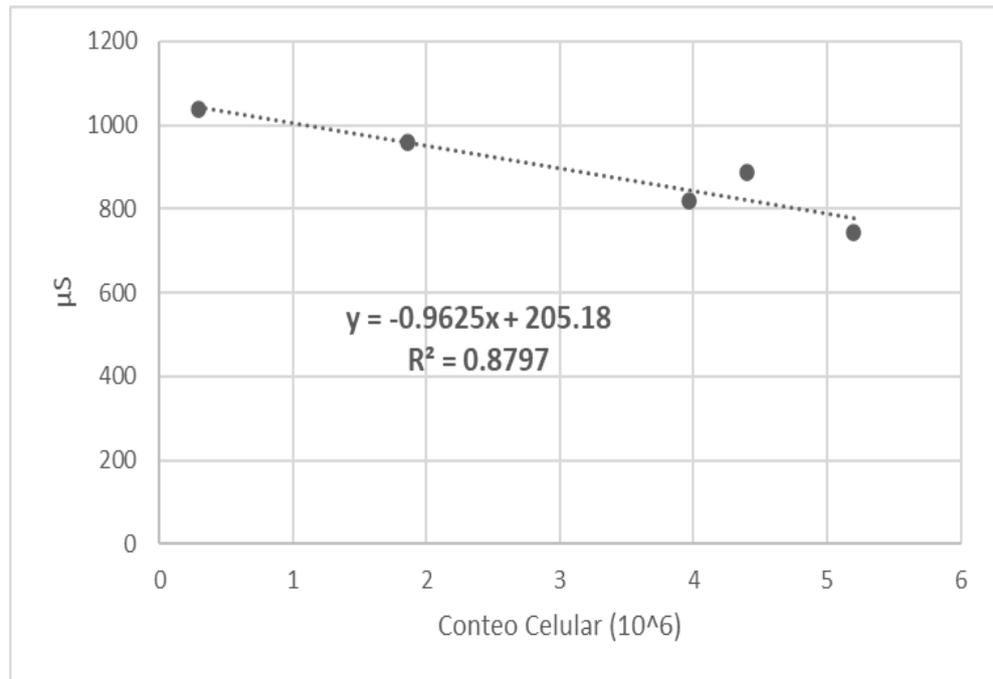


Figura 7. Prueba de dispersión para Conductividad Eléctrica con dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 87%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 9. Prueba de regresión lineal para Conductividad Eléctrica con una dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	1057,112	40,870		25,865	,000
	C_Celular	-53,674	11,274	-,940	-4,761	,018

a. Variable dependiente: Conductividad

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.018 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la conductividad eléctrica de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 50 ML

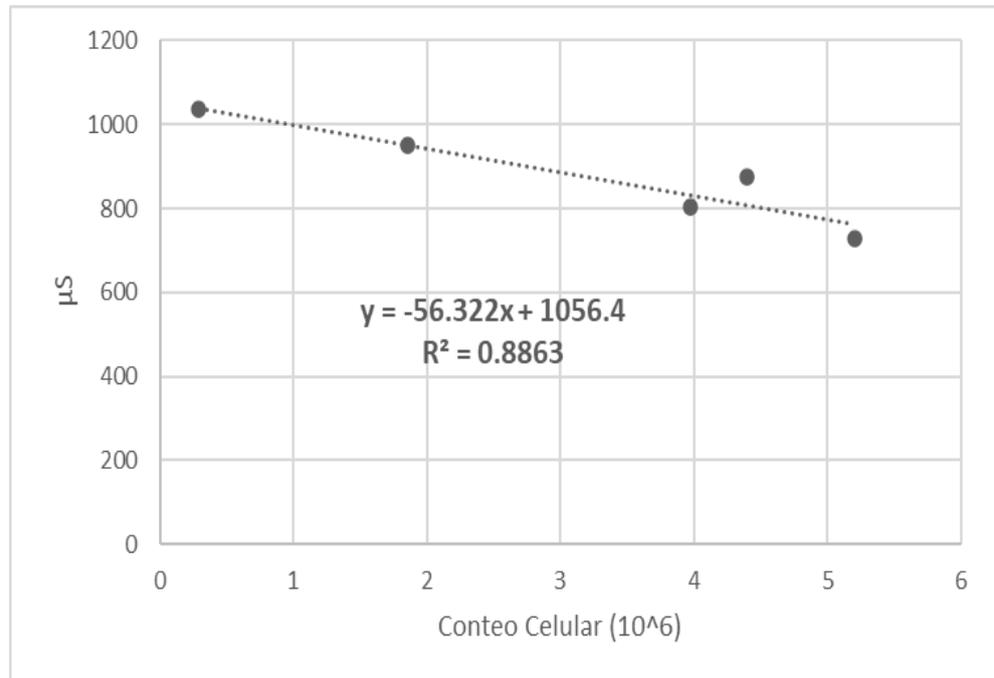


Figura 8. Prueba de dispersión para Conductividad Eléctrica con dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 88%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 10. Prueba de regresión lineal para Conductividad Eléctrica con una dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Modelo		Coeficientes ^a		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error estándar	Beta	t	
1	(Constante)	1056,357	42,212		25,025	,000
	C_Celular	-56,322	11,644	-,941	-4,837	,017

a. Variable dependiente: Conductividad_2

Fuente: Programa – SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.017 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la conductividad eléctrica de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.2.4. Turbidez

