



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN CON (*Eichhornia*
Crassipes) Y (*Lemna Minor*) EN LAS AGUAS RESIDUALES
MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRICOLA EN EL DISTRITO
DE PAUCARCOLLA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN CO
N (Eichhornia Crassipes) Y (Lemna Minor
) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIP
ALES PARA EL RIEGO AGRICOLA EN EL
DISTRITO DE PAUCARCOLLA**

AUTOR

SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS

RECuento DE PALABRAS

11663 Words

RECuento DE CARACTERES

63646 Characters

RECuento DE PÁGINAS

79 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 20, 2023 1:30 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 20, 2023 1:31 PM GMT-5

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



M.Sc. Percy Arturo Ginez Choque

Resumen



DEDICATORIA

A mis padres Genoveva Vargas y Pedro Contreras, quienes son mi más grande motivación, alentándome en cada paso que doy, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado y sobre todo su amor infinito.

A la Municipalidad Distrital de Paucarcolla por darme la oportunidad de hacer mi tesis.

A mis hermanos, Uriel, Joaquín, Milagros y Ocsal por guiarme en cada paso de mi vida, por estar siempre presentes con sus oraciones, consejos y palabras de aliento ya que hicieron de mí una mejor persona.

A Madeleine por exigirme, por ser buena persona y alentándome en todo momento.

SAUL A. CONTRERAS VARGAS



AGRADECIMIENTOS

Primero quiero Agradecer a nuestro señor creador por otorgar la vida, salud y una familia unida, quienes me apoyan para continuar mis estudios superiores.

Mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, me brindo las aulas Universitarias para completar mi Profesión y obtener mi Título Profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme aceptado ser parte de ella; al personal Docente y Administrativo por transmitir los conocimientos Académicos – Científicos, deseos de superación, triunfo en la vida y demás contribuciones de Orientación Vocacional para la formación profesional como Ingeniero de Agrícola.

A la Municipalidad Distrital de Paucarcolla por darme la oportunidad de hacer mi proyecto, para así poder completar mi carrera profesional.

A mis amigos, y compañeros de aula durante todos los niveles de la universidad, que son una ayuda y gran compañía. Gracias por su cordialidad y afecto que han hecho de que se manifieste lo mejor de mí.

SAULA. CONTRERAS VARGAS



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.1.1. Problema general 17

1.1.2. Problemas específicos..... 17

1.2. HIPÓTESIS 17

1.2.1. Hipótesis General 17

1.2.2. Hipótesis Especificas 18

1.3. JUSTIFICACIÓN 18

1.4. OBJETIVOS 19

1.4.1. Objetivo general 19

1.4.2. Objetivos específicos..... 19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 20



2.1.1. Internacional	20
2.1.2. Nacional.....	21
2.1.3. Regional.....	24
2.2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.2.1. Aguas residuales.....	25
2.2.2. Tratamiento de las aguas residuales	26
2.2.3. Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales ..	27
2.2.3.1. Parámetros físicos.....	27
2.2.3.2. Parámetros químicos	29
2.2.3.3. Parámetros Microbiológicos.....	32
2.2.4. Fitorremediación.....	33
2.2.5. Jacinto de agua (<i>Eichhornia Crassipes</i>).....	33
2.2.6. Lenteja de agua (<i>Lemna Minor</i>)	35
2.2.7. Eficiencia de fitorremediación	35
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	38
3.1.1. Límites	39
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad.....	39
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	41
3.3.1. Población	41
3.3.2. Muestra	41
3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	42



3.4.1. Determinación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales.....	42
3.4.2. Evaluación de la capacidad fitorremediadora de <i>Eichhornia Crassipes</i> y <i>Lemna Minor</i> en la calidad de agua.....	44
3.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	49
4.1.1. Parámetros Físicos.....	49
4.1.2. Parámetros Químico	49
4.1.3. Parámetros Microbiológicos.....	50
4.2. CAPACIDAD FITORREMEIADORA DE (<i>Eichhornia Crassipes</i>) y (<i>Lemna Minor</i>) DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRÍCOLA.....	50
4.3. EFICIENCIA DE FITORREMEIACIÓN CON (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>) Y (<i>LEMNA MINOR</i>) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRÍCOLA.....	52
4.4. DISCUSIÓN.....	59
4.5. PRUEBA DE HIPOTESIS	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES.....	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	70
Anexo 1. Resultados de la muestra inicial de agua.....	71



Anexo 2. Resultado de la muestra a los 15 días.....	72
Anexo 3. Resultado de la muestra a los 30 días.....	74
Anexo 4 . Panel fotográfico de los materiales que se utilizaron.....	77
Anexo 5. Panel fotográfico del proceso de experimentación en el laboratorio agua y suelos facultad de ingeniería agronómica.....	80

Área: Ingeniería y tecnología

Línea: Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 de julio de 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	44
Tabla 2.	Parámetros físicos	49
Tabla 3.	Parámetros químicos	49
Tabla 4.	Parámetros microbiológicos.....	50
Tabla 5.	Capacidad fitorremediadora en los parámetros físicos de las aguas residuales.	50
Tabla 6.	Capacidad fitorremediadora en los parámetros químicos de las aguas residuales.....	51
Tabla 7.	Capacidad fitorremediadora en los parámetros microbiológicos de las aguas residuales.....	52
Tabla 8.	Eficiencia de la fitorremediación de los parámetros fisicoquímicos	52
Tabla 9.	Eficiencia en la remoción de los parámetros microbiológicos	58
Tabla 10.	Estadística de prueba de Wilcoxon	62
Tabla 11.	Prueba de Wilcoxon	62



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	34
Figura 2.	Lenteja de agua (<i>Lemna Minor</i>).....	35
Figura 3.	Ubicación de la zona de estudio Distrito de Paucarcolla – Puno	39
Figura 4.	Vías de acceso al distrito de Paucarcolla – Agua residual	40
Figura 5.	Jacinto de agua de (<i>Eichhornia crassipes</i>)	45
Figura 6.	Lenteja de agua (<i>Lemna minor</i>)	45
Figura 7.	Medidas de recipiente cubico para el proceso de fitorremediación.....	46
Figura 8.	Eficiencia en el mejoramiento de la conductividad eléctrica del agua residual	53
Figura 9.	Eficiencia en la remoción de la dureza presente en el agua residual.....	53
Figura 10.	Eficiencia en el mejoramiento de la alcalinidad del agua residual.....	54
Figura 11.	Eficiencia en la remoción de cloruro del agua residual.....	54
Figura 12.	Eficiencia en la remoción de sulfatos presentes en las aguas residuales	55
Figura 13.	Eficiencia en la remoción de nitrato presente en el agua residual.....	55
Figura 14.	Eficiencia en la remoción de calcio presente en las aguas residuales	56
Figura 15.	Eficiencia en la remoción de magnesio presentes en las aguas residuales.	56
Figura 16.	Eficiencia en la remoción de solidos disueltos totales presente en las aguas residuales	57
Figura 17.	Eficiencia en la remoción de DQO de las aguas residuales	57
Figura 18.	Eficiencia en la remoción de DBO5 presentes en las aguas residuales.....	58
Figura 19.	Eficiencia de la presencia de coliformes totales y termotolerantes	59
Figura 20.	Recipiente de 30 litros con las especies	77
Figura 21.	Recipiente de 1 litros de la toma muestra.....	77



Figura 22. GPS para la georreferenciación	78
Figura 23. Recipiente para la conservación de las especies.....	78
Figura 24. Recipiente con las muestras de aguas residuales.....	79
Figura 25. Sistema de oxidación del sistema de tratamiento	79
Figura 26. Ejecución de la parte experimental.....	80
Figura 27. Toma de las muestras del sistema de tratamiento	80



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CE : Conductividad Eléctrica

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO : Demanda Química de Oxígeno

ECA : Estándares de Calidad Ambiental

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual



RESUMEN

El presente trabajo de investigación de tesis “EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN CON (*Eichhornia Crassipes*) Y (*Lemna Minor*) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE PAUCARCOLLA”, no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual municipal adecuada. Estas son descargados en dos lagunas de oxidación denominados “Paccha” y “Forascancucho”, se planteó como objetivo general: Evaluar la eficiencia de fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla. La metodología, fue primero tomar una muestra inicial para determinar la concentración de propiedades los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales, así mismo, después se tomó 2 muestras en 15 y 30 días, para la evaluación de la capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) de las aguas residuales municipales para el riego agrícola. Resultado, de acuerdo a la concentración de los parámetros fisicoquímicos, se encuentran dentro de los ECAs, categoría 3, excepto DBO₅ y DQO. Respecto a la capacidad, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales después de pasar por el proceso de tratamiento se encuentran dentro de ECA categoría 3: Apto para riego de vegetales. Se llega a la conclusión que, la eficiencia de la fitorremediación con (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) en los 30 días es mayor, puesto que se ha obtenido porcentajes superiores al 50 % respecto a los parámetros fisicoquímicos, mientras en los parámetros microbiológicos, no sobrepasan los 50 %.

Palabras claves: Eficiencia, *Eichhornia Crassipes*, Fitorremediación, *Lemna Minor*.



ABSTRACT

The present thesis research work "EFFICIENCY OF PHYTORREMEDICATION WITH (*Eichhornia Crassipes*) AND (*Lemna Minor*) IN MUNICIPAL WASTEWATER FOR AGRICULTURAL IRRIGATION IN THE DISTRICT OF PAUCARCOLLA", does not have an adequate municipal wastewater treatment system. These are discharged into two lagoons of denominations called "Paccha" and "Forascancucho", the general objective was: Evaluate the efficiency of phytoremediation with (*Eichhornia Crassipes*) and (*Lemna Minor*) in municipal wastewater for agricultural irrigation in the district. of Paucarcolla. The methodology was first to take an initial sample to determine the concentration of properties, physicochemical and microbiological parameters of wastewater, likewise, then 2 samples were taken in 15 and 30 days, for the evaluation of the phytoremediation capacity of (*Eichhornia crassipes*) and (*Lemna minor*) from municipal wastewater for agricultural irrigation. Result, according to the concentration of the physicochemical parameters, they are within the ECAs, category 3, except BOD5 and COD. Regarding capacity, the physicochemical and microbiological parameters of wastewater after going through the treatment process are within ECA category 3: Suitable for vegetable irrigation. It is concluded that the efficiency of phytoremediation with (*Eichhornia crassipes*) and (*Lemna minor*) in 30 days is greater, since percentages higher than 50% have been obtained with respect to the physicochemical parameters, while in the microbiological parameters did not exceed 50%.

Keywords: Efficiency, *Eichhornia Crassipes*, Phytoremediation, *Lemna Minor*.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito evaluar la eficiencia de fitorremediación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna Minor*), de las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla. Siguiendo una metodología de muestreo simple de agua residual en un punto representativo de la PTAR, según lo recomendado por el “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Domesticas o municipales” (MVCS, 2014), para posteriormente determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (DBO₅, Coliformes termotolerantes, pH, Sulfatos, Plomo, Cobre y Cadmio) y compararlas con el ECA para riego de vegetales; seguidamente se evaluara la capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) de las aguas residuales municipales para el riego agrícola, mediante la selección de 16 plantas de (*Eichhornia Crassipes*) Jacinto de agua y 40 plantas de (*Lemna Minor*), la cual serán aclimatadas por un periodo de 48 horas para posteriormente ser depositados en dos envases de dimensiones de 60 x 40 x 20 cm; con una volumen de agua residual de 30 litros cada una; todo ello a un tiempo de tratamiento de 30 días realizando 2 monitoreos cada 15 días (total 2), las cuales nuevamente serán enviadas al laboratorio para conocer la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y conocer la eficiencia de fitorremediación; Así mismo se empleara el análisis de varianza (ANOVA), para conocer sí existen diferentes efectos de remoción entre los dos tipos de tratamientos; esperando que los resultados sirvan como referente teórico para la toma de decisiones con la finalidad de reducir la carga contaminante de la PTAR del distrito de



Paucarcolla, también será un referente para futuras investigaciones con características similares.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial se ha venido mostrando gran interés en el desarrollo de sistemas y/o tecnologías para el tratamiento de agua residuales, puesto que existe problemas de abastecimiento y disponibilidad hídrica a nivel internacional. Son diversos los países que no cuentan con un adecuado sistema de tratamiento de agua residual y en algunos casos carecen de ello, son los casos de países pertenecientes al tercer mundo. Debido a ello se van indagando alternativas de tratamiento para aguas residuales de bajo costo para reutilizarlas en otra actividad.

