

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**



---

**Efecto de la concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica* en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola**

---

**Tesis para optar el grado académico de  
Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**

**Autora:**

**Bach. Cubas García, Briggitte Lisbeth**

**Asesora:**

**MSc. Ing. Quevedo Haro, Elena Charo**

**DNI N°41414954**

**Código ORCID 0000-0003-4367-1480**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ**

**2024**



## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, Elena Charo Quevedo Haro, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de maestría titulada Efecto de la concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica* en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola, elaborado por la bachiller Cubas García Brigitte Lisbeth, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 26 noviembre de 2024

Quevedo Haro Elena Charo

ASESOR (A)

CODIGO ORCID 0000-0003-4367-1480

DNI N° 41414954



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL MUCILAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA  
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN "LAS  
GAVIOTAS" NUEVO CHIMBOTE, CON FINES DE USO AGRÍCOLA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN  
AMBIENTAL**

Dr. SANCHEZ VACA, Daniel Angel  
Presidente

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4326-1852  
DNI N° 18146173

Ms. MORENO FERNANDEZ, Ana Maria  
Secretaria

CÓDIGO ORCID: 0000-0001-5399-9194

DNI N° 32961879

Ms. QUEVEDO HARO, Elena Charo  
Vocal

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4367-1480

DNI N° 41414954



**UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
POSGRADO

### ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los veintiséis días del mes de noviembre del año 2024, siendo las 16:00 horas, en el aula P-02 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 418-2024-EPG-UNS de fecha 13.08.2024, conformado por los docentes: Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Presidente), Ms. Ana María Moreno Fernández (Secretaria) y Ms. Elena Charo Quevedo Haro (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada "EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN "LAS GAVIOTAS" NUEVO CHIMBOTE, CON FINES DE USO AGRÍCOLA"; presentado por la tesista **Brigitte Lisbeth Cubas García**, egresada del programa de Maestría en Gestión Ambiental.

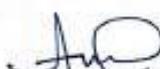
Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 593-2024-EPG-UNS de fecha 20 de noviembre de 2024.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como aprobado, asignándole la calificación de dieciocho.

Siendo las 17:15 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

  
Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Presidente

  
Ms. Ana María Moreno Fernández  
Secretario

  
Ms. Elena Charo Quevedo Haro  
Vocal



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Briggitte Lisbeth CUBAS GARCIA  
Título del ejercicio: MAESTRIA 2024  
Título de la entrega: Efecto de la concentración del mucílago de Opuntia Ficus In...  
Nombre del archivo: INFORME\_DE\_TESIS\_-\_CUBAS\_GARCIA\_BRIGGITTE\_t.docx  
Tamaño del archivo: 12.23M  
Total páginas: 96  
Total de palabras: 9,915  
Total de caracteres: 51,136  
Fecha de entrega: 26-oct.-2024 07:27p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2415902473



# Efecto de la concentración del mucílago de Opuntia Ficus Indica en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación "Las Gaviotas" Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>www.fadcanic.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>cia.uagraria.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>dspace.esPOCH.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>biblioteca.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## DEDICATORIA

*A mis padres.*

*Por ser los faros en mi vida, inculcarme la importancia del trabajo duro y la educación.*

*Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Con amor incondicional esta investigación es un tributo a su legado.*

*A mi asesora.*

*Su conocimiento, paciencia y compromiso han sido invaluable en el proceso de esta investigación. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a alcanzar objetivos que nunca imaginé. Esta investigación es un testimonio de su guía experta y amable. Gracias por ser una mentora excepcional.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios.*

*Dad gracias al Dios del cielo, porque para  
siempre es su misericordia*

*Salmos 136:26*

*A mi colega Karen.*

*como un tributo a nuestra amistad, a los días de  
estudio interminables, y a tu inquebrantable  
amor por el aprendizaje. Gracias por  
contribuir con el desarrollo de mi  
investigación.*

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	vii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<b>METODOLOGIA</b> .....	27
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	30
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	56
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	58
<b>ANEXOS</b> .....	60
ANEXO 1: FICHA DE RESULTADOS DE LA ELABORACIÓN DE MUCILAGO DE <i>Opuntia ficus indica</i> .....	61
ANEXO 2: RESULTADOS DE LABORATORIO .....	62
ANEXO 3: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA Y ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS PARA SU APLICACIÓN - D.S. 015 – 2015- MINAM.....	71
ANEXO 4: PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE PULVERIZACION DE <i>Opuntia ficus indica</i> PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA .....	78
ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN.....	95
ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA ADICION DEL MUCILAGO EN LAS MUESTRAS DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN .....	98

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	37
Gráfico N° 2: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	37
Gráfico N° 3: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	39
Gráfico N° 4: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	40
Gráfico N° 5: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	40
Gráfico N° 6: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	41
Gráfico N° 7: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego .....	41
Gráfico N° 8: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	43
Gráfico N° 9: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	43
Gráfico N° 10: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	45
Gráfico N° 11: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	46
Gráfico N° 12: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	46
Gráfico N° 13: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	47
Gráfico N° 14: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego .....	47
Gráfico N° 15: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	49
Gráfico N° 16: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	49

Gráfico N° 17: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	51
Gráfico N° 18: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	52
Gráfico N° 19: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	52
Gráfico N° 20: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	53
Gráfico N° 21: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego .....	53

### **INDICE DE CUADROS**

Cuadro N°1: Ensayo Físico Químico - Muestra de las aguas de la laguna de oxidación	32
Cuadro N°2: Ensayo Metales – Muestra de las aguas de la laguna de oxidación.....	32
Cuadro N°3: Ensayo Físico Químico – Muestra 2 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $1.3 \times 10^4$ ppm.....	36
Cuadro N°4: Ensayo Metales – Muestra 2 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $1.3 \times 10^4$ ppm .....	38
Cuadro N°5: Ensayo Físico Químico – Muestra 3 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $2.6 \times 10^4$ ppm.....	42
Cuadro N° 6: Ensayo Metales – Muestra 3 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $2.6 \times 10^4$ ppm.....	44
Cuadro N° 7: Ensayo Físico Químico – Muestra 4 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $4 \times 10^4$ ppm.....	48
Cuadro N° 8: Ensayo Metales – Muestra 4 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de opuntia ficus indica al $4 \times 10^4$ ppm.....	50

## INDICE DE FIGURA

Figura N° 1: Selección de Cladodio o penca de Tunas - CC.PP. Tangay Bajo .....	79
Figura N° 2: Selección de 5 Cladodios .....	79
Figura N° 3: Pencas seleccionadas para realizar el mucilago .....	80
Figura N° 4: Desespinado de Cladodio.....	81
Figura N° 5: Toma de medida de Cladodio - largo.....	81
Figura N° 6: Toma de medida de Cladodio - ancho .....	82
Figura N°7: Toma de medida de Cladodio - espesor .....	82
Figura N° 8: Toma de medida de Cladodio - perímetro .....	83
Figura N° 9: Lavado de Cladodio .....	83
Figura N° 10: Secado de Cladodio.....	84
Figura N° 11: Cladodio a cortar.....	84
Figura N° 12: Corte de cladodio .....	85
Figura N° 13: Pelado de Cladodio .....	85
Figura N° 14: Cortes de cladodio en cuadros de aproximadamente 2x2 cm.....	86
Figura N° 15: Desinfección de recipiente .....	86
Figura N° 16: Cladodios pelados y cortados en cuadros de 2x2cm.....	87
Figura N° 17: Cocción de cladodios .....	87
Figura N° 18: Enfriado.....	88
Figura N° 19: Licuado para obtener mucilago.....	88
Figura N° 20: Filtrado de mezcla.....	89
Figura N° 21: Mucilago en reposo.....	89
Figura N° 22: Molde rectangular .....	90
Figura N° 23: vertemos el mucilago en el molde rectangular.....	90
Figura N° 24: Expandimos la mezcla en molde rectangular.....	91
Figura N° 25: Ingreso de muestra al horno.....	91
Figura N° 26: Proceso de secado por 24 horas .....	92
Figura N° 27: Mucilago seco .....	92
Figura N° 28: Mucilago seco, en trozos pequeños .....	93
Figura N° 29: Molino manual .....	93
Figura N° 30: Proceso de molienda y pulverizado de mucilago.....	94
Figura N° 31: Mucilago de tuna.....	94
Figura N° 32: Laguna de oxidación “Las Gaviotas”.....	95

Figura N° 33: Toma de lectura de ubicación con GPS .....	95
Figura N° 34: Toma de muestra realizada en colaboración del laboratorio Colecibi	96
Figura N° 35: Tomas de muestra para ensayos físico químico .....	96
Figura N° 36: Toma de muestras para ensayos de metales.....	97
Figura N° 37: Toma muestras para tratamientos con mucilago de opuntia ficus indica	97
Figura N° 38: Adición de mucilago de <i>opuntia ficus indica</i> en muestra de agua residual doméstica .....	98
Figura N° 39: Efecto de mucilago de <i>opuntia ficus indica</i> al $4 \times 10^4$ ppm con respecto al agua residual doméstica .....	98
Figura N° 40: Efecto de mucilago de <i>opuntia ficus indica</i> al $4 \times 10^4$ ppm y al $2.6 \times 10^4$ ppm con respecto al agua residual doméstica .....	99
Figura N° 41: Efecto de mucilago de <i>opuntia ficus indica</i> al $2.6 \times 10^4$ ppm y al $1.3 \times 10^4$ ppm con respecto al agua residual doméstica .....	99

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general el establecer los efectos de la concentración de mucílago de *Opuntia ficus indica* en el tratamiento de aguas en la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola.

La metodología de esta investigación pertenece a un diseño cuasi experimental, por ello se tomaron 4 muestras de la laguna de oxidación (4 litros por muestra), donde se tuvo 1 muestra inicial y 3 muestras finales a las que se les adicionó  $1.3 \times 10^4$  ppm,  $2.6 \times 10^4$  ppm,  $4 \times 10^4$  ppm de mucilago en estado pulverizado. Luego en el laboratorio Colecbi S.A.C. se realizaron los análisis de los parámetros físico químicos como DBO, DQO, oxígeno disuelto, turbidez, pH, conductividad y el análisis de metales pesados como aluminio, cobre, hierro, plomo, zinc, entre otros.

Los datos del procedimiento para obtener la pulverización del mucílago fueron reunidos mediante ficha de recolección de datos y analizados de manera manual.

Determinando finalmente que la adición de concentración de mucílago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm influyó positivamente en el tratamiento de aguas en la laguna de oxidación “Las Gaviotas”, con fines de uso agrícola. Puesto que los parámetros físico-químicos y metales pesados, se encuentran por debajo del límite máximo permisible para agua de riego descritos en los estándares nacionales de calidad ambiental (D.S. 015-2015-MINAM).

**Palabras claves:** Mucílago, *Opuntia ficus indica*, Laguna de Oxidación, Uso Agrícola.

## ABSTRACT

The general objective of this research work was to establish the effects of the concentration of *Opuntia ficus indica* mucilage in the water treatment in the oxidation lagoon “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, for agricultural use purposes.

The methodology of this research belongs to a quasi-experimental design, therefore 4 samples were taken from the oxidation lagoon (4 liters per sample), where there was 1 initial sample and 3 final samples to which  $1.3 \times 10^4$  ppm,  $2.6 \times 10^4$  ppm,  $4 \times 10^4$  ppm mucilage in pulverized state. Then in the Colecbi S.A.C laboratory. The analyzes of physical chemical parameters such as BOD, COD, dissolved oxygen, turbidity, pH, conductivity and the analysis of heavy metals such as aluminum, copper, iron, lead, zinc, among others, were carried out.

The data from the procedure to obtain the mucilage spray were collected using a data collection form and analyzed manually.

Finally determining that the addition of *Opuntia ficus indica* mucilage concentration at  $4 \times 10^4$  ppm positively influenced the water treatment in the “Las Gaviotas” oxidation lagoon, for agricultural use purposes. Since the physical-chemical parameters and heavy metals are below the maximum permissible limit for irrigation water described in the national environmental quality standards (D.S. 015-2015-MINAM).

**Keywords:** Mucilage, *Opuntia ficus indica*, Oxidation Lagoon, Use Agricultural.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos más necesitados por los humanos y otros seres vivientes es el agua, dado que su vida es dependiente de ella. Por ello, mientras la población aumente, va a ser fundamental poder acceder a una más grande proporción de agua de calidad.

Aunque este recurso natural se halla en una increíble magnitud en el mundo, únicamente el 2.5% es agua que se puede consumir. En el año 2020, la Autoridad Nacional del Agua indica que el Perú es uno de los más ricos en recurso hídrico porque dispone del 1.89% de agua dulce del planeta, lo que indica que está en octavo lugar de los países afortunados con este líquido vital.

No obstante, en el 2023, 3.5 millones de familias peruanas, en regiones rurales y urbanas, no cuentan con agua potable. El origen de ello, no solo viene hacer los problemas con la distribución y la extensión de la demanda sino además su contaminación, el excesivo uso y el calentamiento global, señala la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) en el foro internacional de agua y saneamiento.

Se presume que, alrededor de los años 90 la contaminación se ha incrementado, y a magnitud que el periodo transcurre se sigue acrecentando la situación de contaminantes en la materia hídrica de América Latina, Asia y África. La probabilidad de que el perjuicio se intensifique, es cada vez más considerable, desencadenando que aumente el peligro referente a la salud, el hábitat que nos rodea y el desarrollo (Gligo, N y otros, 2020).

Según las cifras de la organización mundial de la salud 2021, en el mundo aproximadamente una tercera parte del total de los efluentes residuales recibió al menos algún tratamiento antes de evacuarse en las masas hídricas.

Es por ello que la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala en el 2019 que el incorrecto control de las aguas residuales y los terribles efectos del saneamiento deficiente den espacio a que el líquido consumido por numerosos pobladores este infectado generando patologías como el cólera, diarreas, la hepatitis A, y la

poliomielitis. Por ello la UNESCO asevera que 842.000 individuos pierden la vida al año de tolerar diferentes padecimientos.

Según la OEFA cincuenta empresas de saneamiento (EPS) cubren como mucho el 69,6% de la población urbana del Perú. Actualmente, el Perú, transporta 2.2 millones de metros cúbicos de efluentes residuales al día por su alcantarillado, y el 32% se trata antes de su disposición en los cuerpos de agua natural.

De manera que, en la competencia del uso del agua, entra la agricultura. Ya que, en todo el mundo ésta representa un 70 % del agua que se extrae de acuerdo con el informe de desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas (UNESCO, 2022).

Según información de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) 2024, el sector agrícola emplea aproximadamente el 90% del agua, pero perdemos considerables volúmenes de agua (30% a 35%) por efectos climáticos y su forma de distribución, situación que afecta negativamente la productividad, además de la variedad, cantidad y especialmente la calidad de los alimentos producidos.

Y si hablamos del empleo de aguas residuales en la agricultura, se debe considerar la calidad de estas, principalmente en sus características microbiológicas, para evitar los peligros para la salud pública. Siendo ello motivo transcendental para el establecimiento de guías y directrices para la reutilización de estas aguas.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los efectos de la concentración de mucílago de *Opuntia ficus indica* en el tratamiento de aguas en la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola?

## **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Se considera que el agua es de suma importancia para la agricultura, y más aún luego de la situación vivida con el Covid-19, que nos ha enseñado lo relevante de este sector para la seguridad alimentaria, adicional a ello la contaminación de los efluentes naturales es una dificultad de importancia, debido a la relación entre los seres vivos y este recurso, el cual se ve deteriorado a causa de los mismos.

Este trabajo se justifica desde el punto de vista científico y tecnológico ya que se busca generar conocimientos necesarios para poder aplicar el uso del mucílago de *Opuntia ficus indica* en la purificación del agua residual doméstica, logrando una opción sencilla de aplicación, de manera que el resultado sea útil para la humanidad.

Y de un punto de vista ecológico y social, debido a que la reutilización del agua es una de las alternativas excepcionales para el empleo efectivo y el gasto consiente del mismo, por consiguiente, ayuda a que el agua de calidad pueda llegar a más hogares.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer los efectos de la concentración de mucílago de *Opuntia ficus indica* en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y metales totales y disueltos de las aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas”.
- Evaluar el efecto de la adición de mucílago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm, al  $2.6 \times 10^4$  ppm y  $4 \times 10^4$  ppm con respecto de las aguas residuales domésticas.

## **HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Diferentes concentraciones de mucílago de *Opuntia ficus indica* influirán positivamente en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola.

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Llorenty (2020) en su tesis titulada “Evaluación de la depuración de aguas residuales domésticas con el mucilago de la tuna (*Opuntia ficus indica*)”, planteo el objetivo de evaluar la depuración de aguas residuales mediante una coagulación natural con el mucilago de tuna (*Opuntia ficus indica*), llegando a concluir que al aplicar el mucílago de tuna en un 0.65% respecto al volumen del agua residual (2g de mucílago de nopal con la adición de 3ml de poliacrilamida), es el tratamiento mejor valorado para la eliminación de la turbidez y el total de sólidos disueltos en las aguas residuales domésticas.

Según Vargas (2018) en su tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de la tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales”, el objetivo fue evaluar la eficiencia de la tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante vegetal para la remediación de aguas residuales, concluyendo que la aplicación del 2% de concentración de la tuna, es la más indicada, ya que obtuvo una eficiencia del 44,78%.

Según Mogrovejo (2023) en su tesis titulada “Efecto del mucilago de *Opuntia ficus indica* (tuna) como coagulante natural y coadyuvante al sulfato de aluminio en el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la laguna de estabilización de Querapata, Distrito de Chinchero”, la cual tuvo como uno de sus objetivos el determinar la composición química y la dosis óptima del mucilago de tuna en base seca y húmeda para la remoción de turbidez de las aguas residuales, concluyendo que el mucilago de tuna en base seca exhibe niveles elevados de proteínas 5.98%, grasas 2.16%, cenizas 2.05% y fibra 3.76% en comparación con el mucilago de tuna en base húmeda, se destaca el contenido de carbohidratos de 83.41% con alto contenido de polisacáridos confiriéndole la característica de coagulante natural. El mucilago de tuna en base seca a dosis de 0.5gr/l logro una remoción de turbidez de 73.75% con turbidez promedio de 31.8 NTU mientras que el mucilago de tuna en base húmeda a dosis de 10ml/l alcanzo una remoción de 63.66% con turbidez promedio de 44.02 NTU. Confirmando que el mucilago de tuna tiene efecto de coagulante natural en la remoción de turbidez.

Según Castellanos y Mamani (2020) en su tesis titulada “Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales por las lagunas de oxidación/estabilización del Sector Mukuraya, Provincia de Moho, Región de Puno”, planteó el objetivo de elaborar un coagulante natural a partir de *Opuntia ficus indica* para mejorar el tratamiento de Aguas Residuales en las lagunas de oxidación/estabilización del sector Mukuraya, Provincia de Moho, Región de Puno, concluyendo que con el tratamiento (20 ml de mucilago y 40 ml de sulfato de aluminio) para un 1 litro de agua residual es el eficiente debido a que los resultados de los ensayos de laboratorio cumplen con los límites máximos permisibles.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Tratamiento de aguas residuales domésticas**

Este sistema emplea una serie de métodos físicos, químicos y biológicos que ayudan a eliminar los contaminantes y a producir un agua suave o reutilizable. Este tratamiento se conoce comúnmente como tratamiento de aguas grises, para distinguirlo del tratamiento de agua potable.

Si bien es cierto que el suministro de aguas residuales proviene de residencias, instituciones y locales comerciales. Pueden ser tratados en el lugar en el que se generan, que incluyen por medio de tanques sépticos u otras técnicas de purificación, o pueden ser transportados a través de una comunidad de tuberías a una planta de remediación municipal.

El tratamiento de las aguas residuales domésticas comienza con la separación de los sólidos de gran tamaño, entre los que se encuentra la basura, a través de un sistema de rejillas (mallas), a la vez se pueden batir con la ayuda de equipos únicos.

Consecutivamente pasa por un desarenado, el que se encarga de los sólidos pequeños y densos, incluida la arena. Esto se acompaña con la ayuda de la sedimentación número uno o algún otro tratamiento similar, que separa los sólidos en suspensión del afluente residual. A continuación, se realiza la precipitación para eliminar metales disueltos. Una fuerte masa orgánica se utiliza continuamente el uso de las bacterias que pueden estar generalmente presentes en estas aguas. Quedando el agua tratada, se prepara para ser sometida a métodos adicionales que incluyen el tratamiento terciario, la desinfección y la filtración, entre otros. El último efluente puede descargarse o reintroducirse en un marco de agua vegetal, junto con un río, una bahía u otros entornos, incluido el suelo de un terreno, el subsuelo, etc. (Castellanos y Mamani, 2020).