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 30 ml

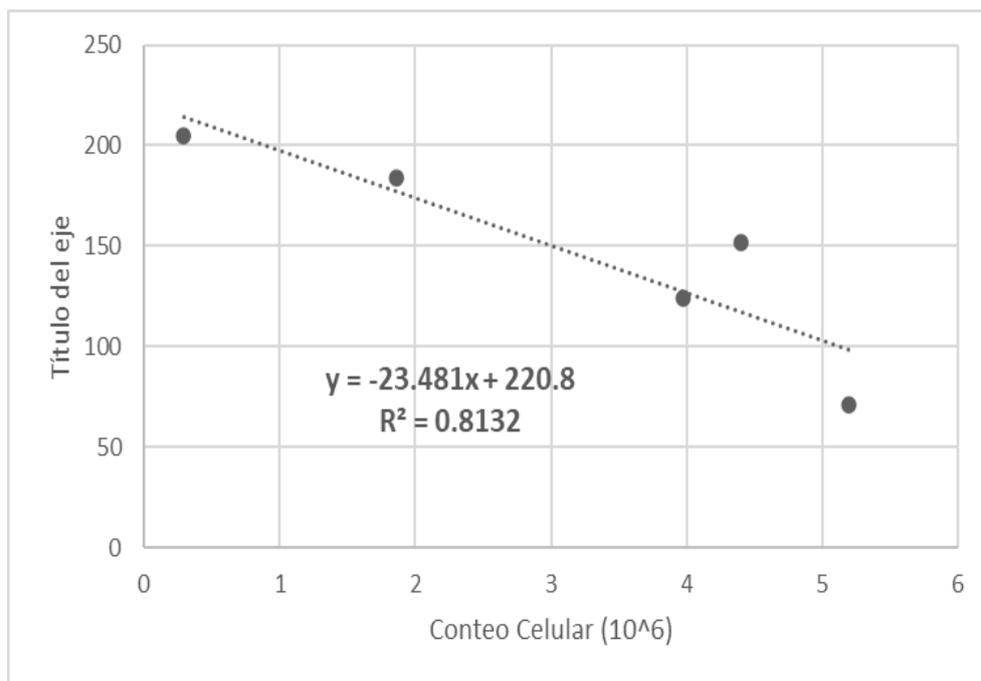


Figura 9. Prueba de dispersión para Turbidez con dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 81%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 11. Prueba de regresión lineal para Turbidez con una dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

		Coeficientes ^a				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	220,805	23,550		9,376	,003
	C_Celular	-23,481	6,496	-,902	-3,614	,036

a. Variable dependiente: Turbidez

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.036 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H_0 y acepto la H_1 :

H_0 : Las *Chlorellas sp.* NO influyen de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H_1 : Las *Chlorellas sp.* influyen de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la turbidez de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 50 ml

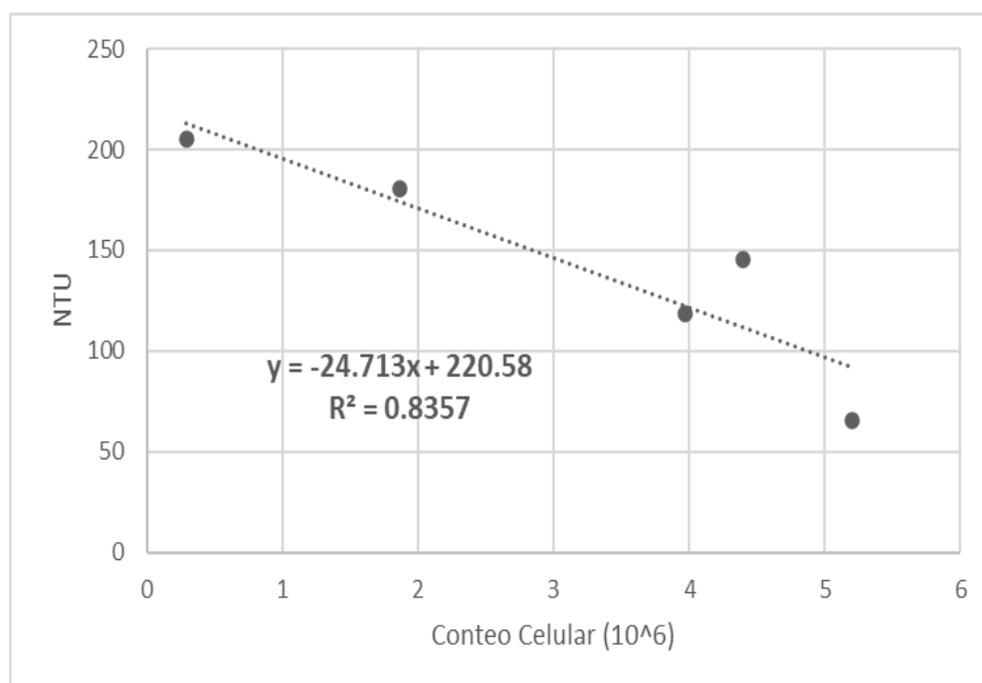


Figura 10. Prueba de dispersión para Turbidez con dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 83%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 12. Prueba de regresión lineal para Turbidez con una dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	220,580	22,930		9,620	,002
	C_Celular	-24,713	6,326	-,914	-3,907	,030

a. Variable dependiente: Turbidez_2

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.03 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la turbidez de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.2.5. SST