A nivel nacional, en el Perú una persona genera un promedio de 136 – 145 L/Hab/día de agua residual, hasta el año 2012 en el Perú se descargó 2.217.946 m³/día de agua residual por día a la red de alcantarillado de las Empresa prestadora de servicio (EPS) de los cuales solo 709.743 m³ son tratados, lo cual representa solo el 32% del total de aguas residuales generadas. El organismo de evaluación y fiscalización ambiental pronostica que para el año 2024 se aumentara la generación de agua residual alcanzando el valor de 4.842.579 m³/día (OEFA, 2014). En el Perú existen diversas zonas urbanas y rurales donde la descarga de agua residual es directa sin antes ser tratadas previamente, estas son vertidas a cualquier cuerpo receptor de recurso hídrico causando deterioro en la salud y el ecosistema.

En la actualidad el distrito de Paucarcolla no es ajena a esta problemática puesto que no cuentan con un sistema de tratamiento de agua residual municipal adecuada. Estas son descargados en dos lagunas de oxidación denominados “Paccha” y “Forascancucho” con un proceso de tratamiento deficiente cuyas aguas no se pueden reutilizar para otra



actividad productiva. Razón por la cual se realizará la presente investigación dando a conocer la eficacia de las especies (*Eichhornia Crassipes*, *Lemna Minor*) en la fitorremediación de agua residual municipal y aprovecharlo para riego.

1.1.1. Problema general

¿Cómo evaluar la eficiencia de fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales del distrito de Paucarcolla?
- ¿Cuánto es la capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) de las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis General

La fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales municipales, es eficiente logrando se aplicable para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.



1.2.2. Hipótesis Específicas

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales del distrito de Paucarcolla sobrepasan los estándares de calidad ambiental para riego.
- La capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) de las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla, es eficiente.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La disponibilidad y la calidad del recurso hídrico se van escatimando año tras años esto debido a distintos factores, entre ellos se encuentra la inadecuada disposición de las aguas residuales ya que en muchos casos estos no son tratadas previamente antes de ser vertidos, y esto refleja en el distrito de Paucarcolla. Ante ello se hace la propuesta de una alternativa de tratamiento de agua residual destinada para riego, mediante la aplicación de las especies *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* para la fitorremediación de estas aguas. Estudios realizados dieron a conocer la efectividad de estas dos especies macrófitos en la adsorción en gran medida de contaminantes como: Pb, Cd, Cu, Fe, Ni, Mn, Zn, y Cr VI, con una capacidad de adsorción de entre 50 y 90% respectivamente (Quiñones, 2018). El Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) muestra mayor eficiencia en la fitorremediación de DBO₅ en un 95%, DQO en un 90.2%, sólidos suspendidos en un 91%, fósforo total 91.7% y 98.5% de nitrógeno total (Martelo & Borrero, 2012) . Son diversos las ventajas de la aplicación del método de fitorremediación para las aguas residuales, como: bajo coste económico, fácil acceso a las especies, sistema de implementación ligera y eficacia en sus resultados.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales municipales con fines de riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales del distrito de Paucarcolla.
- Evaluar la capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) de las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional

Quiñones (2018) la investigación titulada “Evaluación y monitoreo del uso de *Lemna Minor* y *Eichornia Crassipes* como medida de fitorremediación de aguas residuales en la rivera del refugio de vida silvestre manglares estuario río Esmeraldas” tuvo por objetivo principal evaluar el grado de absorción que presentan las plantas: lenteja de agua (*Lemna Minor*) y jacinto de agua (*Eichornia Crassipes*) en aguas residuales de la rivera del refugio de vida silvestre manglares estuario del río Esmeraldas bajo condiciones controladas de laboratorio. En la metodología se tomó tres puntos de muestreo en el manglar del refugio de vida silvestre Esmeraldas de la cual se obtuvieron 6 litros de agua por un periodo de tres meses, donde las aguas fueron tratadas con *Lemna Minor* y *Eichornia Crassipes* en bandejas con capacidad de 20 litros. Los resultados obtenidos en laboratorio son: *Lemna minor* mostró mayor eficiencia para la remoción de nitritos y hierro con un porcentaje total de 99,91% y 91,03% respectivamente, *Eichornia Crassipes* mostró mayor eficiencia de remoción para ortofosfatos con un porcentaje total de 46,18% y nitratos con un porcentaje total de 97,88%. En la remoción de Cromo VI los tratamientos de *Eichornia crassipes* y *Lemna minor* tuvieron un porcentaje de remoción de 33,33%, mientras que en la remoción de ortofosfatos *Eichornia Crassipes* tuvo resultados favorables, con un porcentaje de 46,18%, seguido de la especie *Lemna Minor* con un porcentaje de 40,39%. En la remoción de Cobre, todos los tratamientos obtuvieron resultados negativos.



Robalino (2020) la investigación titulada “Fitorremediación usando *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma - Bolívar” tuvo por objetivo principal determinar cómo incide el sistema de fitorremediación mediante el uso de la especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) en la disminución del nivel de los parámetros físico-químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales municipales del recinto Pita. Metodología , identifico tres punto P1 afluente ;

P2 tanque tratamiento biologico y P3 efluente, utilizo 18 recipientes de plastico de 2 litros. La toma de muestra se realizo en tiempo de avenida o lluvia, esto en los tres puntos de la PTAR. Resultado, pH en el P1 6.96 y P3 6.73; P1 DBO5 49,52 mg/L, P2 42,64 mg/L y en el P3 50,12 mg/L; DQO P1 96.03 mg/L P1 96,03 mg/L; P2 85,05 mg/L y P3 96,37 mg/L; CE P2 383,00 Us/cm, P1 presentó 267,67 Us/cm se establece de que el Punto 2 y 3 no tienen diferencia significativa, mientras que el P1 presenta diferencia significativa.

2.1.2. Nacional

Sandoval (2019) la investigación titulada “Eficiencia del Jacinto de agua *Eichhornia Crassipes* y lenteja de agua *Lemna Minor* L. en la remoción de cadmio en aguas residuales” tuvo por objetivo principal evaluar el grado de eficiencia de las especies *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Lemna Minor* L. (lenteja de agua) en la remoción de cadmio en aguas residuales industriales. La metodología, para la evaluación de la eficiencia se han utilizado sistemas pilotos de las macrofitas en la remoción de cadmio con 2 mg/l. El sistema estuvo conformada con la especie de *Eichhornia Crassipes* y el segundo con *Lemna Minor* L. Los parámetros que considero es Ph, CE, temperatura y cadmio. Resultado, *Eichhornia crassipes* presenta una eficiencia de 83.57% mientras que



Lemna minor L. presenta eficiencia de 39.35%, siendo el principal cambio morfológico la variación de color de las especies durante el ensayo.

Rojas & Suyon (2020) la investigación titulada “Eficiencia de fitorremediación con Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) para disminuir concentración de arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Médano – Morrope - 2019” tuvo por objetivo principal evaluar la eficiencia de fitorremediación con Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) para la disminución de las concentraciones de arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Médano. Metodología, primero se tomo la muestra de las aguas de pozo, posteriormente se recolecto las especies Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) para la determinacion de la remocion de los parametros fisicoquimicos entes y despues de la aplicación del proceso de tratamiento.Resultado, parametros fisicoquimicos inicial, As 0.047 mg/l , PH 7.25 y temperatura 26° C . Despues de pasar por el proceso de fitorremediacion con Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en la semana 1 , se ha obtenido As 0.031 mg/l, temperatura 21.40 ° C y pH de 7.19; semana 2, As 0.019 mg/l, c temperatura de 23°C y pH 7.10. Con mas tiempo de retencion ha obtenido una disminucion de concentracion de arsenico un inicial de 0.047 mg/l a un resultado final de 0.019 mg/l determinándose el 60% de disminucion y se mantuvo los parámetros que requería la planta de temperatura y pH.

Garcia & Parejas (2021) en su estudio titulado “Eficiencia de las macrofitas flotantes, Pistia stratiotes y *Eichhornia Crassipes*, en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac,Chupaca,2021”. Metodologia, aplicaron una planta piloto de humedal artificial donde colocaron las especies con *Eichhornia Crassipes* y Pistia



Stratiotes para la determinación la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales. Resultado, antes de iniciar con el proceso de tratamiento obtuvieron, DQO 130.6 mg/L; DBO5 80 mg/L; PH 6.78 ; Coliformes termotolerantes 2000 NMP/100 ml. Después, con *Eichhornia Crassipes*, DQO obtuvieron D1, 139.3 mg/L, 83.3 mg/L, 34.3 mg/L y eficiencia D1 23.98%, D2 54.55% y 81.28%. DBO5, D1 66.66 mg/L, D2 83.3 mg/L, D3 34.3 mg/L y eficiencia D1 23.37 %, D2 57.85 %, 81.28%. Coliformes termotolerantes, D1 1300000 NMP/100 ml, D2 733333 NMP/100 ml, D3 300000 NMP/100 ml y eficiencia, D1 23.52 % , D2 56.86 % , 82.35 % . PH, D1 7.28, D2 7.26 y 7.22 ; temperatura , D1 15.67 °C , D2 15.67 °C y D3 16.33 °C.

Guerrero & Jibaja (2019) en su estudio titulado “Tratamiento del afluente de la laguna de oxidación mediante fitorremediación del *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* ; en Jaén-Cajamarca”. Donde se procedió a determinar la concentración de inicial de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales. Resultado, iniciales pH 7.52 ; Conductividad eléctrica 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$; DBO5 140 mg/L; Temperatura 25.20 °C. Después de pasar por el proceso de tratamiento, con *Eichhornia Crassipes*, pH 8.15, Conductividad eléctrica 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DBO5 140 mg/L y temperatura 25.20 °C. *Lemna Minor*, pH 8.15, conductividad eléctrica 446 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DBO₅ 31.52 mg/L y temperatura 23.73 °C.

Perales (2018) la investigación titulada “Tratamiento de aguas residuales domésticas por fitorremediación de *Eichhornia crassipes* en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017” tuvo por objetivo principal determinar la contribución de la fitorremediación con *Eichhornia Crassipes* en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la zona rural caserío Santa Catalina. Diseñó y aplicó un sistema de Fitorremediación de las aguas residuales domésticas. La



metodología, se registró un promedio de temperatura 28,6 ° C en las tres pozas , pH neutro. Respecto para la determinacion de la concentracion de los parametros quimicos DBO₅, DQO y aceites y grasas , el muestreo se realizo a los 40 y 86 dias. Resultado, DBO₅ 94.71 %; DQO 92.82 %; aceites y grasas 94.71%.

Coronel (2016) en su estudio titulado “Eficiencia del Jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de aguas residuales de la universidad nacional toribio rodriguez de mendoza de Amazonas-Chachapoyas”. Resultado, Temperatura 20.58°C a 20.85 °C; Nitratos 23.40 a 2.85 ; Sulfatos 314.79 a 57.37 ; DBO₅ 169.39 a 24.51 ; DQO 106.79 a 20.45 ; Coliformes totales 160.000.000 a 6.680.000; Coliformes termotolerantes 160.000.000 a 6.850.000.

2.1.3. Regional

Choque (2010) la investigación titulada “Cuantificación de la remoción de Pb y Cd mediante la lenteja de agua *Lemna gibba* y *Azolla fuliculoides* de las aguas de la bahía interior Puno” tuvo por objetivo principal utilizar plantas acuático como, lenteja de agua (*Lemna spp*) y azolla (*Azolla fulicu*). Metodologia, el proceso experimental se realizo nivel laboratorio de las dos especies plantas acuática con *Azolla* y *Lenteja*. Resultado, Cd con lenteja de agua a los treinta dia 62.55%, la capacidad de adsorcion 4.83 mg/L a los 30 dias con lenteja de agua valor maximo y minimo 0.1820 mg/L. Plomo, a los 30 dias obtuvo un porcentaje de remocion 65.55 %,. La capacidad de bioadsorción de plomo en 30 días de 6.300 mg de Pb/g. de lenteja de agua.