## **Laguna de oxidación**

Son conocidas también como lagunas de estabilización, a los depósitos contruidos excavados y compactados en la tierra que almacenan agua de cualquier disposición. Siendo su principal particularidad su manejo sencillo, la eficiencia energética y el proceso natural de autodepuración. Estas lagunas funcionan, en general, a través de un pasaje bacteriano y de relaciones simbióticas con algas y diferentes organismos. Se utilizan mayormente en regiones rurales, pequeños municipios y ciertas industrias, eso se debe a la realidad de que requieren poca protección, lo que significa que no es obligatoria una gran mano de obra, pero sí requieren un control suficientemente bueno de la biomasa.

Las lagunas pueden diferenciarse por acción biológica, por ejemplo: lagunas aeróbicas, lagunas anaeróbicas, lagunas facultativas, lagunas terciarias o de maduración (aeróbicas) (Castellanos y Mamani, 2020).

## **Opuntia ficus indica**

Es conocida comúnmente como; nopal, palera, tuna; cuyo origen es la cordillera oeste de los Andes, que se encuentra entre Perú y Bolivia; integra la familia de las cactáceas, su característica arbustiva suculenta y ramificada, hace de ellas su extensa variedad, desde rastrero hasta arborescente. El tallo y las ramas están formados por tallos aplanados y ovoides en forma de cojín, unidos entre sí, y pueden llegar a medir hasta 4 m. de altura. Sin embargo, las variedades más usuales en el Perú, llegan hasta una altura aproximadamente 1,5 m (Ansalde,2019).

## **Concentraciones De Opuntia ficus indica**

La concentración del mucilago es una alternativa para la eliminación de contaminantes, ya que el mucilago está compuesto de glucosa, la cual es soluble en agua, permite atrapar los contaminantes fecales e intercambiarlos por nutrientes naturales y se deshace de los olores horribles, da un sabor adecuado y regula el pH del agua (Ansalde,2019).

## **Agricultura**

Se refiere a las actividades financieras y procedimientos que guardan relación con preservar el terreno y la labranza de la tierra para la obtención de insumos para el consumo diario. Su recurso vital es el agua ya que permite explotar el potencial de la tierra al máximo, facilitando también que las plantas absorban absolutamente los demás

factores de producción que ayudan a elevar los rendimientos. Por ello una buena gestión del agua y del suelo contribuye a tener una producción mejor (SENASBA, 2019).

## **Parámetros del agua**

### **a. Turbidez**

Viene hacer un indicativo del grado de transparencia del agua, además permite cuantificar los sólidos (arena, arcilla y otros materiales) de manera que entre más oscuro se visualice el líquido, mayor es el nivel de turbidez presente.

Los residuos en suspensión concentran el calor de la luz del día, lo que hace que el agua turbia se caliente más, disminuyendo así el nivel de oxígeno en el agua, causando que ciertos organismos no sobrevivan.

Existen varios parámetros que intervienen a la vez en la turbidez del agua, entre los que se encuentran el Fitoplancton, las partículas provenientes de la suspensión de los líquidos en movimiento por la degradación, los depósitos acumulados en los vertederos más bajos y de aguas residuales (Mogrovejo, 2023).

### **b. Potencial De Hidrógeno (pH)**

En efecto es el grado de acidez, basicidad y alcalinidad que contiene el agua. Siendo el parámetro delimitador de la variación de la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e interviene en el nivel de toxicidad de algunos compuestos, en los que se encuentran el amoníaco, metales pesados, sulfuro de hidrógeno, entre otros (Ramos, 2021).

### **c. Demanda Biológica De Oxígeno (DBO)**

Mide la cantidad de oxígeno que se alimenta mientras se degrada la naturaleza (población microbiana) condiciones en las que los enfoques fotosintéticos de generación de oxígeno han sido inhibidos en situaciones que ayudan al desarrollo de los microorganismos, en otras palabras, mide el grado de contaminación de una muestra líquida.

La eliminación de la DBO en cualquier forma de laguna de oxidación funciona notablemente gracias a un par de componentes; el primero es la temperatura del agua y el segundo es el periodo de conservación del mismo dentro de la laguna (Ramos, 2021).

#### **d. Demanda Química De Oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica con la ayuda de técnicas químicas y transformarla en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Cuanto mayor sea la DQO, más contaminada estará el agua. La demanda química de oxígeno es una prueba que demora aproximadamente tres horas, haciendo que los resultados se puedan obtener en un tiempo más corto de lo que necesita una prueba de demanda biológica de oxígeno (Ramos, 2021).

#### **e. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Se muestra los sólidos en suspensión, los cuales se consiguen retirar por medios mecánicos, como la centrifugación del líquido o la filtración en vacío.

Los sólidos en suspensión dentro de las aguas residuales se eliminan dentro de las lagunas con la ayuda de estrategias de sedimentación. Estos sólidos están formados en particular por medio de las algas que se expanden dentro de las lagunas de oxidación. (Ramos, 2021).

#### **f. Conductividad Eléctrica**

Mide la propiedad de las soluciones acuosas para transportar la energía eléctrica, así como la cantidad de iones especialmente del calcio, sodio, magnesio, fosforo, cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Se dice que los efluentes que tienen un alto nivel de conductividad son dañinos, además que mientras más compuestos inorgánicos tenga el agua son mejores conductoras. La unidad de medida de este parámetro se expresa en mili Siemens (mS/cm) (OEFA, 2019).

#### **i. Metales Pesados**

Vienen a ser una agrupación de componentes químicos que tienen concentración elevada, dañinos para las personas. Los más propensos en aparecer en el agua son el mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo (Quispe, 2024).

#### **Coagulación**

Es la forma de desestabilizar los restos en suspensión, disminuyendo las fuerzas de separación entre ellos, debido a las reacciones que surgen mientras se incluye un reactivo químico o coagulante al agua, dando empuje ascendente a los productos

insolubles y que al ser introducidos al agua quieren poder neutralizar el precio de los coloides, especialmente los electronegativos, y hacer un precipitado.

Los coagulantes más empleados son las sales de aluminio o de hierro, aunque también se utilizan productos artificiales, como los polielectrolitos catiónicos (Mogrovejo, 2023).

### **Coagulante Natural**

Se llaman así porque son respetuosos con el medio ambiente y no son peligrosos. Tienen propiedades muy parecidas a los coagulantes sintéticos, acumulando las partículas en suspensión contenidas dentro de los fluidos, obteniendo la sedimentación y regulando la participación del contenido de turbidez. Por otro lado, son utilizados de manera experimental por pobladores propios de la zona con el objeto de reducir el contenido de turbidez en el agua. Por ello su efectividad en la adsorción de metales pesados es de gran nivel, porque disminuye el contenido de lodos resultantes (SENASBA, 2019).

### **Floculación**

Procedimiento que ayuda a que las moléculas que se encuentran removidas tengan relación gracias a los eventos de traslado del mismo líquido. Conlleva la alineación de nexos químicos entre los fragmentos, formando una malla tridimensional y porosa de coágulos, aumentando los restos aglutinados en pequeñas masas conocidas como flóculos, que hacen la precipitación (Mogrovejo, 2023).

### **Filtración**

La filtración mediante el uso de medios granulares es la manera más accesible y rápida de fragmentar el recuento en suspensión que no puede ser eliminado por medio de la sedimentación. La filtración es una importante operación de la unidad de procesos y adaptación del agua. Normalmente, la filtración se logra posteriormente de la división de las partículas en suspensión con la ayuda de la sedimentación, pero dependiendo de las características del agua; si su naturaleza y la cantidad de sólidos en suspensión, no son muy grandes, se hace posible proceder a la filtración, sin la necesidad de realizar la sedimentación primero.

Por el contrario, si los contenidos de sólidos en suspensión, son muy grandes, y van inmediatamente a la filtración, la filtración puede ser de efectos saturados y puede ser

necesaria la renovación, por lo que se tendrá poca duración de la filtración. Sin embargo, si separamos previamente los sólidos sedimentables, la carga en el filtro se reduce, lo que supone un mayor rendimiento y un método más eficaz para eliminar los sólidos en suspensión.

El filtro más utilizado es el de grava y arena, llamado así porque se trata de un cojín a través del cual retiene los fragmentos en suspensión dentro del líquido. En este proceso, las fuerzas de unión intervienen entre el material formado y las partículas en suspensión, pero también se observa las fuerzas electrostáticas de London y Van Der Waals también.

En este tipo de filtros, el agua fluye a través de una cama de grava y arena. Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena, siendo de esta manera retenido entre el material filtrante (SENASBA, 2019).

### **Remoción De Fósforo**

La eliminación de fósforo es mínima en los sistemas de lagunas, sin embargo, si hay una utilidad de los productos químicos, incluyendo el alumbre o el cloruro férrico, pueden propiciar su precipitación. La aplicación de estos materiales debe ser de manera perenne o alterna (SENASBA, 2019).

### **Remoción De Organismos Patógenos**

Esta eliminación se realiza por medio de los mecanismos de la propia fuente donde se produce por la inexistencia de esos organismos, a través del asentamiento y atracción; los helmintos, quistes y criaderos de parásitos se acumulan en la parte baja de la laguna. (Moreno, 2023).

### **Características Del Agua Para Uso Agrícola**

**SALINIDAD:** Cuando el contenido de sal en el suelo aumenta, la ansiedad osmótica también se incrementa, lo que hace que la planta tenga que hacer un esfuerzo adicional para tomar agua a través de las raíces, es decir, la cantidad de agua que la planta debe tener se reduce (OEFA,2019).

**INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO:** En realidad los contenidos excesivos de sodio y bajos de calcio, hacen que las partículas del suelo tiendan generalmente a

dividirse, lo que resulta en una reducción en la velocidad de infiltración de agua, lo que resultaría en una baja disponibilidad de agua dentro del suelo (OEFA,2019).

**TOXICIDAD:** Hay iones, como el sodio, boro y cloro, que son capaces de acumularse en los cultivos en concentraciones tan excesivas que disminuyen el rendimiento de las cosechas, facilitando la obstrucción de algunos sistemas de riego (OEFA,2019).

## METODOLOGIA

### VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN

**Variable independiente:** Concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica*

La concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica* es una opción para la remoción de contaminantes, ya que el mucílago contiene glucosa, que es divisible en el agua, de manera que capta los agentes infecciosos encontrados en las heces fecales reemplazándolo con nutrientes naturales, además de eliminar los malos olores, impartir un sabor adecuado y regular el pH del agua (Mogrovejo, 2023).

**Variable dependiente:** Tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola

El objetivo de la laguna de oxidación es el tratamiento de aguas residuales domésticas por medio de recursos naturales que implican actividad bacteriana y relaciones simbióticas entre algas y otros organismos. Requieren poco mantenimiento y se construyen excavando y compactando el suelo a cierta profundidad, lo que permite el almacenamiento de agua de cualquier calidad durante periodos realmente largos. Usualmente es utilizado en zonas rurales y en municipios pequeños (Moreno, 2023).

### INDICADORES

**Variable independiente:** concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica*

- Muestra con  $1.3 \times 10^4$  ppm de *Opuntia ficus-indica*.
- Muestra con  $2.6 \times 10^4$  ppm de *Opuntia ficus-indica*.
- Muestra con  $4 \times 10^4$  ppm de *Opuntia ficus-indica*.

**Variable dependiente:** Tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola.

- Turbidez (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- PH (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- Demanda Química de Oxígeno (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).

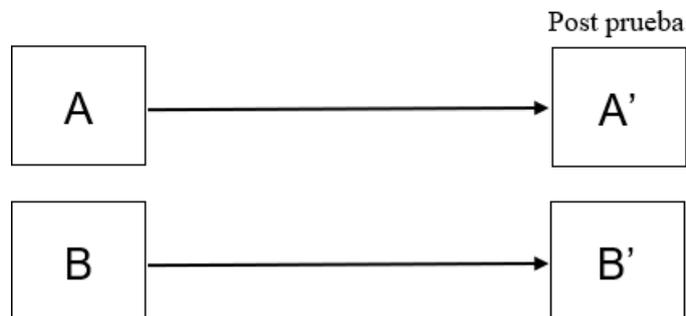
- Sólidos totales disueltos (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- Conductividad (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- Oxígeno Disuelto (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).
- Metales pesados (ICP-OES, Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples).

## MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental, porque, se manipula la variable independiente y se observa el cambio de la variable dependiente.

### DISEÑO

La presente investigación pertenece a un Diseño con post prueba y grupos intactos, correspondiente a un Diseño Cuasi Experimental, porque se utilizará dos grupos, uno recibirá el tratamiento experimental mientras que el otro no. Ambos grupos serán comparados en la post prueba.



## POBLACIÓN Y MUESTRA

### Población

La población es: aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” Nuevo Chimbote.

### Muestra

Se recolectó en total 4 muestras, las que se emplearon 1 como muestra inicial o patrón y 1 por cada nivel de concentración de mucilago.

Muestra N°1: 1 muestra a trabajar al  $1.3 \times 10^4$  ppm del mucilago de *Opuntia ficus indica*

Muestra N°2: 1 muestra a trabajar al  $2.6 \times 10^4$  ppm del mucilago de *Opuntia ficus indica*

Muestra N°3: 1 muestra a trabajar al  $4 \times 10^4$  ppm del mucilago de *Opuntia ficus indica*

## **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Se aplicó la técnica de la Observación para el análisis de datos, también se ha empleado la Ficha de Recolección de Datos como instrumento de recolección de datos.

Cabe destacar que la herramienta utilizada para la recolección de datos fue sometida al juicio de especialistas, en el que validaron los elementos propuestos para su utilidad dentro de la muestra representativa de la población.

## **TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

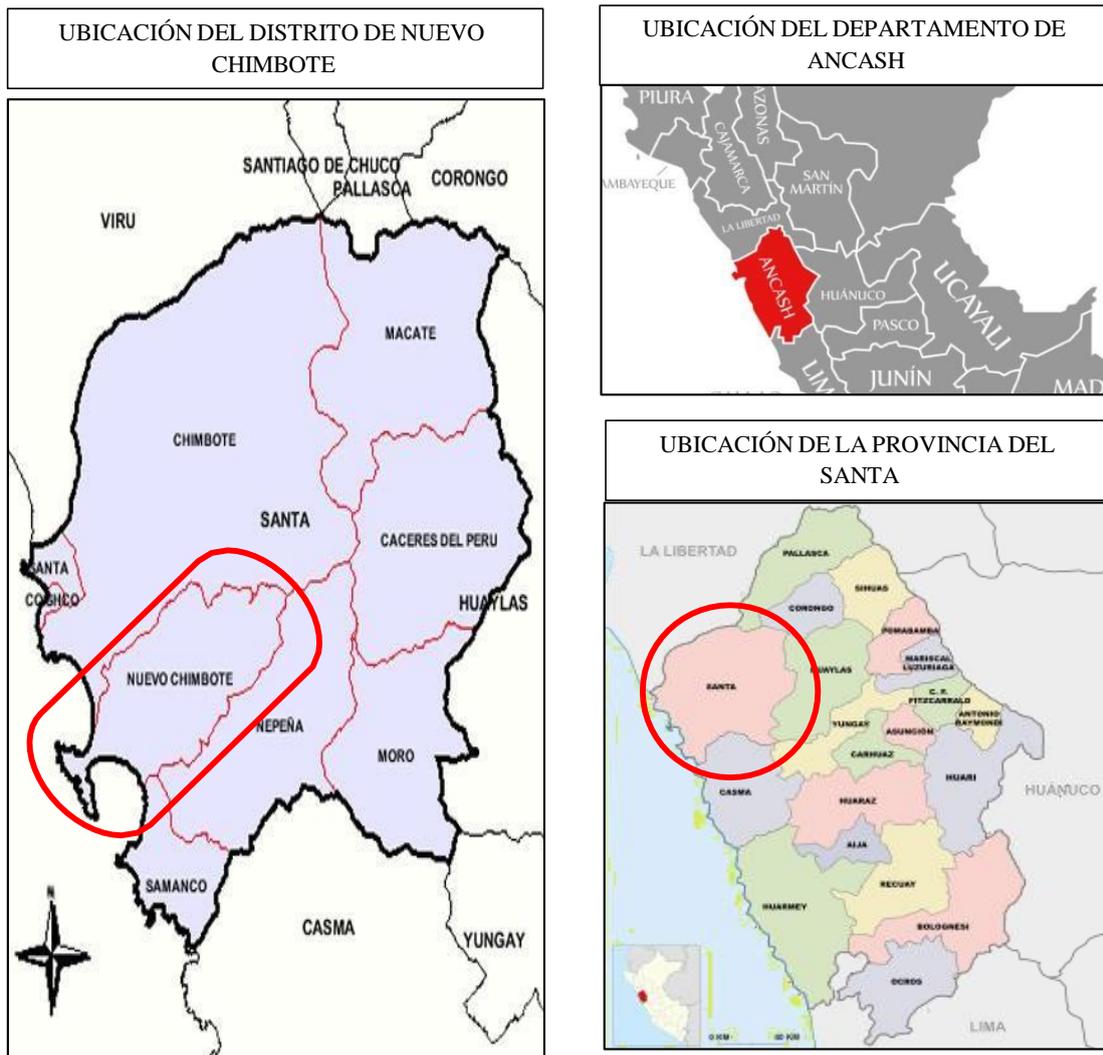
El enfoque utilizado fue el análisis ligado a la hipótesis, ya que va a permitir el análisis de la hipótesis propuesta, el uso de cálculos matemáticos y enfoques observacionales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

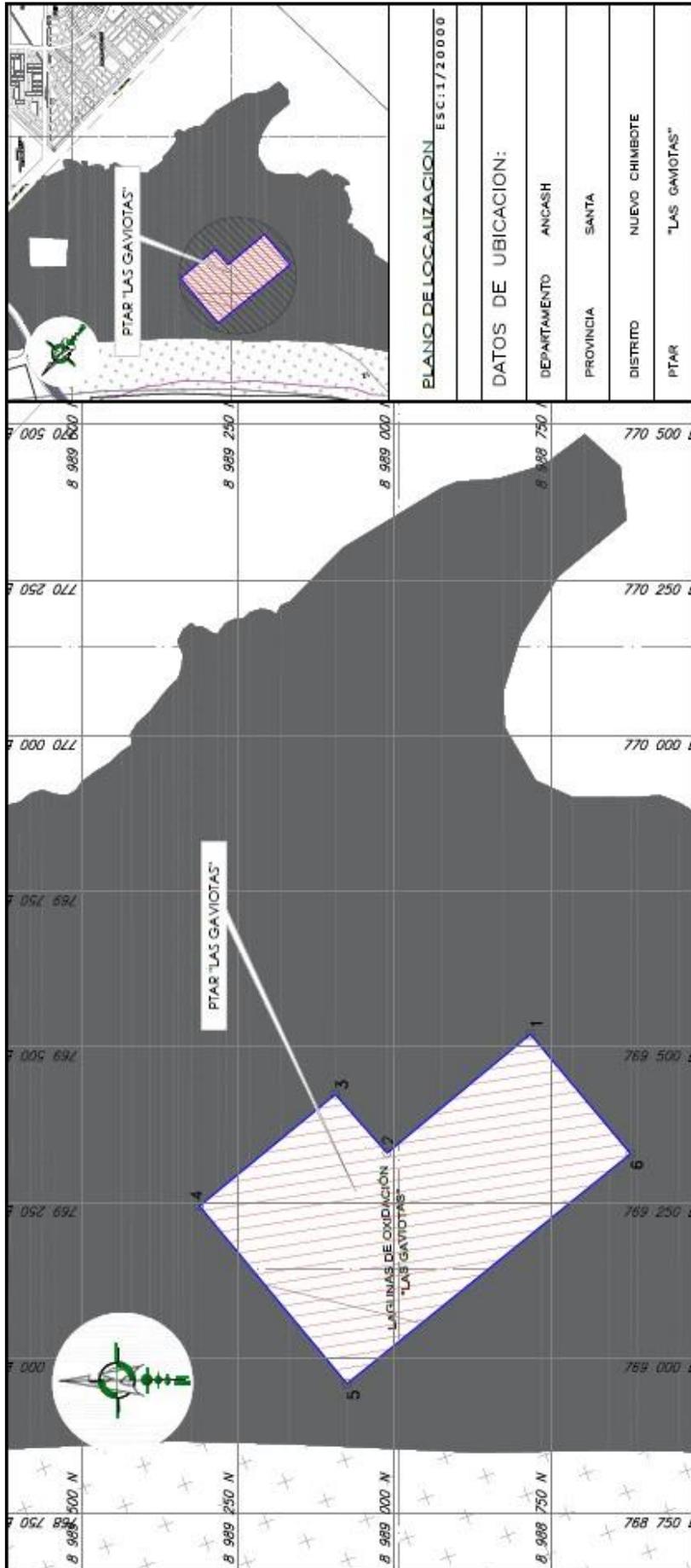
### RESULTADOS

#### A. Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y metales totales y disueltos de las aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas”.

La laguna de oxidación “Las Gaviotas” se encuentra en el Departamento de Ancash, Provincia del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote.