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 30 ml

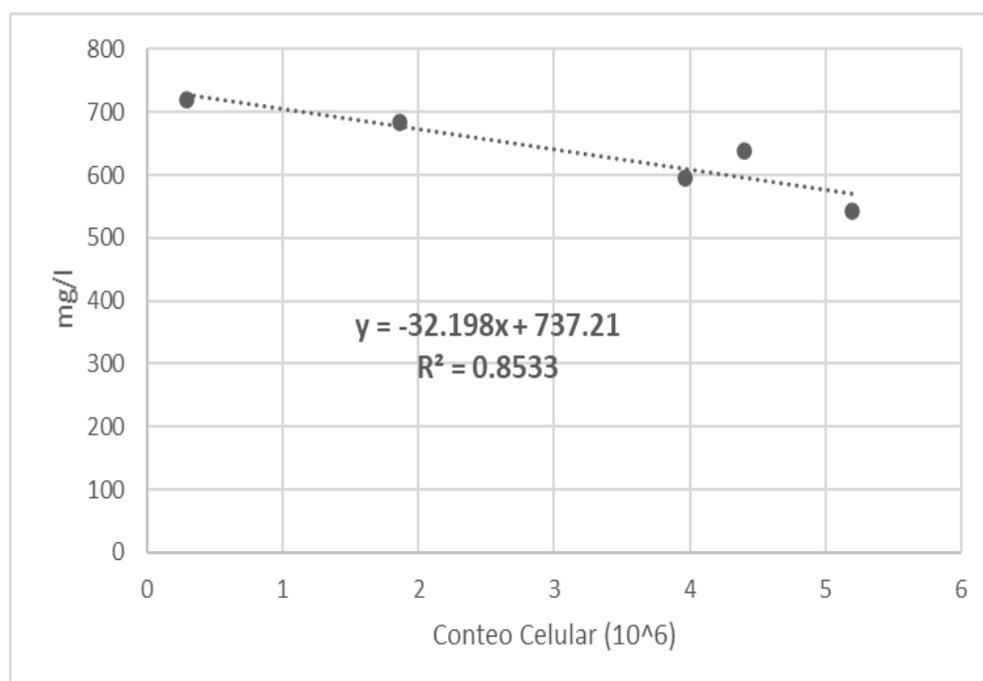


Figura 11. Prueba de dispersión para SST con dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 99%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 13. Prueba de regresión lineal para SST con una dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

		Coeficientes ^a				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	737,212	27,946		26,380	,000
	C_Celular	-32,198	7,709	-,924	-4,177	,025

a. Variable dependiente: SST

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.03 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en los SST de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN 50 ml

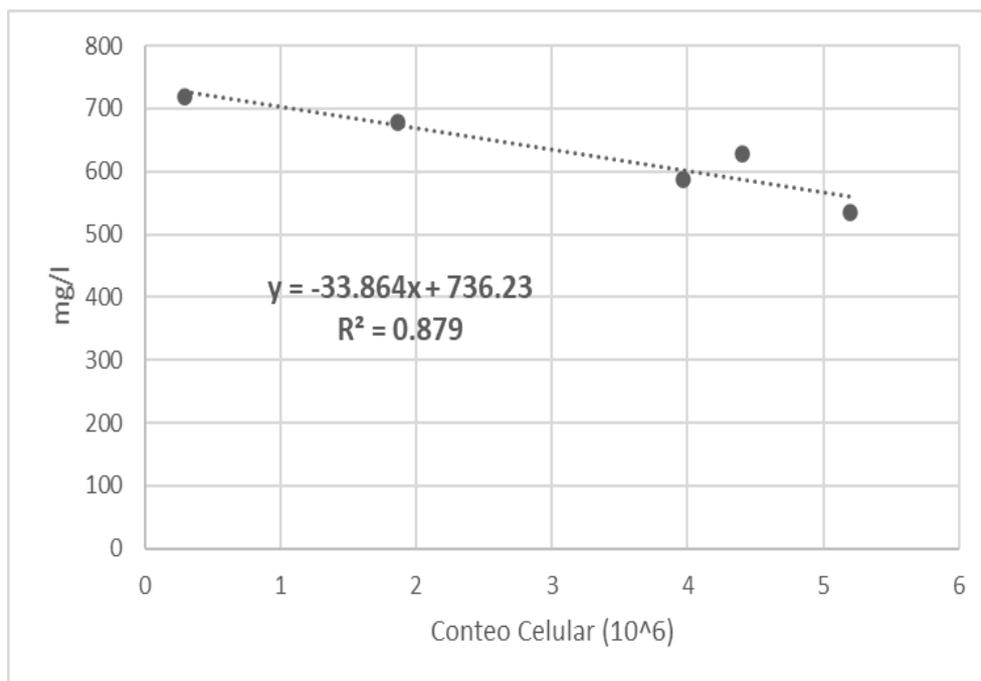


Figura 12. Prueba de dispersión para SST con dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 87%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 14. Prueba de regresión lineal para SST con una dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Modelo		Coeficientes ^a				Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	
1	(Constante)	736,227	26,290		28,004	,000
	C_Celular	-33,864	7,252	-,938	-4,669	,019

a. Variable dependiente: SST_2

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.019 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H_0 y acepto la H_1 :

H_0 : Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H_1 : Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en los SST de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.2.6. DBO