Quispe & Arias (2017) en su estudio titulado “Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al



tiempo y adopción al medio en una laguna experimental”. Se plantearon como objetivo principal evaluar la eficiencia del jacinto. Metodología, se procedió a adaptar la especie por un tiempo de 3 semanas para luego ser plantada a la laguna, el muestreo realizaron por un periodo de 2 meses, esto realizaron de acuerdo ingreso del agua a la laguna y el tiempo de retención hidráulica de 3 a 5 días. Resultado, pH 8.5 a 8.2, eficiencia 95%; temperatura 23 ° C a 24.6 °C, eficiencia -4 % ; DBO₅ 14 a 7.7 , eficiencia 55 %; DQO 16.94 a 8.47, eficiencia 50 %; sulfato 0.9 a 0.57 , eficiencia 63%.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Aguas residuales

Las fuentes domésticas, industriales, comerciales e institucionales de aguas residuales municipales se encuentran dentro de una urbanización o comunidad humana. Las aguas residuales municipales y el alcantarillado urbano se incluyen en el término "aguas residuales". Con el fin de desarrollar métodos más sostenibles para la gestión de las aguas residuales urbanas y municipales en las próximas décadas, es necesario examinar críticamente los patrones actuales y previstos de urbanización. Esto se debe a que la generación de aguas residuales urbanas y municipales está muy influida por la estructura y funcionalidad de los sistemas urbanos (UNESCO, 2017).

Aguas residuales domésticas: Estas aguas se distinguen por ser los productos líquidos residuales de viviendas, barrios residenciales, establecimientos comerciales o edificios institucionales. Además, pueden dividirse en (Panduro & Rojas, 2021).



Aguas negras: Estas aguas se distinguen por proceder del océano y de fuentes odoríferas (Panduro & Rojas, 2021).

Aguas grises: Estas aguas se distinguen por ser aguas jabonosas que pueden contener grasas y proceden de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora. Debido a la gran cantidad de sustancias -algunas de ellas tóxicas- y microorganismos que transportan, las aguas residuales tienen el potencial de contaminar zonas cuando se retiran sin tratamiento previo.

Algunas de estas sustancias se comportan de formas desconocidas para los organismos vivos. El hombre ha estado expuesto durante largos periodos de tiempo a una serie de enfermedades crónicas, incluido el cáncer (Panduro & Rojas, 2021).

2.2.2. Tratamiento de las aguas residuales

Hay una gran variedad de tecnologías disponibles para tratar las aguas residuales domésticas o municipales, desde métodos convencionales de alta mecanización que necesitan un importante consumo de energía hasta métodos ecológicos de bajo coste.

Los sistemas de tratamiento convencionales eliminan los contaminantes mediante procedimientos que utilizan importantes cantidades de energía procedente de combustibles, tienen breves tiempos de retención hidráulica y necesitan cantidades relativamente pequeñas de terreno.

Las tecnologías convencionales son ventajosas en zonas urbanas o en lugares donde el coste del terreno constituye una parte importante de los costes de inversión.



Aunque estos sistemas de tratamiento suelen tener unos costes de construcción, funcionamiento y mantenimiento elevados, se han utilizado ampliamente y seguirán utilizándose para tratar las aguas residuales municipales en zonas densamente pobladas. Por ello, algunos aspectos negativos de su uso (además de sus elevados costes) son cada vez más evidentes.

Los tres efectos medioambientales comunes de los sistemas convencionales son los siguientes: a) el uso de recursos no renovables finitos que van escaseando con el tiempo, lo que restringirá su uso en zonas donde son realmente insustituibles) la degradación medioambiental causada por la extracción y el uso de combustibles inflamables, plásticos, hormigón y químicamente reactivos; y c) el destino de grandes cantidades de subproductos, como el lodo generado. Por otro lado, la mayoría de los sistemas de tratamiento convencionales no reducen significativamente la cantidad de patógenos presentes (Zurita & Castellano, 2011).

2.2.3. Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales

2.2.3.1. Parámetros físicos

PH

Mide la cantidad de iones de hidrógeno en el agua. Las aguas restantes en condiciones hostiles a los iones hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, modifican la biota de las fuentes receptoras y, en última instancia, resultan letales para los microorganismos.

El pH ideal del agua debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutro y ligeramente alcalino. El pH más alto aceptable es 9, que es aproximadamente donde se encuentra la mayor parte de la vida biológica.



Si no se ajusta el pH del agua residual tratada antes de verterla, puede cambiar el pH del receptor de origen; las aguas residuales con valores de pH entre 5 y 9 son difíciles de tratar mediante procesos biológicos; debido a ello, la mayoría de las aguas residuales de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben verterse dentro de unos límites de pH específicos (Coronel, 2016).

Conductividad eléctrica

La cantidad de iones disulfuro presentes en los afluentes de las aguas residuales industriales, agrícolas y mineras es lo que determina la conductividad eléctrica. Esto nos permite entender que cuando la conductividad es alta, las concentraciones de iones también lo son en su interior, donde encontramos sulfatos, nitratos y otros iones. Este parámetro se mide en unidades de Siemens por centímetro (S/cm) a temperatura ambiente (Aguilar, 2020).

Temperatura

Se trata de un parámetro muy importante, dado su impacto en el desarrollo de la vida acuática, las reacciones químicas y la velocidad de reacción, así como la capacidad del agua para servir a determinados fines útiles.

La temperatura del agua residual varía en función del clima y de la situación geográfica. La temperatura fluctuará entre 7 y 18°C en las regiones frías y entre 13 y 30°C en las regiones cálidas. El intervalo de temperatura ideal para el desarrollo de la actividad bacteriana oscila entre 25 y 35 grados Celsius (Coronel, 2016) .

La calidad y la cantidad de luz vienen determinadas por la radiación solar, y también influye en lo caliente que esté el agua.

La temperatura en las zonas templadas varía significativamente con el cambio de estaciones, mientras que en las zonas tropicales permanece más o



menos constante y es siempre fría en las montañas más altas y cálida a nivel del mar. Es decir, los organismos sometidos a cambios estacionales pueden soportar más cambios de temperatura, y sus ciclos vitales pueden ajustarse a estos cambios (Vilca, 2021).

2.2.3.2. Parámetros químicos

Dureza

Es una característica química del agua que viene determinada por la presencia de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y, ocasionalmente, nitratos de calcio y magnesio. A menudo se expresa como la cantidad comparable de carbonato cálcico.

Un aumento de la dureza del agua por encima de 200 mg/L, en función del pH y la alcalinidad, puede provocar la aparición de incrustaciones, especialmente en las calefacciones. Las aguas con una capacidad de amortización baja que son inferiores a 100 mg/L de media son potencialmente más corrosivas para las plantas que otras aguas (Costa, 2021).

Alcalinidad

La cantidad de hidróxidos, carbonatos u otras sales básicas presentes en el agua viene determinada por su alcalinidad. Además, tiene la capacidad de neutralizar los ácidos utilizados en la mayoría de los medios, como el calcio y el hidróxido de sosa, para reducir el nivel de acidez del medio. Mediante el uso de operaciones con agua residual, sus mediciones e informes técnicos se proporcionan en calcio carbonatado equivalente (Aguilar, 2020).



Cloruro

Uno de los principales compuestos no orgánicos del agua natural y residual es el cloruro, que aparece en forma de ion (Cl^-). Dado que el cloruro sódico alimentario es común y pasa inalterado por el sistema digestivo, su concentración es mayor en el agua residual que en el agua natural. Además, puede aumentar como resultado de procesos industriales. Una concentración elevada de cloruro puede dañar las estructuras metálicas y los accionamientos, así como perjudicar el crecimiento de las plantas. Otra fuente de cloruros es el vertido de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en las aguas superficiales (Costa, 2021)

Diferentes factores pueden contribuir al aumento de cloruros en el agua. Si se trata de una zona costera, el aumento puede deberse a intrusiones de agua marina, mientras que, en una zona árida, se debe a los corrimientos de tierra provocados por las fuertes lluvias. La contaminación del agua por residuos domésticos es la responsable del exceso de cloro presente en el agua (Panduro & Rojas, 2021).

Nitratos

Los componentes del ciclo del nitrógeno que forman los nitratos se encuentran en la naturaleza y constituyen el estado de oxidación estable de este ciclo. La concentración de nitrato en las aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede aumentar debido a la filtración o evaporación de las tierras agrícolas, así como a la contaminación por residuos humanos o animales como resultado de la oxidación del amoníaco y otras fuentes relacionadas.



DBO₅

La demanda de oxígeno en el laboratorio es un parámetro crucial para estimar la cantidad de contaminación orgánica del agua.

El análisis DBO mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos a lo largo de un periodo de tiempo específico (a menudo 5 días) y durante el tiempo en que se degrada el agua sobrante (Aguilar, 2020)

Uno de los parámetros importantes en el estudio y clasificación de las aguas residuales es el DBO. Se aproxima a la cantidad de materia orgánica que contiene una muestra de agua. En condiciones naturales, esta materia orgánica puede degradarse (oxidarse) lentamente a CO₂ y H₂ a través de un proceso lento (Gutierrez, 2015).

DQO

El análisis DQO mide la cantidad de oxígeno utilizado en la reducción de agentes oxidantes fuertes en condiciones muy ácidas y de alta temperatura (Aguilar, 2020)

La cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica se conoce como Demanda Química de Oxígeno, o DQO. Esta prueba difiere de la DBO en que sólo detecta la materia orgánica que ha sufrido degradación biológica o es biodegradable. Toda la materia orgánica, biodegradable o no, es oxidada químicamente por el dicromato potásico en medio ácido en presencia de un catalizador en la determinación de DQO (Gutierrez, 2015).



2.2.3.3. Parámetros Microbiológicos

Coliformes Totales

Los coliformes totales son bacterias Enterobacteriaceae lactosa positivas que producen gas cuando se incuban durante 48 horas entre 30 y 37 grados Celsius. Estas bacterias también incluyen aerobias y anaerobias facultativas, bacterias Gram negativas que no producen esporas y bacterias con morfología bacilar que son oxidasas negativas y tienen actividad enzimática galactosidasa.

La prueba más importante utilizada para identificar a los coliformes es la hidrólisis enzimática de la lactosa, que se clasifica por la enzima -D-galactosidasa. Entre ellos se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Costa, 2021).

Coliformes Termotolerantes

Los organismos patógenos que pueden encontrarse en las aguas residuales suelen ser pequeños y difíciles de aislar e identificar. Por ello, las bacterias coliformes se consideran indicadores de contaminación o con potencial para causar enfermedades. Su presencia en los ríos es extremadamente peligrosa, ya que tienen el potencial de propagar enfermedades y epidemias mediante el uso de organismos patógenos que se encuentran en el agua sobrante (Delgado, 2019).

Estas bacterias se definen como un grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa entre 44 y 45 °C y tienen la capacidad de crecer en presencia de sales biliares. Entre estas especies se encuentran *Escherichia coli* y, en menor medida, *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Los coliformes son microorganismos fecales que se propagan a través de las excreciones y tienen una estructura parecida a la de la bacteria *Escherichia coli*.



Algunos investigadores han propuesto utilizar únicamente *E. coli* como indicador de contaminación fecal, ya que puede distinguirse fácilmente de otros miembros de la familia de los coliformes mediante indicadores enzimáticos como la ausencia de ureasa o la presencia de -glucoronidasa (Costa, 2021).

2.2.4. Fitorremediación

La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen la concentración de diversos compuestos *in situ* o *ex situ* mediante procesos bioquímicos llevados a cabo por plantas y microorganismos asociados (Delgadillo & Abelardo, 2011).

De este modo, las plantas se utilizan para eliminar, reducir, transformar, mineralizar, degradar, liberar o estabilizar contaminantes. Se utiliza una gran variedad de especies con este fin; algunas de ellas se conocen como "hiperacumuladoras" por su excepcional capacidad para acumular metales pesados (Delgadillo & Abelardo, 2011).

2.2.5. Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)

La planta acuática conocida como jacinto de agua o buchón de agua, cuyo nombre científico es *Eichhornia Crassipes*, es una planta acuática flotante no acorazada originaria del Amazonas y de la cuenca del río Paraná. Por ello, se distribuye principalmente en zonas tropicales de Sudamérica. Se distingue por permanecer en cuerpos de agua tranquilos como lagos, zanjas, arroyos y ríos; la especie tiene flores de lila azul y hojas de rabillo que crean una esfera que le permite flotar. Esto es posible gracias al parénquima aerífero, un tejidillo con abundante tejido intercelular para hacer circular y almacenar el oxígeno atmosférico que luego liberará en el agua (Alvarado & Manayay, 2020).

El Jacinto de agua prefiere crecer en masas de agua ricas en nutrientes, pero también es capaz de hacerlo en superficies jorobadas y puede tolerar bastante bien grandes variaciones en la concentración de nutrientes, la temperatura y los niveles de pH (Juárez, 2011).

Su crecimiento ideal oscila entre 25 y 30 grados centígrados y requiere una iluminación intensa o semioscura. Existe una correlación directa entre la presencia de nitrógeno y fósforo en los tejidos de la planta. Requiere un pH de 6,5 a 7,5, un tiempo de secado de 12 a 18 y, por lo general, crece bien en agua abonada con estos elementos, así como con pequeñas cantidades de calcio, hierro, boro, cobre, molibdeno y aluminio (Quiñones, 2018).