“Las Gaviotas” están ubicadas a 2,68 km, en dirección a la playa El Dorado - Nuevo Chimbote. Consta de 9 lagunas operativas, están distribuidas en serie (la primera recibe el residual bruto, la segunda recibe el efluente tratado de la primera y así sucesivamente), 3 lagunas primarias, 3 lagunas secundarias y 3 lagunas terciarias, con 1000 m<sup>2</sup> cada una y profundidad de 3 m. Las lagunas están conectadas mediante canales, permitiendo la entrada (afluente) y salida (efluente) de las aguas residuales domésticas que provienen de reservorios ubicados dentro del establecimiento.



PLANO DE LOCALIZACION  
ESC: 1/20000

DATOS DE UBICACION:

DEPARTAMENTO ANCAASH

PROVINCIA SANTA

DISTRITO NUEVO CHIMBOTE

PTAR "LAS GAVIOTAS"

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
*Escuela de Posgrado*  
Maestría en Gestión Ambiental

**UNS**  
HOSPITAL

PROYECTO: EFECTO DE LA CONCENTRACION DEL MUCILAGO DE OPIUNTIA FICUS INDICA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACION "LAS GAVIOTAS" NUEVO CHIMBOTE, CON FINES DE USO AGRICOLA

PLANO: UBICACION Y LOCALIZACION

RESPONSABLE: BRIGGITTE LISBETH CUBAS GARCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CP 227854

LOCALIDAD: LAGUNA DE OXIDACION "LAS GAVIOTAS"

ESCALA: 1/5,000

FECHA: OCTUBRE, 2024

SECTOR: U-01

N° DE LAMIN: 01

PLANO DE UBICACION - PROYECTO  
ESC: 1/20000

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS			
VERTICE	LADO	DISTANCIA (m)	COORDENADAS UTM - WGS84
			ESTE
1	1-2	298.41	769920.208    8288762.383
2	2-3	125.31	769320.099    8289011.570
3	3-4	282.08	769423.314    8289004.185
4	4-5	371.00	769243.681    8289311.678
5	5-6	585.38	768957.884    82890075.650
6	6-1	240.34	769327.888    8288722.087

CUADRO DE ÁREAS		
ÁREA DE SEDACHIMBOTE	180364.35	m <sup>2</sup>
LAGUNAS DE OXIDACION "LAS GAVIOTAS"	1912.52	m
PERIMETRO		
TOTAL		

Los ensayos físico químicos de las aguas de la laguna de oxidación, se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C., empleando el método estándar de agua y aguas residuales (SMEWW, por sus siglas en ingles), teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°1: Ensayo Físico Químico - Muestra de las aguas de la laguna de oxidación

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	2076
Límite de detección: -; Límite de Cuantificación: 2 mg/L	
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	2767
Límite de detección: 5mg/L; Límite de Cuantificación: 16 mg/L	
D.Q.O. (mg/L)	3356
Límite de detección: 4mg/L; Límite de Cuantificación: 12 mg/L	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0.5
Límite de detección: 0,1mg/L; Límite de Cuantificación: 0,3 mg/L	
Turbidez (NTU)	491
PH	5.13
Conductividad (uS/cm)	1845

FUENTE: *Colecbi S.A.C.*

Los ensayos de metales pesados de la laguna de oxidación, se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C, empleando la técnica analítica “espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES, por sus siglas en inglés)”. Teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°2: Ensayo Metales – Muestra de las aguas de la laguna de oxidación

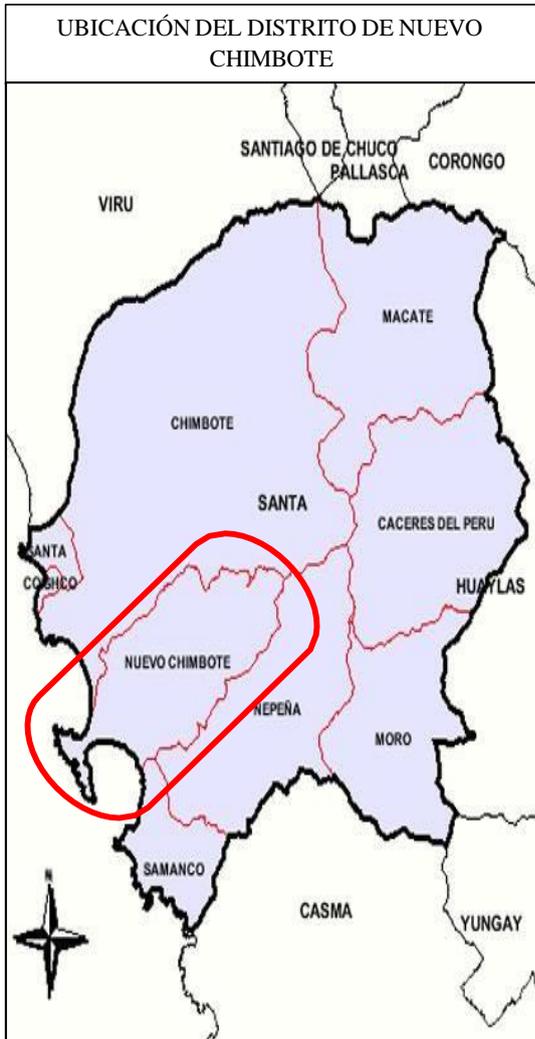
METALES TOTALES	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN mg/L
Plata (Ag)	<0,002
Aluminio (Al)	1,32

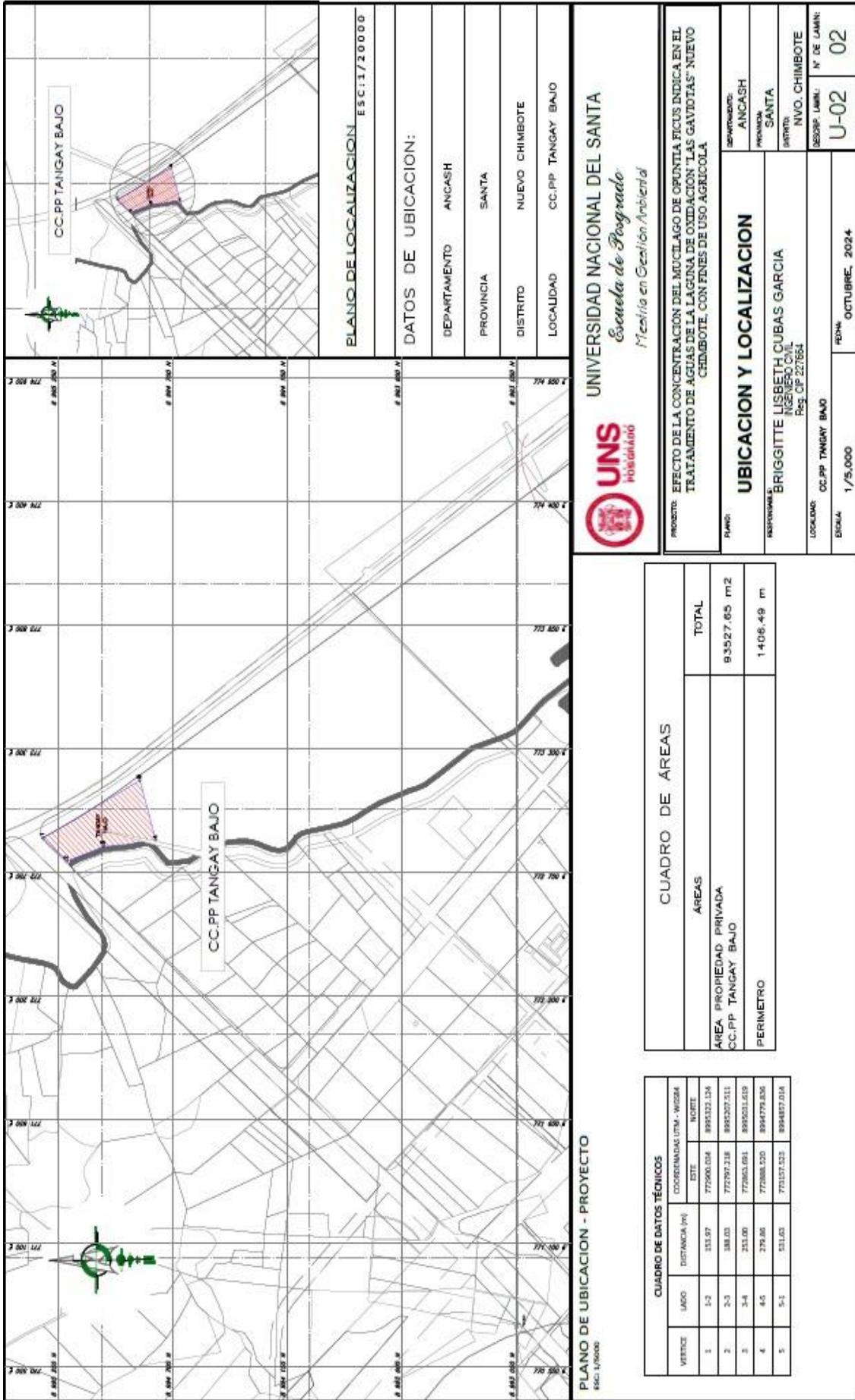
<b>Arsénico (As)</b>	<0,005
<b>Boro (B)</b>	0,495
<b>Bario (Ba)</b>	0,082
<b>Berilio (Be)</b>	<0,0002
<b>Calcio (Ca)</b>	62,27
<b>Cadmio (Cd)</b>	<0,0001
<b>Cerio (Ce)</b>	<0,009
<b>Cobalto (Co)</b>	0,0052
<b>Cromo (Cr)</b>	<0,0003
<b>Cobre (Cu)</b>	<0,002
<b>Hierro (Fe)</b>	11,260
<b>Mercurio (Hg)</b>	<0,001
<b>Potasio (K)</b>	65,6
<b>Litio (Li)</b>	0,048
<b>Magnesio (Mg)</b>	130,80
<b>Manganeso (Mn)</b>	0,8963
<b>Molibdeno (Mo)</b>	<0,002
<b>Sodio (Na)</b>	121,200
<b>Níquel (Ni)</b>	<0,0006
<b>Fósforo (P)</b>	6,19
<b>Plomo (Pb)</b>	<0,002
<b>Antimonio (Sb)</b>	<0,003
<b>Selenio (Se)</b>	<0,005
<b>Sílice (SiO<sub>2</sub>)</b>	23,36
<b>Estaño (Sn)</b>	0,013
<b>Estroncio (Sr)</b>	0,4921
<b>Titanio (Ti)</b>	<0,0007
<b>Talio (Tl)</b>	<0,002
<b>Vanadio (V)</b>	0,029
<b>Zinc (Zn)</b>	1,158

FUENTE: *Colecbi S.A.C.*

**B. Evaluar el efecto de la adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm,  $2.6 \times 10^4$  ppm,  $4 \times 10^4$  ppm con respecto de las aguas residuales domésticas.**

La recolección de las pencas de *Opuntia ficus indica* se realizó en el lugar del Centro Poblado Tangay Bajo del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.





PLANO DE LOCALIZACION  
ESC: 1:20000

DATOS DE UBICACION:

DEPARTAMENTO	ANCASH
PROVINCIA	SANTA
DISTRITO	NUEVO CHIMBOTE
LOCALIDAD	CC.PP TANGAY BAJO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
*Escuela de Ingeniería*  
*Mejora en Gestión Ambiental*



PROYECTO: EFECTO DE LA CONCENTRACION DEL MUCILAGO DE OPIUNTA FICUS INDICA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACION "LAS GAYOTAS" NUEVO CHIMBOTE, CON FINES DE USO AGRICOLA

**UBICACION Y LOCALIZACION**

RESPONSABLE:	BRIGGITTE LISBETH CUBAS GARCIA INGENIERO CIVIL Reg. CP 227654
LOCALIDAD:	CC.PP TANGAY BAJO
ESCALA:	1/5.000
FECHA:	OCTUBRE, 2024
SEÑALAMIENTO:	ANCASH
PROVINCIA:	SANTA
DISTRITO:	NVO. CHIMBOTE
SEÑALAMIENTO:	U-02
N° DE LAMIN:	02

CUADRO DE ÁREAS	
ÁREAS	TOTAL
ÁREA PROPIEDAD PRIVADA CC.PP TANGAY BAJO	93527.65 m <sup>2</sup>
PERIMETRO	1406.49 m

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS		
VERTICE	DISTANCIA (M)	COORDENADAS UTM - WGS84
		ESTE NORTE
1	353.97	772960.024 8993332.124
2	383.03	772797.218 8993207.511
3	313.00	772963.091 8993031.610
4	379.86	772888.520 8994779.836
5	511.03	773107.523 8994897.016

PLANO DE UBICACION - PROYECTO  
ESC: 1:50000

**- Adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm con respecto de las aguas residuales domésticas:**

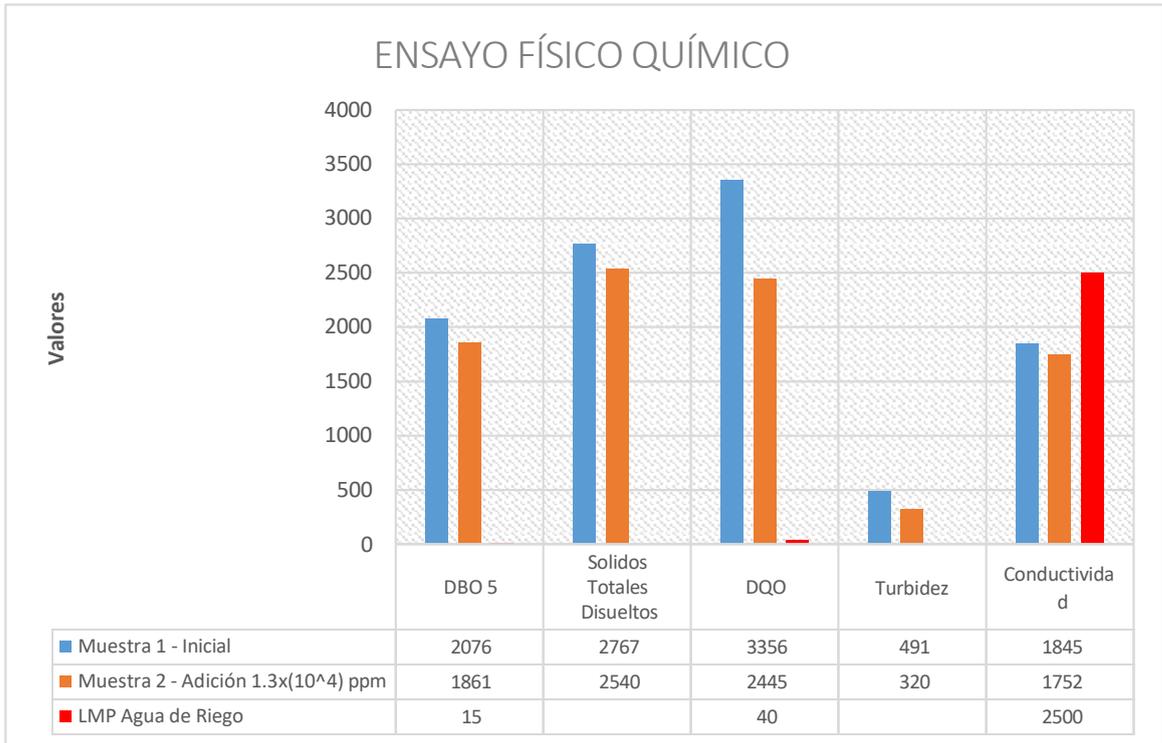
Los ensayos físico químicos de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm, se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C., empleando el método estándar de agua y aguas residuales (SMEWW, por sus siglas en ingles), teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°3: Ensayo Físico Químico – Muestra 2 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L) Límite de detección: -; Límite de Cuantificación: 2 mg/L	1861
Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Límite de detección: 5mg/L; Límite de Cuantificación: 16 mg/L	2540
D.Q.O. (mg/L) Límite de detección: 4mg/L; Límite de Cuantificación: 12 mg/L	2445
Oxígeno Disuelto (mg/L) Límite de detección: 0,1mg/L; Límite de Cuantificación: 0,3 mg/L	0.6
Turbidez (NTU)	200
PH	5.04
Conductividad (uS/cm)	1752

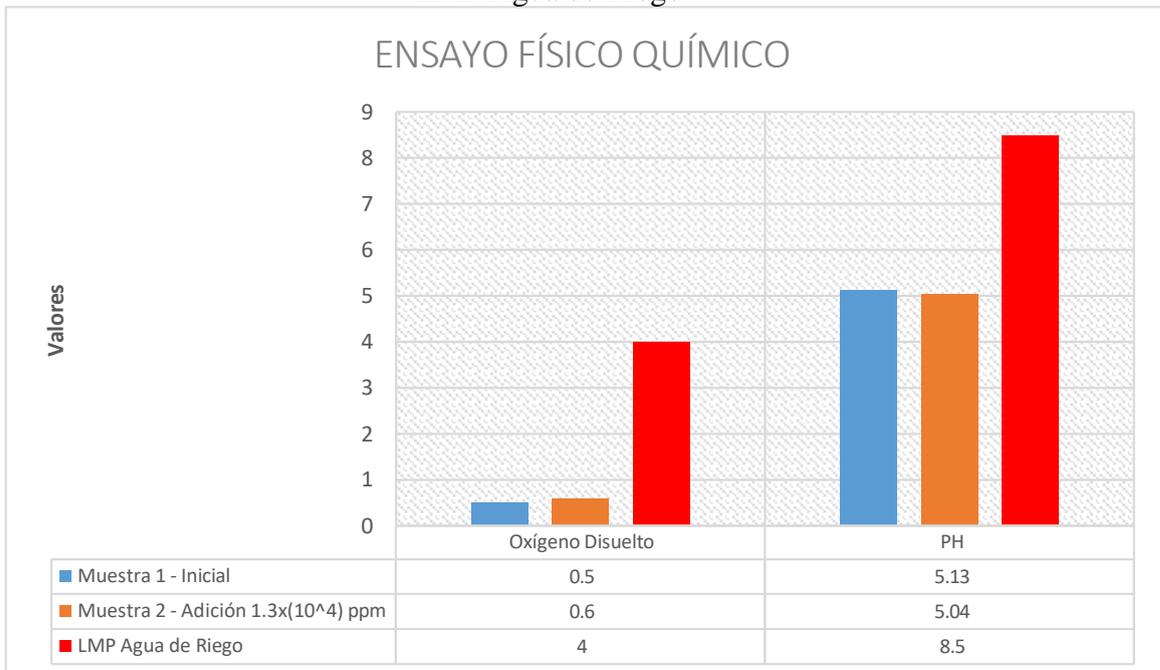
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 1: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 2: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Los ensayos de metales pesados de la laguna de oxidación, con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C., empleando la técnica analítica “espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES, por sus siglas en inglés)”. Teniendo como resultado el siguiente cuadro:

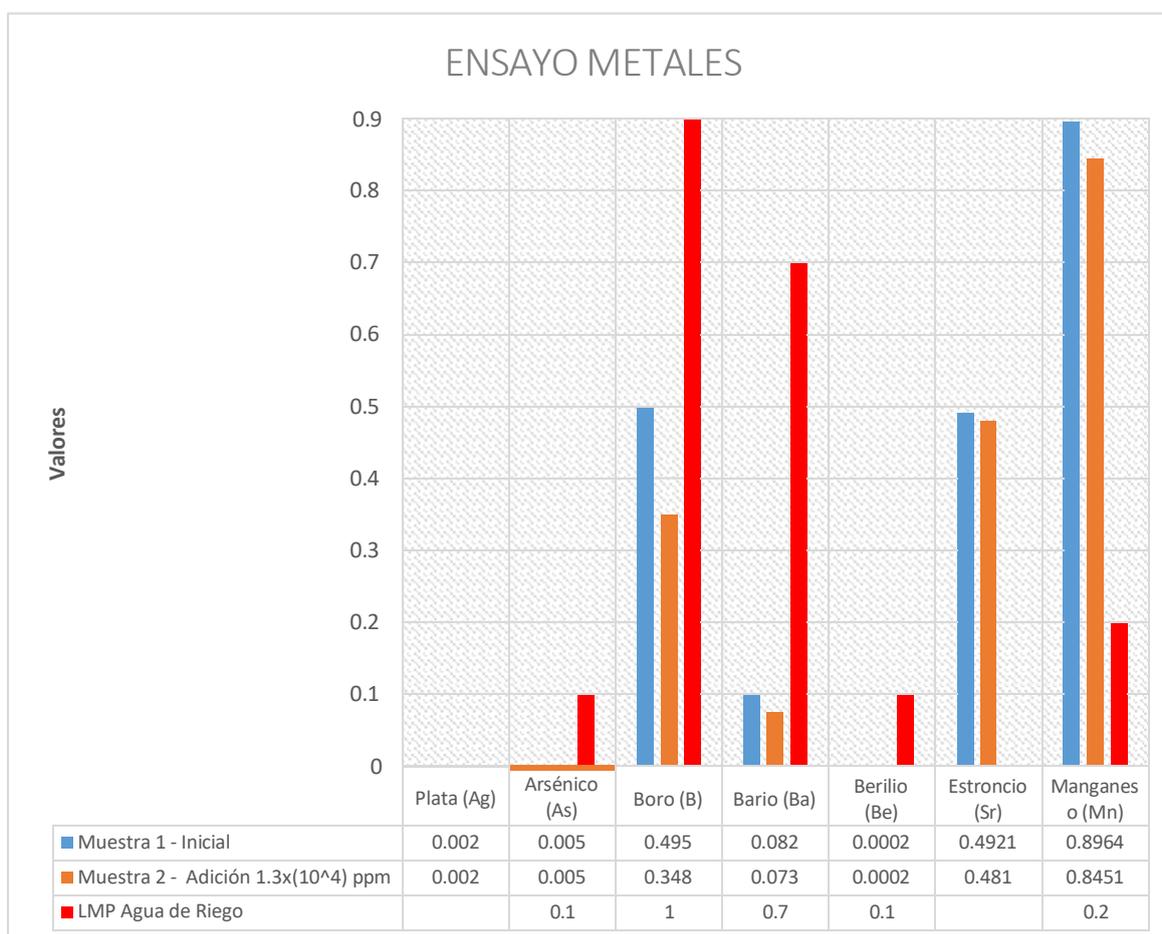
Cuadro N°4: Ensayo Metales – Muestra 2 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $1.3 \times 10^4$  ppm