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN 30 ml

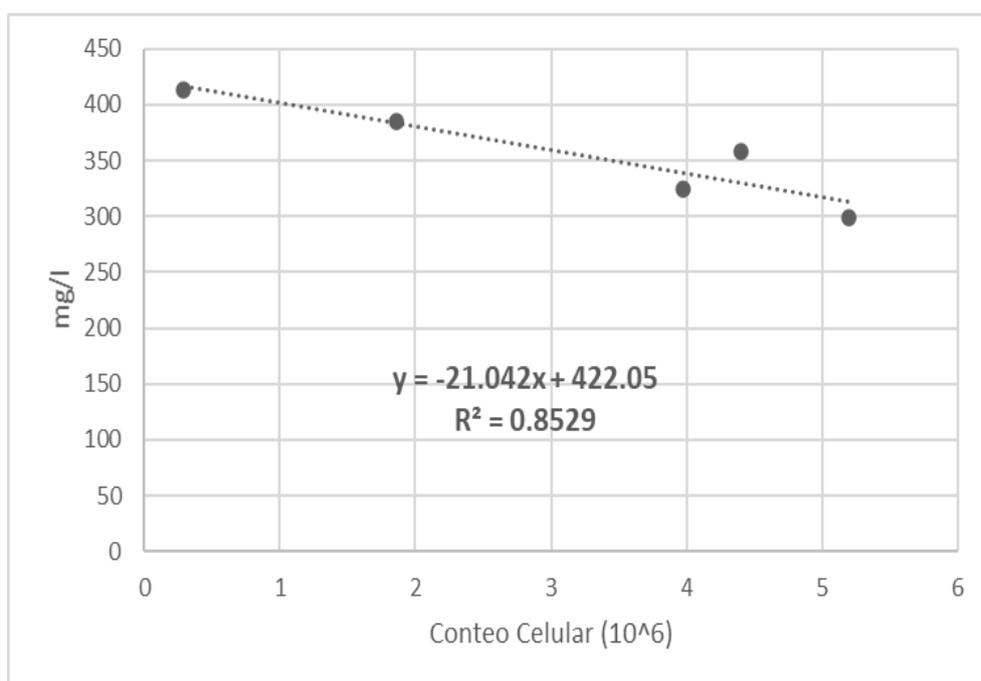


Figura 13. Prueba de dispersión para DBO con dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 85%.

ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Tabla 15. Prueba de regresión lineal para DBO con una dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	422,055	18,292		23,073	,000
	C_Celular	-21,042	5,046	-,924	-4,170	,025

a. Variable dependiente: DBO

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.025 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la DBO de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN 50 ml

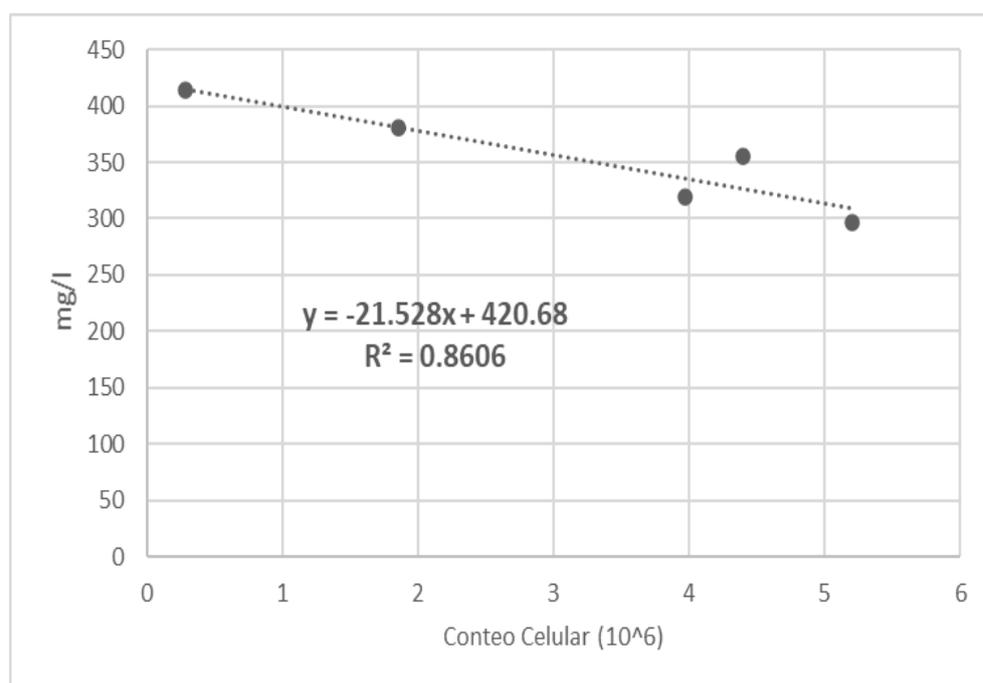


Figura 14. Prueba de dispersión para DBO con dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 86%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 16. Prueba de regresión lineal para DBO con una dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Modelo		Coeficientes ^a		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error estándar	Beta	t	
1	(Constante)	420,685	18,137		23,195	,000
	C_Celular	-21,528	5,003	-,928	-4,303	,023

a. Variable dependiente: DBO_2

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.023 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la DBO de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.2.7. DQO

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN PARA DOSIS DE 30 ml

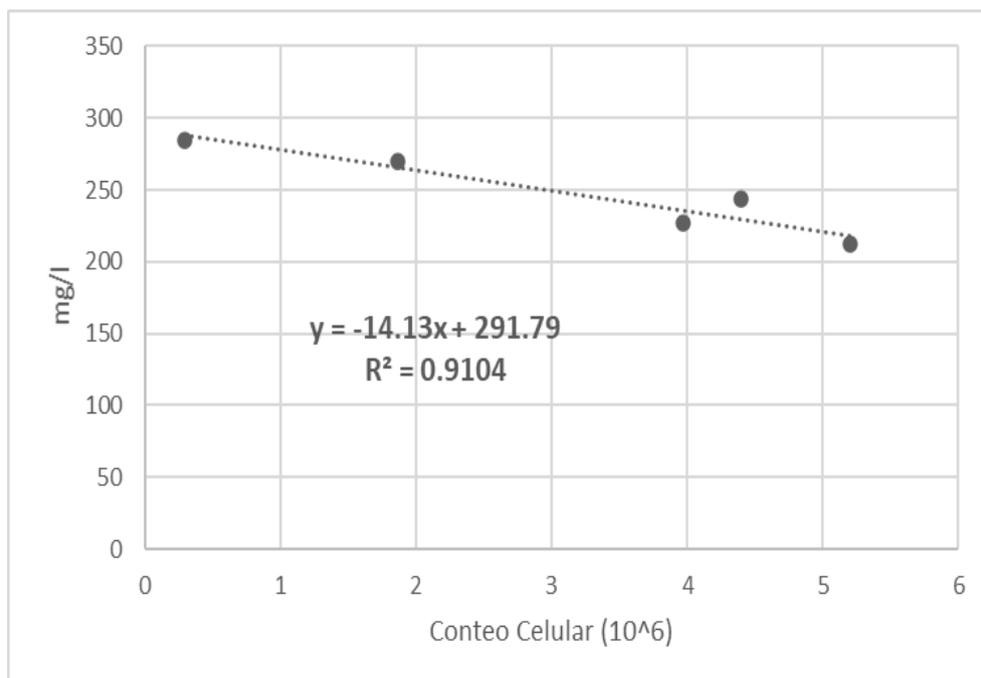


Figura 15. Prueba de dispersión para DQO con dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 98%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 17. Prueba de regresión lineal para DQO con una dosis de 30 ml de *Chlorellas sp.*