Figura 1. Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)

Fuente: (Naturaleza Tropical, 2023)

2.2.6. Lenteja de agua (*Lemna Minor*)

La lenteja de agua es una angiosperma monocotiledónea (planta con flores) perteneciente a la familia de las Lemnáceas. Sus cuerpos vegetativos son taloides, es decir, no distinguen entre el tallo y las hojas.

Consiste en una estructura plana de color verde con una única delgada de color blanco. El talo se ha interpretado de diversas maneras, como un tallo modificado, una hoja, o como parcialmente un tallo y una hoja. Su tamaño es significativamente reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de grosor. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas del reino vegetal (Arroyave, 2004).



Figura 2. Lenteja de agua (*Lemna Minor*)

Fuente: (IIAP, 2021)

2.2.7. Eficiencia de fitorremediación

El uso de macrofitas en el tratamiento de aguas residuales ha demostrado ser significativamente más eficaz en la eliminación de contaminantes. Se han



estudiado varios tipos diferentes de filtros macroscópicos para el tratamiento de aguas residuales tanto en el mundo real como en laboratorio, siendo el filtro más eficaz el sistema de filtración de agua

La especie mencionada anteriormente es capaz de remediar hasta el 90% de los parámetros (DBO)₅, DQO, sólidos en suspensión, fosforo total 91,7%, y nitrógeno total 98,5%. En el caso del cobre, el plomo, el zinc, el cadmio y otros metales, la reducción de la contaminación metálica se sitúa entre el 80% y más (Vera, 2016)

Parámetros a analizar en las aguas residuales para su uso en riego

Los parámetros que se deben analizar en las aguas residuales para emplearlas en riego son principalmente:

- pH-. Medida de la concentración del ion hidrogeno en el agua, para su uso de las aguas residuales en un sistema de riego el pH deberá estar en un rango neutro (Quiñones, 2018).
- DBO₅-. Es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas. Es el parámetro más utilizado para evaluar la calidad de las aguas residuales y superficiales para cualquier aplicación, incluido el consumo humano, la bebida animal, los sistemas de alcantarillado y otros usos (Quiñones, 2018).
- Los organismos patógenos que pueden estar presentes en las aguas residuales suelen ser escasos y difíciles de identificar. Por este motivo, se prefiere utilizar coliformes como organismo indicador de contaminantes. Los coliformes totales y fecales, también conocidos como termotolerantes, son los



grupos de coliformes que más se han estudiado en las fuentes de aguas residuales (Quiñones, 2018).

- Metales-. Los metales en el agua suelen ser producto de actividades industriales o a las condiciones naturales del medio, algunos perjudiciales para la salud como es el caso del arsénico, cadmio, plomo, hierro, mercurio, níquel, cromo y zinc, entre otros, especificando que para cualquier uso se deberá de considerar una mínima cantidad de metales pesados (Quiñones, 2018).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el distrito Paucarcolla de donde se obtuvo las aguas residuales municipales, esta se encuentra localizada en el norte de la ciudad de Puno. Limita por el norte con los distritos de Atuncolla y Huata; por el este con el Lago Titicaca; por el sur con el distrito de Puno y; por el oeste con los distritos de Atuncolla, Tiquillaca y con la Laguna Umayo. Ubicada a 3,845 msnm del Lago Titicaca con sus coordenadas latitud sur $15^{\circ}44'46''S$ y latitud oeste $70^{\circ}03'31''O$.

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Paucarcolla
- Altitud : 3847 m.s.n.m.
- Temperatura : Fluctúa entre los $5^{\circ}C$ A $16^{\circ}C$

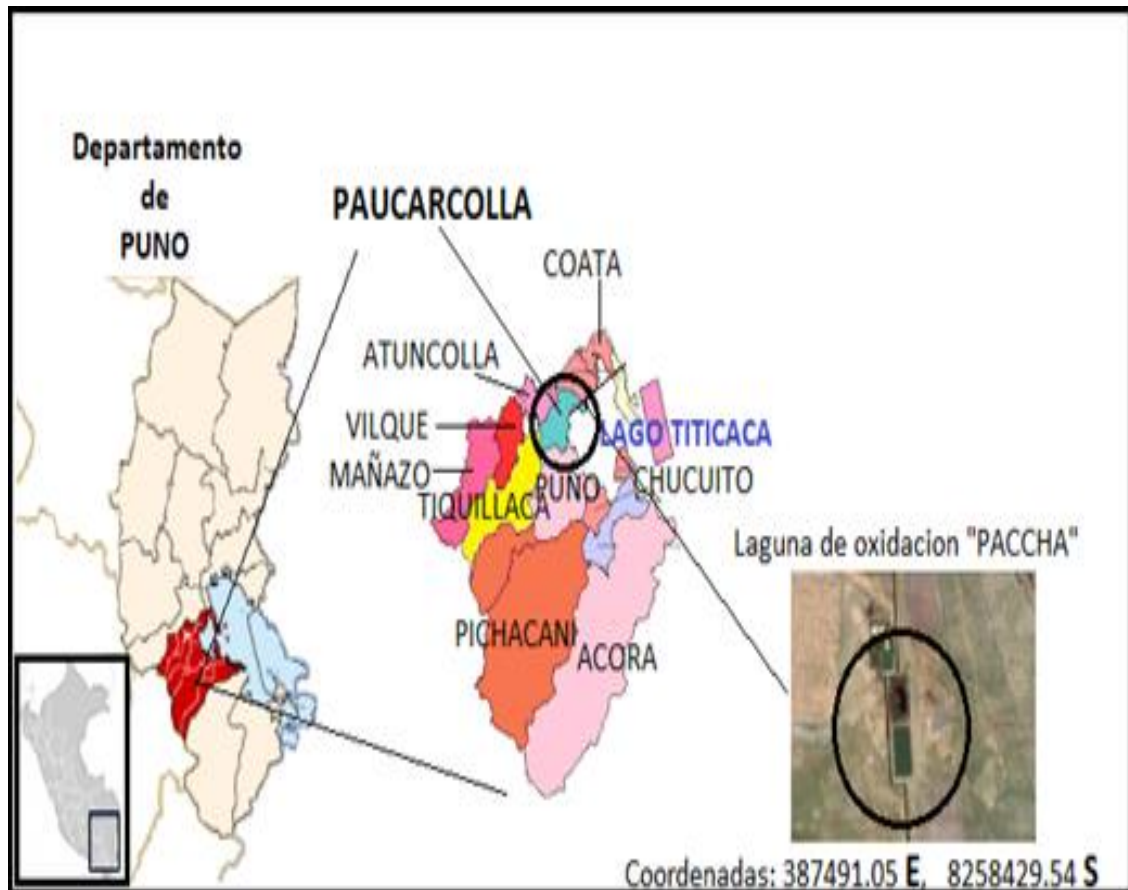


Figura 3. Ubicación de la zona de estudio Distrito de Paucarcolla – Puno

3.1.1. Límites

- Por el norte : Distrito de Atuncolla y Huata.
- Por el este : Lago Titicaca .
- Por el sur : Distrito de Puno.
- Por el oeste : Distrito de Atuncolla, Tiquillaca y Laguna Umayo.

3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

El acceso al lugar desde el distrito de Paucarcolla es a una distancia de 05 minutos hasta el lugar del agua residual municipal. Coordenadas del punto de muestreo, este X 387496.00 y norte Y 8258415.00.



Figura 4. Vías de acceso al distrito de Paucarcolla – Agua residual

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación del presente estudio es aplicado, puesto que se estudió un problema destinado a la acción y se aportó hechos nuevos (Baena, 2017).

El nivel de la investigación es descriptivo, puesto que se detalló el comportamiento de las especies y los resultados en el proceso de fitorremediación de las aguas residuales mediante las dos especies (*Eichhornia Crassipes*, *Lemna Minor*). Puesto que los estudios descriptivos tienen como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, variables en un contexto determinado. (Hernández & Mendoza, 2018).

El diseño de la investigación es experimental – cuantitativo porque se ha puesto a prueba la eficiencia de las dos especies (*Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*) en la



fitorremediación de las aguas residuales municipales mostrando resultados en relación a tiempo y volumen.

El diseño experimental realiza la manipulación deliberada de las variables para conocer su efecto sobre otras variables (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por la totalidad de aguas residuales generadas por el distrito de Paucarcolla.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por una porción de la población; siendo 60 litros de agua residual (30 litros de agua para cada especie respectivamente). Se conto con 16 plantas de Jacinto (*Eichhornia Crassipes*) y 40 plantas de lenteja (*Lemna Minor*). El tamaño de la muestra se obtuvo por conveniencia puesto que no existe normativa que especifique la cantidad de agua residual requerida para un estudio de fitorremediación.

Parametros físicos

Parámetros	Unidad	15 días	30 días
PH	----	7.21	7.15
Conductividad Eléctrica	Ms/cm	1.18	0.99
Temperatura	°C	14.2	15



Parámetros químicos

Parámetros	Unidad	15 días	30 días
Dureza	mg/l	330.08	328.2
Alcalinidad	mg/l	588.21	421.3
Cloruro	mg/l	101.09	92.8
Sulfatos	mg/l	60.00	55.00
Nitratos	mg/l	1.94	1.08
Calcio	mg/l	71.12	69.1
Magnesio	mg/l	31.85	29.9
Solidos Disueltos totales	g/l	0.59	0.49
DBO ₅	mg/l	231.00	224.00
DQO	mg/l	580.00	560.00

Parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad	15 días	30 días
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ML	460	260
Escherichia Coli	NMP/100 ML	470	240
Huevos Helmiton	Huevo/L	0.00	0.00

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico que utilizó para recopilar todo el material necesario de tesis, libros, publicaciones científicas, páginas web y datos de campo, entre otras fuentes, para lograr los objetivos del estudio son:

3.4.1. Determinación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales.

a) Reconocimiento del lugar

Inicialmente se realizó una exploración del lugar de procedencia de las muestras de agua residual municipal que es el distrito de Paucarcolla la cual está



ubicado en las coordenadas geográficas: latitud $15^{\circ}45'1.31''S$ y longitud $70^{\circ}2'59.55''O$.

b) Ubicación del punto de muestreo

Se realizó el reconocimiento del punto más representativo de la PTAR con un GPS, a fin de que las características del agua residual se preserven; todo ello según lo establecido por el “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Domesticas o municipales” (MVCS, 2014).

c) Toma de muestras, preservación y transporte a laboratorio

Para la obtención de muestras, se realizó el tipo de muestreo simple; la cual consistió en una muestra tomada en un instante, en un recipiente preparado para tal fin. Además, se transportó las muestras con cuidado, prestando atención que no se caigan o derramen. Así mismo se usó una conservadora o Cooler. Manteniendo las condiciones como: oscuridad y una temperatura entre $1 - 5^{\circ}C$. sin embargo las muestras no estuvieron congeladas; En circunstancias las muestras mantuvieron estables hasta 24 horas. Se usaron bolsas de gel o paquetes fríos para conservar las muestras (MVCS, 2014).

d) Parámetros a evaluar en laboratorio

La evaluación de los parámetros se realizó de acuerdo al Decreto Supremo 004-2017-MINAM que hace mención a los estándares de calidad ambiental para agua, específicamente de la sub categoría 3: Riego de vegetales, estos parámetros son:

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	Unidad
PH	----
Conductividad Eléctrica	Ms/cm
Temperatura	°C
Dureza	mg/L
Alcalinidad	mg/L
Cloruro	mg/L
Sulfatos	mg/L
Nitratos	mg/L
Calcio	mg/L
Magnesio	mg/L
Solidos Disueltos Totales	g/L
Coliformes Totales	NMP/100 MI
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL
Escherichia Coli	NMP/100 mL
Huevos de Helmintos	Huevos/L

3.4.2. Evaluación de la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* en la calidad de agua.

a) Selección de *Eichhornia* y *Lemna Minor*

La recolección de las plantas acuáticas Jacinto de agua de (*Eichhornia Crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna Minor*) fueron tomadas en estado natural de las orillas del Lago Titicaca.

- Selección del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*): se recolectaron una población de 16 plantas de la especie (*Eichhornia Crassipes*) de las orillas de la Lago Titicaca su selección se basó en sus características físicas: el color verde y el tamaño que tengan.



Figura 5. Jacinto de agua de (*Eichhornia Crassipes*)

- Selección de Lenteja de agua (*Lemna Minor*): esta especie es de dimensiones pequeñas debido a eso se recolecto una población de 40 plantas de la especie (*Lemna Minor*) de las orillas de la Lago Titicaca su selección se basó en sus características físicas: el color verde y el tamaño que tengan.