<b>METALES TOTALES</b>	<b>SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN mg/L</b>
<b>Plata (Ag)</b>	<0,002
<b>Aluminio (Al)</b>	3.73
<b>Arsénico (As)</b>	<0,005
<b>Boro (B)</b>	0.348
<b>Bario (Ba)</b>	0,073
<b>Berilio (Be)</b>	<0,0002
<b>Calcio (Ca)</b>	68.100
<b>Cadmio (Cd)</b>	0,001
<b>Cerio (Ce)</b>	<0,009
<b>Cobalto (Co)</b>	<0,0033
<b>Cromo (Cr)</b>	0.0004
<b>Cobre (Cu)</b>	0.002
<b>Hierro (Fe)</b>	26.520
<b>Mercurio (Hg)</b>	<0,001
<b>Potasio (K)</b>	68.500
<b>Litio (Li)</b>	0.065
<b>Magnesio (Mg)</b>	131.500
<b>Manganeso (Mn)</b>	0.8451
<b>Molibdeno (Mo)</b>	<0,002
<b>Sodio (Na)</b>	130.40
<b>Níquel (Ni)</b>	0.025
<b>Fósforo (P)</b>	5.110
<b>Plomo (Pb)</b>	<0,002
<b>Antimonio (Sb)</b>	<0,003
<b>Selenio (Se)</b>	<0,005

<b>Sílice (SiO<sub>2</sub>)</b>	23.103
<b>Estaño (Sn)</b>	0.023
<b>Estroncio (Sr)</b>	0.4810
<b>Titanio (Ti)</b>	0.015
<b>Talio (Tl)</b>	<0,002
<b>Vanadio (V)</b>	0,034
<b>Zinc (Zn)</b>	1.1681

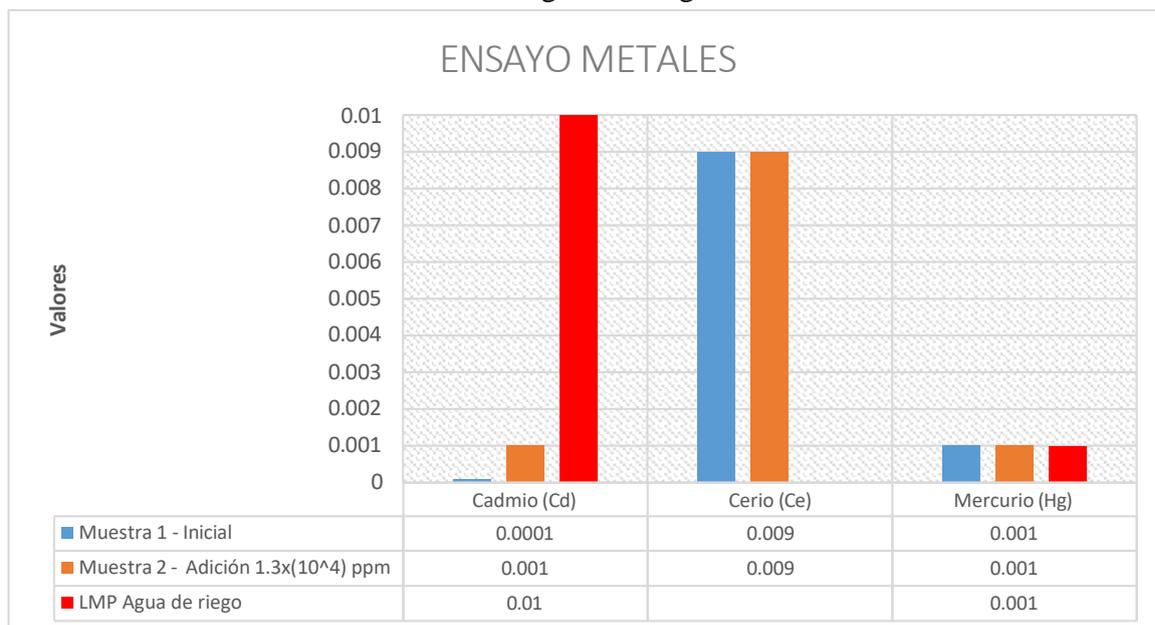
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 3: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



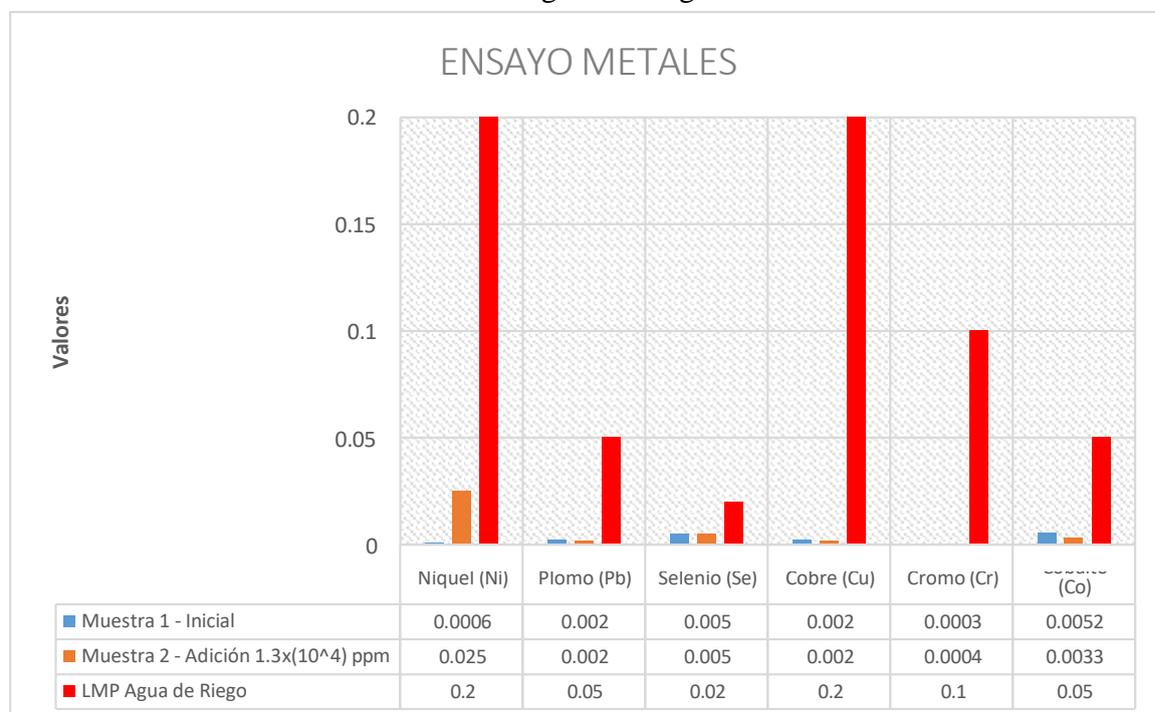
FUENTE: Propia

Gráfico N° 4: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



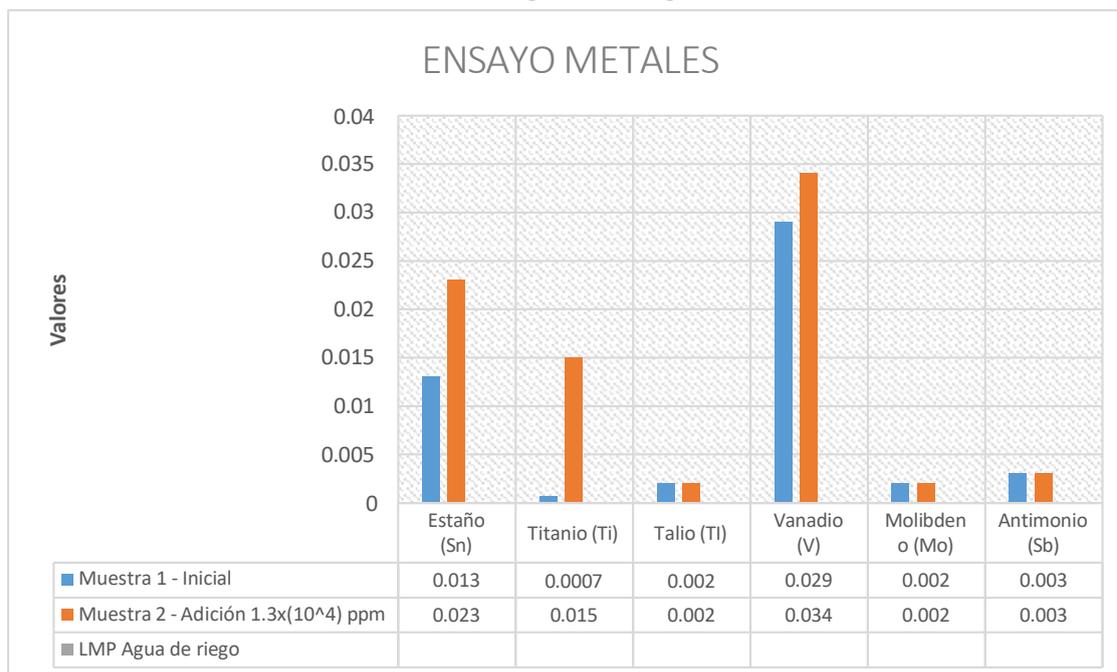
FUENTE: Propia

Gráfico N° 5: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



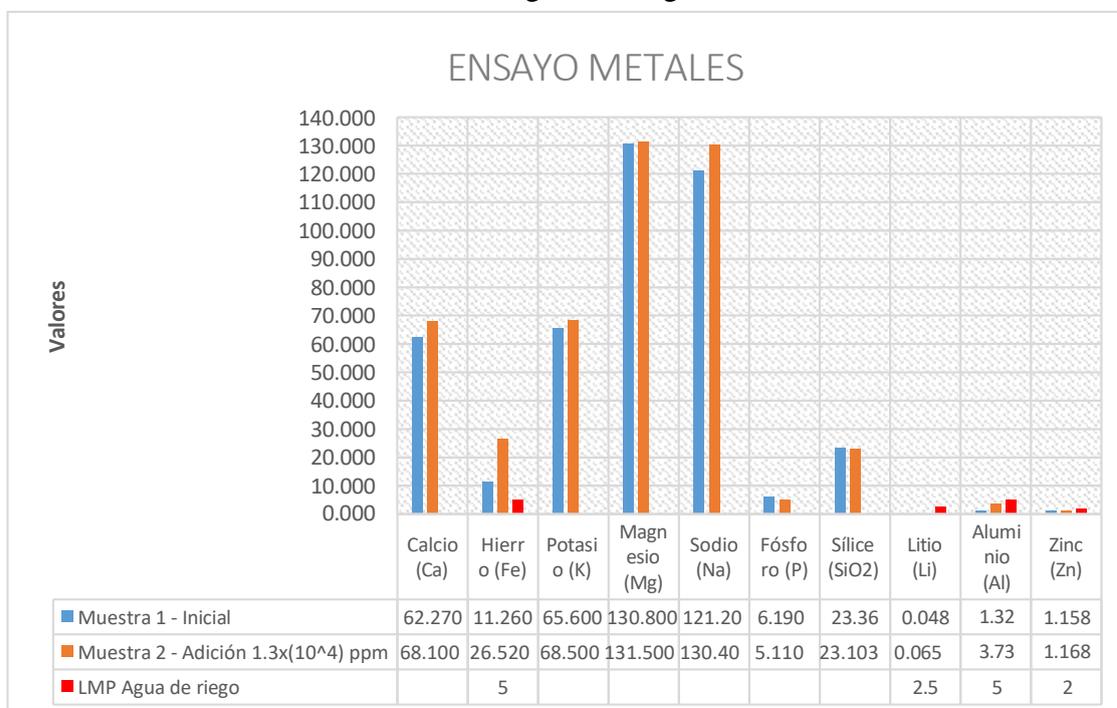
FUENTE: Propia

Gráfico N° 6: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 7: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

**- Adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm con respecto de las aguas residuales domésticas:**

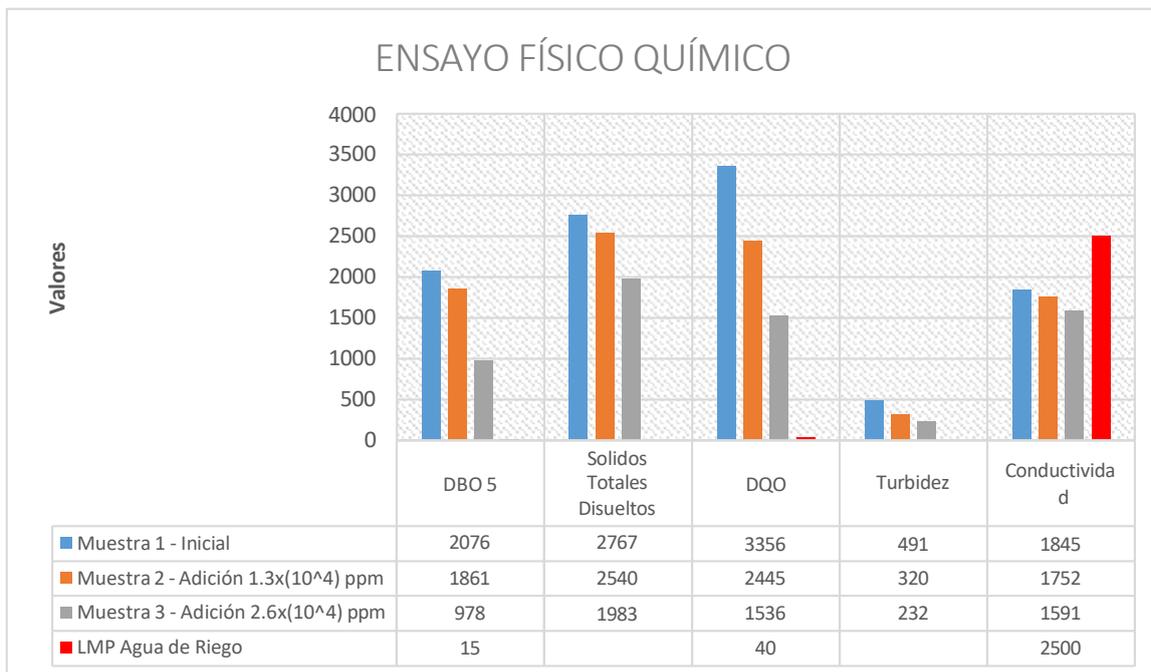
Los ensayos físico químicos de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm, se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C., empleando el método estándar de agua y aguas residuales (SMEWW, por sus siglas en ingles), teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°5: Ensayo Físico Químico – Muestra 3 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	
<b>Límite de detección: -; Límite de Cuantificación: 2 mg/L</b>	978
<b>Sólidos Totales Disueltos (mg/L)</b>	
<b>Límite de detección: 5mg/L; Límite de Cuantificación: 16 mg/L</b>	1983
<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	
<b>Límite de detección: 4mg/L; Límite de Cuantificación: 12 mg/L</b>	1536
<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	
<b>Límite de detección: 0,1mg/L; Límite de Cuantificación: 0,3 mg/L</b>	0,7
<b>Turbidez (NTU)</b>	232
<b>PH</b>	5,76
<b>Conductividad (uS/cm)</b>	1591

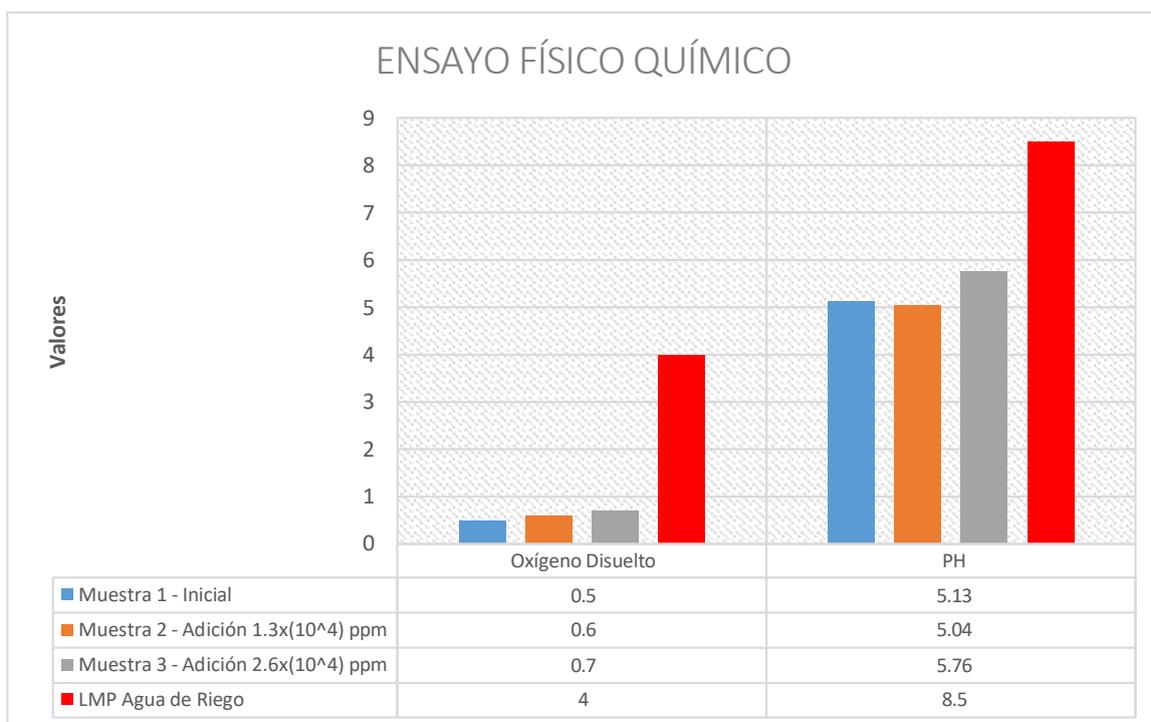
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 8: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 9: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Los ensayos de metales del agua de la laguna de oxidación, de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm se realizaron en el laboratorio Colecibi S.A.C., empleando la técnica analítica “espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES, por sus siglas en inglés)”. Teniendo como resultado el siguiente cuadro:

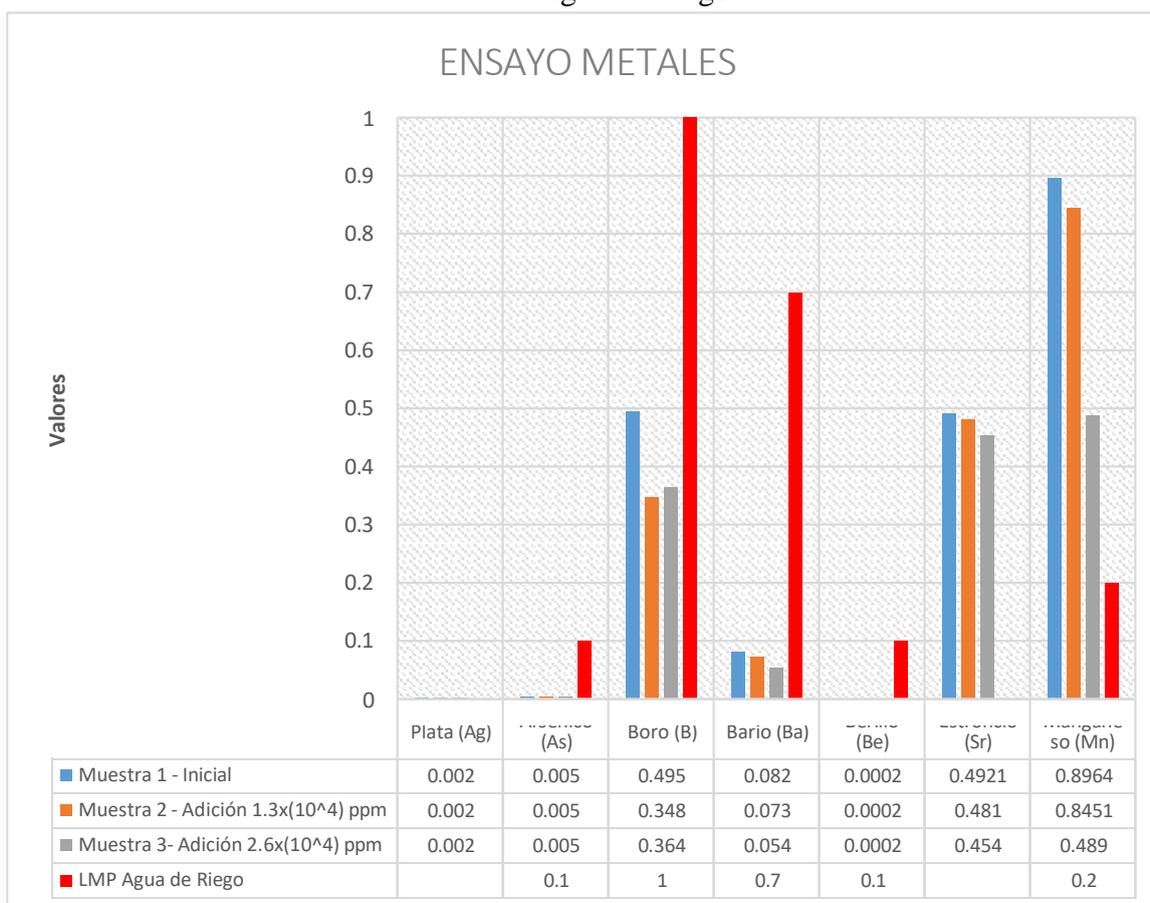
Cuadro N° 6: Ensayo Metales – Muestra 3 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm

<b>METALES TOTALES</b>	<b>SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN mg/L</b>
<b>Plata (Ag)</b>	<0,002
<b>Aluminio (Al)</b>	0,76
<b>Arsénico (As)</b>	<0,005
<b>Boro (B)</b>	0,364
<b>Bario (Ba)</b>	0,054
<b>Berilio (Be)</b>	<0,0002
<b>Calcio (Ca)</b>	66,220
<b>Cadmio (Cd)</b>	<0,0001
<b>Cerio (Ce)</b>	<0,009
<b>Cobalto (Co)</b>	<0,0006
<b>Cromo (Cr)</b>	<0,0003
<b>Cobre (Cu)</b>	<0,002
<b>Hierro (Fe)</b>	5,821
<b>Mercurio (Hg)</b>	<0,001
<b>Potasio (K)</b>	46,670
<b>Litio (Li)</b>	0,045
<b>Magnesio (Mg)</b>	74,250
<b>Manganeso (Mn)</b>	0,489
<b>Molibdeno (Mo)</b>	<0,002
<b>Sodio (Na)</b>	123,00
<b>Níquel (Ni)</b>	<0,0006
<b>Fósforo (P)</b>	3,132

<b>Plomo (Pb)</b>	<0,002
<b>Antimonio (Sb)</b>	<0,003
<b>Selenio (Se)</b>	<0,005
<b>Sílice (SiO<sub>2</sub>)</b>	23,101
<b>Estaño (Sn)</b>	<0,003
<b>Estroncio (Sr)</b>	0,454
<b>Titanio (Ti)</b>	<0,0007
<b>Talio (Tl)</b>	<0,002
<b>Vanadio (V)</b>	0,025
<b>Zinc (Zn)</b>	<0,002

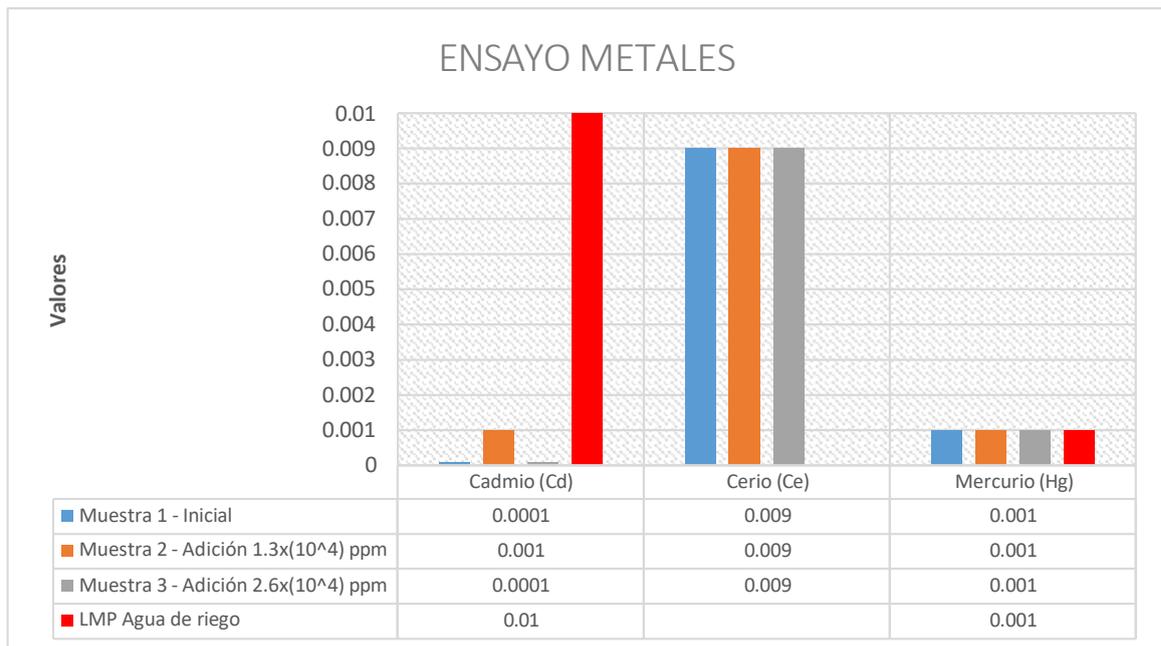
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 10: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



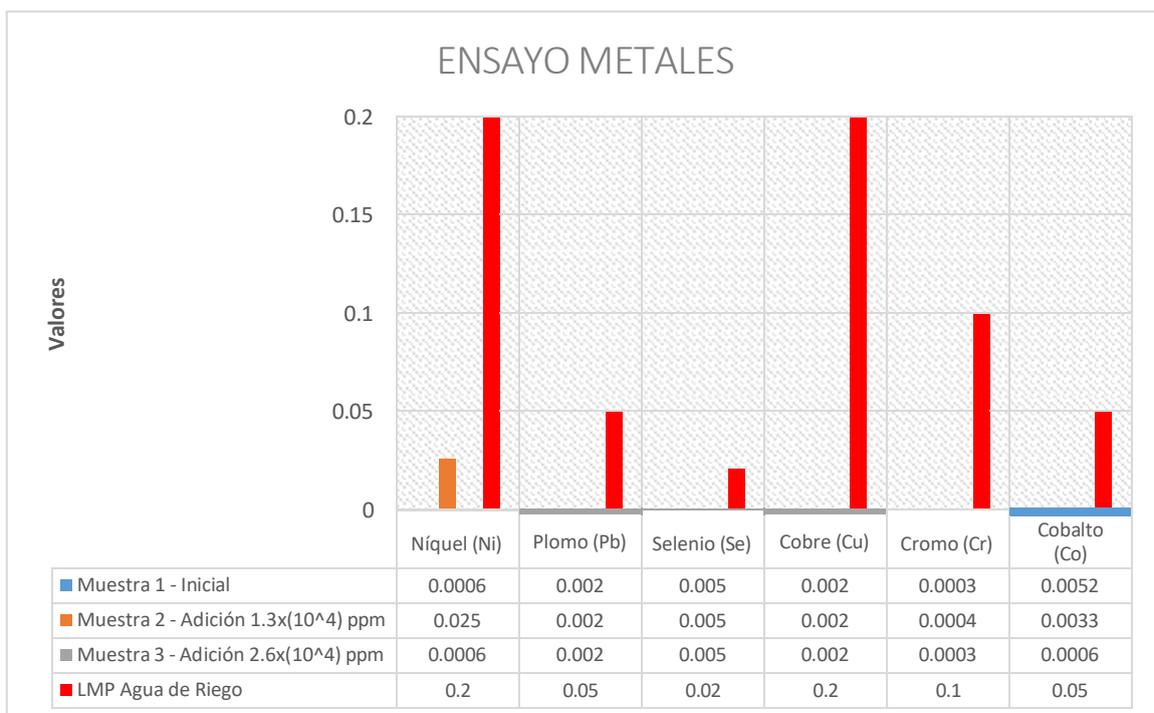
FUENTE: Propia

Gráfico N° 11: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



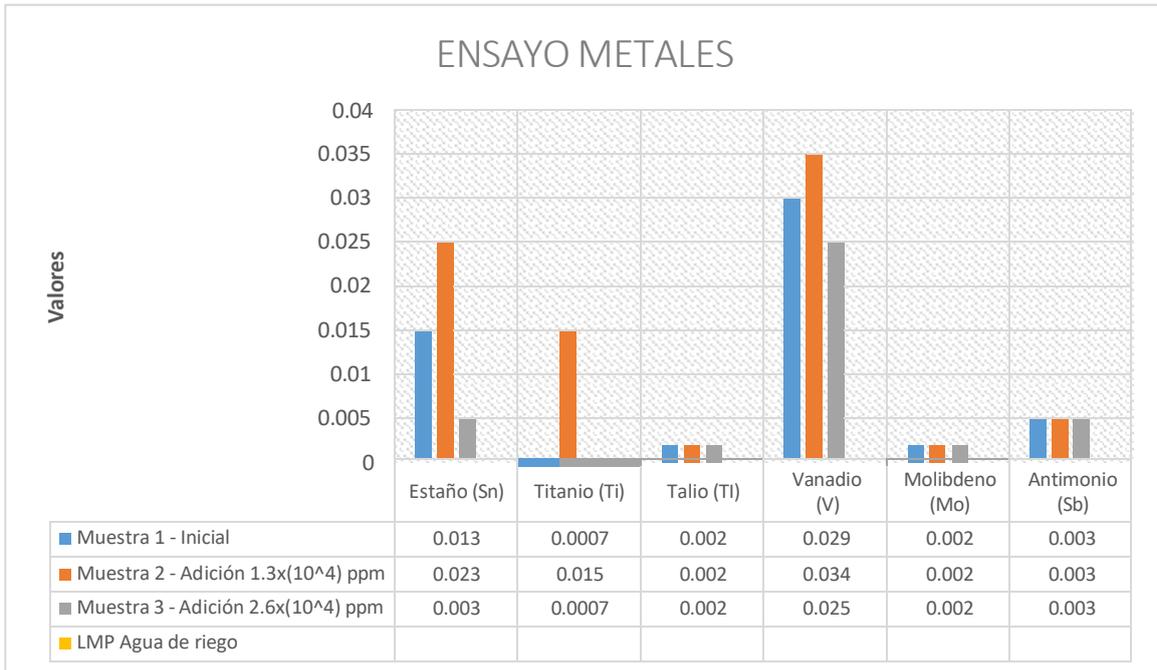
FUENTE: Propia

Gráfico N° 12: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



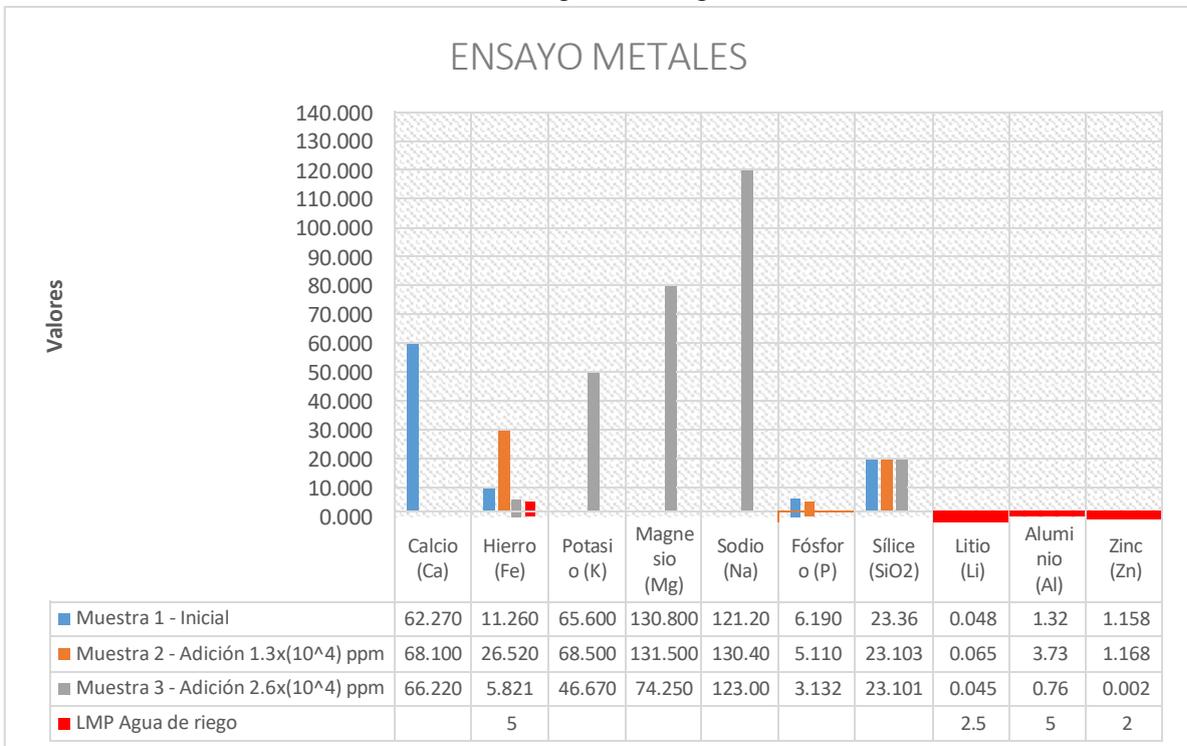
FUENTE: Propia

Gráfico N° 13: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 14: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

**- Adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al 4x10<sup>4</sup>ppm con respecto de las aguas residuales domésticas:**

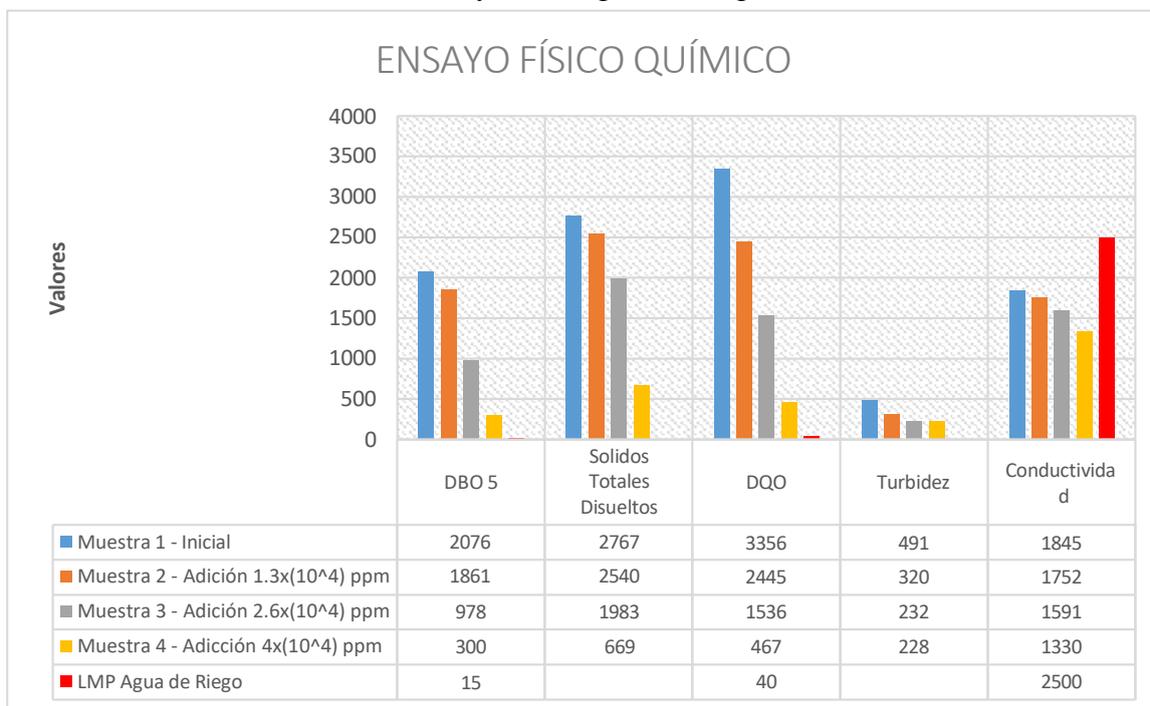
Los ensayos físico químicos de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al 4x10<sup>4</sup>ppm, se realizaron en el laboratorio Colecbi S.A.C., empleando el método estándar de agua y aguas residuales (SMEWW, por sus siglas en ingles), teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N° 7: Ensayo Físico Químico – Muestra 4 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al 4x10<sup>4</sup>ppm

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	300
Límite de detección: -; Límite de Cuantificación: 2 mg/L	
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	669
Límite de detección: 5mg/L; Límite de Cuantificación: 16 mg/L	
D.Q.O. (mg/L)	467
Límite de detección: 4mg/L; Límite de Cuantificación: 12 mg/L	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0,3
Límite de detección: 0,1mg/L; Límite de Cuantificación: 0,3 mg/L	
Turbidez (NTU)	228
PH	7,49
Conductividad (uS/cm)	1330

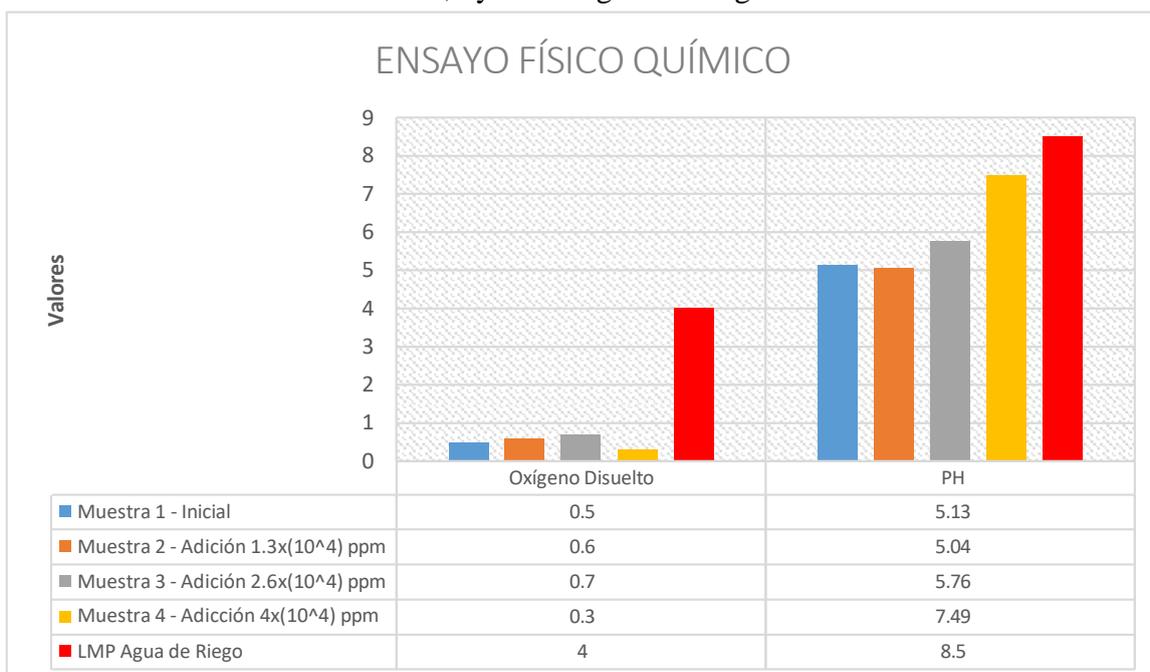
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 15: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 16: Comparativo de resultados de Ensayo Físico Químico - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Los ensayos de metales del agua de la laguna de oxidación, de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm se realizaron en el laboratorio Colecibi S.A.C., empleando la técnica analítica “espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES, por sus siglas en inglés)”. Teniendo como resultado el siguiente cuadro:

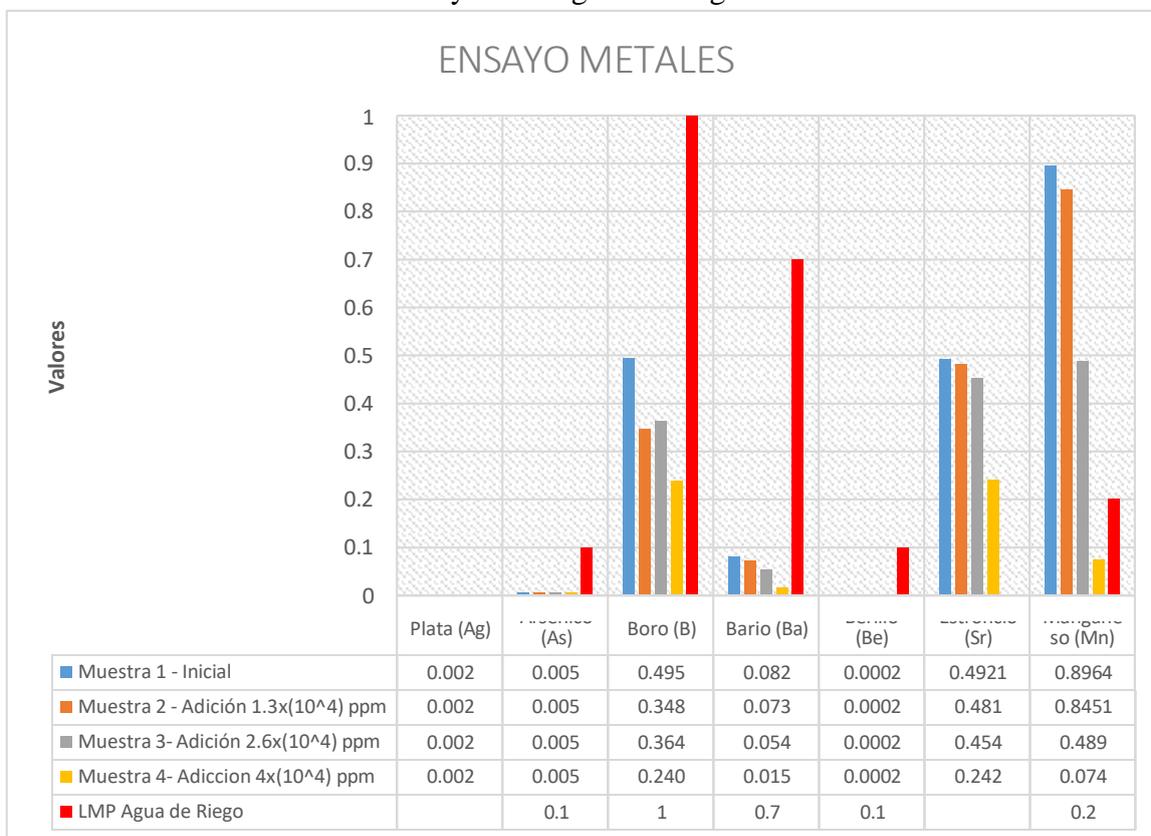
Cuadro N° 8: Ensayo Metales – Muestra 4 de las aguas de la laguna de oxidación con adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm

<b>METALES TOTALES</b>	<b>SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN mg/L</b>
<b>Plata (Ag)</b>	<0,002
<b>Aluminio (Al)</b>	0,12
<b>Arsénico (As)</b>	<0,005
<b>Boro (B)</b>	0,240
<b>Bario (Ba)</b>	0,015
<b>Berilio (Be)</b>	<0,0002
<b>Calcio (Ca)</b>	45,420
<b>Cadmio (Cd)</b>	<0,0001
<b>Cerio (Ce)</b>	<0,009
<b>Cobalto (Co)</b>	<0,0006
<b>Cromo (Cr)</b>	0.0003
<b>Cobre (Cu)</b>	<0.002
<b>Hierro (Fe)</b>	0,155
<b>Mercurio (Hg)</b>	<0,001
<b>Potasio (K)</b>	25,310
<b>Litio (Li)</b>	0,040
<b>Magnesio (Mg)</b>	10,640
<b>Manganeso (Mn)</b>	0,074
<b>Molibdeno (Mo)</b>	<0,002
<b>Sodio (Na)</b>	116,50
<b>Níquel (Ni)</b>	<0,0006
<b>Fósforo (P)</b>	7,098
<b>Plomo (Pb)</b>	<0,002
<b>Antimonio (Sb)</b>	<0,003
<b>Selenio (Se)</b>	0,007

<b>Sílice (SiO<sub>2</sub>)</b>	22,053
<b>Estaño (Sn)</b>	<0,003
<b>Estroncio (Sr)</b>	0,242
<b>Titanio (Ti)</b>	<0,0007
<b>Talio (Tl)</b>	<0,002
<b>Vanadio (V)</b>	0,006
<b>Zinc (Zn)</b>	0,027

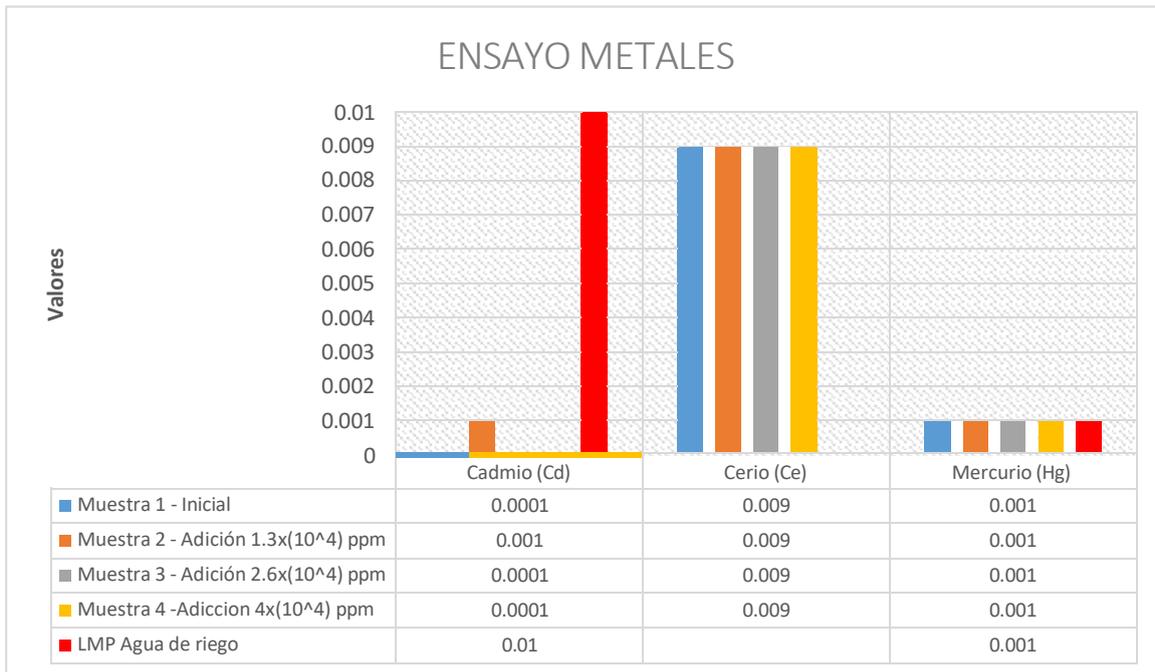
FUENTE: Colecbi S.A.C.

Gráfico N° 17: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



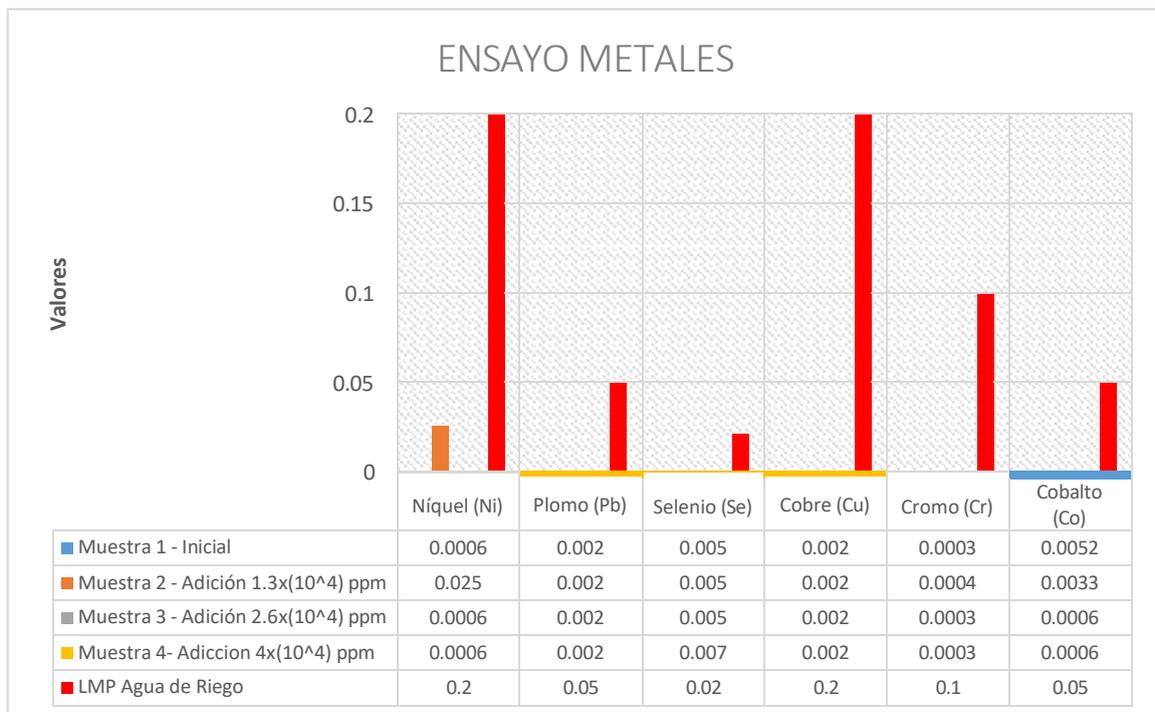
FUENTE: Propia

Gráfico N° 18: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



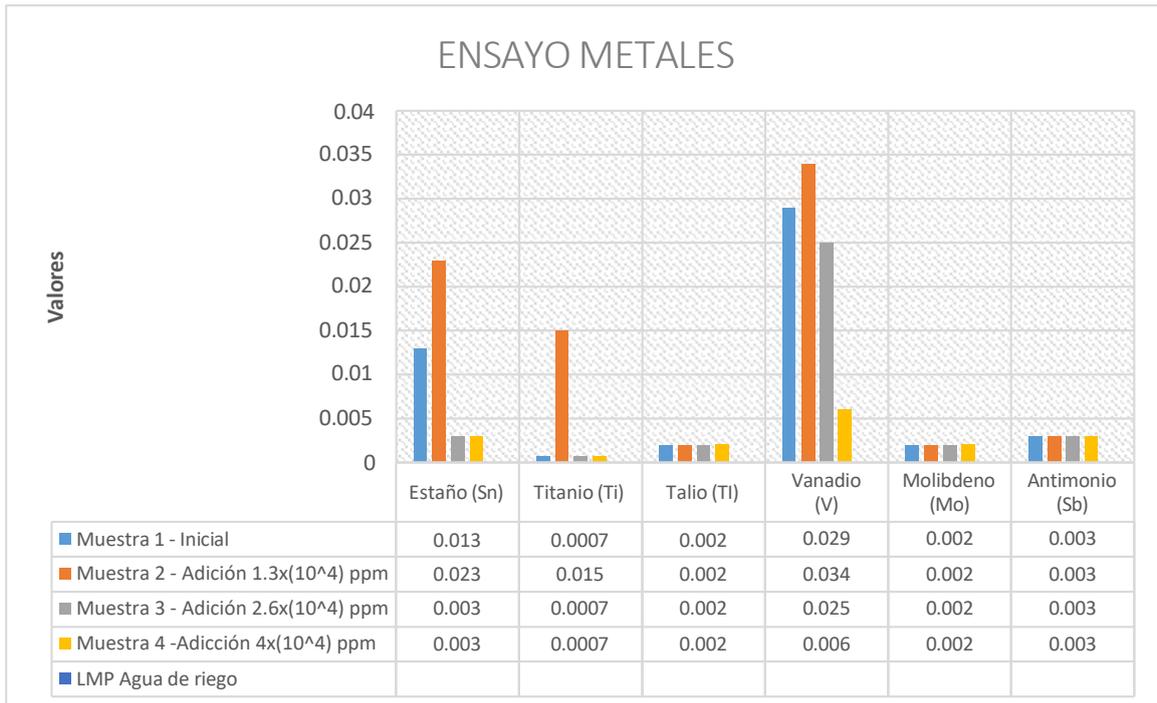
FUENTE: Propia

Gráfico N° 19: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



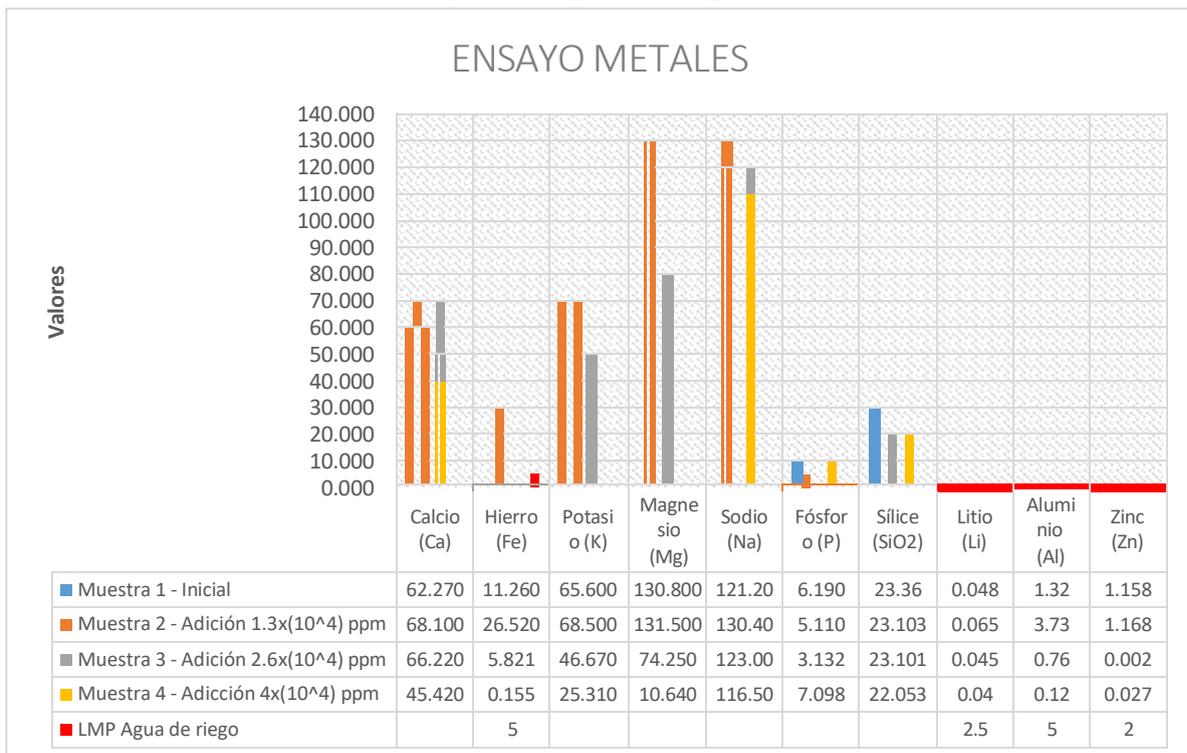
FUENTE: Propia

Gráfico N° 20: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

Gráfico N° 21: Comparativo de resultados de Ensayo de Metales - Muestra 1, 2, 3,4 y LMP Agua de Riego



FUENTE: Propia

## DISCUSIÓN

Según Llorenty (2020), aplicó cuatro tratamientos para la realización de su investigación, contemplando el cuarto tratamiento la dosificación de 2g de mucílago de nopal con la adición de 3ml de poliacrilamida, la cual obtiene amplios porcentajes de depuración, y siendo este el tratamiento más efectivo. Sin embargo, en su análisis del tratamiento N°2 con una dosificación de 2g de mucílago de nopal observa la reducción de turbidez de 243 NTU a 60 NTU obteniendo un porcentaje de 75% de remoción, mientras que en la presente investigación la muestra N°4 con adición de mucilago de *Opuntia ficus* al  $4 \times 10^4$ ppm alcanzó un porcentaje de remoción de la turbidez igual a 52.8% equivalente a 491 NTU a 228 NTU ya que, a mayor porcentaje de mucílago, mayor es el impacto y efectividad en la turbidez.

Vargas (2018), menciona que al utilizar la muestra gracias al estudio realizado a la tuna (*Opuntia ficus indica*) se logró realizar el secado, molienda, tamizado y extracción obteniendo como resultado de rendimiento de un 1%. No obstante, en la presente investigación se logró obtener un rendimiento de un 1.93%. Vargas menciona también que, los ensayos de trazabilidad en los fluidos residuales indicaron que la cantidad más efectiva de coagulante natural fue a una concentración de 2% en un volumen de 20 ml mediante el cual se logró una eliminación de turbidez igual a 77.84%. Al respecto, la presente investigación dio como resultado que la dosis óptima de mucilago de tuna fue a una concentración de  $4 \times 10^4$ ppm en un volumen de 4 litros con el cual se logró obtener un porcentaje de remoción de turbidez semejante a 52.8%.

Al respecto de sus resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos después del tratamiento con la dosis óptima de coagulante natural se encontraron fuera del límite máximo permisible establecido por la norma TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 9 vigente en el Ecuador, límite de descarga a un cuerpo de agua dulce. Sin embargo, en la presente investigación los parámetros físico-químicos después del tratamiento con el mucilago cumplen con los límites máximos permisibles de agua de riego descritos en el D.S. 015-2015-MINAM.

Mogrovejo (2023), determinó que el mucilago de tuna en base seca exhibe niveles elevados de proteínas 5.98%, grasas 2.16%, cenizas 2.05% y fibra 3.76% en comparación con el mucilago de tuna en base húmeda, se destaca el contenido de

carbohidratos de 83.41% con alto contenido de polisacáridos confiriéndole la característica de coagulante natural. El mucilago de tuna en base seca a dosis de 0.5gr/l logro una remoción de turbidez de 73.75% con turbidez promedio de 31.8 NTU mientras que el mucilago de tuna en base húmeda a dosis de 10ml/l alcanzó una remoción de 63.66% con turbidez promedio de 44.02 NTU. Confirmando que el mucilago de tuna tiene efecto de coagulante natural en la remoción de turbidez. Al respecto nuestra investigación obtuvo inicialmente una turbidez de 491 NTU, la que alcanzó a 228 NTU, es decir se logró una remoción de turbidez de 52.8%.

Según Castellanos y Mamani (2020) determinó que el tratamiento (20 ml de mucilago y 40 ml de sulfato de aluminio) para 1 litro de agua residual es el eficiente debido que los resultados cumplen con los límites máximos permisibles para los efluentes de planta de tratamiento, debido a que en los sólidos suspendidos totales (SST) se adquirió un porcentaje de remoción de 96.55%, en el DBO una remoción del 96.29% y en el DQO un 94.93 % de remoción, evidenciando que el coagulante es una buena opción para el tratamiento de las aguas residuales. Mientras que los resultados de esta investigación en los sólidos suspendidos totales (SST) obtuvo una remoción del 28.3%, en el DBO una remoción del 52.89% y en el DQO un 54.2% de remoción. Esta variación se da ya que en esta investigación se trabajó de acuerdo al nivel de concentración del mucilago de *Opuntia ficus indica* sin necesidad de emplear otro componente ya que por sí solo es un coagulante natural.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

El mucilago de *Opuntia ficus-indica* se adquirió de cladodios jóvenes de 1 año de edad aproximadamente, después de un proceso de selección, desespinado, lavado, cortado, cocción y adición de agua en proporción de 1: 0.5 (mucilago: agua potable), triturado, filtrado, reposo, secado al horno a temperatura de 100°C, se culmina con el proceso de pulverización.

Se concluye en esta investigación que la adición de concentración de mucílago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm influyó positivamente en el tratamiento de aguas de la laguna de oxidación “Las Gaviotas” de Nuevo Chimbote, con fines de uso agrícola. Puesto que, los resultados obtenidos en los parámetros físico-químicos son: 7.49 PH, Turbidez 228 UNT, Sólidos Totales Disueltos 669 mg/L, Conductividad 1330 uS/cm, Oxígeno Disuelto <0.3 mg/L; los que se encuentran por debajo del límite máximo permisible para agua de riego descritos en el D.S. 015-2015-MINAM. Visualizando una disminución significativa con respecto a los valores iniciales, evidenciando que el mucilago presenta propiedades como coagulante-floculante.