		Coeficientes ^a				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	291,786	9,276		31,455	,000
	C_Celular	-14,130	2,559	-,954	-5,522	,012

a. Variable dependiente: DQO

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.012 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H_0 y acepto la H_1 :

H_0 : Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H_1 : Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la DQO de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

TIPO DE PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

PRUEBA DE DISPERSIÓN 50 ml

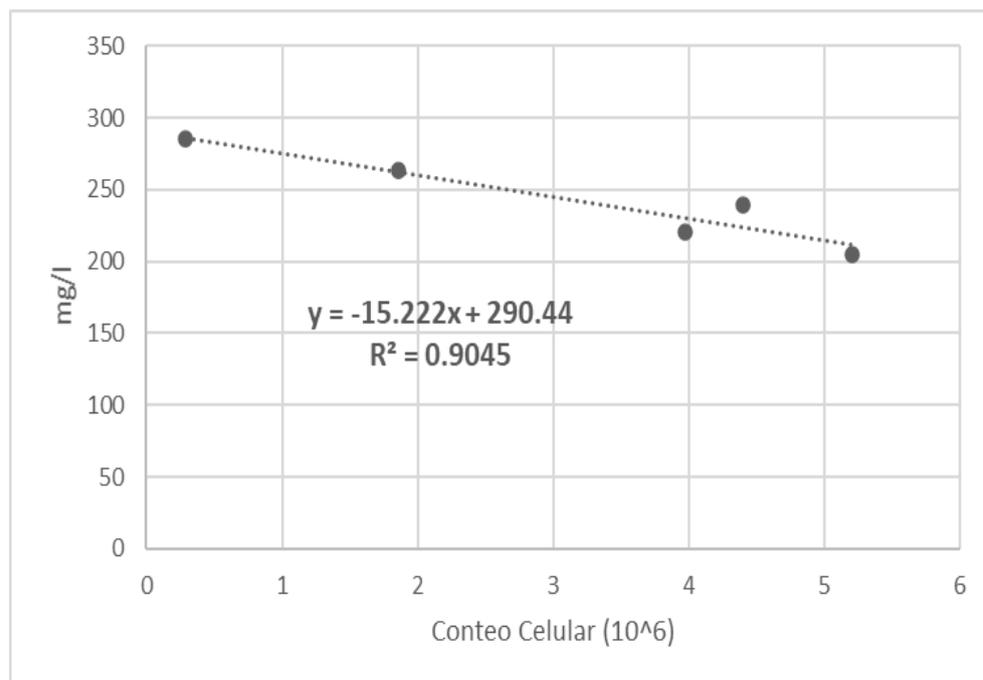


Figura 16. Prueba de dispersión para DQO con dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*
Fuente: Propio

COMENTARIO

El valor de R^2 indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 90%.

ESTADISTICO DE PRUEBA

Tabla 18. Prueba de regresión lineal para DQO con una dosis de 50 ml de *Chlorellas sp.*

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	290,438	10,350		28,063	,000
	C_Celular	-15,222	2,855	-,951	-5,332	,013

a. Variable dependiente: DQO_2

Fuente: Programa - SPSS

DECISIÓN

Como Sig. = 0.013 es menor que $\alpha = 0,05$ entonces rechazo la H0 y acepto la H1:

H0: Las *Chlorellas sp.* NO influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

H1: Las *Chlorellas sp.* influenciarán de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, turbidez, SST, DBO y DQO.

CONCLUSIÓN

Existen evidencias para afirmar que las *Chlorellas sp.* influyen en la DQO de las aguas residuales de la poza de oxidación del distrito de Huayucachi – 2020.

4.2.3. Hipótesis específica 3

H1: Existe correlación entre el crecimiento favorable de la microalga a nivel de laboratorio y el pH y temperatura.

H0: No existe correlación entre el crecimiento favorable de la microalga a nivel de laboratorio y el pH y temperatura.

PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA EL PH

HIPOTESIS ESTADÍSTICA

H0: $\rho = 0$ (No hay correlación)

H1: $\rho \neq 0$ (Si hay correlación)