Figura 6. Lenteja de agua (*Lemna Minor*)

b) Aclimatación de *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor*

Eichhornia Crassipes y *Lemna Minor* fueron lavadas cuidadosamente con agua destilada para luego ser transferidas a recipientes con agua potable previamente reposada por un periodo de 24 horas para retirar el exceso de cloro. Se cultivó por una semana cambiando el agua regularmente (cada 48 horas). Posteriormente las dos especies fueron trasladadas al lugar de cultivo (recipientes de plástico PET de 40 litros de capacidad y llenados con agua potable aproximadamente hasta un tercio de su capacidad real para que puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada). De acuerdo a lo recomendado por (Sandoval J. , 2019).

c) Acondicionamiento del lugar de fitorremediación

Para el proceso de fitorremediación se elaboró dos recipientes de vidrio (6mm de grosor) con las siguientes medidas 60 cm x 40 cm x 20 cm, se le colocó una bomba de oxígeno a los costados del recipiente que permitió la oxigenación, todos estos alejados de cualquier factor que pueda intervenir con la investigación y un foco de 50 watts para que las dos especies puedan realizar la fotosíntesis (Sandoval J. , 2019).

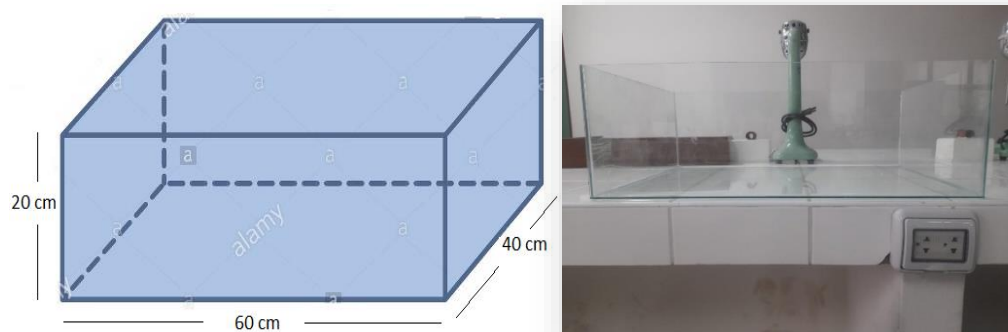


Figura 7. Medidas de recipiente cubico para el proceso de fitorremediación



d) Proceso de fitorremediación con *Eichhornia Crassipes* y *Lemna minor*

El proceso consistió en llenar los dos recipientes cúbicos de vidrio acondicionado (estilo Pecera) con 30 litros de agua residual municipal, seguidamente se aplicó en cada recipiente las especies (*Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor*) que fueron climatizadas y cultivadas durante una semana. El periodo o tiempo de tratamiento fue de un mes (30 días) (Sandoval J. , 2019).

e) Monitoreo y análisis

El proceso de fitorremediación o tratamiento tuvo una duración de un mes (30 días) con un tiempo de monitoreo de cada 15 días para cada especie. En los primeros 15 días se tomó una muestra y a los 30 días también (tipo de muestreo simple), donde estas fueron enviados al laboratorio (Sandoval J. , 2019).

- **Análisis:** una vez reunida todos los resultados, se efectuó la comparación de los análisis anteriormente realizados en laboratorio con el Decreto Supremo 004-2017-MINAM que hace mención a los estándares de calidad ambiental para agua, específicamente de la sub categoría 3: Riego de vegetales.

3.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los resultados y comparación con ECAs-agua se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V.22 para establecer el análisis estadístico se aplicó la prueba Wilcoxon, para determinar si existen diferentes significativa entre antes y después de la aplicación del tratamiento y determinar la eficiencia de la fitorremediación con Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna Minor*) (Vásquez, 2018).



De igual forma se empleó el programa Excel para la elaboración de tablas y gráficos de líneas que permitieron analizar los porcentajes de capacidad de remoción de materia orgánica para los distintos tratamientos, y observar el efecto del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna Minor*) en función al tiempo.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

4.1.1. Parámetros Físicos

La tabla 2. Nos muestra la concentración de los parámetros físicas de las aguas municipales del distrito de Paucarcolla.

Tabla 2. Parámetros físicos

Características físicas	Unidad	Resultados
PH		7.35
C.E	Ms/cm	1.24
Temperatura	°C	13.2

4.1.2. Parámetros Químico

La tabla 3. Nos muestra la concentración de los parámetros químicos de las aguas residuales municipales del distrito de Paucarcolla.

Tabla 3. Parámetros químicos

Características químicas	Unidad	Resultados
Dureza	mg/l	338.2
Alcalinidad	mg/l	598.86
Cloruro	mg/l	104.96
Sulfatos	mg/l	118
Nitratos	mg/l	2.8
Calcio	mg/l	79.04
Magnesio	mg/l	33.93
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.62
DBO ₅	mg/l	236.00
DQO	mg/l	590.00

4.1.3. Parámetros Microbiológicos

La tabla 4. Nos muestra la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales municipales del distrito de Paucarcolla.

Tabla 4. Parámetros microbiológicos

Características microbiológicas	Unidad	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	460
Escherichia Coli	NMP/100 mL	470
Huevos Helmiton	Huevo/L	0.000

4.2. CAPACIDAD FITORREMIADORA DE (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRÍCOLA.

La tabla 5. Nos muestra la capacidad de fitorremediadora de las especies (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en el mejoramiento de los parámetros físicos de las aguas residuales. Se observa que PH, conductividad eléctrica y temperatura se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental de categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, tanto en 15 días y 30 días, estos resultados son después de pasar por el proceso de tratamiento.

Tabla 5. Capacidad fitorremediadora en los parámetros físicos de las aguas residuales.

Parámetros	Unidad	15 días	30 días	ECA Categoría 3
PH	----	7.21	7.15	6,5 – 8,5
Conductividad Eléctrica	Ms/cm	1.18	0.99	2 500
Temperatura	°C	14.2	15	Δ 3

La tabla 6. Nos muestra la capacidad de fitorremediadora de las especies (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en el mejoramiento de los parámetros químicos

de las aguas residuales. Se observa que cloruro, sulfato y nitratos se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental de categoría 3. Riego de vegetales. Mientras que, DBO₅ y DQO, sobrepasan los ECA categoría 3, en las dos ocasiones de toma de muestra de 15 y 30 días, estos resultados son después de pasar por el proceso de tratamiento.

Tabla 6. Capacidad fitorremediadora en los parámetros químicos de las aguas residuales.

Parámetros	Unidad	15 días	30 días	ECA Categoría 3
Dureza	mg/l	330.08	328.2	-
Alcalinidad	mg/l	588.21	421.3	-
Cloruro	mg/l	101.09	92.8	500
Sulfatos	mg/l	60.00	55.00	1 000
Nitratos	mg/l	1.94	1.08	100
Calcio	mg/l	71.12	69.1	-
Magnesio	mg/l	31.85	29.9	**
Solidos Disueltos totales	g/l	0.59	0.49	-
DBO ₅	mg/l	231.00	224.00	15
DQO	mg/l	580.00	560.00	40

La tabla 7. Nos muestra la capacidad de fitorremediadora de las *especies* (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en la remoción de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales. Se observa que, coliformes termotolerantes se ha obtenido una disminución entre 15 y 30 días, así mismo *Escherichia coli*, no se encontró huevos de helminto. Se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental de categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, excepto *Escherichia coli*. Estos resultados son después de pasar por el proceso de tratamiento.

Tabla 7. Capacidad fitorremediadora en los parámetros microbiológicos de las aguas residuales.

Parámetros	Unidad	15 días	30 días	ECA Categoría 3
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ML	460	260	2 000
Escherichia Coli	NMP/100 ML	470	240	**
Huevos Helmintos	Huevo/L	0.00	0.00	1

4.3. EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN CON (*EICHHORNIA CRASSIPES*) Y (*LEMNA MINOR*) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA EL RIEGO AGRÍCOLA.

La tabla 8. Nos muestra la capacidad fitorremediadora de la *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* de las aguas residuales municipales para el riego agrícola.

Tabla 8. Eficiencia de la fitorremediación de los parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Unidad	Inicio	15 días	30 días	% capacidad 15 días	% capacidad 30 días
PH		7.35	7.21	7.15		
C.E	Ms/cm	1.24	1.18	0.99	4.8 %	20.2 %
Temperatura	°C	13.2	14.2	15		
Dureza	mg/l	338.2	330.08	328.2	2.4 %	3.0 %
Alcalinidad	mg/l	598.86	588.21	421.3	1.8 %	29.6 %
Cloruro	mg/l	104.96	101.09	92.8	3.7 %	11.6 %
Sulfatos	mg/l	118	60.00	55.00	49.2 %	53.4 %
Nitratos	mg/l	2.8	1.94	1.08	30.7 %	61.4 %
Calcio	mg/l	79.04	71.12	69.1	10.0 %	12.6 %
Magnesio	mg/l	33.93	31.85	29.9	6.1 %	11.9 %
Solidos Disueltos totales	g/l	0.62	0.59	0.49	4.8 %	21.0 %
DBO ₅	mg/l	236.00	231.00	224.00	2.1 %	5.1 %
DQO	mg/l	590.00	580.00	560.00	1.7 %	5.1 %

Para su mejor entendimiento se presenta las siguientes figuras:

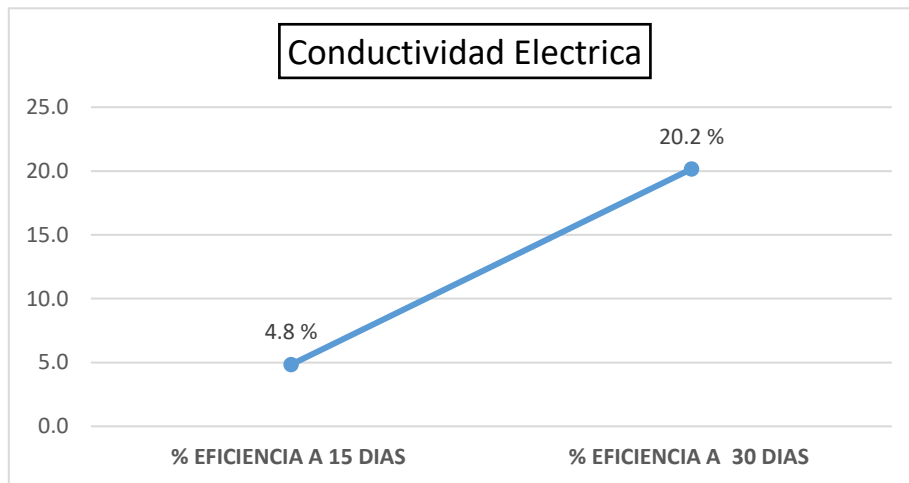


Figura 8. Eficiencia en el mejoramiento de la conductividad eléctrica del agua residual

La figura 8. Nos muestra la capacidad de remoción de conductividad eléctrica, evidencia que en 15 días obtuvo 4.8 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 20.2%.