En merito a su mayor influencia significativa del mucilago, se menciona al parámetro físico químico del PH ya que al inicio se obtuvo un valor de 5.13 sin adición de mucilago y al finalizar la adición de mucilago al  $4 \times 10^4$  ppm, se obtuvo un valor de 7.49 siendo este el más representativo por encontrarse entre los valores permisibles cumpliendo así con los parámetros para agua de consumo humano (6.5 – 8.5), descritos en el D.S. 015-2015-MINAM y guía para la calidad del agua de consumo humano OMS.

En cuanto a metales pesados como: Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Litio, Manganeso, Níquel, Fosforo, Plomo, Selenio, tras el empleo de la técnica analítica “espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES)”, se demostró que están dentro de los valores permisibles de metales para el agua de riego descritos en el D.S. 015-2015-MINAM. Con relación al metal pesado que más predomina luego del tratamiento con mucilago de *Opuntia ficus indica*, en la adición de  $4 \times 10^4$  ppm, da como resultado al metal pesado del sodio con 116.50 mg/L.

Al respecto, del parámetro PH inicial de la laguna de oxidación fue 5,13. La cual no cumplía con los límites máximos permisibles para los efluentes PTAR comprendidos entre (6.5 - 8.5) según DS N°003-2010-MINAN.

Finalmente concluimos que el mucilago de *Opuntia ficus indica* de acuerdo a los estudios realizados en esta investigación es una alternativa efectiva para la eliminación de contaminantes en aguas residuales domésticas ya que el mucilago está compuesto de glucosa, la cual es soluble en el agua, permitiendo absorber los contaminantes y siendo estos eliminados.

### **RECOMENDACIONES**

En este tipo de investigación, prevenir utilizar cladodios (pencas de tuna) que visiblemente cuenten con un alto nivel de madurez debido a que perjudicará los resultados, verificar siempre que las pencas de las tunas cuenten con una tonalidad de color verde (cáscara) el cual ayudará a que sea más factible el proceso de pelado y trozado del mismo.

Usar EPP'S al realizar el acopio y aseo de los cladodios, para evitar inconvenientes ya que contiene gran cantidad de espinas.

Probar el desempeño del coagulante natural a partir de la penca de la Tuna, en la coagulación y floculación de otros tipos de efluentes industriales, así como también, innovar adicionando otros componentes ecoamigables con el medio ambiente para obtener valores permisibles en el DQO y DBO<sub>5</sub> de las propiedades físico – químicas.

Implementar opciones técnicas que busquen aprovechar de forma intensiva este recurso (*Opuntia ficus- indica*) así como el funcionamiento de laboratorios con utensilios y equipos que ayuden a que el proceso de extracción sea más rápido y efectivo.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ansalde, C. (2019). Eficiencia de la *Opuntia ficus-indica* y *Moringa oleífera* para mejorar la calidad de aguas residuales. Lima.
- Castellanos, J. y Mamani, E. (2020). Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales por las lagunas de oxidación/estabilización del sector Mukuraya. (Tesis para obtener el título de ingeniero químico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa), Arequipa.
- Llorenty, S. (2020). Evaluación de la depuración de aguas residuales domesticas con el mucílago de la tuna (*opuntia ficus-indica*). (Tesis para obtener el título de ingeniero ambiental, Universidad Agraria del Ecuador), Ecuador.
- Mogrovejo, H. (2023). Efecto del mucilago de *opuntia ficus indica* (tuna) como coagulante natural y coadyuvante al sulfato de aluminio en el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la laguna de estabilización de Querapata, Distrito de Chinchero. Cusco, Perú.
- Moreno, C. (2023). Evaluación y eficiencia de la calidad del agua de las lagunas de estabilización. Nuevo Chimbote, Perú.
- Gligo, N y otros.(2020). La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe. Santiago: ISBN: 978-92-1-122043-8
- OEFA. (2019). Fiscalización ambiental de aguas residuales. Lima
- OMS. (2019). Guías para el saneamiento y la salud. Ginebra: ISBN 978-92-4-351470-3
- OMS. (2021). Progreso en el tratamiento de las aguas residuales. Ginebra: ISBN 978-92-1-132878-3
- Quispe, E. y Torres, R. (2024). Remoción de metales pesados utilizando mucílago de cactus en la laguna Smelter de Cerro de Pasco. Huancayo, Perú.
- Ramos, R, (2021). El agua en el medio ambiente - Muestreo y análisis. Baja California: ISBN 970-9051-62 8.
- SENASBA. (2019). Guía de operación y mantenimiento de lagunas de oxidación en plantas de tratamiento de aguas residuales. Bolivia.

- SUNASS. (2023). Evaluación conjunta de los progresos a nivel de país y compromisos desde la Agenda de acción del agua, Lima. Obtenido de <https://www.mesadeconcertacion.org.pe/storage/documentos/2023-12-13/03-richard-acosta-ppt-sunass.pdf>
- UNESCO. (2022). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos: Agua para la prosperidad y la paz. Paris: ISBN 978-92-3-300229-6
- Vargas, J (2018). Evaluación de la eficiencia de la tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales. (Tesis para obtener el título de ingeniero químico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo), Ecuador.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1: FICHA DE RESULTADOS DE LA ELABORACIÓN DE MUCILAGO DE *Opuntia ficus indica*

	MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL				CÓDIGO: MGA-FR-01				
					VERSIÓN: 001				
	<b>FICHA DE RESULTADOS DE LA ELABORACION DE MUCILAGO DE OPUNTIA FICUS - INDICA</b>				AÑO: 2024				
<b>1. LUGAR DE EXTRACCIÓN</b>									
<b>LOCALIDAD</b>		<b>DISTRITO</b>		<b>PROVINCIA</b>		<b>DEPARTAMENTO</b>			
CC.PP. TANGAYBAJO		NUEVO CHIMBOTE		SANTA		ANCASH			
<b>2. CLASIFICACIÓN CIENTIFICA DE LA MATERIA PRIMA. NOMBRE BINOMIAL: OPUNTIA FICUS-INDICA</b>									
<b>REINO</b>	<b>DIVISIÓN</b>	<b>CLASE</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>SUBFAMILIA</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>ESPECIE</b>		
PLANTAE	MAGNOLIOPHYTA	MAGNOLIOPSIDA	CARYOPHILLALES	CACTACEAE	OPUNTOIDEAE	OPUNTIA	FICUS-INDICA		
<b>3. PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE CLADODIO</b>									
<b>N°</b>	<b>LARGO (promedio)</b>	<b>ANCHO (promedio)</b>		<b>PERÍMETRO (promedio)</b>		<b>ESPESOR (promedio)</b>			
Cladodio 1	0.38 cm	0.17 cm		1.09 m		2.30 cm			
Cladodio 2	0.51 cm	0.21 cm		1.10 m		2.98 cm			
Cladodio 3	0.49 cm	0.25 cm		1.12 m		2.70 cm			
Cladodio 4	0.46 cm	0.23 cm		1.20 m		4.00 cm			
Cladodio 5	0.43 cm	0.18 cm		1.05 m		3.60 cm			
<b>4. EXTRACCIÓN DEL MUCILAGO DE OPUNTIA FICUS-INDICA</b>									
<b>PESO MUESTRA SELECCIONADA (kg)</b>	<b>PESO DE MUESTRA EN MAL ESTADO (kg)</b>	<b>% DEFECTO</b>	<b>PESO DE MUESTRA EN BUEN ESTADO (kg)</b>	<b>PESO MUESTRA TROCEADO (kg)</b>	<b>% REND.</b>	<b>P. DE MUESTRA MACERADO (M-A-1:0.5) (kg)</b>	<b>PESO DE MUESTRA FILTRADO (kg)</b>	<b>% REND.</b>	<b>FOTO REPRESENTATIVA DE LA MUESTRA</b>
13.955	3.61	25.87%	10.345	10.345	100.00%	15.52	15.02	96.81%	
<b>FECHA DE LA OBTENCIÓN DE LAS PENCAS</b>			<b>FECHA DE LA EXTRACCIÓN DEL MUCILAGO</b>			<b>LUGAR DONDE SE PROCEDIÓ A LA EXTRACCIÓN DEL MUCILAGO</b>			
<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	A.H. LAS PALMAS, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, SANTA, ANCASH			
04	04	2024	10	04	2024				
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO</b>									
<p>Una vez obtenida las pencas de tuna se procede a tomar las medidas respectivas de las muestras, posteriormente se procede a pesar la muestra (muestra seleccionada). Continuamos con el lavado y el retiro de las espinas. Posteriormente se realiza el corte en trozos de 2 cm x 2 cm aproximadamente separando la muestra en buen estado de la defectuosa y procedemos a obtener el peso de cada una. Continuamos con el macerado en proporción 1:0.5 del peso de la muestra cortada con agua potable. Para finalizar, se procede a realizar el filtrado del mucilago, separando la parte sólida para su posterior eliminación, para ello se utilizó un colador de plástico. Terminamos pesando la cantidad de mucilago obtenido, el cual es de 15.02 kg con un rendimiento de 96.81% del peso en el proceso de macerado.</p>									
<b>6. PULVERIZACIÓN DE MUCÍLAGO</b>									
<b>PESO MUESTRA FILTRADO (kg)</b>	<b>TEMPERATURA- HORNO (°C)</b>	<b>TIEMPO DE SECADO (hrs)</b>	<b>PESO DE MUESTRA SECA (gr)</b>	<b>PESO DE MUESTRA PULVERIZADA (gr)</b>		<b>% REND.</b>	<b>LUGAR DONDE SE PROCEDIÓ AL SECADO DE MUCÍLAGO (HORNO)</b>	<b>FOTO REPRESENTATIVA DE LA MUESTRA</b>	
15.02	100	24	338	318		2.12%	LABORATORIO GEOMG SAC		
<b>INGRESO - HORNO</b>			<b>SALIDA - HORNO</b>				<b>LUGAR DONDE SE PROCEDIÓ A LA MOLIEDA Y PULVERIZADO</b>		
<b>HORA</b>	<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>HORA</b>	<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>		
10:20 a. m.	11	4	2024	10:20 a. m.	12	4	2024	A.H. LAS PALMAS, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, SANTA, ANCASH	
<b>7. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE PULVERIZACIÓN DE MUCÍLAGO</b>									
<p>Luego del secado de la muestra se procede con la pulverización con ayuda del molino manual, obteniendo una muestra final de 318 gr. El cual servirá de adición en las aguas residuales.</p>									
<b>ITEM</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>						<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	
1	TINA						und.	1.00	
2	BALDE						und.	1.00	
3	CUCHILLO						und.	1.00	
4	BALANZA						und.	1.00	
5	FLEXOMETRO						und.	1.00	
6	VERNIER DIGITAL						und.	1.00	
7	TABLA PARA PICAR						und.	1.00	
8	AGUA						lt.	5.17	
9	COLADOR DE PLÁSTICO						und.	1.00	
10	ENVASE DE PLÁSTICO						und.	1.00	
11	CLADODIO (PENCAS DE TUNA)						und.	1.00	
12	HORNO						und.	1.00	
13	MOLINO MANUAL						und.	1.00	

FUENTE: Propia

## ANEXO 2: RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240423-006

Pág. 1 de 3

SOLICITADO POR : BRIGGITTE LISBETH CUBAS GARCIA.  
DIRECCIÓN : AA.HH. Villa Las Palmas Mz. J Lote 17 Nuevo Chimbote.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL.  
LUGAR DE MUESTREO : Poza de Oxidación.  
MÉTODO DE MUESTREO : Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales PTAR. R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.  
PLAN DE MUESTREO : C24-0782  
ACTA DE MUESTREO : AC 240423-006  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : Temperatura Ambiente.  
FECHA DE MUESTREO : 2024-04-23  
CANTIDAD DE MUESTRA : 06 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frascos de plástico, frascos de vidrio ámbar y transparente con tapa cerrada.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado. Refrigeradas.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-23  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2024-04-23  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2024-05-05  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 240423-6

#### RESULTADOS

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN	17L0774374	8986067

Datum: WGS 84 Zona 18

#### ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L) Limite de Detección : -; Limite de Cuantificación : 2mg/L	2 076
Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Limite de Detección : 5mg/L; Limite de Cuantificación : 16mg/L	2 767
D.Q.O. (mg/L) Limite de Detección : 4mg/L; Limite de Cuantificación : 12mg/L	3 356
Oxígeno Disuelto (mg/L) Limite de Detección : 0.1mg/L; Limite de Cuantificación : 0.3mg/L	0 5
*) Turbidez (NTU)	491
**) pH	5,13
Conductividad (uS/cm)	1 845

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

### COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
www.colecbi.com.



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240423-006

Pág. 2 de 3

ENSAYOS METALES

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	1,32
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,495
Bario (Ba)	0,003	0,082
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	62,27
Cadmio (Cd)	0,0001	<0,0001
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0052
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	<0,002
Hierro (Fe)	0,002	11,260
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	65,6
Litio (Li)	0,003	0,048
Magnesio (Mg)	0,02	130,80
Manganeso (Mn)	0,0003	0,8963
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	121,200
Níquel (Ni)	0,0006	<0,0006
Fósforo (P)	0,01	6,19
Plomo (Pb)	0,002	<0,002
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	0,005
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	0,01	23,36
Estaño (Sn)	0,003	0,013
Estroncio (Sr)	0,0003	0,4921
Titanio (Ti)	0,0007	<0,0007
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,029
Zinc (Zn)	0,002	1,158

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
www.colecbi.com.





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240429-005**

Pág. 1 de 3

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	: BRIGGITE LISBETH CUBAS GARCIA.
DIRECCIÓN	: AA.HH. Villa Las Palmas Mz. J Lote 17 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL.
LUGAR DE MUESTREO	: Poza de Oxidación.
MÉTODO DE MUESTREO	: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales PTAR. R.M. N° 273-2013-VIVIENDA
PLAN DE MUESTREO	: C24-0782
ACTA DE MUESTREO	: AC 240423-005
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: Temperatura Ambiente.
FECHA DE MUESTREO	: 2024-04-23
CANTIDAD DE MUESTRA	: 12 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frascos de plástico, frascos de vidrio ámbar y transparente con tapa cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado. Refrigeradas.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2024-04-29
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2024-04-29
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2024-05-11
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 240429-2

**RESULTADOS**

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN	17L0774374	8986067

Datum: WGS 84 Zona 18

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRAS	
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN 2	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN 3
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L) Limite de Detección : -; Limite de Cuantificación : 2mg/L	1.861	978
Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Limite de Detección : 5mg/L; Limite de Cuantificación : 16mg/L	2.540	1.983
D.Q.O. (mg/L) Limite de Detección : 4mg/L; Limite de Cuantificación : 12mg/L	2.445	1.536
Oxígeno Disuelto (mg/L) Limite de Detección : 0,1mg/L; Limite de Cuantificación : 0,3mg/L	<0,6	0,7
(*) Turbidez (NTU)	200	232
(**) pH	5,04	5,76
Conductividad (uS/cm)	1.752	1.591

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240429-005

Pág. 2 de 3

ENSAYOS METALES

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN 2	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN 3
Plata (Ag)	0,002	<0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	3,73	0,76
Arsénico (As)	0,005	<0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,348	0,364
Bario (Ba)	0,003	0,073	0,054
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	68,100	66,220
Cadmio (Cd)	0,0001	0,001	<0,0001
Cerio (Ce)	0,009	<0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0033	0,0006
Cromo (Cr)	0,0003	0,0004	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	0,002	<0,002
Hierro (Fe)	0,002	26,520	5,821
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	68,500	46,670
Litio (Li)	0,003	0,065	0,045
Magnesio (Mg)	0,02	131,500	74,250
Manganeso (Mn)	0,0003	0,8451	0,489
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	130,40	123,00
Niquel (Ni)	0,0006	0,025	<0,0006
Fósforo (P)	0,01	5,110	3,132
Plomo (Pb)	0,002	<0,002	<0,002
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005	<0,005
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0,01	23,103	23,101
Estaño (Sn)	0,003	0,023	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,4810	0,454
Titanio (Ti)	0,0007	0,015	<0,0007
Talio (Tl)	0,002	<0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,034	0,025
Zinc (Zn)	0,002	1,1681	<0,002

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

[www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240429-005**

Pág. 3 de 3

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Demanda Bioquímica de Oxígeno** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. (Incluye MUESTREO). Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

**Demanda Química de Oxígeno** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 24th Ed. 2023. (Incluye MUESTREO). Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Titrimetric Method.

**Sólidos Totales Disueltos** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023 (Incluye MUESTREO). Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.

**Turbidez** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130B, 24th Ed. 2023.

**pH** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. (Incluye MUESTREO). pH Value. Electrometric Method.

**Conductividad** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023. (Incluye MUESTREO). Conductivity. Laboratory Method.

**Oxígeno Disuelto** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24th Ed. 2023. (Incluye MUESTREO). Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

**METALES TOTALES Y DISUELTOS POR ICP-OES (Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Niquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Silice, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc)** : EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994 (Incluye MUESTREO). Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :  
**Proporcionadas por el Solicitante ( ) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ( X )**
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- La medición de pH y Temperatura fue tomada en campo.
- COLECBI S.A.C. no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos 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.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI ( ) NO ( X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Mayo 13 del 2024.

GVR/jms

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 10  
Fecha 2023-09-15

*(Firma)*  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Presidente de Laboratorio  
SOLUCIONES TECNOLÓGICAS  
L.E.P. 146  
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
www.colecbi.com.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240523-004**

Pág. 1 de 3

SOLICITADO POR : **BRIGGITTE LISBETH CUBAS GARCIA.**  
 DIRECCIÓN : AA.HH. Villa Las Palmas Mz. J Lote 17 Nuevo Chimbote.  
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.  
 PRODUCTO DECLARADO : **AGUA RESIDUAL.**  
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.  
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.  
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.  
 ACTA DE MUESTREO : NO APLICA.  
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA.  
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA.  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 07 muestras.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frascos de plástico, frascos de vidrio ámbar y transparente con tapa cerrada.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado. Refrigeradas.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-05-23  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2024-05-23  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2024-06-04  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
 CÓDIGO COLECBI : **SS 240523-4**

**RESULTADOS**

Punto de Control	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
<b>SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN</b>	17L0774374	8986067

Datum: WGS 84 Zona 18

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRAS
	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L) Limite de Detección : - ; Limite de Cuantificación : 2mg/L	300
Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Limite de Detección : 5mg/L; Limite de Cuantificación : 16mg/L	669
D.Q.O. (mg/L) Limite de Detección : 4mg/L; Limite de Cuantificación : 12mg/L	467
Oxígeno Disuelto (mg/L) Limite de Detección : 0,1mg/L; Limite de Cuantificación : 0,3mg/L	<0,3
(*) Turbidez (NTU)	228
(**) pH	7,49
Conductividad (uS/cm)	1 330

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.  
 (\*\*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 www.colecbi.com.



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20240523-004

Pág. 2 de 3

ENSAYOS METALES

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	SALIDA DE POZA DE OXIDACIÓN
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,12
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,240
Bario (Ba)	0,003	0,015
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	45,420
Cadmio (Cd)	0,0001	<0,0001
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	<0,0006
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	<0,002
Hierro (Fe)	0,002	0,155
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	25,310
Litio (Li)	0,003	0,040
Magnesio (Mg)	0,02	10,640
Manganeso (Mn)	0,0003	0,074
Molibdano (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	116,50
Níquel (Ni)	0,0006	<0,0006
Fósforo (P)	0,01	7,098
Plomo (Pb)	0,002	<0,002
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	0,007
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0,01	22,053
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,242
Titanio (Ti)	0,0007	<0,0007
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,006
Zinc (Zn)	0,002	0,027

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

[www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



ANEXO 3: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA Y ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS PARA SU APLICACIÓN - D.S. 015 – 2015- MINAM

569076

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano

PODER EJECUTIVO

AMBIENTE

**Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación**

DECRETO SUPREMO  
N° 015-2015-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la citada ley, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

**Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.**

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

**Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas**

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

**Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.**

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente

**Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.**

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

**Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.**

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

**Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso**

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

6.1. El Titular de la actividad extractiva, productiva y de servicios en curso evalúa si las obligaciones ambientales contenidas en su instrumento de gestión ambiental vigente requieren ser modificadas en virtud a los ECA para Agua establecidos en la presente norma, de modo que su actividad no afecte los cuerpos de agua existentes en el área de influencia de sus operaciones.

6.2. El Titular tiene un plazo de seis (6) meses, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente norma, para comunicar a la autoridad ambiental competente si los valores de los ECA para Agua ameritan la modificación de su instrumento de gestión ambiental vigente.

A partir de la fecha de la comunicación formulada a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación del mencionado instrumento de gestión ambiental.

6.3. La Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de noventa (90) días calendario para evaluar y aprobar el Plan de Manejo Ambiental presentado. En el marco del plazo descrito, la Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario para revisar y remitir las observaciones al Titular respecto al Plan de Manejo Ambiental presentado, en caso corresponda. El Titular tiene un plazo máximo de treinta (30) días calendario para la presentación del levantamiento de las observaciones que haya efectuado la Autoridad Ambiental Competente al Plan de Manejo Ambiental presentado.

6.4. El plazo máximo para la implementación de las medidas de adecuación, contenidas en la modificación del instrumento de gestión ambiental, es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

6.5. Si el titular no formula comunicación ni presenta la modificación de su instrumento de gestión ambiental dentro de los plazos descritos en el presente artículo, son de referencia automática los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 del presente decreto supremo.

La solicitud de modificación no suspende la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en instrumentos de gestión ambiental previamente aprobados por la Autoridad Ambiental Competente, ni el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, según corresponda.

#### Artículo 7.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Agricultura y Riego, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud y el Ministro del Ambiente.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

**Primera.-** Para efectuar los monitoreos en aplicación de la presente norma, la autoridad ambiental competente debe considerar los parámetros asociados prioritariamente a la actividad extractiva, productiva o de servicios y a aquellos que permitan caracterizar las condiciones naturales de la zona de estudio o el efecto de otras descargas en la zona.

**Segunda.-** La entidad de fiscalización ambiental supervisa, una vez concluido el plazo para la implementación del instrumento de gestión ambiental correspondiente, que las actividades extractivas, productivas y de servicios realicen sus operaciones considerando los valores y parámetros establecidos en la presente norma.

**Tercera.-** El Titular de la actividad minera que se encuentre implementando su instrumento de gestión ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM o el Plan Integral, aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha autoridad si el plan aprobado requiere ser modificado, a fin de guardar relación con los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

A partir de la fecha de la comunicación a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.

El proceso de evaluación y aprobación del Plan Integral presentado por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación de la modificación del Plan Integrado por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

La solicitud de modificación no suspende la obligación de cumplir, como mínima exigencia, con los valores de Límites Máximos Permisibles (LMP) anteriormente aprobados contenidos en su instrumento de gestión ambiental vigente, hasta la conclusión del proceso de adecuación.

En caso el Titular minero no cumpla con informar a la Autoridad Ambiental Competente la necesidad de la modificación o no presente la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental correspondiente en los plazos establecidos en la presente disposición, se le aplican los compromisos asumidos y el cronograma de ejecución consignado en el Plan Integral aprobado.

**Cuarta.-** El Titular de la actividad minera que haya cumplido con presentar un Plan Integral, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM; pero que a la fecha de la publicación de la presente norma no cuente con la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha Autoridad Ambiental si el Plan Integral presentado requiere una actualización a los valores de los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

Efectuada dicha comunicación, la Autoridad Ambiental Competente devuelve el expediente respectivo al Titular minero en el plazo máximo de diez (10) días calendario. A partir de la fecha de la referida devolución el Titular minero tiene un plazo de doce (12) meses para presentar una actualización del Plan Integral inicialmente presentado.

El proceso de evaluación y aprobación de la actualización del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

Si el Titular minero no comunica al Ministerio de Energía y Minas la necesidad de actualizar el Plan Integral que fuera presentado, se entiende que no requiere modificar dicho proyecto de instrumento de gestión ambiental, reanudándose su evaluación.

En caso que el Titular minero, habiendo notificado a la DGAAM del Ministerio de Energía y Minas su disposición a actualizar el Plan Integral presentado no presente dicha actualización en los plazos señalados, puede ser pasible de las sanciones que correspondan por la afectación de la eficacia de la fiscalización ambiental.

**Quinta.-** En un plazo no mayor a seis (6) meses mediante Resolución Ministerial el Ministerio del Ambiente establece las condiciones sobre los métodos de ensayo aplicables a la medición de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por la presente norma.

#### DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

**Única.-** Modificación del artículo 2 de las Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

**“Artículo 2.-** Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

**Categoría 1: Poblacional y Recreacional****Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable****A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(...)

**Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación**

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

**Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales****Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras**

(...)

**Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

(...)

**Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras**

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

**Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

**Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales****Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.**

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

**Sub Categoría D2: Bebida de Animales.**

(...)

**Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...)

**Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos**

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

**Sub Categoría E2: Ríos**

(...)

**Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros**

(...)

**Marino.-** Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional."

(...)

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO  
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS  
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA  
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS  
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA  
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Potabilizadas con Tratamiento Avanzado

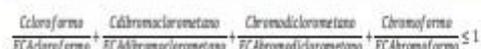
FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala PtCo	15	100 (aj)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 800	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	3	3	**
Amoníaco - N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2-Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0005	0,0005	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCF)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados:</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0005	0,0005	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamatos:</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>Policloros Bifenilos Totales</b>				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
Vibrio cholerae	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>4</sup>	<5x10 <sup>4</sup>

- (a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
- (b) Después de la filtración simple
- (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:



Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

### CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cloruro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cloruro Wad	mg/L	0,06	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuro	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Plata	mg/L	0,01	0,05
Ponio	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Urano	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	E.coli/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parásitas	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella sp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

### CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR		AGUA CONTINENTAL	
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>					
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cloruro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (c)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuro	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>					
Amoniaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00054	0,0001	0,0016	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
<b>ORGÁNICO</b>					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
<b>ORGANOLÉPTICO</b>					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
<b>POLICLORUROS BIFENLOS TOTALES</b>					
(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
<b>MICROBIOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	≤14 (Área Aprobada)(c)	≤30	1 000	200
	NMP/100 mL	*≤88 (Área restringida)(c)			

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

**Área Restringida:** Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

(1) Nitrógeno Amoniaco para Aguas Dulce :

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniacal en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH3)

Temp (°C)	pH							
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,25	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,063	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota: Las mediciones de amoniacal total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoniacal total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH3) se pueden convertir a mg/L de amoniacal total - N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado pauta para las aguas marinas

**CATEGORÍA 3**

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cloruro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala P/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	100	100
Nitros (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
Zinc	mg/l	2	24
<b>FLAGUICIDAS</b>			
Parathión	ug/l	35	35
<b>Organoclorados</b>			
Aldrin	ug/l	0,004	0,7
Dieldrin	ug/l	0,006	7
DDT	ug/l	0,001	30
Endrin	ug/l	0,5	0,5
Endosulfan	ug/l	0,01	0,01
Endrin	ug/l	0,004	0,2
Hepclorob y heptclorob epóido	ug/l	0,01	0,03
Lindano	ug/l	4	4
<b>CARBAMATO:</b>			
Aldicarb	ug/l	1	11
<b>POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES</b>			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos Intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)  
(b) Después de Filtración Simple.

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

#### CATEGORIA 4

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS ESTUARIOS MARINOS	
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>						
Acidos y grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala PNCs	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad (µS/cm)		1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fosfatos	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS ESTUARIOS MARINOS	
Sulfuro	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,01	1,5	0,01	**	**
Aséptico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0068	0,0068
Cobalto	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Potasio	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
<b>Hidrocarburos</b>						
totales de petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
n-TTP						
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzopireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>FLAGUICIDAS</b>						
<b>Organoclorados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>ORGANOCLODRADOS</b>						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Dieldrin	mg/L	0,000043	0,000043	0,000043	0,00004	0,00004
DDT (Suma de DDE, DDD y DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Daldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Hepclorob	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Hepclorob epóido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentadecorob (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>CARBAMATO:</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
<b>POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES</b>						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
<b>Coliformes</b>						
Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)  
(b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

#### NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

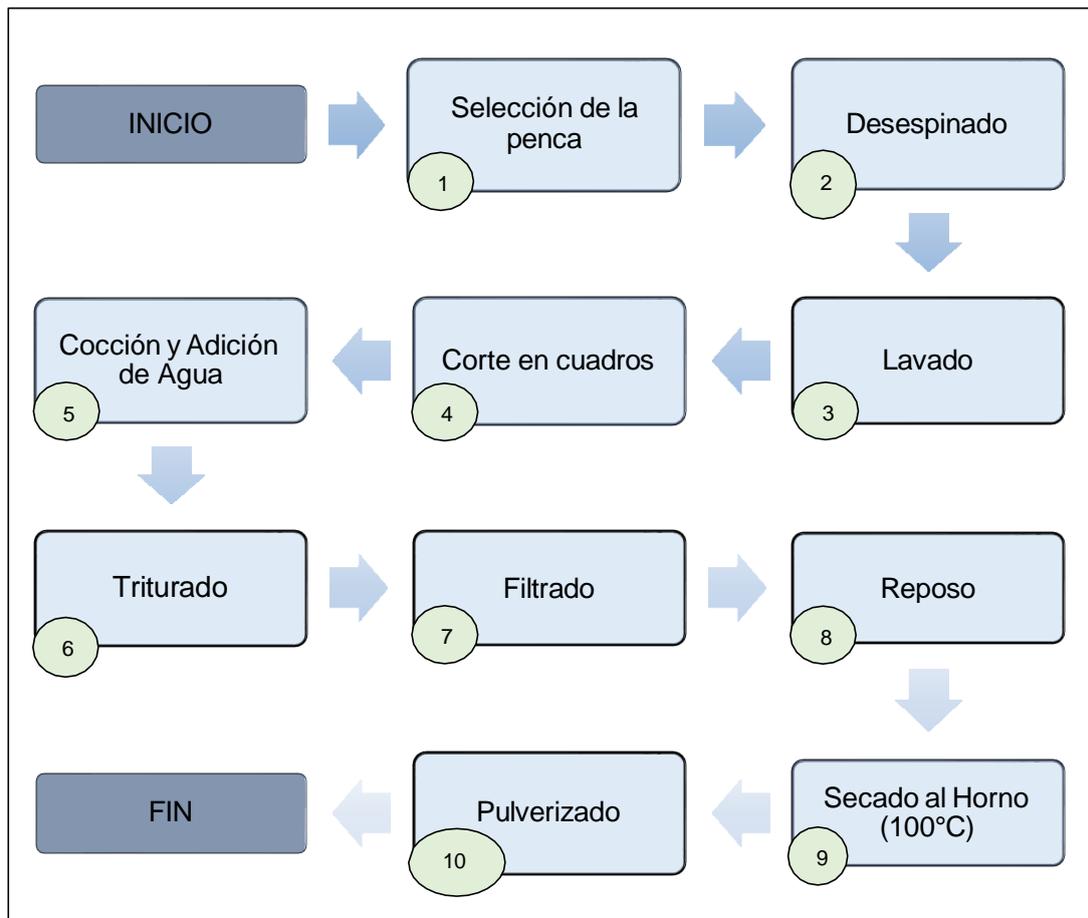
- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1325630-1

#### ANEXO 4: PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE PULVERIZACIÓN DE *Opuntia ficus indica* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Para la obtención de concentraciones de *Opuntia ficus indica*, extracción del mucilago de tuna, se procedió a seguir la metodología detallada en el siguiente diagrama de flujo:



FUENTE: Llorenty, 2020.

Como primer paso, se realiza la visita al Centro Poblado Tangay bajo, de Nuevo Chimbote, para la recolección y selección de 5 cladodios o pencas de tunas.

Figura N° 1: Selección de Cladodio o penca de Tunas - CC.PP. Tangay Bajo



Figura N° 2: Selección de 5 Cladodios



Como segundo paso, se realiza el desespinado de los cladodios y se procede a la toma de sus medidas como largo, ancho, espesor y perímetro.

PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE CLADODIO				
N°	LARGO (promedio)	ANCHO (promedio)	PERÍMETRO (promedio)	ESPESOR (promedio)
<b>Cladodio 1</b>	0,38 cm	0,17 cm	1,09 m	2.30 cm
<b>Cladodio 2</b>	0,51 cm	0,21 cm	1,10 m	2.98 cm
<b>Cladodio 3</b>	0,49 cm	0,25 cm	1,12 m	2.70 cm
<b>Cladodio 4</b>	0,46 cm	0,23 cm	1,20 m	4.00 cm
<b>Cladodio 5</b>	0,43 cm	0,18 cm	1,05 m	3.60 cm

Estos 5 Cladodios pesaron un total de 13.955 kg.

Figura N° 3: Pencas seleccionadas para realizar el mucilago



Figura N° 4: Desespinado de Cladodio



Figura N° 5: Toma de medida de Cladodio - largo



Figura N° 6: Toma de medida de Cladodio - ancho



Figura N°7: Toma de medida de Cladodio - espesor



Figura N° 8: Toma de medida de Cladodio - perímetro



Como tercer paso, se realiza el lavado y secado de los cladodios

Figura N° 9: Lavado de Cladodio



Figura N° 10: Secado de Cladodio



Como cuarto paso, se pela los cladodios, para luego cortar en cuadros de aproximadamente 2 x 2 cm, a fin de facilitar la cocción.

Figura N° 11: Cladodio a cortar



Figura N° 12: Corte de cladodio



Figura N° 13: Pelado de Cladodio



Figura N° 14: Cortes de cladodio en cuadros de aproximadamente 2x2 cm



Se desinfecta con agua oxigenada el recipiente que contendrá a los cladodios cortados.

Figura N° 15: Desinfección de recipiente



Previo al siguiente paso, se pesa los cladodios cortados. Obteniéndose un total de 10.345 kg.

Figura N° 16: Cladodios pelados y cortados en cuadros de 2x2cm



Como quinto paso, se realizó la cocción y adición de agua en proporción M: A - 1:0.5. Es decir, se adicionará la mitad de agua del peso del mucilago. La cocción se realiza hasta que la materia prima esté blanda.

Figura N° 17: Cocción de cladodios



Dejamos enfriar a temperatura ambiente, por un tiempo de media hora.

Figura N° 18: Enfriado



Una vez fría la muestra, realizamos el sexto paso, licuamos por un tiempo aproximado de 1 minuto.

Figura N° 19: Licuado para obtener mucilago



Como séptimo paso, procedemos a filtrar la muestra con ayuda de un colador, con la finalidad de que el mucilago esté libre de impurezas.

Figura N° 20: Filtrado de mezcla



Como octavo paso, ponemos en reposo el mucilago, por un tiempo de 6 horas y luego lo pesamos. Obteniendo un peso de mucilago filtrado de 15.02 kg.

Figura N° 21: Mucilago en reposo



Como noveno paso, vertemos la mezcla en un molde rectangular, expandimos la mezcla en todo el molde hasta que quede uniforme.

Figura N° 22: Molde rectangular



Figura N° 23: vertemos el mucilago en el molde rectangular



Figura N° 24: Expandimos la mezcla en molde rectangular



Precaentamos el horno e ingresamos nuestra muestra para que inicie el proceso de secado por 24 horas a una temperatura de 100°C.

Figura N° 25: Ingreso de muestra al horno



Figura N° 26: Proceso de secado por 24 horas



Luego de las 24 horas, retiramos la muestra seca.

Figura N° 27: Mucilago seco



Como décimo paso, procedemos a trozar la muestra seca en pequeños trozos, con la finalidad que pueda ingresar al molino manual y se puede lograr la pulverización.

Figura N° 28: Mucilago seco, en trozos pequeños



Previo al inicio del proceso de molienda y pulverizado, pesamos la muestra. Luego colocamos los pequeños trozos de mucilago en el molino manual.

Figura N° 29: Molino manual



Figura N° 30: Proceso de molienda y pulverizado de mucilago



Finalmente obtenemos el mucilago pulverizado, lo depositamos en un envase para pesarlo, obteniendo un peso de 318 gramos el cual será añadido a las muestras de aguas residuales domésticas.

Figura N° 31: Mucilago de tuna



ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN

Figura N° 32: Laguna de oxidación “Las Gaviotas”



Figura N° 33: Toma de lectura de ubicación con GPS



Figura N° 34: Toma de muestra realizada en colaboración del laboratorio Colecibi



Figura N° 35: *Tomas de muestra para ensayos físico químico*



Figura N° 36: Toma de muestras para ensayos de metales



Figura N° 37: Toma muestras para tratamientos con mucilago de *Opuntia ficus indica*



ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA ADICIÓN DEL MUCILAGO EN LAS MUESTRAS DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN

Figura N° 38: Adición de mucilago de *Opuntia ficus indica* en muestra de agua residual doméstica



Figura N° 39: Efecto de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm con respecto al agua residual doméstica

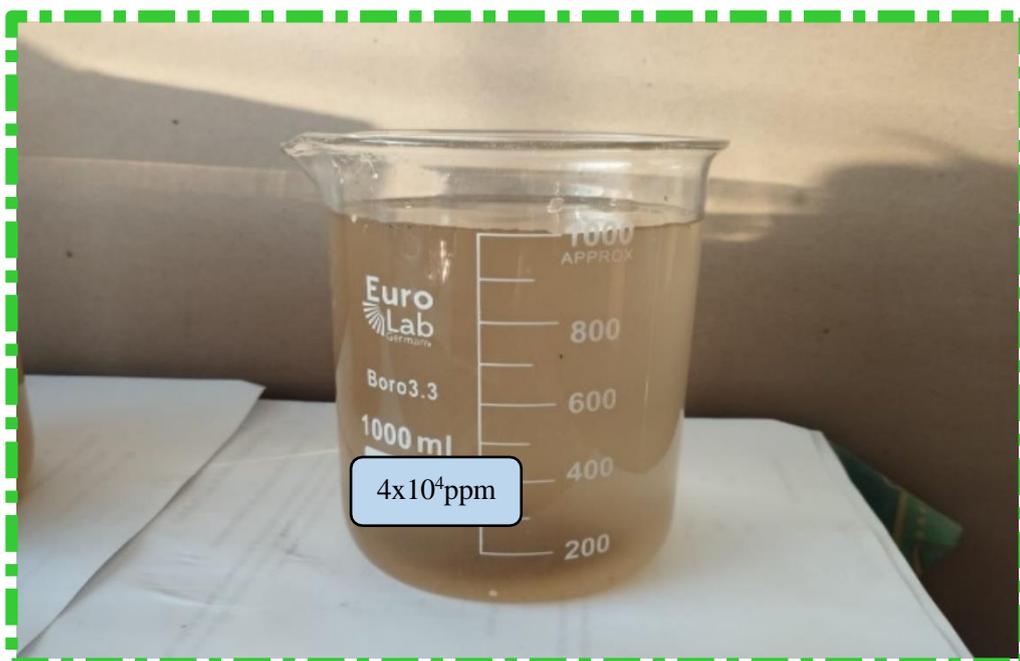


Figura N° 40: Efecto de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $4 \times 10^4$  ppm y al  $2.6 \times 10^4$  ppm con respecto al agua residual doméstica

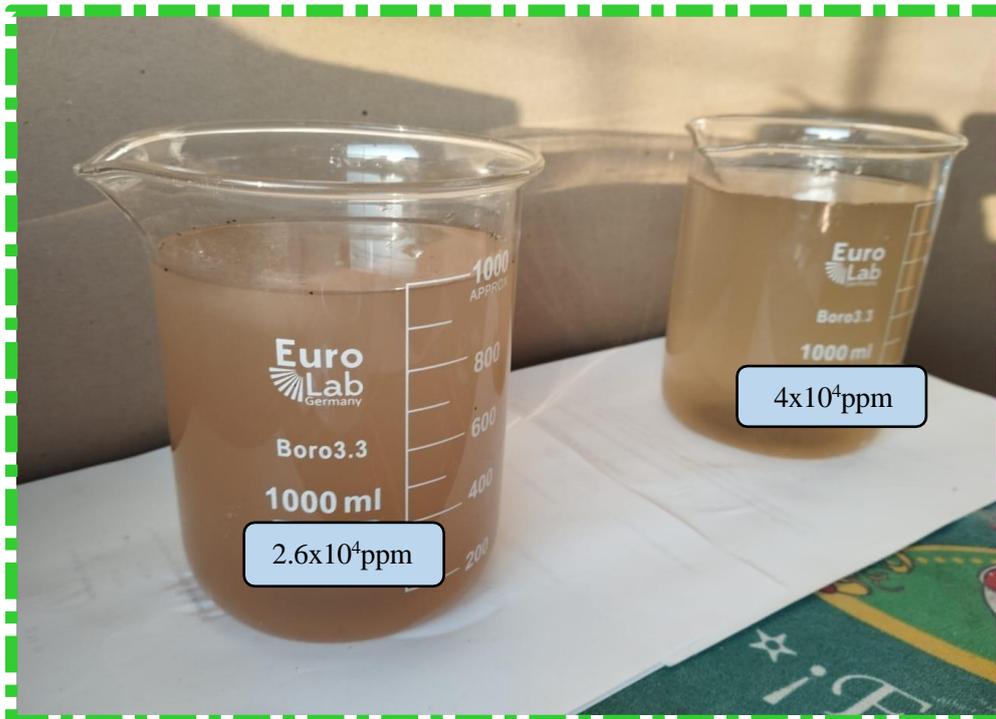


Figura N° 41: Efecto de mucilago de *Opuntia ficus indica* al  $2.6 \times 10^4$  ppm y al  $1.3 \times 10^4$  ppm con respecto al agua residual doméstica