SIGNIFICANCIA

$\alpha =$ Error tipo I = 0.05

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

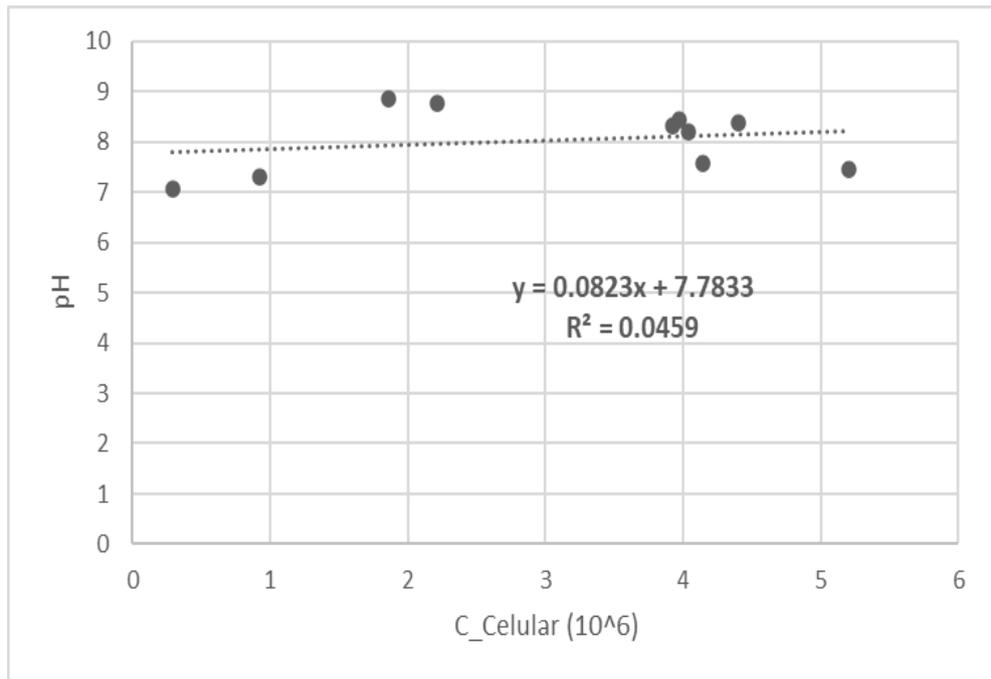


Figura 17. Diagrama de dispersión para la correlación entre crecimiento de microalgas y pH

PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 19. Prueba de normalidad para la correlación entre crecimiento de microalgas y pH

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C_Celular	,292	10	,016	,894	10	,188
pH	,236	10	,120	,886	10	,151

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

H0: La distribución de los datos es normal

H1: La distribución de los datos no es normal

Si Pvalor (Sig) es mayor a la significancia α Aceptamos la H0

Si Pvalor (Sig) es menor o igual a la significancia α Rechazo la H0

Para C_Celular - Sig = 0.188 es mayor a $\alpha = 0.05$ (Su distribución es normal)

Para C_pH - Sig = 0.151 es mayor a $\alpha = 0.05$ (Su distribución es normal)

Entonces la prueba de correlación siguiente será una Paramétrica de Pearson.

PRUEBA DE CORRELACIÓN

Tabla 20. Prueba de correlación entre el crecimiento de microalgas y pH

		Correlaciones	
		C_Celular	pH
C_Celular	Correlación de Pearson	1	,263
	Sig. (bilateral)		,463
	N	10	10
pH	Correlación de Pearson	,263	1
	Sig. (bilateral)	,463	
	N	10	10

Fuente: SPSS

R Pearson= 2.263 (Índice de Pearson)

R2 = 0.0691 (índice de determinación)

DECISIÓN

Pvalor (Sig) ES MAYOR a la significancia α Aceptamos la H0

Pvalor (Sig) ES MENOR O IGUAL a la significancia α Rechazo la H0

H0: $\rho = 0$ (No hay correlación)

H1: $\rho \neq 0$ (Si hay correlación)

Pvalor = Sig = 0.463 Es mayor a $\alpha = 0.05$ por lo tanto Acepta la Ho

CONCLUSIÓN

Existe evidencias en las muestras para afirmar que no hay correlación significativa entre el crecimiento de las microalgas a nivel de laboratorio y el pH registrado al largo de los 10 días.

PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA TEMPERATURA

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H0: $\rho = 0$ (No hay correlación)

H1: $\rho \neq 0$ (Si hay correlación)

SIGNIFICANCIA

$\alpha =$ Error tipo I = 0.05

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

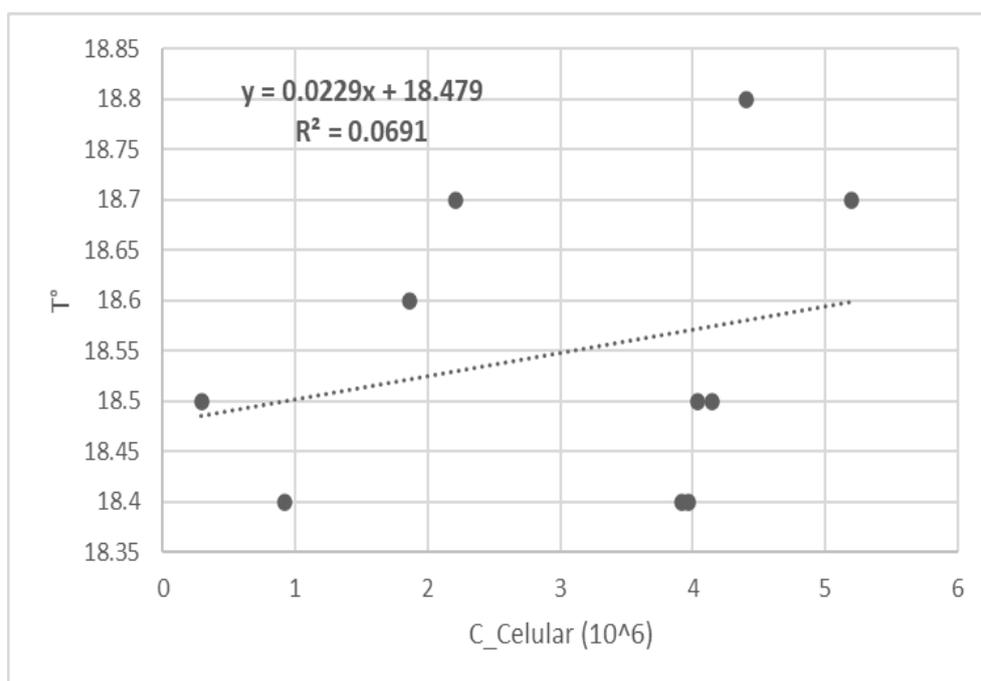


Figura 18. Diagrama de dispersión para la correlación entre crecimiento de microalgas y T°

Fuente: Propio

PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 21. Prueba de normalidad para la correlación entre crecimiento de microalgas y T°

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C_Celular	,292	10	,016	,894	10	,188
Temperatura	,195	10	,200*	,916	10	,324