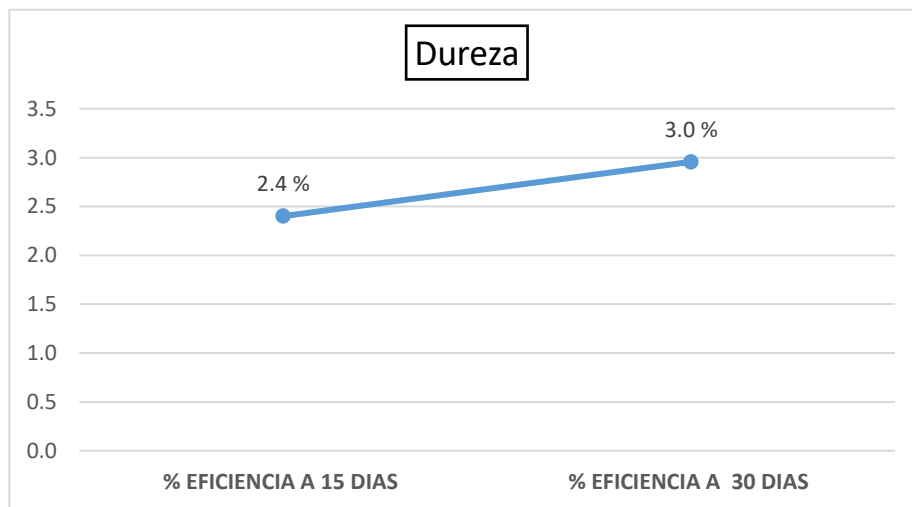


Figura 9. Eficiencia en la remoción de la dureza presente en el agua residual

La figura 9. Nos muestra la capacidad de remoción de la dureza, se evidencia que en 15 días obtuvo 2.4 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 3.0%

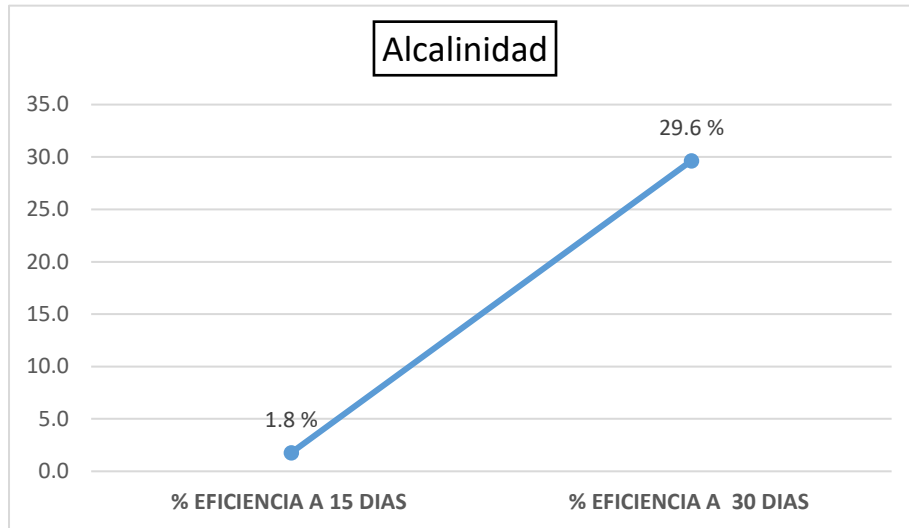


Figura 10. Eficiencia en el mejoramiento de la alcalinidad del agua residual

La figura 10. Nos muestra la capacidad de mejoramiento de alcalinidad, se evidencia que en 15 días obtuvo 1.8 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 29.6 %.

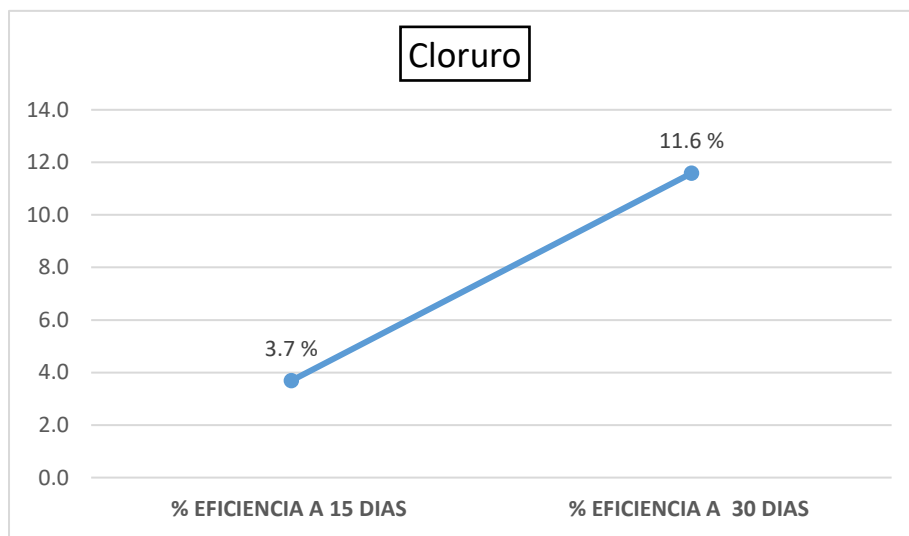


Figura 11. Eficiencia en la remoción de cloruro del agua residual

La figura 11. Nos muestra la capacidad de remoción de cloruro, se evidencia que en 15 días obtuvo 3.7 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 11.6 %.

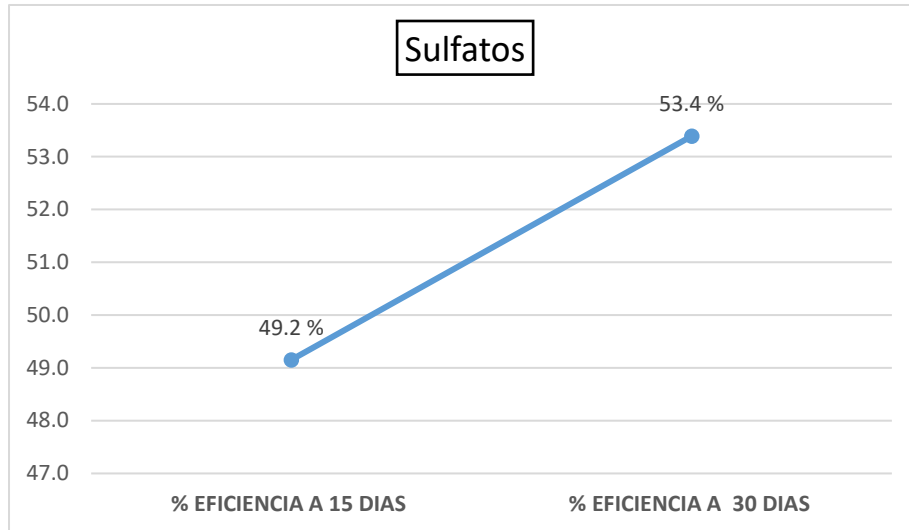


Figura 12. Eficiencia en la remoción de sulfatos presentes en las aguas residuales

La figura 12. Nos muestra la capacidad de remoción de sulfatos, se evidencia que en 15 días obtuvo 49.2 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 53.4 %.

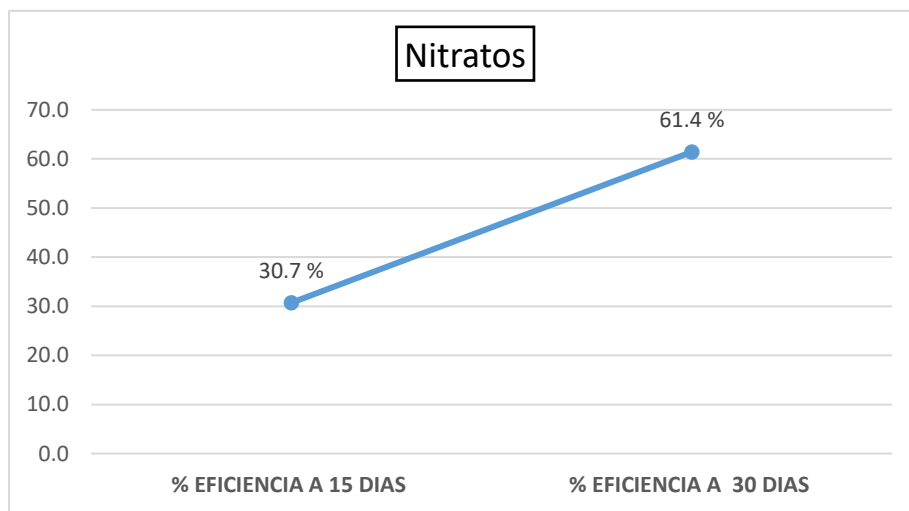


Figura 13. Eficiencia en la remoción de nitrato presente en el agua residual

La figura 13. Nos muestra la capacidad de remoción de nitratos, se evidencia que en 15 días obtuvo 30.7 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 61.4 %.

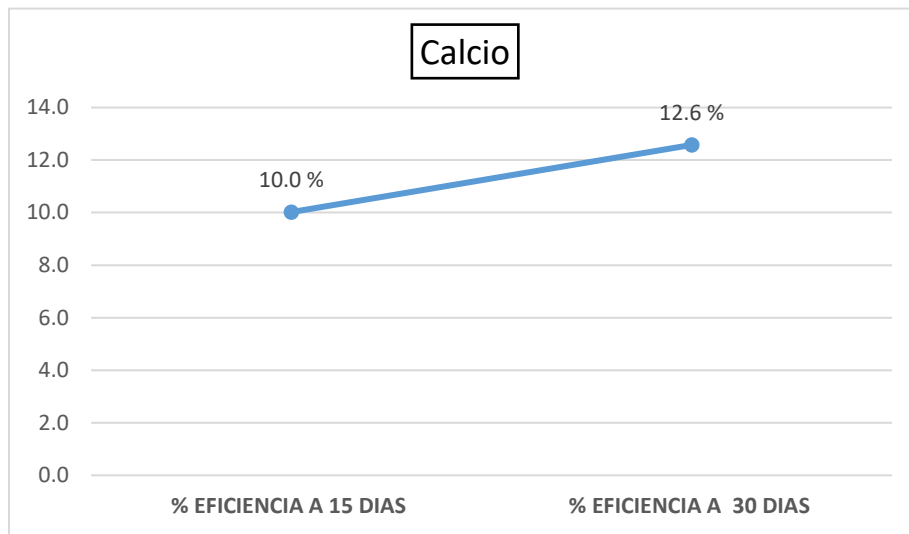


Figura 14. Eficiencia en la remoción de calcio presente en las aguas residuales

La figura 14. Nos muestra la capacidad de remoción de calcio, se evidencia que en 15 días obtuvo 10.0 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 12.6 %.

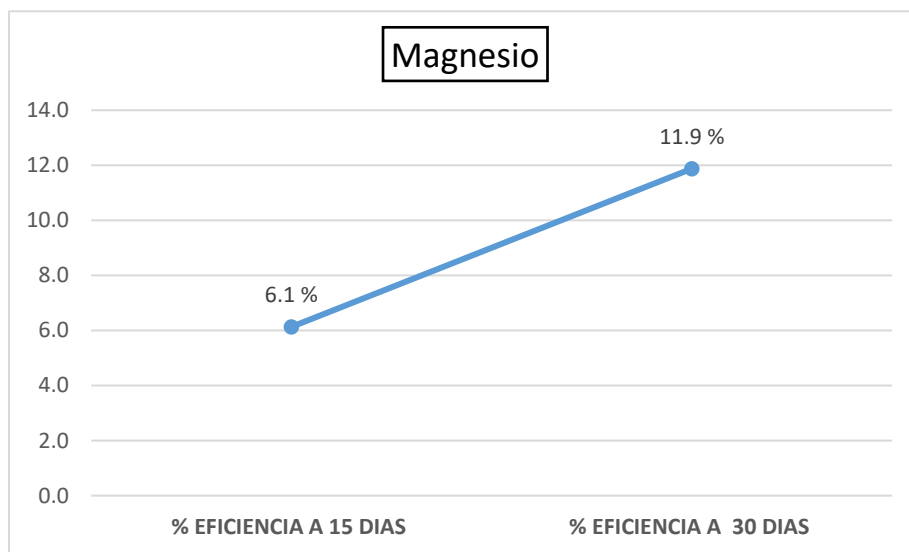


Figura 15. Eficiencia en la remoción de magnesio presentes en las aguas residuales

La figura 15. Nos muestra la capacidad de remoción de magnesio, se evidencia que en 15 días obtuvo 6.1 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 11.9 %.

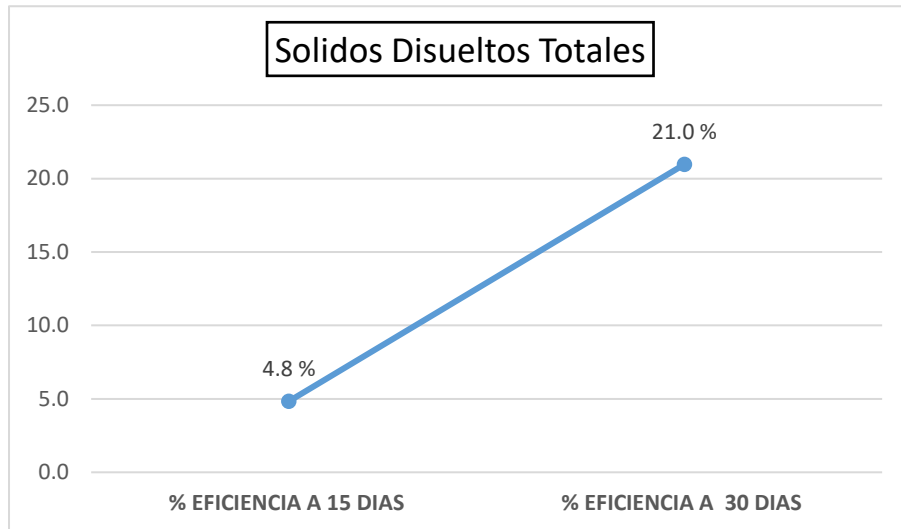


Figura 16. Eficiencia en la remoción de solidos disueltos totales presente en las aguas residuales.

La figura 16. Nos muestra la capacidad de remoción de solidos disueltos totales, se evidencia que en 15 días obtuvo 4.8 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 21 %.

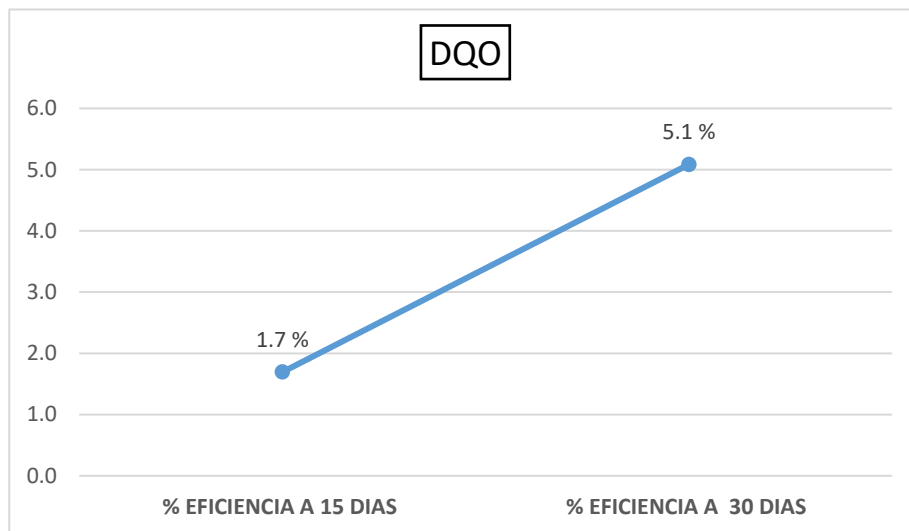


Figura 17. Eficiencia en la remoción de DQO de las aguas residuales

La figura 17. Nos muestra la capacidad de remoción de DQO, se evidencia que en 15 días obtuvo 1.7 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 5.1 %.

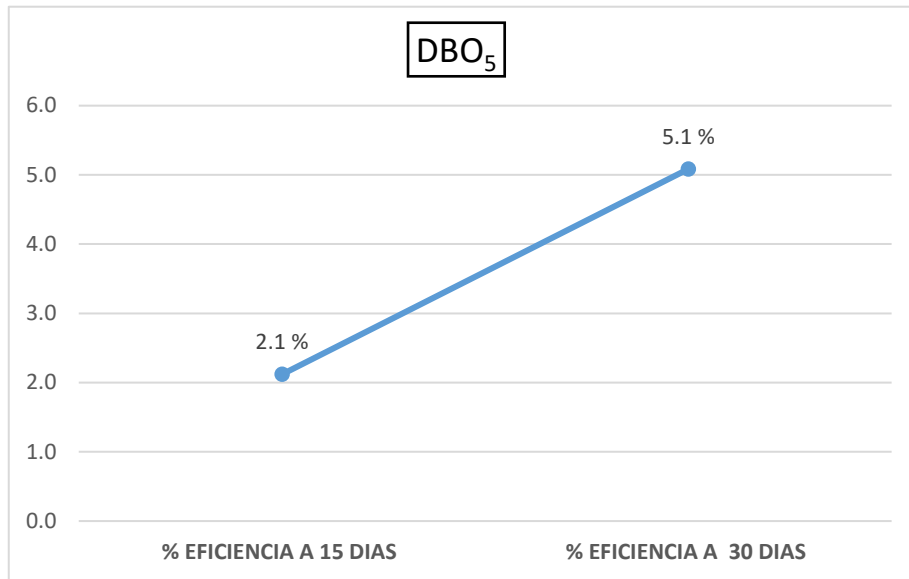


Figura 18. Eficiencia en la remoción de DBO₅ presentes en las aguas residuales

La figura 18. Nos muestra la capacidad de remoción de DBO₅, se evidencia que en 15 días obtuvo 2.1 %, mientras que a los 30 días se ha obtenido 5.1 %.

Microbiológicos

La tabla 9. Nos muestra el resultado de la eficiencia de fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.

Tabla 9. Eficiencia en la remoción de los parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad	Inicio	15 Días	30 Días	% Eficiencia 15 días	% Eficiencia 30 días
Coliformes	NMP/100	460	460	260	-	43.5
Termotolerantes	ML					
Escherichia Coli	NMP/100	470	470	240	-	49.0
	ML					
Huevos	Huevo/L	0.00	0.00	0.00	-	-
Helmintos						

Para su mejor entendimiento se muestra la figura 19:

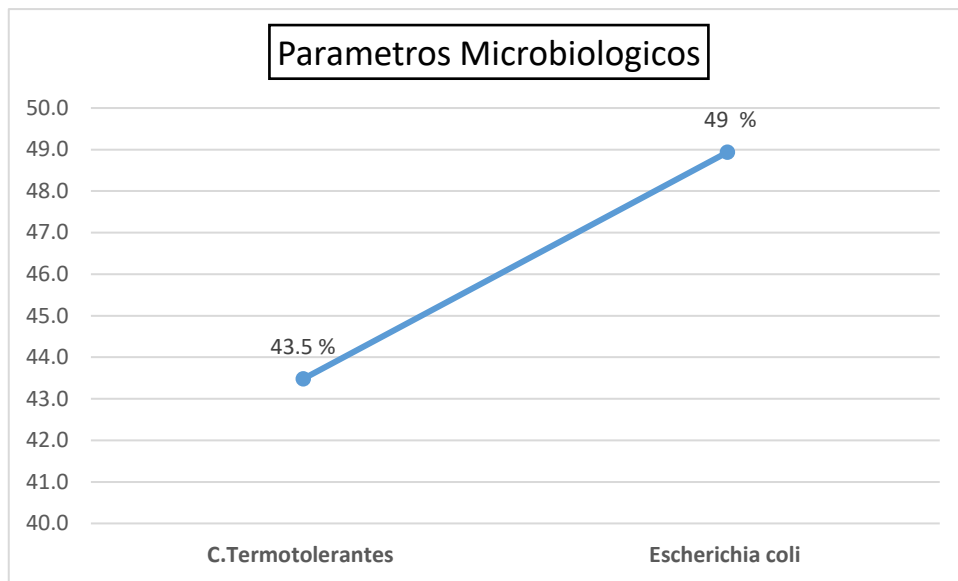


Figura 19. Eficiencia de la presencia de coliformes termotolerantes y Escherichia coli.

La figura 19. Nos muestra la capacidad de remoción de coliformes termotolerantes 43.5 % y Echerichia coli 49 %, se evidencia que, en 30 días se obtuvo una eficiencia resaltante, mientras que a los 15 días la concentración se ha mantenido.

4.4. DISCUSIÓN

A) Que la presente muestra, respecto a la eficiencia de fitorremediación con: (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en la remoción de los parámetros fisicoquímicos: C.E 20.2%; Dureza 3 %; Alcalinidad 29.6%; Cloruro 11.6 %; Sulfatos 53.4%; Nitratos 61.4%; Calcio 12.6%; Magnesio 11.9%; Solidos disueltos totales 21 %; DBO₅ 5.1 %; DQO 5.1%. Parámetros microbiológicos, Coliformes termotolerantes 43.5% , Escherichia coli 49% y Huevos de Helmintos 0. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Garcia & Parejas (2021), “Eficiencia de las macrofitas flotantes, Pistia stratiotes y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac,Chupaca,2021”, quienes señalan



que con *Eichhornia Crassipes* se obtuvo lo siguiente: DQO eficiencia 23.98%, DBO₅ eficiencia 23.37 %. Coliformes termotolerantes, eficiencia, 23.52 % . PH 7.28, temperatura , 15.67 °C. Ello no acorde con este estudio por que hay una diferencia de 18% a 20% en la eficiencia de fitorremediación.

B) La presente muestra de resultados, respecto a la eficiencia de fitorremediación con: (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en la remoción de los parámetros fisicoquímicos: C.E 20.2%; Dureza 3 %; Alcalinidad 29.6%; Cloruro 11.6 %; Sulfatos 53.4%; Nitratos 61.4%; Calcio 12.6%; Magnesio 11.9%; Solidos disueltos totales 21 %; DBO₅ 5.1 %; DQO 5.1%. Parámetros microbiológicos, Coliformes termotolerantes 43.5% , *Escherichia coli* 49% y Huevos de Helminos 0. En lo que respecta con Robalino (2022), “Fitorremediación usando *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma - Bolívar”, sus estudios Resultado, pH en el P1 6.96 y P3 6.73; P1 DBO₅ 49,52 mg/L, P2 42,64 mg/L y en el P3 50,12 mg/L; DQO P1 96.03 mg/L P1 96,03 mg/L; P2 85,05 mg/L y P3 96,37 mg/L; CE P2 383,00 Us/cm, P1 presentó 267,67 Us/cm, se establece que sus resultados tienen mayor eficiencia comparados con este estudio.

C) Los resultados de este estudio: C.E 20.2%; Dureza 3 %; Alcalinidad 29.6%; Cloruro 11.6 %; Sulfatos 53.4%; Nitratos 61.4%; Calcio 12.6%; Magnesio 11.9%; Solidos disueltos totales 21 %; DBO₅ 5.1 %; DQO 5.1%. Parámetros microbiológicos, Coliformes termotolerantes 43.5% , *Escherichia coli* 49% y Huevos de Helminos 0.

Comparados con Perales (2018), la investigación titulada “Tratamiento de aguas residuales domesticas por fitorremediación de *Eichhornia crassipes* en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017” el muestreo se realizo a los 40 y 86 días.



Resultado, DBO₅ 94.71 %; DQO 92.82 %; aceites y grasas 94.71%, su eficiencia de fitorremediación es mayor con el estudio realizado porque tienen más días de tratamiento.

4.5. PRUEBA DE HIPOTESIS

Para la evaluación de la eficiencia de fitorremediación con (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) en las aguas residuales municipales para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla; se utilizó la prueba estadística de Wilcoxon para muestras relacionadas, donde se ha obtenido un nivel de significancia de dichos resultados. A continuación, se menciona los criterios que se consideraron.

Formulación de la hipótesis

H_1 = La fitorremediación con (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) en las aguas residuales municipales, es eficiente logrando ser aplicable para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.

H_0 = La fitorremediación con (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) en las aguas residuales municipales, no es eficiente logrando ser aplicable para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla.

Criterio para decidir

- Nivel de significancia = 5 % = 0,05
- Prueba Estadística Wilcoxon de muestras relacionadas
- Estimador:

Si la probabilidad obtenida p-valor ≤ 0.05 , rechace H_0 (se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida p-valor > 0.05 , acepta H_0 (se rechaza H_1)

Entonces:

Ranking negativos = 15.

Ranking positivos = 105.



p-valor (se pone el menor del ranking obtenido) = 15.

N° de parámetros = 16.

Valor Critico = 30.

SI el p-valor (15) es menor o igual que el valor crítico (30) se rechaza la hipótesis

Nula(H_0), y se acepta la del investigador(H_1). Ok.

En la tabla 10, se aprecia la prueba estadística Wilcoxon de muestras emparejadas indicando que la P- valor, comparado con el valor alfa 0,05, es menor. Entonces aceptamos la hipótesis H1: La fitorremediación con (*Eichhornia crassipes*) y (*Lemna minor*) en las aguas residuales municipales, es eficiente logrando se aplicable para el riego agrícola en el distrito de Paucarcolla. De acuerdos a los resultados obtenidos, se evidencia que existió diferencia significativa entre antes y después de la aplicación de tratamiento.

Tabla 10. Estadística de prueba de Wilcoxon

PRIMERA MUESTRA	SEGUNDA MUESTRA	DIFERENCIA RESTA	Diferencia (Absoluto) "sin signos"	RANKIN
470	240	230	230	
460	260	200	200	1
588.21	421.3	166.91	166.91	2
580	560	20	20	3
101.09	92.8	8.29	8.29	4
231	224	7	7	5
60	55	5	5	6
71.12	69.1	2.02	2.02	7
31.85	29.9	1.95	1.95	8
330.08	328.2	1.88	1.88	9
1.94	1.08	0.86	0.86	10
1.18	0.99	0.19	0.19	11
0.59	0.49	0.1	0.1	12
7.21	7.15	0.06	0.06	13
0	0	0	0	14
14.2	15	-0.8	0.8	15

Fuente: Elaboración propia



Tabla 11. Prueba de Wilcoxon.