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

PRUEBA DE CORRELACIÓN

Tabla 22. Prueba de correlación entre crecimiento de microalgas y T°

		Correlaciones	
		C_Celular	Temperatura
C_Celular	Correlación de Pearson	1	,214

	Sig. (bilateral)		,552
	N	10	10
Temperatura	Correlación de Pearson	,214	1
	Sig. (bilateral)	,552	
	N	10	10

Fuente: SPSS

R Pearson= 0.214 (Índice de Pearson)

R2 = 0.552 (índice de determinación)

DECISIÓN

Pvalor (Sig) ES MAYOR a la significancia α Aceptamos la H0

Pvalor (Sig) ES MENOR O IGUAL a la significancia α Rechazo la H0

H0: $\rho = 0$ (No hay correlación)

H1: $\rho \neq 0$ (Si hay correlación)

Pvalor = Sig = 0.552 Es mayor a $\alpha = 0.05$ por lo tanto Acepta la H0

CONCLUSIÓN

Existe evidencias en las muestras para afirmar que no hay correlación significativa entre el crecimiento de las microalgas a nivel de laboratorio y la temperatura registrado al largo de los 10 días.

4.3. Discusión de resultados

Se tienen los registros la concentración de los nitratos con las muestras con diferentes dosis de *Chlorellas sp.*, la primera con 30 ml y la segunda con 50 ml, se observa que hubo un descenso en la concentración de los nitratos (Figura 2 y 3) con respecto a los días en los que fueron monitoreados y de igual modo hubo un crecimiento de las microalgas. Asimismo, en la prueba para saber si la concentración de nitratos disminuyó por diferencia de medias y el estadístico de prueba (Tabla 6), se tiene suficiente evidencia para demostrar que si hubo una reducción al aplicar las dosis de *Chlorellas sp.* Asimismo, para la prueba de hipótesis para la disminución de fosfatos se concluyó que se tiene a un nivel de confianza del 95% suficiente data para decir que si hubo una reducción observa un descenso en la concentración de estos compuestos. Ello gracias a que estos microorganismos encuentran en ella, un nutriente, el cual asimilan para favorecer su crecimiento. Concuenda con los estudio realizados por (Vasquez Uriol 2017), ya que sus concentraciones de nitratos lograron una remoción de más de 75% y posteriormente

se convirtió en indetectable, ya que mediciones por debajo de 4 ppm para el espectrómetro que utilizó son desestimadas.

Las *Chlorellas sp.* desarrollan un papel importante para consumir estos contaminantes, asimilarlos y puedan crecer en el ambiente. Las pruebas de para la conductividad eléctrica tanto para las muestras con dosis de 30 ml y 50 ml, resultaron que estos microorganismos influyen en este parámetro, pues se evidencia que transcurrido los días hay un descenso. (Figura 7 y 8). Debido a que las *Chlorellas sp.*, así como otros microorganismos, a la vez consumen sales minerales presentes en el agua residual, lo que contribuye a descenso de este parámetro. (Ochoa Altamirano 2019).

Se registran los datos de turbidez, en las pruebas de dispersión (Figura 9 y 10) y regresión lineal (Tabla 10 y 11) con un nivel de significancia de 95% se evidencia que estos microorganismos influyen reduciendo las unidades nefelométricas de turbidez tanto para las dosis de 30 ml como para la dosis de 50 ml. Y estos resultados tiene similitud con la de los SST, ya que, a mayor presencia de estas en el agua residual, no dejan o impiden el paso de la luz y evitan la transparencia de esta agua contaminada. Por lo cual, estas microalgas desarrollan un papel importante porque depuran el agua de estos contaminantes, de alguna u otra forma devuelven en parte la transparencia al agua residual. (Ochoa Altamirano 2019)

De igual manera en la prueba de correlación para saber si el crecimiento favorable de la microalga tiene relación la variación tanto del pH como de la temperatura. Para ello, se muestran una clara dispersión (Figura 17 y 18) entre estas variables. La prueba resultado (Tabla 20 y 22) que no existen evidencias suficientes para afirmar que hay alguna correlación significativa tanto como para pH y temperatura, ya que estas variables varían debido a las características del agua residual, y también a la temperatura ambiente, lo que significa que no hay alguna pH y temperatura óptima que asegura un crecimiento acelerado de estas microalgas.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de las diferentes dosis de *Chlorellas sp.* en las distintas muestras de agua residual de la poza de oxidación tuvieron influencia sobre el proceso de eutrofización que está viéndose incrementados en esta zona debido a la presencia de alto contenido de nutrientes.
2. El proceso de reducción de la concentración tanto de nitratos y fosfatos nos permite tener una perspectiva de la influencia que tiene las *Chlorellas sp.* que a través de su metabolismo reducen la concentración de contaminantes, en este caso visto también como nutrientes que están presentes en las aguas domésticas. De acuerdo a los resultados y a la prueba de hipótesis, la aplicación de microalgas disminuye considerablemente la concentración de nitratos y fosfatos.
3. La utilización de *Chlorellas sp.* tuvo una influencia directa sobre los parámetros fisicoquímicos debido a que estos se redujeron en muchos casos, en algunos parámetros de manera más significativa que otros. Por ello, estos microorganismos ayudan a mejorar la calidad ambiental de las aguas, ya que ayudan a que los parámetros se acerquen a los valores establecidos en la norma.
4. Durante el periodo de análisis en el crecimiento de la microalga *Chlorella sp.* de acuerdo a las pruebas se puede constatar que no hay una correlación de algunos valores óptimos que pueden favorecer el crecimiento de las microalgas. Esto implica que de acuerdo a las características propias de las aguas residuales que se tratará, estos valores variarían.
5. Las ventajas que ofrecen diferentes tipos de microorganismos para el tratamiento, es que estos pueden generarse de manera sustentable, y aplicarse de manera óptima para mitigar el impacto ambiental que generan las aguas residuales. De esta manera se pueda cumplir con los objetivos y metas de desarrollo sostenible.

RECOMENDACIONES

1. Para posteriores trabajos se recomienda quizá aumentar en 1 el número de muestras con una dosis de 70 ml para tener una mejor evaluación de que dosis presenta resultados significativos en la concentración de nitratos, ya que, como se observa en la prueba de hipótesis se demostró que entre las dosis de 30 ml y 50 ml no se obtuvieron diferencias significativas. Por lo cual, de acuerdo a los resultados es una buena especie para disminuir la concentración de nitratos y fosfatos.
2. De acuerdo a los resultados sería una buena opción para llevarlo a escala para la depuración de estos contaminantes y mitigar el impacto que está generando los niveles altos de fosforo y nitrógeno en los cuerpos de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMASIFUEN DEL ÁGUILA, K.A., 2017. *Perfil de ácidos grasos de ankistrodesmus sp., scenedesmus sp., chlorella sp. sometidas a diferentes concentraciones de nitrato* [en línea]. S.l.: Universidad Científica del Perú. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/557>.
- AVILA PELTROCHE, J.G.J., 2015. *Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/899>.
- BERNAL TORRES, C.A., 2006. *Metodología de la investigación*. La Sabana, Colombia: Pearson. ISBN 978-958-699-128-5.
- BOLAÑOS-ALFARO, J.D., CORDERO-CASTRO, G., SEGURA-ARAYA, G., BOLAÑOS-ALFARO, J.D., CORDERO-CASTRO, G. y SEGURA-ARAYA, G., 2017. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 30, no. 4, pp. 15-27. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408.
- BRACK EGG, A., 2011. *Plan Nacional de Acción Ambiental – PLANAA Perú 2011 – 2021* [en línea]. 07 2011. S.l.: s.n. [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-accion-ambiental-planaa-peru-2011-2021>.
- GARCIA LOZANO, M., 2016. Eutrofización: una visión general. *CienciAcierta* [en línea], [Consulta: 14 septiembre 2020]. ISSN 2683-1848. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>.
- Google Maps* [en línea], 2020. [carte]. Google: s.n. [Consulta: 10 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@-12.131919,-75.2263158,2115m/data=!3m1!1e3>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- HUAYHUA HUAMANI, E., 2019. Eficiencia del uso de Microalgas (*chlorella sp*) del Río Torococha en la Remoción de Nitratos y Fosfatos para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales en un Fotobiorreactor a Escala Laboratorio, Juliaca 2017. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica* [en línea], vol. 1, no. 2. [Consulta: 8 octubre 2020]. ISSN 2706-6789. Disponible en: <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/25>.
- LOPEZ PONTE, W.M., 2019. *Evaluación de dos especies de microalgas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes de aguas residuales de la PTAR taboada del Callao, Peru* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Federico Villarreal. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2705>.
- MEDINA, L., CASTANEDA, J., FERMÍN, I., PÉREZ-CASTRESANA, G. y LÓPEZ, F., 2013. Variación espacio-temporal del caudal y el transporte de nutrientes en el río Manzanares. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, vol. 52, pp. 67-75.

- MEOÑO, F.L., TARANCO, C.G. y OLIVARES, Y.M., 2016. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, vol. 2, no. 2, pp. 8-25. ISSN 2311-7613.
- MEZA ROJAS, S.F. y FELIPE, S., 2016. *Incidencia de los nutrientes en la eutrofización de la bahía interior del lago Titicaca, Puno* [en línea]. Lima: Univesidad Nacional Agraria La Molina. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2715>.
- OCHOA ALTAMIRANO, L.A., 2019. *Utilización de Paramecium caudatum en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019* [en línea]. Huancayo: Universidad Continental. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7131>.
- OLGUÍN, E., GONZALES, R., SANCHEZ, G., ZAMORA, J. y OWEN, T., 2010. Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México | REVISTA LATINOAMERICANA DE BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL Y ALGAL. [en línea], vol. 1. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/23>.
- ORTIZ-VILLOTA, M.T., ROMERO-MORALES, M.A. y MEZA-RODRÍGUEZ, L.D., 2018. La biorremediación con microalgas (*Spirulina máxima*, *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris*) como alternativa para tratar la eutrofización de la laguna de Ubaque, Colombia. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, vol. 9, no. 1, pp. 163-176. ISSN 2389-9417. DOI 10.19053/20278306.v9.n1.2018.8153.
- QUIROZ SANTOS, R.L., 2019. *Evaluación De Los Estados Tróficos De La Laguna Principal Del Área De Conservación Regional Albufera De Medio Mundo, Huaura-Lima* [en línea]. Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae. Disponible en: http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/649/Quiroz_Rhoydi_tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- ROA PARRA, A.L.R. y CAÑIZARES VILLANUEVA, R.O.C., 2013. Biorremediación de aguas con fosfatos y nitratos utilizando *Scenedesmus incrassatulus* inmovilizado. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, vol. 10, no. 1, pp. 71-79. ISSN 0120-4211. DOI 10.24054/01204211.v1.n1.2012.50.
- RODRÍGUEZ, S.C., ASMUNDIS, C.L.D. y MARTÍNEZ, G.C., 2016. Variaciones estacionales de las concentraciones de fosfatos y nitratos en distintas fuentes de aguas de pequeños productores hortícolas. *Agrotecnia*, vol. 0, no. 24, pp. 30-34. ISSN 2545-8906. DOI 10.30972/agr.0241174.
- VASQUEZ URIOL, F.N., 2017. *Disminución de la contaminación de las aguas grises utilizando Spirodela Polyrhiza y eichhornia crassipes en la Urb. Primavera - Trujillo 2017* [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. [Consulta: 8 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22511>.