N°	PRUEBA ESTADISTICA WILCOXON		
	NIVEL DE SIGNIFICACION PARA PRUEBAS DE DOS COTAS		
	0,05	0,02	0,01
6	0	---	---
7	2	0	---
8	4	2	0
9	6	3	2
10	8	5	3
11	11	7	5
12	14	10	7
13	17	13	10
14	21	16	13
15	225	20	16
16	30	24	20
17	35	29	23
18	40	33	28
19	46	38	32
20	52	43	38
21	59	49	43
22	66	56	49
23	73	62	55
24	81	69	61
25	89	77	68

Fuente: (Vásquez, 2018).



V. CONCLUSIONES

PRIMERO: Se llega a la conclusión que los parámetros fisicoquímicos que se analizaron, DBO₅ y DQO, sobrepasan los estándares de calidad ambiental, categoría 3: Riego de vegetales. Mientras que los parámetros microbiológicos, se encuentran dentro lo establecido, escherichia coli. Es decir que, las aguas residuales procedentes del distrito de Paucarcolla contiene alta cantidad de materia orgánica presente en el agua.

SEGUNDO: Se llega a la conclusión que la capacidad fitorremediadora de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) respecto a la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales después de pasar por el proceso de tratamiento cumplen con el ECA categoría 3: Riego de vegetales.

TERCERO: Se llega a la conclusión que, la eficiencia de la fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en los 30 días es mayor, puesto que se ha obtenido porcentajes superiores al 50 % respecto a los parámetros fisicoquímicos, mientras que, en los parámetros microbiológicos, no sobrepasan los 50 %.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Para determinar la eficiencia de la fitorremediación con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en las aguas residuales, se recomienda incluir metales pesados para la determinación de eficiencia.

SEGUNDO: Se recomienda que para un tratamiento de aguas residuales con (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) en el distrito de Paucarcolla, será necesario tener un control y mantenimiento también eficiente, para así proporcionar un producto de calidad, a través del monitoreo de diversos parámetros, para verificar el trabajo y la eficiencia.

TERCERO: Para determinar capacidad de fitorremediación de (*Eichhornia Crassipes*) y (*Lemna Minor*) para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, recomienda un tiempo superior a 30 días de retención hidráulica para el proceso de tratamiento.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. (2020). *Tratamiento de aguas residuales con el uso de microalgas*. Lima.
- Alvarado, J., & Manayay, J. (2020). *Uso de la Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domesticas en humedales artificiales*. Chiclayo.
- Arroyave, M. (2004). La lenteja de agua (Lemna minor L.) : Una planta acuática promisoría. *Scielo*.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigacion*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Choque, M. (2010). *Cuantificación de la remoción de Pb y Cd mediante la lenteja de agua Lemna gibba y Azolla fuliculoides de las aguas de la bahía interior Puno*. Puno.
- Coronel, E. (2016). *Eficiencia del Jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de aguas residuales de la universidad nacional toribio rodriguez de mendoza de Amazonas-Chachapoyas*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza.
- Costa, C. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del río Chillón durante los meses enero a junio del 2019*. Lima.
- Delgadillo, A., & Abelardo, C. (2011). Fitorremediación : una alternativa para eliminar la contaminación.



- Delgado, J. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*. Huancayo.
- García, K., & Parejas, B. (2021). *Eficiencia de las macrofitas flotantes, Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes, en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac, Chupaca, 2021*. Huancayo.
- Guerrero, J., & Jibaja, F. (2019). *Tratamiento del afluente de la laguna de oxidación mediante fitorremediación del Eichhornia crassipes y Lemna minor ; en Jaén-Cajamarca*. Jaén.
- Gutiérrez, C. (2015). *Sistema fotoquímico para el tratamiento de agua residual textil sintética con contaminantes orgánicos persistentes*. Callao.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill Education.
- IIAP. (2021). *Lentejas de agua : macrófitas acuáticas, hermosas, pero peligrosas. ATTALEA*.
- Juárez, G. (2011). *Cambios en la composición del río acuático (Eichhornia crassipes) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica*. México.
- Martelo, J., & Borrero, J. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales : una revisión del estado del arte. EAFIT*.
- MVCS. (2014). *Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Domésticas o municipales*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Naturaleza Tropical. (2023). *Naturaleza Tropical*. Obtenido de Naturaleza Tropical.



- Panduro, A., & Rojas, J. (2021). *Porcentaje de remoción de contaminantes quimicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas*. San Juan Bautista.
- Perales, K. (2018). *Tratamiento de aguas residuales domesticas por fitorremediación de Eichhornia crassipes en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017*. Moyobamba.
- Quiñones, B. (2018). *Evaluación y monitoreo del uso de lemna minor y eichornia crassipes como medida de fitorremediación de aguas residuales en las riveras del refugio de vida silvestre manglares estuario rio Esmeraldas*. Esmeraldas.
- Quispe, L., & Arias, J. (2017). Eficiencia de la especie macrófita Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 1-15.
- Robalino, D. (2020). *Fitorremediación usando Eichhornia crassipes (Jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma-Bolivar*. Guayaquil.
- Rojas, A., & Suyon, E. (2020). *Eficiencia de fitorremediación con jacinto de agua (Eichhornia crassipes) para disminuir concentraciones de arsenico en aguas del centro poblado Cruz del Medano-Morrope-2019*. Chiclayo.
- Sandoval, J. (2019). *Eficiencia del Jacinto de agua Eichhornia crassipes y Lenteja de agua Lemna minor L. en la remocion de Cadmio en aguas residuales*. Lima - Peru.



- Sandoval, J. (2019). *Eficiencia del Jacinto de agua Eichhornia crassipes y lenteja de agua Lemna minor L. en la remoción de cadmio en aguas residuales.*
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado.* Paris.
- Vásquez, J. (2018). *Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la universidad Cesar Vallejo - Trujillo utilizando Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) en humedales artificiales.* Trujillo - Peru.
- Vera, E. (2016). *Eficiencia de la fitorremediación de las aguas residuales del dren 2210 utilizando lenteja de agua (Lemna minor).* Chiclayo.
- Vilca, A. (2021). *Determinación de la calidad del agua cuenca media del río Chili en relación a su uso agrícola Arequipa, 2019.* Arequipa.
- Zurita, F., & Castellano, O. (31 de Agosto de 2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de Mexico. *Scielo.*
- (Vásquez, 2018) *Moving from IBM® SPSS® to R and RStudio®: A Statistics Companion.* SAGE Publications.



ANEXOS



Anexo 1. Resultados de la muestra inicial de agua



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO PAUCARCOLLA – PUNO.
INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO,
FECHA DE MUESTREO : 03/10/2022
FECHA DE ANALISIS : 03/10/2022

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Ligeramente turbio.
Olor : Fétido

CARACTERISTICAS FISICOS:

pH		7.35
C.E	mS/cm	1.24
Temperatura (°C)	°C	13.2

CARACTERISTICAS QUIMICOS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	338.20
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	598.86
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	104.96
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	118.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	2.80
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	79.04
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	33.93
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.62
DBO ₅	mg/l	236.00
DQO	mg/l	590.00
Plomo	mg/l	0.00
Cobre	mg/l	0.00
Cadmio	mg/l	0.00

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.





D. Sc. Everisto Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ASUNTO: ANALISIS MICROBIOLÓGICO, MUESTRA DE AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO DE PAUCARCOLLA – PUNO.
INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
MOTIVO : Análisis microbiológico
MUESTREO : 03/10/2022
ANÁLISIS : 03/10/2022

RESULTADOS

INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACION	
Coliformes totales	Coliformes termotolerantes NMP/100 ml DE MUESTRA
1.1x10 ³ NMP/100 ML	4.6x10 ² NMP/100 ML

OBSERVACIONES: la muestra se recibió en el laboratorio de microbiología.


Blga. Margarita Gisela Reyes Ortaño
CBP 11900

Anexo 2. Resultado de la muestra a los 15 días



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO PAUCARCOLLA – PUNO.
INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO,
FECHA DE MUESTREO : 17/10/2022
FECHA DE ANALISIS : 17/10/2022

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Ligeramente turbio.
Olor : Fétido

CARACTERISTICAS FISICOS:

pH		7.21
C.E	mS/cm	1.18
Temperatura (°C)	°C	14.2

CARACTERISTICAS QUIMICOS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	330.08
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	588.21
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	101.09
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	60.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	1.94
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	71.12
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	31.85
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.59
DBO ₅	mg/l	232.00
DQO	mg/l	580.00
Plomo	mg/l	0.00
Cobre	mg/l	0.00
Cadmio	mg/l	0.00

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
JEFATURA
- PUNO - PERU

D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ASUNTO: ANALISIS MICROBIOLÓGICO, MUESTRA DE AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO DE PAUCARCOLLA – PUNO.
INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
MOTIVO : Análisis microbiológico
MUESTREO : 18/10/2022
ANÁLISIS : 18/10/2022

RESULTADOS

INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACION	
Coliformes totales	Coliformes termotolerantes NMP/10 ml DE MUESTRA
1.1x10 ² NMP/100 ML	4.6x10 ² NMP/100 ML
ESCHERICHIA COLI	470 NMP/100 ML

RESULTADO DE ANALISIS PARASITOLÓGICO

HUEVOS DE HELMINTOS	NO CONTIENE
HUEVO/L	0.00

OBSERVACIONES: la muestra se recepcionó en el laboratorio de microbiología.



 **Bra. Maribel Cecilia Reyes Ordóñez**
GBP 11900

Anexo 3. Resultado de la muestra a los 30 días



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO PAUCARCOLLA – PUNO.
 INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
 MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO,
 FECHA DE MUESTREO : 03/11/2022
 FECHA DE ANALISIS : 03/11/2022

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
 Color : Ligeramente turbio.
 Olor : Fétido

CARACTERISTICAS FISICOS:

pH		7.15
C.E	mS/cm	0.99
Temperatura (°C)	°C	15.0

CARACTERISTICAS QUIMICOS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	328.20
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	421.30
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	92..80
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	55.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	1.08
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	69.10
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	29.90
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.49
DBO ₅	mg/l	224.00
DQO	mg/l	560.00
Plomo	mg/l	0.00
Cobre	mg/l	0.00
Cadmio	mg/l	0.00

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.




 Sr. Evaristo Mamaní Mamaní
 JEFE DEL LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ASUNTO: ANALISIS MICROBIOLÓGICO, MUESTRA DE AGUA RESIDUAL PAUCARCOLLA

PROCEDENCIA : SECTOR PACCHA – DISTRITO DE PAUCARCOLLA – PUNO.
INTERESADO : SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS
MOTIVO : Análisis microbiológico
MUESTREO : 03/11/2022
ANÁLISIS : 03/11/2022

RESULTADOS

INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACION	
Coliformes totales	Coliformes termotolerantes NMP/10 ml DE MUESTRA
960 NMP/100 ML	260 NMP/100 ML
ESCHERICHIA COLI	240 NMP/100 ML

RESULTADO DE ANALISIS PARASITOLÓGICO

HUEVOS DE HELMINTOS	NO CONTIENE
HUEVO/L	0.000

OBSERVACIONES: la muestra se recibió en el laboratorio de microbiología.

Dra. Marjorie Gisela Reyes Urbani
CBP 11900

Anexo 4 . Panel fotográfico de los materiales que se utilizaron



Figura 20. Recipiente de 30 litros con las especies



Figura 21. Recipiente de 1 litros de la toma muestra



Figura 22. GPS para la georreferenciación



Figura 23. Recipiente para la conservación de las especies



Figura 24. Recipiente con las muestras de aguas residuales



Figura 25. Sistema de oxidación del sistema de tratamiento

Anexo 5. Panel fotográfico del proceso de experimentación en el laboratorio agua y suelos facultad de ingeniería agronómica



Figura 26. Ejecución de la parte experimental



Figura 27. Toma de las muestras del sistema de tratamiento.



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS,
identificado con DNI 70513358 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFICIENCIA DE FITORREMEDIACION CON (Eichhornia Crassipes)
Y (Lemna Minor) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES
PARA EL RIEGO AGRICOLA EN EL DISTRITO DE PAUCARCOLA"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

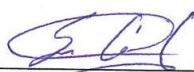
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de JULIO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo SAUL ARITON CONTRERAS VARGAS,
identificado con DNI 70913352 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFICIENCIA DE FITORREMEDIACION CON (Eichhornia Crassipes)
Y (Lemna Minor) EN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES
PARA EL RIEGO AGRICOLA EN EL DISTRITO DE PAUCARCOLLA"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 20 de Julio del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella