

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



“Eficiencia de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de la DBO₅ de las aguas residuales municipales del distrito de Chota, 2020”.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR:

Bach. BAUTISTA CAMPOS DEYSI JANETH

ASESOR:

Dra. DORIS ELENA DELGADO TAPIA

Una firma manuscrita en tinta azul sobre un sello profesional. El sello contiene el nombre "Doris Elena Delgado Tapia", el título "INGENIERA QUÍMICA" y el número de registro "REG. CIP 111932".

CHOTA-PERÚ

DICIEMBRE, 2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N°001-2022/EPIFA/UNACH

Siendo las 12:05 horas, del día 16 de febrero de 2022; en video conferencia realizada a través del aplicativo Google Meet, los miembros del jurado de tesis titulada: “Eficiencia de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de la DBO₅ de las aguas residuales municipales del distrito de Chota, 2020”, integrado por:

1. Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz - Presidente
2. M. Sc. Azucena Chávez Collantes - Secretario
3. M. Sc. Salvador Tomas Orrego Zapo - Vocal

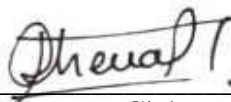
Sustentada por la Bachiller: Deysi Janeth Bautista Campos, con la finalidad de obtener el título profesional en Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del jurado y las respuestas otorgadas por la graduanda, luego de deliberar, acuerda aprobar la tesis, calificándola con la nota 16 (dieciséis), se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título de Ingeniero Forestal y Ambiental.

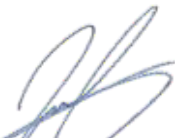
Firmado en Chota, el 16 de febrero de 2022



Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz
PRESIDENTE



M. Sc. Azucena Chávez Collantes
SECRETARIO



M.Sc. Salvador Tomas Orrego Zapo
VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A DIOS ELOHIM, por su gracia, su amor y apoyo a seguir adelante y por todas las bendiciones para alcanzar mi carrera.

La familia, es el núcleo más importante en el desarrollo de uno mismo, doy gracias, especialmente a mi madre María Felicita Campos Muñoz, por el apoyo económico priorizando siempre mis necesidades más que las suyas y por todos los sacrificios que ha hecho para verme profesional y por el apoyo moral, de la misma manera a mi papá, hermana y sobrinos de tal manera apoyaron a mi formación personal y profesional.

La asesora de tesis, la Dra. Doris Elena Delgado Tapia, docente de la EPIFA de la UNACH, por el asesoramiento dedicado durante tiempo del proceso de investigación.

Al servicio brindado por Edder Neyra Jaico encargado del Laboratorio de Agua-Cajamarca.

DEDICATORIA

A mi mamá María Felicita Campos Muñoz, por su amor, dedicación y anhelo que sea profesional, ella siempre estuvo luchando conmigo en las dificultades de la vida profesional y en todo momento estuvo inculcándome siempre a los buenos modales y valores, afín de cumplir mis metas; a mi hermana Orfelina Rubio Campos y mis sobrinos Diego Max Edquén Rubio y Segundo Bautista Rubio quienes me sacan sonrisas cada instante, son mi motivo y ejemplo para seguir adelante; a mi novio Carlos Daniel Tapia Segura, por su ayuda ilimitada en el desarrollo de mis metas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Acta de sustentación de tesis	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
resumen	ix
Abstract	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes de estudio	14
2.2. Bases teóricas científicas.....	22
2.3. Parámetros relacionados con la remoción de materia orgánica.....	30
2.4. Límites Máximos Permisibles para afluentes de PTAR (Decreto 003, 2010).	31
2.5. Cantidad.....	32
2.6. Frecuencia	33
2.7. Definición conceptual.....	33
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	36
3.2. Población y muestra	38
3.4. Metodología de la investigación.....	40
3.4.1. Formulación de hipótesis.....	40
3.4.2. Variables.....	40
3.4.3. Tipo de investigación	41
3.4.4. Procedimiento.....	41
3.5. Técnicas de recolección e instrumentos	46

3.6. Análisis estadístico de datos.....	47
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
CAPÍTULO V:CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones	59
5.2. Recomendaciones	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de <i>Eichhornia crassipes</i>	26
Tabla 2 Clasificación taxonómica de <i>Pistia stratiotes</i>	28
Tabla 3 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	32
Tabla 4 Variables de investigación	40
Tabla 5 Instrumentos para medir las variables	46
Tabla 6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) cada 7 días	49
Tabla 7 Remoción de DBO ₅ en el tratamiento.....	49
Tabla 8 Resumen estadístico para remoción.....	50
Tabla 9 Remoción por tratamiento	50
Tabla 10 ANOVA para Remoción por Tratamiento.....	51
Tabla 11 Medias para la remoción por tratamiento con el nivel de confianza del 95%.....	51
Tabla 12 Método Tukey con 95%.....	52
Tabla 13 Prueba de Kruskal-Willis.....	52
Tabla 14 Comparación con límites máximos permisibles para afluentes de PTAR.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Territorio político del tratamiento	36
Figura 2 Mapa de ubicación geográfica del tratamiento.....	37
Figura 3 Forma y medidas del recipiente.....	42
Figura 4 Remoción de la DBO ₅ cada 7 días	53
Figura 5 Eficiencia del T1(Pistia Stratiotes) vs T2 (Eichhornia crassipes) cada 7 días.	54
Figura 6 Comportamiento de la DBO ₅ en los niveles de tratamiento.....	55
Figura 7 Eficiencia de remoción de DBO ₅ en el tratamiento.....	57
Figura 8 Jacinto de agua (Eichhonia crassipes)	68
Figura 9 Lechuga de agua (Pistia estratiotes)	69
Figura 10 Punto de vertimiento de agua residuales municipales Chota	69
Figura 11 Punto de congruencia	69
Figura 12 Selección de plantas	70
Figura 13 Recolección de aguas residuales	71
Figura 14 Transporte de muestras.....	71
Figura 15 Recolección de muestras en el tratamiento	72
Figura 16 Codificación de muestras	72
Figura 17 Medición del pH.....	73
Figura 18 Medición de la temperatura	73
Figura 19 informe de la muestra M01	74
Figura 20 Resultado de la DBO ₅ de la muestra M01.....	75
Figura 21 Resultado de la DBO ₅ de la muestra T0, T1; T2 en el día 8 del tratamiento	76
Figura 22 Resultado de la DBO ₅ de la muestra T0, T1; T2 en el día 15 del tratamiento	77
Figura 23 Resultado de la DBO ₅ de la muestra T0, T1; T2 en el día 22 del tratamiento	78
Figura 24 Resultado de la DBO ₅ de la muestra T0, T1; T2 en el día 29 del tratamiento	79
Figura 25 Anexo III Requisitos para toma de prueba de agua residual y conservación de las muestras para el monitoreo	80

RESUMEN

En la investigación se evaluó la eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de la DBO₅ de aguas residuales municipales del distrito de Chota, lográndose instalar un sistema de 3x3 para el tratamiento, el cual consistió en colocar agua residual en 9 bandejas, 1 tratamiento control con 3 réplicas; después se agregó 4 especies de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y 4 de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) a cada bandeja; Se monitoreó la DBO₅ antes de colocar las especies y luego se procedió a evaluar cada 7 días durante 29 días, logrando el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) una eficiencia mínima en el día 8 de 16% y una máxima de 38% en el día 15. Por lo contrario, la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en el día 8 aumentó la DBO₅ en un 13%, en el día 15 aumentó hasta un 19%; existiendo un diferencial significativo entre los tratamientos. Concluyendo que, jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es más efectivo que lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) por su actividad fitorremediadora, rizofiltradora y adaptabilidad al medio; por lo tanto, no es recomendable para aguas residuales municipales con DBO₅ mayor de 200 mg L⁻¹, sino para aguas contaminadas con menor de 200 mg L⁻¹ DBO₅.

Palabras claves: Eficiencia, tratamiento, remoción, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), aguas residuales municipales.

ABSTRACT

In the research, the efficiency of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*) in the removal of BOD₅ from the municipal wastewater of Chota district was evaluated, accomplishing the installation of a 3x3 system for the treatment, which consisted of placing residual water in 9 trays, 1 control treatment with 3 replicates; then 4 species of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and 4 of water lettuce (*Pistia stratiotes*) were added to each tray; BOD₅ was monitored before placing the species and then proceeded to evaluate every 7 days during 29 days, accomplishing the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) a minimum efficiency of 16% on the 8th day and a maximum of 38% on the 15th day. In contrast, water lettuce (*Pistia stratiotes*) on the 8th day increased BOD₅ by 13%, on the 15th day it increased up to 19%; there is a significant difference between the treatments. It is concluded that, the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is more efficient than the water lettuce (*Pistia stratiotes*) due to its phytoremediation, rhizofiltering activity and adaptability to the environment; therefore, it is not recommended for municipal wastewater with BOD₅ greater than 200 mg L⁻¹, but for contaminated water with less than 200 mg L⁻¹ BOD₅.

Keywords: Efficiency, removal, treatment, biochemical oxygen demand (BOD₅), municipal wastewater.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La investigación se basó en estimar la eficacia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) removiendo la DBO₅ de las aguas residuales municipales del distrito de Chota, ya que actualmente en “América Latina el 70% no tienen ningún tratamiento” (Larios et al., 2015, p. 16); en el informe del Plan Municipal de valoración de las afluentes hídricas de los estados unidos (WWAP, 2017) confirma que, el 80% de aguas servidas en la naturaleza son echadas sin procesamiento alguno.

En el caso del Perú el 4,9% de plantas de tratamiento se encuentran en completa operatividad como lo confirma Larios et al. (2015), pero que no abastece en forma suficiente para el tratamiento completo. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014), indica, que, el Perú genera más de 2 000 000 m³día⁻¹ de aguas residuales a los sistemas de alcantarillados, solo se llega a tratar el 32% antes de verterse al afluente (ríos, quebradas, lagos).

Todo esto ha llevado a alterar la calidad de agua en el mundo, esencialmente en países subdesarrollados, siendo el Perú uno de ellos, la razón es el costo alto de ejecución del tratamiento y la carencia de tecnología adecuadas, exponiendo a mayor peligro la variación de los entornos ambientales e incluso la salud humana; reflejándose como consecuencia la contaminación del agua debido a la presencia de niveles altos de DBO₅ produciendo una mayor perturbación en la autopurificación y la vida del río (Carpio, 2014).

“El interés por medir el grado de contaminación de los afluentes como: ríos, quebradas y lagos; se centra en los niveles altos de DBO₅ cuya remoción usa grandes cantidades de oxígeno

disuelto, produciendo el deterioro de ecosistemas” (Villanueva, 2016). Es importante, que, las aguas residuales, sean tratadas antes de verterse a afluentes naturales, para lo cual se debe tener plantas de tratamiento adecuadas y devolverlas a ambiente en condiciones aceptables o favorables, lastimosamente en la región no se tratan las aguas contaminadas; por lo que se siguen “vertiendo directamente a los ríos, toda esta mala gestión ha llevado a la desaparición de organismos acuáticos” (Díaz, 2018).

En el distrito de Chota sus aguas contaminadas son vertidas sin tratamiento a los afluentes naturales de una población aproximadamente de 30 413 habitantes (INEI, 2017). Por ejemplo, los desechos y desperdicios del camal municipal están contaminando las aguas de la quebrada Colpamayo y el río Chotano que contendrían altos niveles de DBO_5 , como indica Medina et al. (2018) , que las aguas residuales del camal de Chota están sobre los LMP, presentando $\text{DBO} = 1874 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$), hecho genera susceptibilidad la salud humana de los pobladores que moran cerca de las riberas y a la vida acuática, sumándose los desagües que se vierten al río Chotano, desde el cementerio “San Juan” hasta cerca de Corepuquio (Núñez, 2017).

Un problema relevante en la zona de Chota es la alteración de la condición del agua en el río Chotano, comprendido por las altas concentraciones de DBO_5 en las aguas residuales del distrito Chota debido a que no reciben tratamiento, lo que ha provocado cambios significativos en la calidad del agua, como consecuencias, genera, efectos perjudiciales para la salud, naturaleza y consecuencias desfavorables para los trabajos económicos y productivos. Enfrentando situaciones críticas respecto al vertimiento de las aguas servidas a cuerpos de aguas sin ser tratadas. Es por lo que, se van realizando estudios de plantas fitorremediadoras para así poder disminuir la

contaminación de las aguas y no sigan siendo un problema, siendo así, una solución de fácil uso y económica.

En este estudio se usó *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para evaluar su eficiencia en la disminución de la DBO₅ a escala piloto, buscando caracterizar el parámetro relacionado a la materia orgánica demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) diseñando e instalando un sistema de 3x3, comparándose nivel de eliminación de DBO₅ realizada por jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechugas de agua (*Pistia stratiotes*) con los LMPs, y ver si, está entre los límites extremos permitidos para afluentes de PTAR.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Explorando la fitorremediación de aguas residuales Mendoza et al. (2016), a escala laboratorio realizaron un sistema con 6 estanques a flujo semicontinuo, consideraron 7 días de tiempo de retención hidráulica, utilizaron 3 estanques con plantas de *Eichhornia crassipes*, y 3 restantes lo usaron como control (sin plantas), así obtuvieron como resultado la mejor eficiencia del sistema en remoción de un 75% los sistemas con plantas, logrando remover 99,9% de amonio; 93,1% de ortofosfato; 93,6 % de demanda química de oxígeno (DQO) y sustancia orgánica 91,6%. Llegando a la conclusión más importante que la particularidad del afluente ensayado satisface y está bajo los límites máximos permitidos determinados en la legislación ambiental colombiana.

Esta investigación resulta pertinente para este estudio de eficiencia, por lo que se trabajó con igual unidades de estudio, pero diferenciándose de un sistema no continuo, al igual que de los autores se buscó implementar un sistema de fitorremediación.

Mendoza et al. (2018), en su estudio se dirigieron a establecer un diseño experimental con plantas de 6 tratamientos, que correspondieron a 5 tratamientos y 1 control, con capacidad de agua de 84,4 L, estos estuvieron a condiciones ambientales. Las eficiencias mayores de eliminación se obtuvieron con los microorganismos relacionado al material orgánico: DQO y DBO₅, en cualesquiera de los tratamientos (con plantas y sin plantas) marcó diferencia significativa en la eliminación de DBO₅ de un 71,2% a un 79,1 %, y para la DQO de 64,2 a 76,2 %, también se obtuvieron valores cercanos en el tratamiento sin plantas, con eficiencia de 67% en la DBO₅ y en

la DQO de 65,2%. Usando el método Dunnet, mencionaron que no existiría diferencia significativa o significancia en los tratamientos y el control, sin embargo, encontraron una mínima diferencia significativa en la remoción de materia orgánica que puede satisfacer la legislación, concluyendo que hay una pequeña significancia en la investigación.

Por otra parte, Torres y Lozano (2017), determinaron oxidación de la materia orgánica de la DBO₅, sólidos totales diversificados y la turbidez. Los resultados que obtuvo relacionado a la carga orgánica, durante los primeros dos días de tratamiento (muestras 1, 2 y 3) fueron notorias, los últimos 2 días de acuerdo con las muestras 4 y 5 los sólidos mostraron un aumento de carga orgánica. Las propiedades organolépticas relacionadas como el color mostraron una disminución notable. En cuanto a las pruebas realizadas en el pH muestran un cambio; las muestras 1, 2 y 3 acercándose a un rango neutro y las últimas dos muestras (4 y 5) el pH tuvieron un aumento hasta alcalino. Concluye que es eficiente el método utilizado en el tratamiento del agua residual, además menciona que, es una alternativa viable por ser un método de bajo costo con resultados en corto tiempo, en las propiedades organolépticas como olor y color se fueron perdiendo durante el primer día del tratamiento realizado.

Cabrera et al. (2017), analizaron la eficacia en la eliminación de contaminantes combinando el tratamiento anaerobio y aerobio por lodos activados a escala laboratorio, para la cual usó un prototipo con 27,9 L de capacidad y fue evaluado durante 60 días, durante el estudio se evaluó diariamente el pH, Sólidos suspendidos y oxígeno disuelto, además evaluaron 2 veces cada semana demanda química de oxigenación (DQO), observándose en la tercera semana estabilización del sistema, removiendo la materia orgánica el 75% referente al parámetro DQO en

el tratamiento aerobio y en el anaerobio el 53% de DQO, así logrando reducir en todo el sistema el 88% y quitando después de 60 días de tratamiento el olor, luego el autor se trazó investigar durante 4 años.

Rodríguez et al. (2018), Se enmarcaron en el objetivo, precisar el beneficio de las lentejas de agua (*Lemna minor*) a modo pos procedimiento en las lagunas de transición, primero analizaron una porción de agua residual anaerobia proveniente de esta afluente, incorporaron lentejas de agua, sacándolo de un reservorio, montaron un régimen batch a nivel laboratorio teniendo 3 repeticiones y 2 controles, analizaron nutrientes nitrógeno (N) y fósforo (P). Obteniendo como resultado de remoción de P 72% y el N 95%. Finalmente concluyeron que la lenteja de agua (*Lemna minor*) presenta buena eficiencia eliminando nutrientes como: nitrógeno (N) y fósforo (P).

Ayala et al. (2018), realizaron un método a nivel laboratorio, para determinar la eficacia de las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale* para remover contaminantes, estuvo constituido por 4 sistemas con agua estancada, 3 de ellos estuvieron con las plantas y 1 de control. Se evaluó 4 veces, cada 15 días, evaluaron parámetros fisicoquímicos: temperatura, pH, turbiedad, residuos integrales, DBO₅, DQO y microbiológicos: como especies bacterianas totales y fecales. Teniendo como resultados en la reducción de los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos gracias a la macrófita *Nymphoides humboldtiana*, y *Eichhornia crassipes* solo en los indicadores químicos como la DBO y DQO, siendo la última especie que mostró mayor eficacia en la exclusión de materia orgánica.

Asimismo, Perales (2018), se propuso calcular la contribución de la fitorremediación por jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en manejo de vertientes excedentes caseras, en su

metodología diseñó 3 pozas, primero realizó 3 muestreos antes de colocar las plantas, a los 40 días y 86 días. La temperatura promedio en pozas fue 28,6°C, el pH fue neutro; en la disminución de DBO₅ promedio es de 94,71% y la DQO promedio es de 92,82%. En su trabajo científico concluye que la especie *Eichhornia crassipes* se aclimatiza rápidamente, adaptándose a ambientes que se le ajuste o instale, además mencionando de la gran eficacia en la metodología de aguas servidas caseras.

Carhuaricra (2019), determinó la eficiencia fitorremediadora a escala piloto, de *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para depurar aguas residuales, en su metodología, preparó un pantano simulado de salida libre, donde colocó las 2 especies, lo realizó de acuerdo con el tiempo de retención hidráulica, el cual fue de 23,4 h, 31,2 h, 39 h y 46,8 h. Tomó como parámetros a medir en el sistema, pH, Conductividad, T°, DBO, DQO, coliformes termotolerantes, y sólidos totales en suspensión. Obteniendo una reducción de 68,2 mg L⁻¹, la DBO de 55,95 mg L⁻¹, a 114 mg L⁻¹ en STS, sin embargo, el pH y la temperatura aumentaron. Concluyendo con ello que *Eichhornia crassipes* disminuye la concentración de parámetros, estableciéndolo dentro de los LMP para afluentes de una PTAR.

Por otra parte, Márquez (2018), evaluó el efecto de las macrófitas flotantes en aguas residuales de criadero porcino en Zungarococha, en su trabajo usó agua de porcinos con dos especies: *Azolla caroliniana* y *Azolla filiculoides*, en 6 réplicas. Primero se evaluó antes de iniciar el ensayo y de ahí a los 3 meses (90 días) y 4 meses (120 días). Concluye que a los 90 días el pH, los sólidos totales, sales disueltas, no mostraron diferencias estadísticas significativas. Pero para los sólidos disueltos y sólidos sedimentables, si existió diferencias estadísticas, en el

agua, con *Azolla carolinia*, más que, *azolla filiculoides*. En el caso de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) existió diferencias significativas en 3 meses, de igual manera para el nitrógeno amoniacal, en un 95%, sin embargo, para el fósforo total no manifestó diferencias significativas estadísticas.

En virtud de la variable remoción de materia orgánica, los autores Palta y Morales (2013), investigaron sobre los parámetros fisicoquímicos relacionados al tema tratando aguas residuales negras. Donde evaluaron los parámetros pH, OD, concentración de DQO, DBO, CO₂, conductividad, NO²⁻ NH⁴⁺, NO³⁻ y PO⁴ y la DBO₅ cada 15 días, durante 6 meses. Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba estadística ANOVA, comparando los tratamientos, posteriormente se sometió a la prueba Posthoc Tukey. Obteniéndose en el análisis de varianza diferencia de significancia para los parámetros de 0,38 de OD, 33,73 de DQO, 0,01 de NH⁴⁺, 0,25 de NO³⁻ y 0,24 de NO²⁻, finalmente concluyó que hay mayor efectividad en el tratamiento con *Brachiaria mutica* y *Penisetum purpureum* en reducir las concentraciones de material orgánico en aguas servidas negras.

Aranda y Pinchi (2020) determinaron el rendimiento de las macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en la eliminación de nutrientes contaminantes de la laguna Ricuricocha por el vertimiento del efluente de una ganadería. En su trabajo de investigación estableció un diseño experimental, un prototipo 2x3, con 2 factores (2 especies, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos), con 3 repeticiones, como resultado obtuvieron mayor eliminación por parte de *Eichhornia crassipes* vs el *Pistia stratiotes*, en los parámetros DBO, DQO, color, turbidez, fósforo

y nitrógeno. Mostrándose igual eficiencia de pH en los 2 tratamientos de depuración de aguas residuales.

Villalobos (2016), quien buscó atenuar la polución de aguas residuales caseras procedentes laguna de transición, a través del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), en cuyo procedimiento consiguió muestrear 42 L de agua residual en 3 diversas estaciones a 50 m de distancia cada uno, examinó la concentración de parámetros en campo (in situ) con el propósito de comparar con los ECAs vigentes. Inició el experimento poniéndole el agua obtenida de cada estación en 3 recipientes agregándolo a cada uno una planta característica de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), por metodología espectrofotométrica UV visible con el ácido vanadomolibdofosfórico, midió la condensación de fosfatos en el agua tanto inicial como final. Llegando a tener como resultado promedio de la remoción de fosfatos de $0,031 \text{ mg L}^{-1}$. Concluyó que *Eichhornia crassipes*, se debe considerar como posibilidad aplicada a la disminución de nutrientes nitratos y fosfatos del agua residual, así evitar de esta manera la eutrofización.

Asimismo, Díaz y Güissa (2018), se propusieron determinar los parámetros cinéticos de fitoreactores, en la contaminación doméstica, con el género totora (*Schoenoplectus californicus*), especialmente el material orgánico, a través de la exigencia química de aireación en cada muestra además, evaluaron y compararon el margen de incremento de las plantas de totora, obteniendo datos estadísticos parámetros cinéticos como: $\mu_{\text{max}} 66 \text{ dia}^{-1}$, $K_s 0,99 \text{ mg L}^{-1}$, (Θ) de 1,37 hora y $(Y) 0,10 \text{ cm mg}^{-1}\text{L}^{-1}$ utilizando el modelo de Monod, llegando a concluir que mientras que a la materia orgánica del agua residual disminuye las plantas crecen.

Además, Díaz y Valdivia (2018), en su estudio diseñaron y construyeron 3 humedales de salida plana superficial a nivel piloto, para que puedan evaluar el tiempo de retención hidráulica y la disminución de material orgánico en aguas contaminadas domésticas. Evaluaron una primera muestra antes de aplicar el tratamiento para comparar con los resultados obtenidos después del tratamiento, en su diseño consideró 3 bandejas rectangulares con capas de suelo orgánico, arena fina y grava, en la primera bandeja plantó flor de cartucho (*Zantedeschia aethiopica*), en la segunda Achira (*Canna sp*) y en la tercera las 2 especies. Después de adaptar las plantas, se muestreó el agua a la salida durante 24 horas con intervalos de 4 hora, evaluándose la turbiedad, sólidos disueltos totales (TDS), conductividad, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) que son muestreadores de materia orgánica, temperatura (T°) y sólidos suspendidos totales (SST). Con esta investigación se midió la cantidad porcentual de expulsión de sustancia orgánica cuyos resultados promedios en los humedales fueron: para el *Zantedeschia aethiopica* 75% de eliminación de sólidos disueltos totales (TDS), el 89% de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y 81% de reducción de demanda química de oxígeno (DQO); *Canna sp* redujo un 83% de STD, de DBO₅ 94% y DQO 88%; y en el humedal 3, SST un 85%, de DBO₅ 93% y de DQO 87%. Concluyó que la variación de plantas y el período de retraso hidráulico causan efecto positivo en la polución de aguas excedentes domésticas.

Por otra parte, Pajares (2018), determinó el caudal entre la disminución de DBO y SST a través de un sedimentador para expulsar los sólidos del agua residual, por lo cual, diseñaron un sistema considerando caudal, para evaluar cómo influye en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno y en los sólidos suspendidos totales (SST) y compararon con los LMP, así; lograr determinar medidas inferiores a los límites máximos permisibles (LMP); consideró media hora, caudal constante, diámetro de los tubos de 1 ½", 1" y ½", el caudal promedio fue de 38, 16,90 y 4,1 m³ min⁻¹, la cantidad de agua que utilizó para todo el tratamiento fue 50 L. Concluyó que el caudal es determinante para la eliminación de SST, reduciendo el 23%, además se mostró mejor reducción en el sistema con caudal de 38 m³ min⁻¹, por tanto, el sistema diseñado es apto para la reducción de estos parámetros.

Coronel (2016), calculó la eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*) sobre aguas residuales de la Universidad Nacional de Amazonas. Para lo cual, se realizó primero una filtración para eliminar los sólidos. Luego en 1 control y 3 estanques, durante 10 días incorporó los vegetales para la investigación. Concluyendo *Eichhornia crassipes* es la más eficaz con un 95% de remoción en DBO₅.

Rodríguez y García (2012), evaluó la remoción de contaminantes de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en agua residual, *Eichhornia crassipes* removió el 66,1% DBO₅, concluye que, las 2 especies, en la eliminación de sustancias contaminantes son eficientes.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Agua residual municipal

Aquella agua que proviene del uso doméstico y se combina con el agua de drenaje pluvial o también se puede mezclar con el agua residual industrial tratada, son convergidas a las redes de alcantarilla (OEFA, 2014, p. 3).

2.2.2. Características del agua residual

2.2.2.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO). Medición de aireación para la corrosión química (destrucción) y determinación de concentración del material orgánico en el agua residual (Rojas, 2002, p. 7).

2.2.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO₅). Constituye el caudal de oxígeno que requieren los microbios autótrofos y heterótrofos para degradar el material biodegradable. Se evalúa durante 5 días el material biodegradable, a una T° 20. La correlación entre el requerimiento químico y bioquímico de oxigenación indica biodegradabilidad del agua residual (Rojas, 2002, p. 7).

2.2.2.3. Sólidos Suspendidos Totales. Estos sólidos se componen por partículas orgánicas e inorgánicas, que son separables por el método de sedimentación fácilmente, filtración o centrifugación (Rojas, 2002, p. 7). De la misma manera Romero (2012) menciona, precisamente que la determinación, “usando una malla de asbesto o de hebra de cristal en recipiente Gooch anteriormente pesado. El resultado es después de haber secado crisol con el contenido a 103-105 °C; Se determina por peso final menos el peso inicial, son los sólidos suspendidos o no filtrables” (p. 8).

2.2.2.4. Sólidos. “Es toda la materia excepto el agua líquida que van desde agua potable hasta agua contaminada” (Romero, 2012, p. 7). “Pueden ser sólidos suspendidos (SS), disueltos (SD), o volátiles (SV) son fijos (SF) inorgánicos u orgánicos.

Una cantidad de los sólidos suspendidos son sedimentables (SSed). Los sólidos sedimentables se determinan por gravimetría (por peso)” (Pulido, et al., s/f).

2.2.2.5. Potencial de Hidrógeno (pH). La fundación Nacional de Salud ([FUNASA], 2013), lo menciona como condensación de átomos ionizados de hidrógeno en sustancia neutralizada (p. 54). Este parámetro domina los niveles biológicos de la descontaminación de aguas residuales; la gran parte de bacterias autótrofas y heterótrofas encargadas de purificarlas prosperan en pH favorable de 6,5 y 8,5 (Pulido et al., s/f).

2.2.3. fitorremediación de agua residuales

Es una posibilidad de procedimiento biológico de aguas secundarias, acorde con lo requerido en el ambiente reduciendo la carga de contaminante y económico en cuanto a su mantenimiento y operación, la cual no requiere de energía, de acuerdo con (Mendoza et al., 2016) la fitorremediación es un procedimiento en el cual se utilizan los procesos biológicos de los vegetales acuáticos y microbiológicos a través de adsorción, reacciones redox, degradación, absorción, y acumulación.

Por otro lado, la planta acuática macrófita más habituada en estos métodos de tratamiento biológico de agua residuales, según Jaramillo y Flores (2012) es la *Eichhornia crassipes*; Por la gran capacidad de eliminar los contaminantes como: metales pesados, nutrientes, metales radioactivos, derivados del petróleo y sustancias orgánicas.

2.2.4. Remoción de materia orgánica

Díaz y Güissa (2018), afirmaron que “la eliminación de sustancia orgánica se da a través de la biodegradación anaeróbica o aeróbica, además una mínima cantidad se remueve por metodología física: filtración y sedimentación, cuando el material orgánico se fija a los sólidos suspendidos” (p. 23). En este sentido se sustenta el uso de plantas acuáticas para remover la concentración de materia orgánica, de acuerdo con (Montoya et al., 2010) “la materia orgánica puede eliminarse por el método de humedales artificiales, a través de los procesos aerobios (reducción de DBO), ya que las reacciones microbiológicas son rápidas, regulando 10 veces más que en los procesos anaerobios” (p. 78). Es decir, el tratamiento con plantas en contacto con la atmósfera es más eficiente en la remoción de DBO_5 , por lo tanto, sería esencial el uso de la macrófita *Eichhornia crassipes* dentro de los sistemas depurativos, esto se debe al “órgano más importe (la raíz), porque, a través de ella, la planta absorbe los compuestos nutritivos para su correcto metabolismo, este proceso se lleva a cabo en la rizósfera, donde seres microbiológicos presentes descomponen el material orgánico oxidable, componentes inorgánicos en sólidos suspendidos, disminuyendo así su concentración”. (Lagos, 2015, p. 25; Sculthorpe, 1967).

2.2.4.1. Biodegradación. Según Delgadillo et al. (2011), asegura que la biodegradación se “realiza por las bacterias autótrofas y heterótrofas, adheridas a la planta, principalmente a la raíz y a la cubierta de los rescoldos”.

Los microorganismos que viven en las raíces son heterótrofos o autótrofos se debe a la fuente de nutrientes que requieran.

Además, menciona Delgadillo et al. (2011) que, los microorganismos heterótrofos requieren sustancias orgánicas para la síntesis de nuevos microorganismos, como fuente de carbono, sin embargo, los microorganismos autótrofos no manipulan sustancias orgánicas sino, dióxido de carbono CO₂ a modo origen de carbonoides” el grupo que aprovecha la luz como salida de energía fotótrofos y los que usan una reacción química de óxido-reducción como origen energético para sintetización son los quimiótrofos. Los 2 tipos de biodegradación, se disponen en lodazales artificiales, de acuerdo a la concentración de aireación.

En la degradación aeróbica, participan 2 grupos de microorganismos: los aeróbicos quimioheterótrofos, corroyendo compuestos orgánicos librando amonio degradando así la materia orgánica por la tasa de metabolismo alta; y los quimioautótrofos quienes dan lugar al proceso de nitrificación, es decir, transforman el nitrógeno amoniacal a nitrito y nitrato, pero el aspecto de oxígeno disuelto en el agua es el factor restrictivo (pp. 23-24).

2.2.4.2. Remoción de DBO₅. Cornejo (2015) asegura que, “Es la reducción de condensación de DBO₅ en agua excedente, siendo la DBO₅ un parámetro con gran significancia en un estudio y caracterización de agua no potables; permite determinar si el agua está contaminada cuando la DBO₅ es mayor a 5 mg L⁻¹” (p. 14).

2.2.5. Descripción del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

Jaramillo y Flores (2012) “Es un vegetal acuático perenne, que flota libremente” (p. 40), además, es especie flotante de raíces sumergidas. Por otro lado (Robles y Madsen, s/f), dice que,

“El jacinto de agua es un matorral acuático en la extensión del agua flota libremente. Este vegetal es oriundo de Brasil” (p. 26).

Jaramillo y Flores (2012), asegura que “La macrófita flotante se encuentra dentro de la siguiente clasificación taxonómica” (p. 39).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Eichhornia crassipes

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Pontederiales
Familia	Pontederiaceae
Género	Eichornia

Nota. La tabla fue obtenida de la clasificación taxonómica de *Eichhornia crassipes*.

2.2.5.1. Características morfológicas. Describe Robles y Madsen (s/f) que “Carece de tallo, presenta rizomas, se abre un rosetón de hojas con superficie esponjosa totalmente abultada en estructura de huevo, sus las hojas son entre redondeadas y obovadas, presenta pequeños poros como maya facilitando la flotación” (p. 26). “En verano florece flores azuladas y lilas. Sus raíces son demasiado peculiares, de color negro y blanco las extremidades al momento de ser jóvenes, negras violáceas al momento de ser adultas, crecen en forma de rosetas y a la vez acopladas por estolones” (p. 26).

De acuerdo con Jaramillo y Flores (2012) “condiciones de su hábitat, para su crecimiento óptimo” (p. 42):

- Iluminación intensa o también puede estar en semisombra
- La temperatura puede ser dentro de 25 y 30°C, sin embargo, soporta hasta 0° C.
- “Necesita un pH que este dentro de 6,5 y 7,5” (Poveda, 2014, p. 26).

“Es una especie de libre flotación, que vive en los ríos, lagunas, estanques y presas, no es resistente al ambiente salino” (Ávila et al., 2000; Poveda, 2014, p. 26).

2.2.5.1. Reproducción. Poveda (2014) afirma que se “una sola planta de crecimiento normal puede reproducirse hasta 70000 en tan solo 8 meses, además de duplicarse de tamaño en diez días pudiendo medir entre 0,5 y 1,50 m” (p. 26). Su reproducción es sexual y asexual, al igual que menciona Ávila et al. (2000) “la reproducción se da especialmente de forma vegetativa a través de estolones” (p. 21). Por otro lado, Poveda (2014) menciona que “la reproducción por semillas se da cuando son eliminadas de las plantas adultas, la cual sirve como rebrote fuente de rebrote” (p. 26).

“Los usos principales son:

- “Esta especie al multiplicarse absorbe los contaminantes del agua, siendo eficaz en la extracción de contaminantes, emitiendo oxígeno que restaura la pureza del agua” (Morales et al., 2019, p. 20).

- Ávila et al. (2000) “Se utiliza como excelente indicador biológico, indica que está demasiado contaminada el agua, cuando deseca por carencia oxígeno para la fotosíntesis o por exteriorizar un color amarillento, por abundancia de átomos como el Hidrógeno (Clorosis)” (p. 75).
- “*Eichhornia crassipes* es un descontaminador de agua porque capta aleaciones pesadas como el plomo, mercurio y cadmio; además tiene una capacidad alta para eliminar nutrientes y grandes contenidos de materia orgánica” (Morales et al., 2019, p. 24).

2.2.6. Descripción de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)

Tabla 2

Clasificación taxonómica de Pistia stratiotes

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Subfamilia	Aroideae
Tribu	Pistieae
Género	<i>Pistia</i> L.
Especie	<i>Pistia stratiotes</i> L.

Nota. La tabla fue obtenida de la clasificación taxonómica de *Pistia stratiotes*.

Es una especie flotante, sus hojas son como pétalos de rosa, de color verde intenso, de forma más o menos circular, con tejidos porosos, pubescentes, reticuladas, obovadas, con el ápice ovalado, levemente escotado, sésiles y alcanzan 0,15 m de longitud por 0,06 m de ancho, emite numerosas raíces. Posee 2 inflorescencias femeninas y masculinas en ejes muy angostos u ovalados por sendas que la envuelven. Los frutos son globosos, de color verde, pueden llegar a medir 1 cm de diámetro, envueltos por una cobertura fina; sus semillas son numerosas de color blanco, rugoso y ovaladas. Se desarrolla en lugares muy iluminados, no soporta los fuertes inviernos. Puede crecer en una temperatura mínima de 15°C y una óptima de 22 a 30°C. Se reproduce rápidamente de 10-12 días, botando sus semillas al fondo del agua (tierra), luego las jóvenes plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número. (Aranda y Pinchi 2020, pp. 21-22)

2.2.7. Procesos de fitodegradación relacionados en la remoción de la DBO₅

2.2.7.1. La fitodegradación. Se lleva a cabo por las plantas en agrupación con microbios degradando sustancias dañinas en compuestos inofensivos (Gualán, 2016, pp. 19-20), siendo así esencial el uso de plantas fotorremediadoras en degradar los contaminantes en compuestos amigables con el ambiente, de acuerdo con Delgadillo et al. (2011) “Las plantas gracias a los microbiota adherida a ellas descomponen los orgánicos xenobióticos en compuestos inofensivos o productos mineralizados como H₂O y CO₂” (p. 601).

2.2.7.2. La rizofiltración. Menciona Gualán (2016) “Es el proceso que se da mediante las raíces de las plantas absorben y adsorben el material contaminante del agua” (p. 20), Contaminantes orgánicos e inorgánicos mediante las raíces, de acuerdo con Delgadillo et al. (2011) dice que “los vegetales utilizan su raíz para eliminar o reducir del medio hídrico contaminantes” (p. 601).

2.3. Parámetros relacionados con la remoción de materia orgánica

2.3.1. Oxígeno disuelto (OD)

Plúas (2015) indica que “es una sustancia química muy importante presente en a los afluentes e imprescindible para el estertor de organismos vivos”. Además “resulta esencial al instante de determinar la calidad de agua; relacionándolo inversamente con la polución orgánica, aumenta su condensación al disminuirse salinidad y temperatura, significa que hay relación continua con la aireación y la pendiente del cauce” (p. 21).

Relacionándose con descomponer el material orgánico, porque es un “catalizador que acelera las reacciones de óxido-reducción de cualquier material en diversos plazos; a mayor

cantidad de material orgánico en el agua de una muestra, requieren los seres microbiológicos mayor cantidad de oxígeno para degradarla, oxidarla o descomponerla” (Raffo y Ruiz, 2014, p. 75), en compuestos amigables con el ambiente como CO₂ y H₂O.

2.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

“Es la aireación demandada por microbios en 5 días a 20 °C, que se obtiene por diferencia del mismo disuelto inicialmente y 5 días posteriores calefactados a 20 °C (U.S.G.S. 2006)” (Zhen, 2009, p. 11). Un método analítico para determinarla es el yodométrico de Winkler.

La DBO₅ es un parámetro de esencial importancia en agua residuales porque está relacionado con el metabolismo de microorganismos, la porción de oxígeno que requieren para vivir, enzimas y cofactores que van a necesitar para convertirlos en compuestos inorgánicos, aumentar su reproducción y finalmente producir compuestos sulfurados y gases orgánicos que caracterizan el mal olor o hedor.

2.4. Límites Máximos Permisibles para afluentes de PTAR (Decreto 003, 2010).

En el 2010, el MINAM certifica los márgenes tope permitidos para afluentes de plantas de procedimientos de agua residual doméstica o municipal, fiscalizados por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Las empresas prestadoras de servicios de saneamientos (EPS) de PTAR se ven obligadas a ejecutar el seguimiento de sus afluentes, aprobados de acuerdo con el Programa de Monitoreo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. “Este instrumento de gestión ambiental especifica el espacio de cada punto de monitoreo, técnicas y metodología, también los parámetros a medir y la frecuencia para cada parámetro de muestreo” (MINAM, 2010, p. 1).

Según el (D.S.N° 021, 2009) de vivienda, la observancia de estos valores son vigilados por SEDAPAL.

Tabla 3

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg L ⁻¹	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg L ⁻¹	100
Demanda Química de Oxígeno	mg L ⁻¹	200
pH	Unidad	6,5-8,5
Sólidos Totales en Suspensión	mL L ⁻¹	150
Temperatura	°C	<35

Nota. Esta tabla muestra los parámetros de agua residual para una PTAR, según el *DECRETO SUPREMO N° 003-2010 MINAM*

2.5. Cantidad

“Es todo lo que se puede medir y ser susceptible a expresarse a través de números, tendiendo aumentar o disminuir” (Aranda y Pinchi, 2020, p. 26). Este dado por la disminución de la concentración de DBO₅.

2.6. Frecuencia

“La frecuencia es la constante repetición de un hecho o suceso; es decir de la remoción de los nutrientes el número de veces que se repite el tratamiento durante el tiempo establecido” (Aranda y Pinchi, 2020, p. 26). Hace referencia al tiempo óptimo de remoción de parámetros por las macrófitas.

2.7. Definición conceptual

2.7.1. Agua

Aquae (2015) afirma que, “el 71 % de la tierra es agua, el 65% de nuestro organismo está compuesto por agua,” siendo así indispensable para la humanidad el agua de calidad, pero por la mala gestión de agua se ve amenazada la vida de acuerdo con Calvo (s/f) “el agua es esencial para la humanidad, pero, cuando el agua contaminada pierde su valor estético y económico viene a ser una coacción en el desarrollo de la vida natural e incluso en el bienestar humano” (p. 3).

2.7.2. Aguas residuales

OEFA (2014) “Es el agua que sus indicadores de calidad han sido alterados por la actividad del hombre, debido a ello, requieren tratamiento para devolver al ambiente en condiciones aceptables, es decir, antes de reusarse, descargarse, verterse a un río y lago debe ser tratada” (p. 2).

2.7.3. Calidad de agua

Romero (2012) afirma que este atributo describe a “las particularidades físicas, químicas, biológicas y radiológicas que presenta el agua en condición natural. Se mide el estado del agua de acuerdo a los requisitos de las especies biológicas o de acuerdo a la necesidad humana, también de acuerdo a fin que se destine”, la Water Quality (2014) menciona, que el estado del agua se evalúa comparando las cuantificaciones físicas, químicas y biológicas en una muestra con los estándares de calidad de agua. Por ejemplo, para el agua potable, estas medidas se establecieron para certificar el abastecimiento de agua saludable y limpia de empleo humano, que proteja la salud humana. Estos estándares se estipulan, generalmente de acuerdo a los niveles de toxicidad científicamente aceptable en el ser humano y los organismos acuáticos. Además, depende de factores naturales y de la acción humana, su calidad.

2.7.4. Límite Máximo Permisible (LMP)

El OEFA (2014) lo afirma como “la cantidad concentrada o generación de sustancias, parámetros o elementos químicos, físicos y biológicos, que identifican un afluente o un vertido, al excederse causan o alcanzan colocar en riesgo el bienestar humano, la salud humana y al ambiente” (p. 3).

2.7.5. Fitorremediación

Se da a través de las plantas acuáticas para remediar o descontaminar suelos, aire y agua descompuestos por remanentes orgánicos, metales pesados o nutrientes, excluyendo contaminantes o transformándoles en inofensivos al ambiente, según Jara et al. (2014).

2.7.6. Valores máximos admisibles (VMA)

Es el grado por la cual se agrupa medidas químicas, físicas, que identifican a un efluente o vertido (fluido procedente de una instalación industrial) que al ser echado a puntos de alcantarilla debe ser cumplido, al ser rebasado origina perjuicio rápido o creciente a infraestructura sanitarias, y equipos, dando lugar a impactos negativos en los métodos de tratamiento de las aguas excedentes (OEFA, 2014, p. 33).

2.7.7. Eficiente

Que realiza o cumple un trabajo perfectamente (Vargas, 2018).

2.7.8. Remoción

Es la disminución del valor de concentración de la DBO₅ (Vargas, 2018).

2.7.9. Muestreo de agua

Instrumento de verificación. Consiste en extraer una parte de agua para evaluar sus particularidades y entornos presentes en el agua (OEFA, 2015, p. 32).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

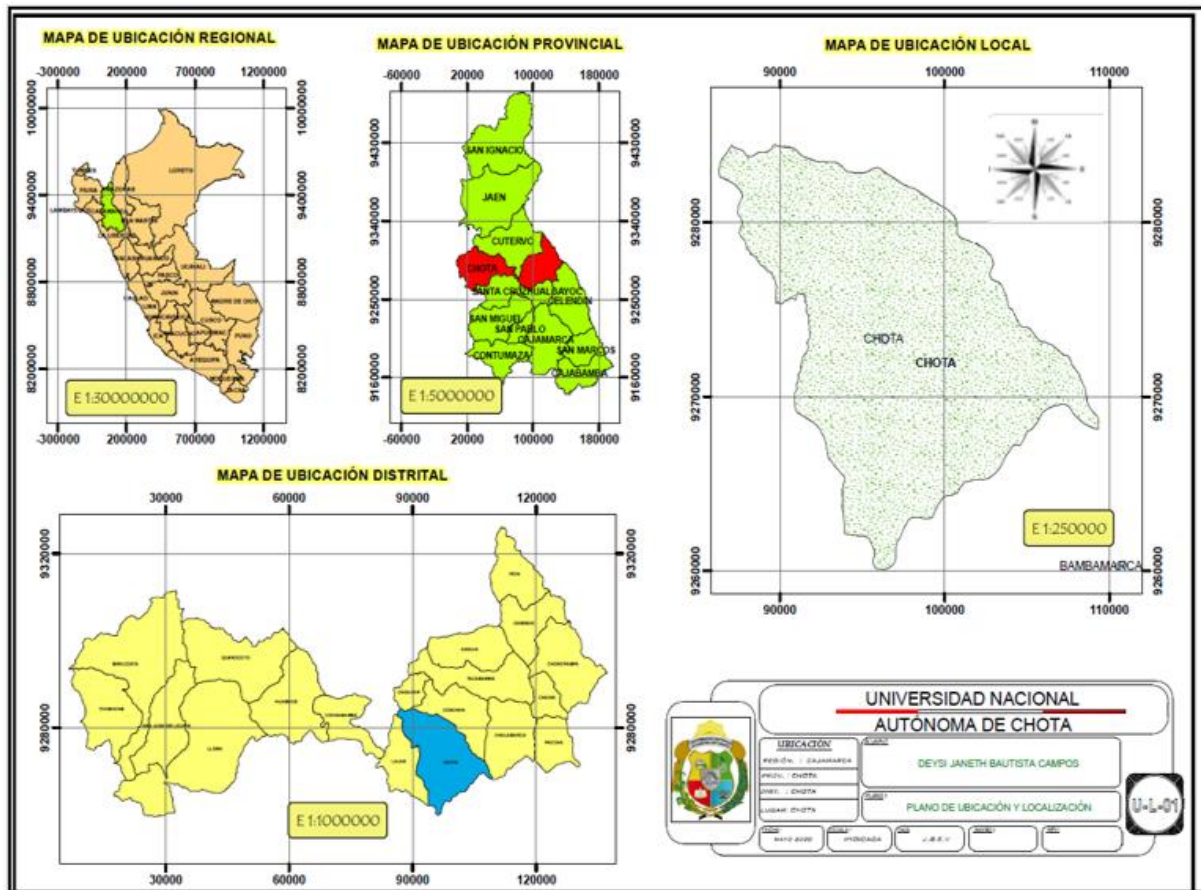
3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación política

La investigación se ubicó en el departamento Cajamarca, provincia Chota, distrito Chota, Como muestra la figura 1.

Figura 1

Territorio político del tratamiento



Nota. En este mapa indica el departamnto, distrito, y provincia, en que se llevo acabo el tratamiento.

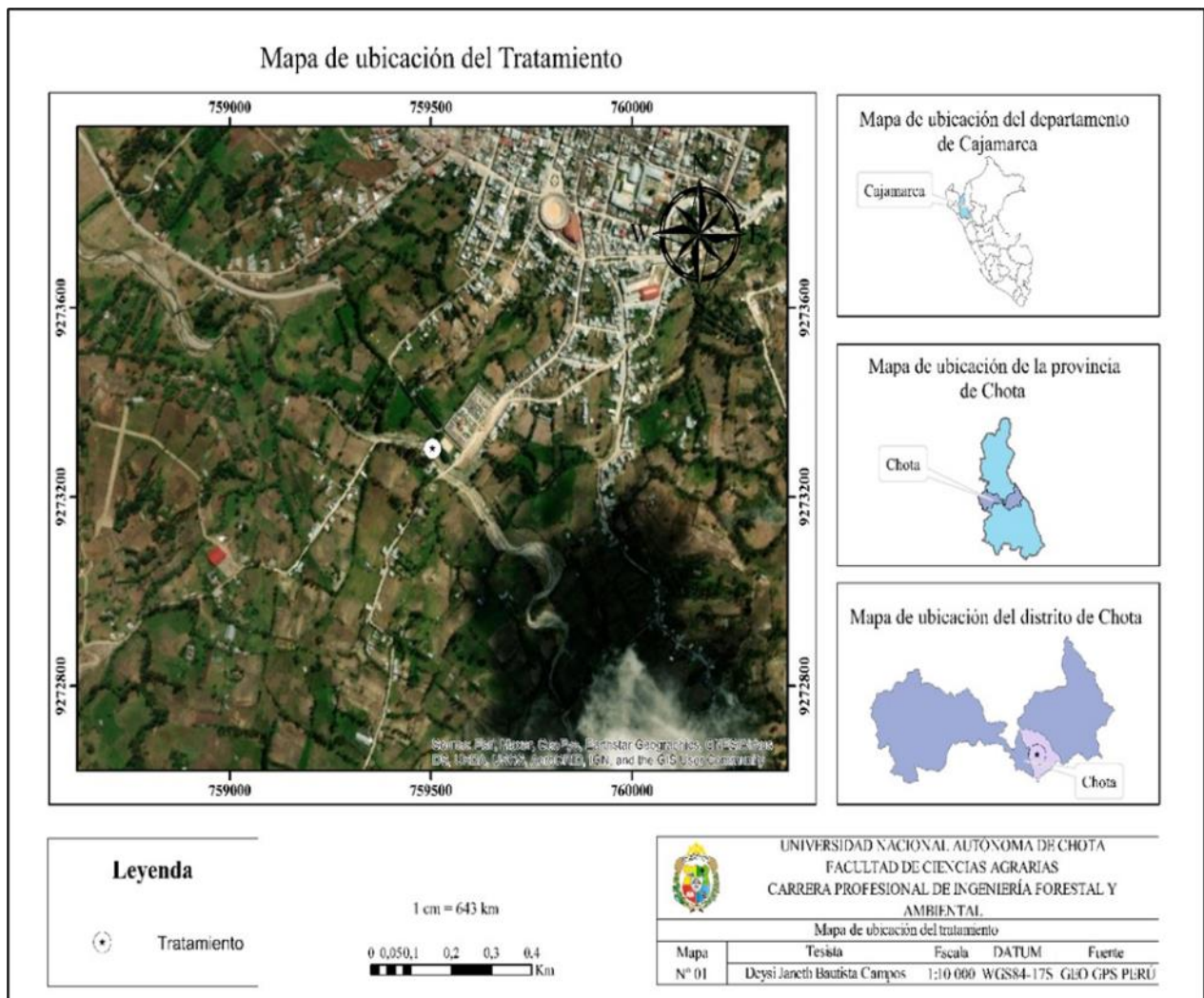
3.1.2. Ubicación geográfica

Se condujo en la comunidad de Chota ubicada a unos 2 388 m. s. n. m.

La parte experimental se ubicó en las coordenadas UTM Norte: 9273302 Este: 759504 a 20 metros del punto de vertimiento de aguas residuales a tratar.

Figura 2

Mapa de ubicación geográfica del tratamiento



Nota. Este mapa indica la ubicación geográfica de la ubicación del tratamiento.

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población

Se determinó según lugar específico vertido de las aguas residuales municipales del distrito de Chota confluente al río Chotano a la altura del puente San Juan y el punto de vertimiento se encontró a 60 m más abajo.

3.2.2. Muestra

Se establecieron 9 volúmenes de 19 L de agua residual municipal y en cada uno de ellos se caracterizará la DBO₅ en el tiempo de 29 días del tratamiento. La muestra de agua residual municipal se ha obtenido por medio de visita in situ, haciendo uso de los mismos recipientes para el sistema.

Para calcular la muestra se aplicará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * Q * N}{N + Z^2 * e^2 * p * q}$$

Fórmula utilizada por Medina et al. (2018).

sabiendo que a un 94% confianza

Z = nivel de confianza

$$Z = 1,88$$

p = Probabilidad a favor.

$$p = 0,8$$

q = Probabilidad en contra.

$$q = 0,2$$

N = Universo

$$N = 50 \text{ L}$$

e = error de estimación.

$$e = 0,06$$

n = tamaño de la muestra

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene

$$n = 38 \text{ L}$$

3.3. Equipos y materiales

3.3.1. Equipos

Equipos laboratorio

- Oxímetro

Equipos de campo

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Cámara fotográfica
- Peachímetro de mano
- Multiparámetro

3.3.2. Materiales

Material experimental

- 12 plantas de *Eichhornia crassipes*
- 9 bandejas de plástico
- 12 plantas de *Pistia stratiotes*
- Agua residual

Materiales de campo

- EPPs (Guardapolvo, Guantes Esterilizados, Mascarilla)
- Lapiceros
- Archivador
- Cuaderno de campo
- Plumón indeleble

Materiales de muestreo

- Botellas de vinilo
- Cadena de custodia

3.4. Metodología de la investigación

3.4.1. Formulación de hipótesis

H1: El Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la Lechuga de agua (*Pistia Stratiotes*) removerá de la DBO₅ de las aguas residuales municipales del distrito de Chota, 2020.

H0: El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lechuga de agua (*Pistia Stratiotes*) no removerá la DBO₅ de las aguas residuales municipales del distrito de Chota, 2020.

3.4.2. Variables

Tabla 3

Variables de estudio

TIPO	VARIABLES	INDICADOR
Dependiente	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	<u>mgO₂</u> L ⁻¹
Independiente	Nivel de eficiencia <i>Eichhornia crassipes</i>	%
	Nivel de eficiencia <i>Pistia stratiotes</i>	%

Nota. Esta tabla muestra en la sección 1 las variables dependientes e independientes, en la sección 2 las variables a estudiar, sección 3 el indicador o unidad de medida.

$$Ef = \frac{AP-DP}{AP} 100\%$$
 fórmula utilizada por Montenegro (2016).

Donde:

EF= Eficiencia

AP=Condensación de demanda bioquímica de oxígeno antes de ingresar las macrófitas

DP=Condensación de demanda bioquímica de oxígeno una vez aplicadas las macrófitas.

3.4.3. Tipo de investigación

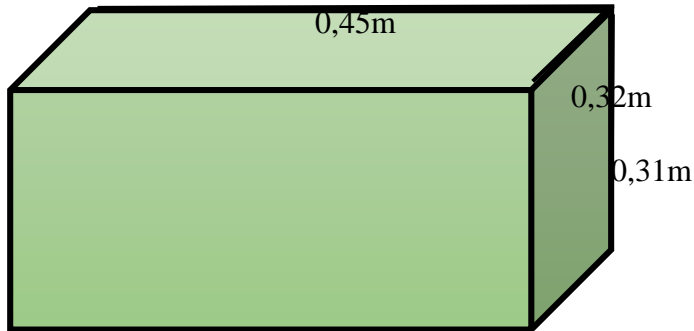
Según las características de la investigación, se realizó una investigación experimental comparativa para evaluar el nivel de eficiencia entre 2 especies *Eichhornia Crassipes* y *Pistia stratiotes* en la eliminación de DBO₅

3.4.4. Procedimiento

El experimento estuvo se integró por 9 módulos rectangulares de plástico con medidas de 0,45 m de largo, 0,32 m de ancho y 0,31 m de alto, se agregó a cada bandeja 19 L de volumen total de agua, para tener un espejo de agua mayor a 15 cm lo suficiente para el desarrollo de la planta de acuerdo con Díaz y Güissa (2018).

Figura 3

Forma y medidas del recipiente



Nota. La ilustración muestra la forma del recipiente y sus medidas usadas para el tratamiento.

El sistema se instaló en las coordenadas UTM: 9273798 m N y 759324 m E, a 2342 m.s.n.m. a unos metros del punto de vertimiento.

En este diseño se tomó los siguientes criterios:

Los recipientes se encontraron con agua residual estancada, sin aireación, por lo tanto, no se consideró caudal.

Se ha tenido en cuenta el volumen, densidad y altura de la planta 25 centímetros.

El método de investigación experimental utilizado para este proyecto se realizó en tres etapas, especificadas a continuación.

3.4.5. Preparación de materiales

En esta etapa se adquirió las 9 bandejas y se esterilizó a vapor, los equipos de protección personal (guardapolvo, guantes esterilizados, mascarilla) y demás materiales de campo (lapiceros, archivador, cuaderno de campo, plumón indeleble, GPS, entre otros).

Se ubicó el punto de recolección y zona para la instalación del sistema, su acondicionamiento (limpieza y cercado) para evitar el ingreso de personas ajenas y la alteración del parámetro a ser muestreado, toma de coordenadas.

3.4.6. Pretratamiento

Arranque y adaptación de las plantas

Los vegetales acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* utilizadas para el estudio se recolectaron de una laguna, ubicada en el caserío de Atoctambo (Chota) con coordenadas UTM Norte: 9281321 m, Este: 763001 m. se ha tenido en cuenta criterios de selección de plantas de acuerdo a otras investigaciones en fitorremediación, según, menciona en su estudio Mendoza (2016), la eficiencia eliminación de contaminantes en un proceso de fitorremediación depende especialmente de la especie, en este caso se seleccionó, *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* por su eficiente mecanismo para llevar a cabo los procesos de fitorremediación (Mendoza et al., 2018; Mumtaz et al., 2014) el estado de crecimiento de las plantas es de acuerdo a lo mencionado por Ávila et al. (2000). Su estacionalidad se desarrolla en cualquier época de año.

Se seleccionó de acuerdo a las siguientes características:

- Ser representativa del lugar de arranque
- Altura de 0,25 m
- Diámetro de 0,15 m

Se consideró un total de 12 plantas por especie, y posteriormente ser adaptadas con la misma agua de su lugar de arranque, el tiempo de adaptación se consideró de 14 días.

3.4.7. Tratamiento

Recolección del agua residual municipal

El agua residual municipal se recolectó 171 litros de agua residual etiquetado y rotulado del vertimiento con coordenadas UTM Norte: 9276792,901 m, Este: 769724,005 m, a 2305 m.s.n.m. incluyéndose el documento de control en calidad de agua de afluentes de PTAR, aprobada por resolución RM N° 273-2013-vivienda.

Se consideró la toma de muestras según los siguientes criterios:

El tiempo: La hora de recolección del agua residual se hizo a la 1:00 pm, considerándose horas punta o de mayor concentración de residuos.

El lugar: Se tuvo en cuenta donde hubo mayor mezcla de los residuos, de fácil acceso y seguro, evitando la vegetación densa y fango.

Monitoreo

Cada 7 días se tomaron una muestra de agua en cada bandeja.

Se realizaron 5 monitoreos, cada 7 días, de los cuales el día 1 de tratamiento se recolectó una sola y en las restantes, 9 muestras de agua. Todas estas muestras de agua se realizaron a las 8 am en cada bandeja, haciéndose uso de un recipiente de plástico de un litro.

Teniéndose en cuenta el siguiente procedimiento:

Ubicación en el punto medio de la corriente principal.

- Se retiró la tapa y contratapa de la botella haciendo uso de guantes esterilizados sin ningún contacto con la superficie interna.

- Se enjuagó la botella 2 veces con el agua residual.
- Se sumergió la botella a 5 cm de la superficie del flujo de agua.
- Se rotuló cada muestra.
- Finalmente se registró en la cadena de custodia.

nota: según el anexo III, exigencias para recepcionar y preservar muestras de agua excedente para el monitoreo, no se usó ningún tipo de preservante, para determinación de la DBO₅.

Transporte de muestras de agua

Las muestras tomadas para la metodología se acondicionaron en un cooler bajo el régimen de refrigeración (ice pack).

Análisis en laboratorio

El análisis de las muestras se realizó a través del método de ensayo usado por el laboratorio SMEWW-APHA-AWWA-WEF part 5212 B, 23rd. 2017. Biochemical oxygen Demand (BOD), autorizado por la dirección de acreditación del instituto nacional de calidad ambiental, con reconocimiento N° LE-084.

3.4.8. Procedimiento por tratamiento

Terminado el tiempo de arranque, se inició la ejecución del sistema de tratamiento en el mes 1, mes 2 y mes 3 de 2020, las muestras se tomaron en cada una de unidades a una profundidad de 5 cm en el día 1, día 8, día 15, día 22 y día 29 considerándose un total de 4 muestras por cada evaluación durante 29 días, las mismas que fueron tomadas y trasladadas al laboratorio Regional

de Cajamarca teniendo en cuenta los requisitos del muestreo de agua y su manipulación (DIGESA, 2007) para proceder a la evaluación de la DBO₅.

3.4.9. Procedimiento de recolección de muestras

Para determinar la DBO₅, se recolectó de muestras en botellas de plástico, las cuales fueron enjuagadas 2 veces con la misma agua residual, tomada a 5 cm bajo la zona de la vertiente, en cada bandeja tratadas, antes de colocar las plantas; cada 7 días durante 29 días, a las 8:00 am, para ser enviadas al laboratorio, previamente rotuladas con el código M01(antes del tratamiento), T0 (agua residual sin plantas), T1 (agua residual + *Pistia stratiotes*) y T2 (agua residual + *Eichhornia crassipes*) y las réplicas.

3.5. Técnicas de recolección e instrumentos

Tabla 4

Instrumentos para medir las variables

Vari able	Tipo	Parámetro	Técnica	Instrumentos	Materiales según (manual de análisis de agua,2000)
AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES	Cuantitativo	DBO ₅	Observación experimental o de campo	Método de ensayo SMEWWA- APHAWWAWEF Part 5210 B, 22nd Ed.2012.	Botellas Oxímetro
	Cuantitativo	T°	Observación experimental o de campo	Biochemical oxygen de Demand (BOD) Cuaderno de campo Cadena de custodia	Multiparámetro o termómetro

Nota. En la tabla, la sección 4 indica la técnica usada en el tratamiento (observación), sección 5 instrumentos para medir la DBO₅ y en la sección 6 los materiales para recolección y el material para la determinación de la DBO₅ y T°.

Técnica:

Observación: Esta técnica se usó para ubicar el punto de vertimiento, el área para la ubicación del tratamiento con la ayuda del (GPS) sistema de posicionamiento global.

Instrumentos:

- ***Cuaderno de campo:*** en este instrumento se usó para registrar la hora de muestreo, y las codificaciones de las muestras de agua a ser transportadas a laboratorio.
- ***Cadena de custodia:*** Es un formato que sirvió para registrar el estado de la muestra, a partir del tiempo de toma hasta la hora de ingreso al laboratorio, para el caso de la evaluación de DBO₅ se usó el formato propio del laboratorio de aguas.

3.6. Análisis estadístico de datos

La observación estadística utilizada es cuantitativa; todos los datos obtenidos se mandaron a la prueba estadística, ANOVA simple y luego a TUKEY y procesados utilizando el programa software Statgraphics Centurion, mediante diseño aleatorio (DCA) con 2 tratamientos en el tiempo 29 días, para ser procesados y analizados convenientemente y comparar la variación de valores obtenidos en cada fecha, para finalmente ser comparados con los LMP.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La presentación de resultados son parte del trabajo de investigación, se ha obtenido de acuerdo con los tratamientos realizados en aguas residuales municipales de Chota a escala piloto, evaluando la eficacia de *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en la eliminación de DBO₅ en el año 2020. Para tal efecto se determinó a través de la diferencia de la concentración de la DBO₅ antes de ser aplicadas y después de aplicar las macrófitas entre la DBO₅ inicial, por el 100%.

En esta evaluación se usó el método tukey mediante el software Statgraphics Centurion, el cual permitió ver que hay significancia entre *Eichhornia crassipes* vs *Pistia stratiotes*.

La tabla 6 muestra la concentración de la DBO₅, tablas 7, 8,9,10 y11, la remoción de la DBO₅, tablas 12 y 13, el porcentaje de remoción y la tabla 14 la comparación con los LMP para PTAR.

Las figuras 3,4, 5 y 6, muestran el comportamiento de la concentración de la DBO₅ en los 2 tratamientos y el control.

Tabla 5

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en el tratamiento cada 7 días

Informe de Ensayo	Unidad	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)											
		M01	T ₀	T ₁	T ₂	M02	T _{0r2}	T _{1r2}	T _{2r2}	M03	T _{0r3}	T _{2r3}	T _{3r3}
IE 0920397	mgO ₂ L ⁻¹	212,5	-	-	-	212,5	-	-	-	212,5	-	-	-
IE 0920437	mgO ₂ L ⁻¹	-	212	241	174,4	-	212,3	238,3	175,8	-	212	238,9	178,9
IE 1020461	mgO ₂ L ⁻¹	-	211,8	252,7	110,4	-	211,9	251,7	108,4	-	211,6	258,3	109,1
IE 1020487	mgO ₂ L ⁻¹	-	210,9	246,1	84,7	-	210,5	245,1	88,7	-	210,3	248,1	83,9
IE 1020514	mgO ₂ L ⁻¹	-	210,2	241,8	72,8	-	209,2	240,8	73,9	-	209,6	242,9	74,9

Nota. La tabla fue obtenida con los resultados del tratamiento, muestra los resultados de DBO₅.

T0: Tratamiento sin plantas

T1: Tratamiento de agua residual municipal con *Pistia stratiotes*

T2: Tratamiento de agua residual municipal con *Eichhornia crassipes*

r₂: Replicas 2

r₃: Replica 3

Tabla 6

Remoción de DBO₅

Remoción	Tratamiento
23,825	1
26,25	1
24	1
95,15	2
94,375	2
94,75	2

Nota. La tabla Muestra la remoción de DBO₅ en el tratamiento con plantas T1 *Pistia stratiotes* y T2 con *Eichhornia crassipes*.

ANOVA Simple - Remoción de DBO₅ por tratamiento

Variable dependiente: Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 7

Resumen estadístico para la remoción de DBO₅

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	3	24,6917	1,35239	5,47711%	23,825	26,25	2,425
2	3	94,7583	0,387567	0,409006%	94,375	95,15	0,775
Total	6	59,725	38,3874	64,2736%	23,825	95,15	71,325

Nota. Con estos resultados de la tabla mostramos, el resumen estadístico de la eliminación de la DBO₅ en cada nivel de tratamiento, en la primera sección muestra tratamiento T1 con *Pistia stratiotes* y T2 *Eichhornia crassipes*, en la segunda muestra las observaciones realizadas en cada tratamiento, en la tercera el promedio de eficiencia para cada tratamiento.

Tabla 8

Remoción por tratamiento

Tratamiento	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	1,20171	
2	0,0683862	
Total	-0,00185655	-1,6636

Nota. Esta tabla muestra diferencias estadísticas de remoción de la DBO₅ en cada nivel de tratamiento. Para determinarlo hay que cotejar los promedios de los 2 tratamientos a través de la varianza y a través del promedio, para ver si hay significancia entre los 2 tratamientos.

NOTA: Se presenta una diferencia mayor de 3 a 1 entre la curvatura estándar más grande y la más pequeña. Por tanto, realiza la verificación de varianzas, para ver los valores de remoción de DBO₅ para la eliminación de cualquier tratamiento.

Tabla 9*ANOVA para la remoción por tratamiento*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7364,01	1	7364,01	7441,52	0,0000
Intra grupos	3,95833	4	0,989583		
Total (Corr.)	7367,97	5			

Nota. La tabla ANOVA se muestra que ANOVA disgrega la varianza de remoción de la DBO₅ en 2 elementos: uno dentro de grupos y otro entre grupos. Obteniéndose, la razón-F igual a 7441,52, cociente entre el estimado dentro y entre grupos. Por lo tanto, el valor-P de la prueba-F es < 0,05, existiendo entonces diferencial estadístico significativo entre el promedio de la remoción del tratamiento 1 (*Pistia stratiotes*) y el tratamiento 2 (*Eichhornia crassipes*), por su capacidad fotorremediadora, rizofiltradora y adaptabilidad al medio, con un nivel de confianza de 95 %, de acuerdo con el estudio de Mendoza et al. (2018), encontró significancia en sus tratamientos. En la tabla 11 se determina cuál de las medias son diferentes significativas de otras.

Tabla 10*Tabla de medias para la remoción por tratamiento con intervalos de confianza del 95%.*

Tratamiento	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
1	3	24,6917	0,574335	23,5641	25,8192
2	3	94,7583	0,574335	93,6308	95,8859
Total	6	59,725			

Nota. Esta tabla nos da a conocer el promedio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en cada nivel de sistema. También en la sección 4 nos muestra, el error de variabilidad de cada media de muestreo. El error estándar mancomunada se divide con el número de observaciones de cada nivel de tratamiento. Los intervalos mostrados se basan en el recurso de la diferencia mínima significativa de Fisher (LSD). Está construido que, si 2 medias son a diferencia de las otras, sus intervalos se traslaparán un 95% de veces.

Tabla 11*Método: 95 porcentaje Tukey HSD*

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	3	24,6917	X
2	3	94,7583	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-70,0667	2,25513

* **indica una diferencia significativa.**

Nota. Esta tabla muestra el procedimiento para fijar ver cuál de las medias son diferentes significativas de las otras al momento de compararlas. Indica que el tratamiento 1-2 con un nivel de confianza del 95%, muestra que existe diferencia estadística significativa. Esta prueba se aplicó para diferenciar promedios del proceso de diferencia significativa de (HSD) Tukey, metodología que permite decir que hay un riesgo de 5% y en uno 0 dos pares no existe diferencia significativa, cuando el diferencial actual es 0.

Tabla 12*Prueba de Kruskal-Wallis para remoción por tratamient*

<i>Tratamiento</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
1	3	2,0
2	3	5,0

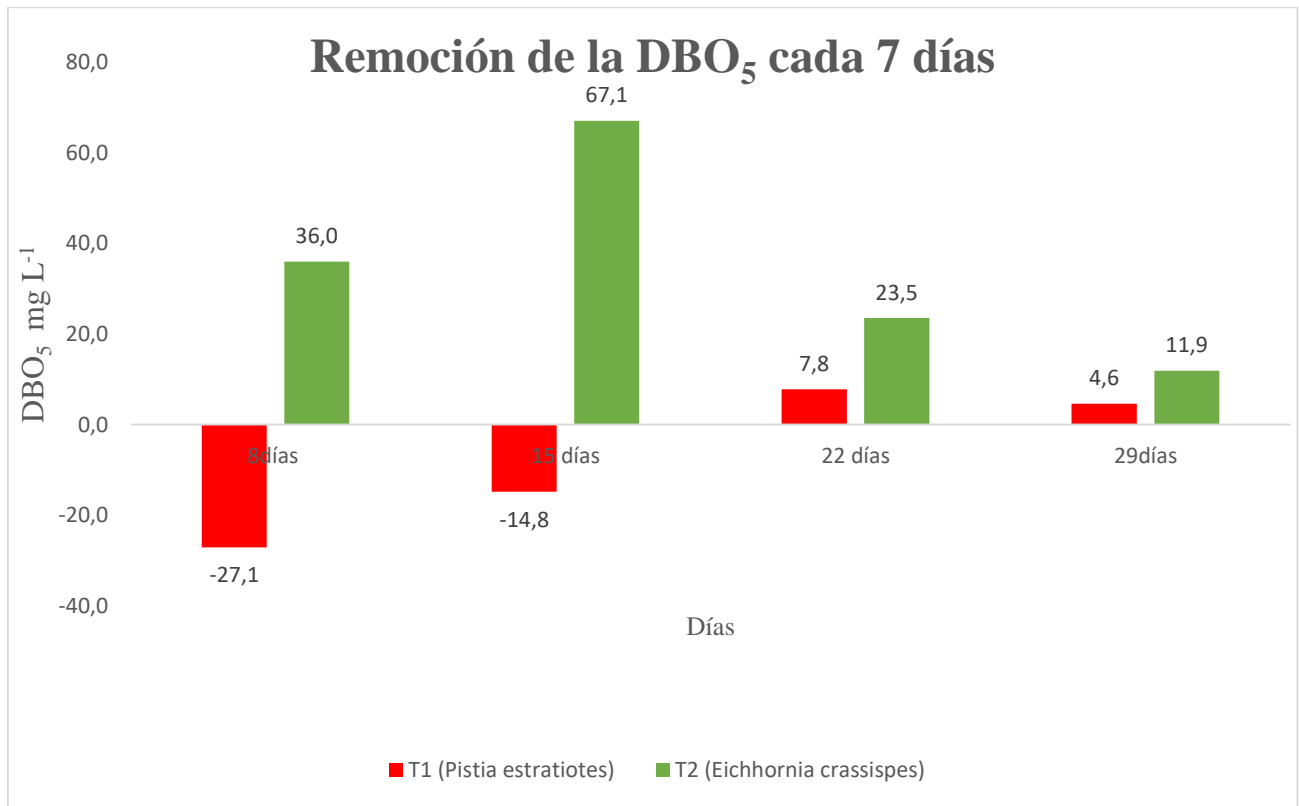
Estadístico = 3,85714 Valor-P = 0,0495311

Nota. En esta tabla muestra el método Kruskal-Willis que apoyó a la contrastación de hipótesis del trabajo. Para llegar a determinar, inicialmente combina los datos de todos los niveles y lo ordena desde el menor hasta el mayor; inmediatamente, se computa el nivel medio para cada conjunto de datos. Pues el valor-P es menor que 0,05 a un rango de certidumbre de 95%, nos revela el diferencial estadístico significativo.

Nota: Se usó solo para tener más seguridad en los resultados obtenidos a través del método estadístico TUKEY, se puede afirmar con más seguridad de que existe diferencia estadísticamente significativa entre el T1 con *Pistia stratiotes* y T2 con *Eichhornia crassipes*, puesto que, en ambos tratamientos se obtuvo el valor-P menor a 0,05.

Figura 4

Remoción de la DBO₅ cada 7 días



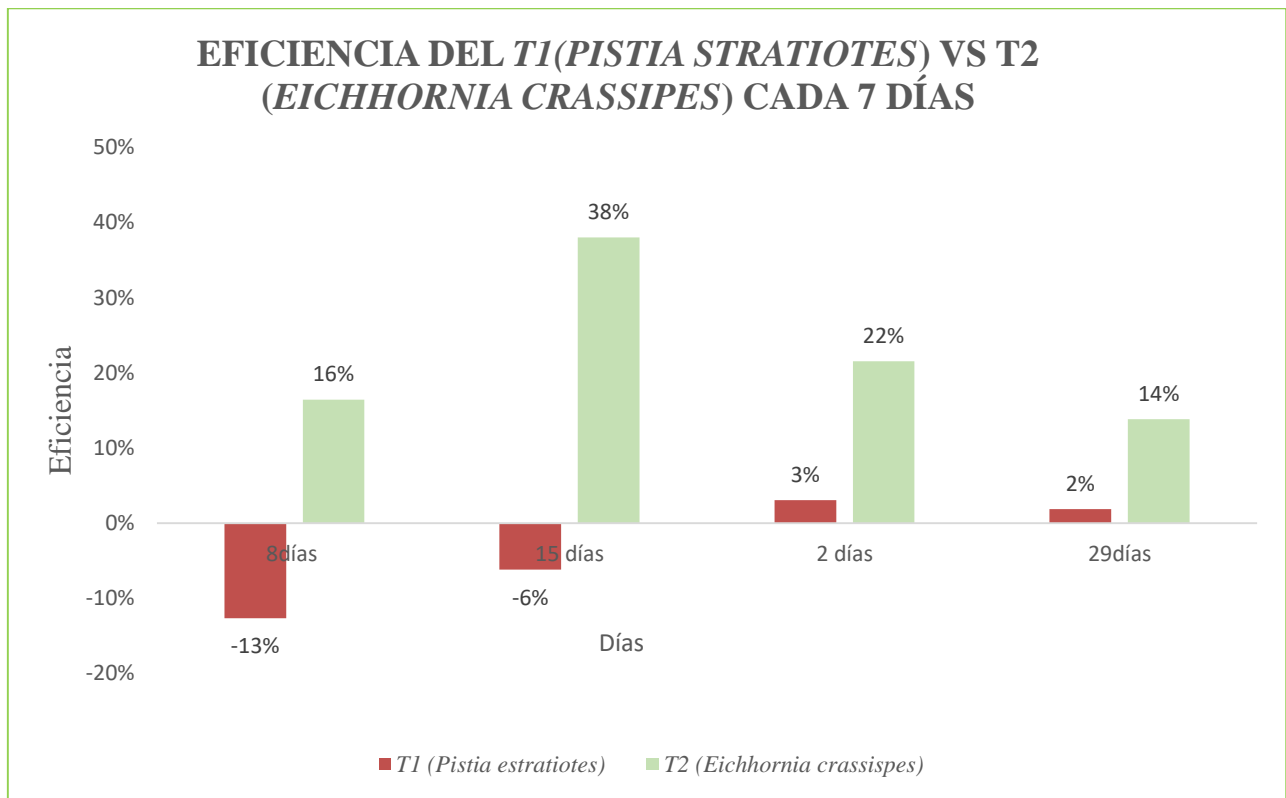
Nota. La figura muestra la remoción de la DBO₅ cada 7 días.

El día 7, con el estudio de Mendoza et al. (2016) remueve el sistema con plantas 67,1 mgO₂ L⁻¹ de DBO₅; En el T1 (*Pistia stratiotes*) aumenta la DBO₅ debido a que incorpora materia orgánica, esto se debe a que el tratamiento se realizó a una temperatura promedio de 14°C, además, asegura (Aranda y Pinchi, 2020) que su temperatura mínima de desarrollo es de 15°C, por lo cual se

desplegaron sus hojas adecuado con su estudio lo cual provocó acrecentar la DBO₅; En T2 (*Eichhornia crassipes*) remueve 79,1 mgO₂ L⁻¹ de DBO₅ en comparación con *Pistia stratiotes* se puede decir que es por la adaptabilidad, como lo asegura Perales (2018), que *Eichhornia crassipes* se aclimatiza rápidamente, adaptándose a ambientes que se le ajuste e instale, por otro lado en relación con la investigación de Carhuaricra (2019) remueve 55,95 mgO₂ L⁻¹, significa que el T2 está dentro del tratamiento más eficiente.

Figura 5

Eficiencia del T1 (Pistia Stratiotes) vs T2 (Eichhornia crassipes) cada 7 días.



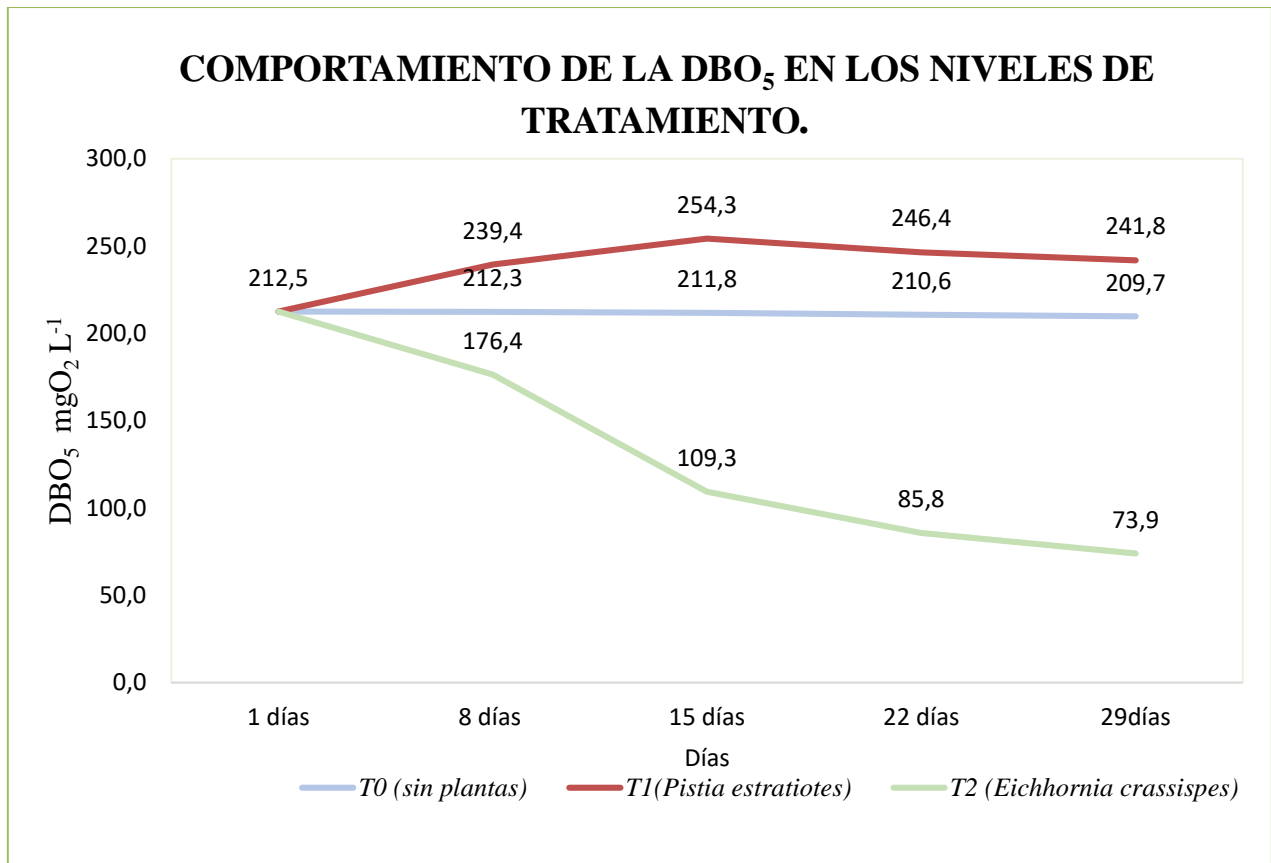
Nota. En la figura se muestra la eficiencia del T1 (*Pistia Stratiotes*) vs T2 (*Eichhornia crassipes*) cada 7 días.

Se puede observar que el T1 (*Pistia stratiotes*) desde el día 8 hasta el día 15 aumenta la DBO₅ por lo que se tiene una eficiencia negativa, pero se puede asegurar que el T2 (*Eichhornia crassipes*)

en el día 15 es más eficiente ya que su máxima eficiencia difiere en 38 % de remoción de DBO₅. De acuerdo con Mendoza et al. (2016), el día de mayor eficiencia en remoción fue el día 15 esa es la razón que la figura 5 muestre el T2 (*Eichhornia crassipes*) su máxima remoción o pico más alto de eficiencia de DBO₅ (38%).

Figura 6

Comportamiento de la DBO₅ en los niveles de tratamiento.



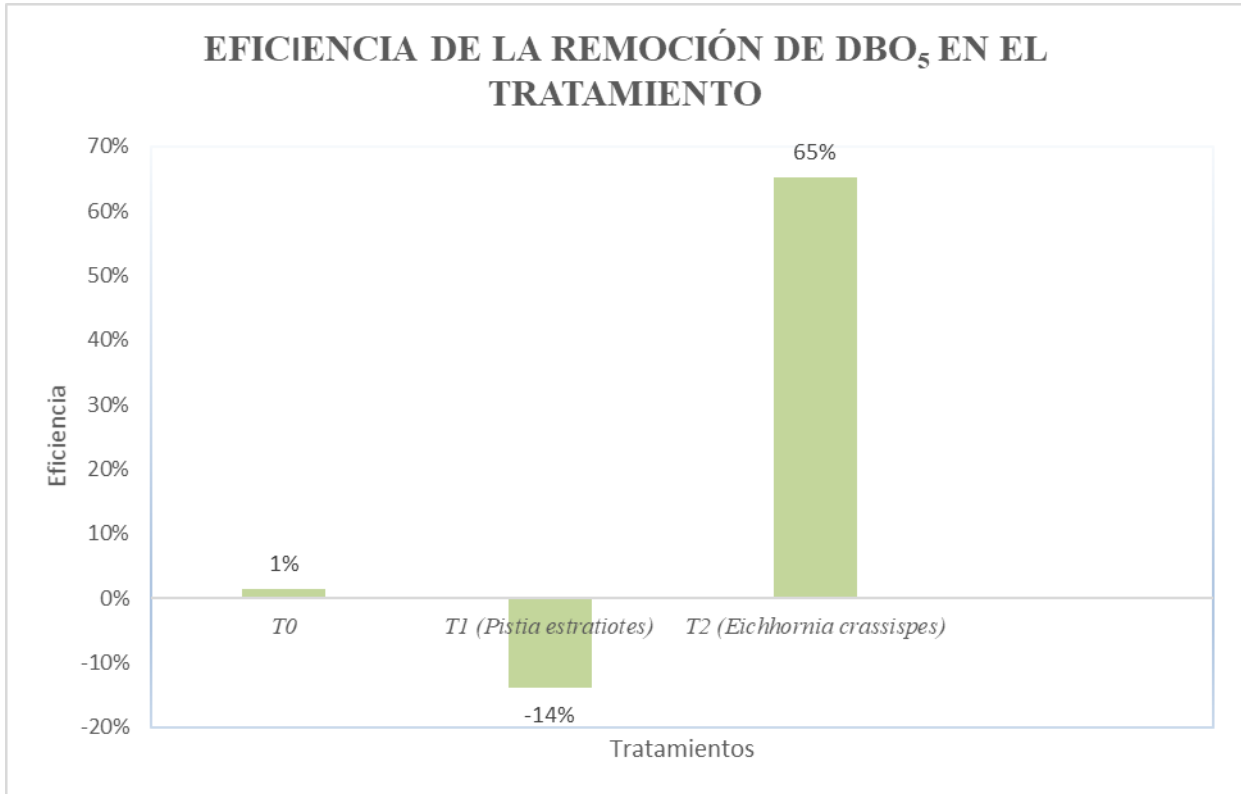
Nota. El gráfico muestra el comportamiento de la DBO₅ en los niveles de tratamiento.

En el tratamiento T0 la DBO₅ se mantiene casi constante. Para el tratamiento T1 (*Pistia stratiotes*) la DBO₅ generalmente aumenta y T2 (*Eichhornia crassipes*) disminuye la concentración de DBO₅.

En esta investigación *Pistia stratiotes* durante el tratamiento aumenta la concentración de la DBO₅, porque sus hojas se empezaron a desprenderse, así incorporando más materia orgánica, de acuerdo con la investigación de Aranda y Pinchi (2020), en su investigación llegó a elevarlo hasta el 18,16 mg L⁻¹ (403,5%), debido que en un tratamiento aeróbico con aireación no es muy eficiente con esta macrófita. *Eichhornia crassipes* logró tener mayor remoción, la concentración de DBO₅ durante todo el tratamiento removió de 212,5 a 73,9 mg L⁻¹ de DBO₅ que hace un porcentaje de remoción de 65% más que el estudio realizado en Chachapoyas en laboratorio por Aranda y Pinchi (2020). reduciendo de 4,5 de - 4 mg L⁻¹ (11,2%) y es casi igual a la remoción encontrada por Rodríguez y García (2012) de 66,1%, sin embargo, coronel en el año 2016 obtiene un 95% de eficiencia, pero lo realizó Ex situ. Este resultado difiere de mi investigación por lo que se realizó a condiciones ambientales, enfrentando las condiciones ambientales y exponiéndola la macrófitas a adaptarse a las condiciones de la zona, a diferencia de la zona de investigación de Coronel y a mayor tiempo de retención hidráulica 10 días, durante 43 días.

Figura 7

Eficiencia de la remoción de DBO₅ en el tratamiento



Nota. El grafico muestra la eficiencia T0, T1 (*Pistia stratiotes*) y T2 (*Eichhornia crassipes*).

La remoción de DBO₅ se debe a la presencia de microorganismos presente en la raíz de *Eichhornia crassipes* de acuerdo con Montoya et al. (2010) la planta remueve a través de los procesos aerobios.

La planta absorbe los compuestos nutritivos para su metabolismo, en asociación con los microorganismos, este mecanismo se da en la rizósfera, las bacterias actúan sobre la materia biodegradable, sustancia orgánica, inorgánicas y los componentes separados, así eliminando o reduciendo la concentración (Lagos, 2015, p. 25).

Tabla 13

Comparación con límites máximos permisibles para afluentes de PTAR

Tratamiento	Parámetro	unidad	Resultado	LMPs de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Condición
T0 sin plantas	DBO ₅	mg L ⁻¹	209,7	100	No cumple
	T°	°C	16,8	<35	Si cumple
	pH	Unidad de pH	8,9	6,5-8,5	No cumple
T1 Pistia stratiotes	DBO ₅	mg L ⁻¹	241,8	100	No cumple
	T°	°C	14	<35	Si cumple
	pH	Unidad de pH	8,9	6,5-8,5	No cumple
T2 Eichhornia crassipes	DBO ₅	mg L ⁻¹	73,9	100	Si cumple
	T°	°C	13,8	<35	Si cumple
	pH	Unidad de pH	7,5	6,5-8,5	Si cumple

Nota. La tabla indica en la sección 6 la condición que presenta cada parámetro de la sección 2: T°, DBO₅ y pH después de ser sometido a tratamientos con plantas sección 1, al compararse con los límites máximos permisibles para afluentes de plantas de tratamiento de agua residuales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se evaluó el porcentaje de eficiencia de *Eichhornia crassipes* obteniéndose un 65% de remoción y *Pistia stratiotes* no presenta remoción de la DBO₅ a temperatura de 14 °C en las aguas residuales municipales del distrito de Chota, 2020.
- La concentración encontrada fue 212,5 mgO₂ L⁻¹ de DBO₅ en el punto de vertimiento.
- Se diseñó e instaló una red de tratamiento 3x3 para remover la DBO₅ usando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) a escala piloto en aguas residuales.
- Se comparó después de 29 días la DBO₅ respecto al tratamiento con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) para ver si está de acuerdo con los LMP para efluente de PTAR respecto al Decreto 003 del 2010 de MINAM lo cual se determinó que la DBO₅ para el T1 (*Pistia stratiotes*) no cumple o no está dentro de los LMP y para el T2 (*Eichhornia crassipes*) si está dentro de los LMP para efluentes de PTAR.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable usar en aguas residuales municipales con DBO_5 menor de 200 mg L^{-1} DBO_5 y no para mayor de 200 mg L^{-1} .
- Según resultados obtenidos se recomienda evaluar los microorganismos presentes en raíces de plantas para poder profundizar conocimientos y ver la relación que existe con la remoción de DBO_5 .
- Se recomienda aplicar a gran escala *Eichhornia crassipes* sobre aguas excedentes municipales del distrito de Chota y así generar menos impactos negativos en los afluentes ya que las aguas servidas de Chota son vertidas directamente al río Chotano y a la quebrada de San Mateo.
- Se recomienda usar microorganismos que aceleraren la transformación de remoción o expulsión de contaminantes en aguas excedentes, así lograr eficiencia al 100% en menos tiempo de retención hidráulica, al momento de aplicar a gran escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, A., Pujadas, M. y Rosales, M. (2016). “Capacidad de absorción de plomo por el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en las aguas del Río Rímac en el año 2016”. <https://www.clubensayos.com/Ciencia/CAPACIDAD-DE-ABSORCI%C3%93N-DE-PLOMO-POR-EL-JACINTO/4031916.html>
- Aquae (2015). *¿Cómo se distribuye el agua dulce y salada?* Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org>
- Aranda G. S. y Pinchi X. (2020). “Eficiencia de las macrófitas jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martín, 2019”. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, San Martín].
- Ávila, J., Castillo, Q. y Zárete, W. (2000). Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), alternativa para el tratamiento de agua dulce en producción acuícola.
- Ayala R., Calderón, E., Rascón J., Gómez V., Collazos R. (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Agroproducción sustentable*, 2(3), 48-53. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/403>
- Ayala, M. (2017). *Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiayacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de san Martín]. Repositorio de la universidad de San Martín <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2723>
- Buchanan, B., Gruissem. y W. Jones, R. (2000). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. http://www.fbmc.fcen.uba.ar/materias/agbt/teoricos/2011_17%20Fitorremediacion.pdf
- Cabrera, M. Mejía, A. y Carillo, Y. (2017). Remoción de contaminantes orgánicos presentes en agua residual doméstica mediante prototipo a escala de laboratorio. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 26(2). <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/issue/view/136>
- Calvo (s/f.). *Tema 4: Contaminación de agua*. https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf
- Carhuaricra, P. (2019). *Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad*

de pacaypampa, distrito de santa maría del valle (Huánuco), agosto – setiembre 2018. [Tesis pregrado]. Universidad de Huánuco.

- Carpio, P. (2014). *Análisis in vitro de la capacidad de remoción de materia orgánica de aguas residuales procedentes de la matanza y faenamiento de ganado, mediante la utilización de quitosato.* [Tesis para optar un pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca]. Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6701/1/UPS-CT003357.pdf>
- Chang K. R y Huamán R. (2019). Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* plantas típicas de la selva peruana.
- Cornejo, D. M. (2015). *Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez.* [Tesis para optar un grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3261/CornejoSoldevilla_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coronel, E. (2016). *Eficiencia del jacinto de agua Eficiencia (Eichhornia Crassipes) y lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Amazonas-Chachapoyas, 2015.* [Tesis para optar título, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. 17 de marzo de 2010. No 415675. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds-003-2010-minam.pdf>
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fito-remediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Díaz, E. y Valdivia, I. (2018). *Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas – Cajamarca. 2018.* [Tesis para optar un pregrado, Universidad Privada

- del Norte, Cajamarca]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13951>
- Díaz L. (2018). Nota de prensa N° 013 - 2018-GR.CAJ/RENAMA Aguas residuales, una problemática de nuestra sociedad. <http://www.regioncajamarca.gob.pe>
- Díaz, J. y Güissa, M. (2018). *Parámetros cinéticos de fitobiorreactores para la depuración de aguas residuales domésticas con Schoenoplectus californicus (Tatora) en el distrito de Cajamarca* [Tesis para optar un pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca]. Repositorio de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/731>
- Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA] (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. (2254). [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Espinoza, J. (2010). Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos hídricos en la cuenca del río Rímac, en el marco del Convenio N° 002-2009/MINSA, correspondiente al periodo de agosto a diciembre de 2009. DIGESA, Lima. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2009/RIO_RIMAC_DIGESA-SEDAPAL_2009.pdf
- Fundación Nacional de Salud (2013). *Manual de análisis de agua. manual práctico de análisis de agua*. (2.ª ed.)
- Gualán, D. (2016). *Evaluación del pasto alemán (Echinochloa polystachya) y lenteja de agua (Lemna minor) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de chicaña, provincia de zamora Chinchipe*. [Tesis para optar un pregrado, Universidad Nacional de Loja, Ecuador]. Repositorio de la Universidad Nacional de Loja <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14140/1/Tesis%20Lista%20Segundo.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista M. (2010). *Metodología de la investigación*. https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la investigación*. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Cajamarca resultados definitivos. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/06TOMO_01.pdf

- Ita, D. (2017). *Capacidad de absorción de fosfato del Jacinto de agua Eichhornia crassipes para la mejora de la calidad de las aguas de los Pantanos de Villa, Chorrillos, 2017*. [Tesis de bachiller]. Universidad cesar vallejo.
- Jara, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M. y Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista peruana de biología*, 21(2), 145-154.
- Jaramillo, M. y Flores, D. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemma minor (Lenteja de agua) y Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales de la actividad minera* [Tesis Pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Lagos, C. (2005). *Utilización del jacinto acuático Eichhornia crassipes ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa kraft* [Tesis para optar un grado, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile]. Repositorio de la Universidad Católica de la Santísima <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-cesar-lagos-2005.pdf>
- Larios - Meoño F., González, C. y Morales Y., (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista Saber y Hacer* 2(2), 09-25.
- Márquez C. (2018). *Dos especies de Macrófitas en la Fitorremediación de aguas residuales en una granja porcina de Zungarococha, San Juan Bautista, 2018* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00912a&AN=CONCY TEC.UNAP.5710&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Martelo, J. y Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, ing. cienc.8 (15), 221-243.
- Medina, C., Uriarte, W., Orrego, S. y Montero, E. (2018). Aplicación del proceso Fenton para degradar aguas residuales del camal de Chota. <http://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/UNACH/48/1/Fenton.pdf>
- Mendoza, Y, Castro, F., Marín, J. y Hedwig, E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia) / Phytoremediation as an alternative for domestic wastewater treatment from Riohacha City (Colombia). *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, (2),071. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S025 4.07702016000200004&lang=es&site=eds-live&scope=site>

- Mendoza, Y. I., Pérez, J. y Galindo, A. A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales / Evaluation of the Contribution of the Aquatic Plants Pistia stratiotes and Eichhornia crassipes in the Municipal Wastewater Treatment. *Información Tecnológica*, (2), 205. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0718.07642018000200205&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013). Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/13762-273-2013-vivienda>
- Montenegro, J. (2016). “*eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito el parco, Bagua, Amazonas, abril – octubre 2013*” [tesis para optar la maestría, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1737/BC-TES-TMP-591.pdf?sequence=1&isAllowed>
- Montoya, J., Ceballos, L., Casas, J. y Morato, J. (2010). Estudio comparativo de la remoción Materia Orgánica en humedales construidos de flujo horizontal Subsuperficial usando 3 especies de macrófitas. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 14,75-84. <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149218986006.pdf>
- Morales, E., Reyes, J., Quiñones, L., Milla, M., (2019). Efecto del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual del colector Santa Lucía-Chachapoyas. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 19-25.
- Núñez R. (1 junio 2017). La ciudad de Chota está invadida por desechos y aguas servidas. <http://radiochota.com>
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental- OEFA (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales 1ra edición. <https://www.oefa.gob.pe>
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental- OEFA (2015). Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978
- Pajares, P., (2018). *Evaluación de la influencia del caudal sobre la reducción de SST y DBO mediante el diseño de planta de sedimentación de sólidos de aguas residuales, Cajamarca 2018*. [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13472>
- Palta-Prado, G. H., y Morales-Velasco, S. (2013). Fitodepuración de aguas residuales domesticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximun* en el municipio de popayán, cauca. *Biotecnología En El Sector*

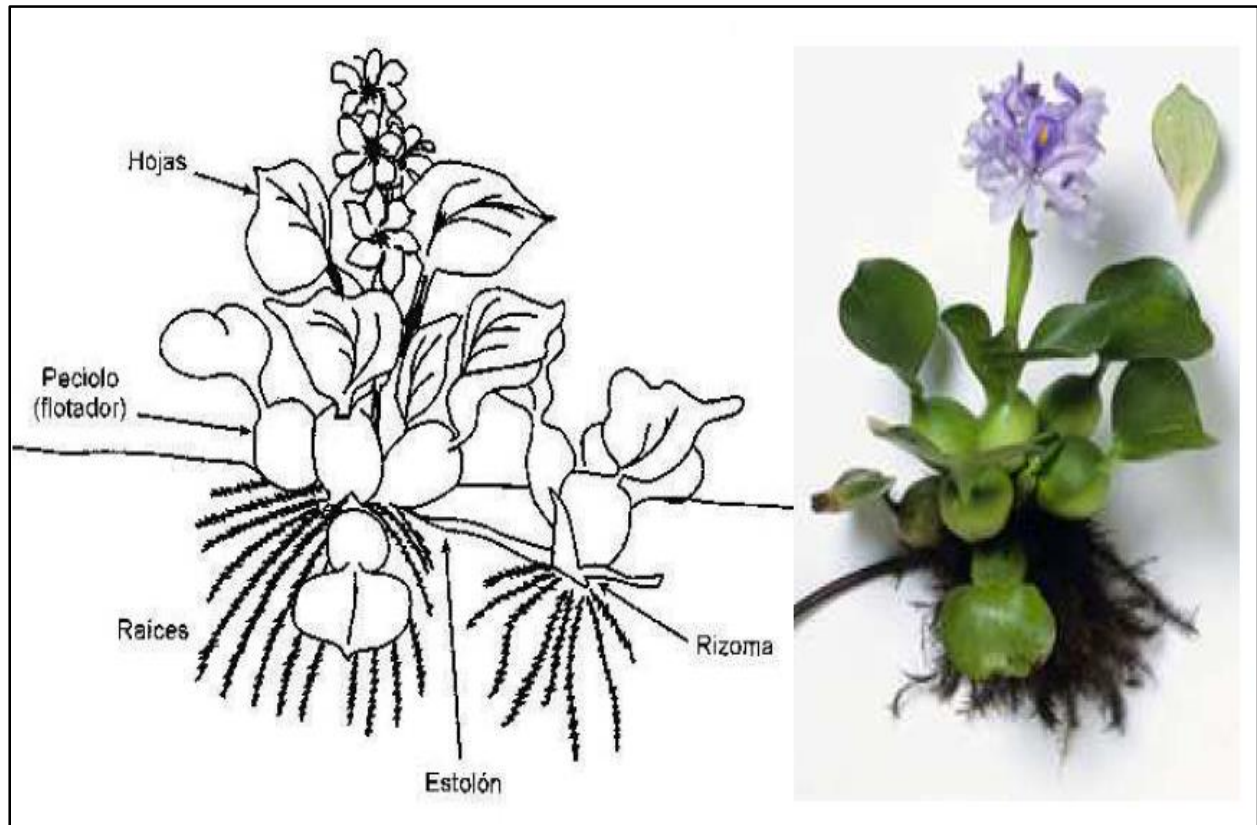
- Agropecuaria y Agroindustrial*, 11(2), 57–65.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fsr&AN=98514991&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Perales, K. (2018). *Tratamiento de aguas residuales domesticas por fitorremediación con Eichhornia crassipes en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Martín
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00912a&AN=CONCYTEC.UNSM.2734&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Plantas y flores (s/f) Lechuguilla Africana de Agua (*Pistia stratiotes*)
<https://plantasyflores.pro/>
- Plúas, M. (2015). *Calidad de agua de consumo humano en el proceso de captación, tratamiento, distribución y consumo en la parroquia venus del río Quevedo del cantón Quevedo, provincia de los ríos* [Tesis pregrado, Universidad Técnica estatal de Quevedo]. Repositorio de la Universidad Técnica estatal de Quevedo
<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1292>
- Poveda, R. (2014). *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. [tesis pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato,
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas [WWAP] (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org>
- Pulido, S. P., Miranda, V. A., Guavita, M. G. y Molano, M. J. (S/f). Origen y características de las aguas residuales. <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- Raffo, E. y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(1), 71-80.
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Robles, W. y Madsen, J. s/f. Jacinto de agua [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms].
http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20aguaEichhornia%20crassipes_0.pdf
- Rodríguez M. y García K., (2012). *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de moyobamba-2011*. [tesis para optar un grado]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

- Rodríguez, J., Sierra, L. y Ramírez, L., (2018). Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrófitas como las lentejas de agua (*Lemna minor*) en lagunas de estabilización. *Logos Ciencia & Tecnología*, (2)153. <https://doi.org/10.22335/rlct.v10i2.434>
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*, 1(1), 8-15.
- Romero J. (2012). *Calidad del agua* (2.^a ed.). Escuela de Colombia de ingeniería.
- Teves, B. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima* [Tesis para optar el grado de Magister, Pontificia Universidad católica del Perú]. Repositorio de la Universidad católica del Perú <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6797>
- Torres, A., y Lozano, A. (2017). Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación. *Ra Ximhai*, 13(2), 393–404. <http://search.ebscohost.com/login.aspx>
- Vargas, K. (2018). *Evaluación de Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2018*. [Tesis de título]. Universidad de San Martín.
- Villalobos, M. (2016). *Fitorremediación de aguas residuales domesticas procedentes de la laguna de estabilización de la provincia de Jaén, mediante el uso de la especie Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en la Provincia de Jaén*. [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de Jaén.
- Villanueva, E. (2016). *Evaluación del porcentaje de remoción de materia orgánica en función a las características fisicoquímicas del río grande – distrito Celendín* [Tesis para optar un pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1762/TESIS%20_%20EVER%20ZABALETA%20VILLANUEVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Water quality. (2014). *Calidad de Agua*. Recuperado el 07 de 01 de 2016. <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Zhen, B. (2009). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada victoria, Curubande, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2009*. [Tesis para optar el grado de magister]. Universidad Estatal a distancia Vicerrectoría Académica.

ANEXOS

Figura 8

Jacinto de agua (Eichhornia crassipes)



Nota. Morfología de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) (Jaramillo y Flores, 2012, p. 40).

Figura 9

Lechuga de agua (Pistia stratiotes)



Nota. La figura muestra la lechuga de agua “*Pistia stratiotes*”, según Plantas y flores (s/f).

Figura 10

Punto de vertimiento de agua residuales municipales Chota



Nota. La figura muestra el punto de vertimiento de agua residuales municipales Chota.

Figura 11

Punto de congruencia



Nota. Punto de congruencia de las aguas residuales municipales Chota con el río Chotano.

Figura 12

Selección de plantas



Nota. Selección de las especies acuáticas para el procesamiento.

Figura 13

Recolección de aguas residuales



Nota. Recolectando agua residual comunal en el punto de vertimiento

Figura 14

Transporte de muestras



Nota. Transporte de la muestra de agua sin tratamiento a laboratorio de agua regional Cajamarca.

Figura 15

Recolección de muestras en el tratamiento



Nota. Recolección de las muestras para evaluar la DBO₅ en el tratamiento.

Figura 16

Codificación de muestras



Nota. Codificación de las muestras de aguas de acuerdo con el tratamiento.

Figura 17

Medición del pH.



Nota. Medición de pH en cada tratamiento, a través de peachímetro de mano en los tratamientos.

Figura 18

Medición de la temperatura



Nota. Medición de la temperatura en el tratamiento, a través del Peachímetro de mano.

Figura 19

Informe de la muestra M01

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA			
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084			
			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N°		IE 0920397-A	
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	Deysi Janeth Bautista Campos		
Dirección	-		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	jandeybc@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	21.09.2020	Hora de Muestreo	08:00
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	01		
Ensayos solicitados	Físico-Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Barrios Bajos- Chota		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-643A	Cadena de Custodia	CC-397-20
Fecha y Hora de Recepción	21.09.20	09:30	Inicio de Ensayo 21.09.20 12:00
Reporte Resultado	30.09.20	13:40	
			
Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
Cajamarca, 30 de Setiembre de 2020.			

Figura 20

Resultado de la DBO₅ de la muestra M01



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
 CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0920397-A

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código de la Muestra	M01		-	-	-	-
Código Laboratorio	0920397A-01		-	-	-	-
Matriz	Agua Residual		-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-
Localización de la Muestra	Barrios Bajos-Chota		-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	≥ 6	212.5	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 30 de Setiembre de 2020.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Figura 21

Resultado de la DBO₅ de la muestra T₀, T₁; T₂ en el día 8 del tratamiento



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0920437-A

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			T ₀	T ₁	T ₂	-	-	-
Código Laboratorio			0920437A-01	0920437A-02	0920437A-03	-	-	-
Matriz			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Barrios Bajos-Chota	Barrios Bajos-Chota	Barrios Bajos-Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	212.1	239.4	176.4	-	-	-

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 08 de Octubre de 2020.

Figura 22

Resultado de la DBO₅ de la muestra T₀, T₁; T₂ en el día 15 del tratamiento



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1020461-A

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			T ₀	T ₁	T ₂	-	-	-
Código Laboratorio			1020461A-01	1020461A-02	1020461A-03	-	-	-
Matriz			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Barios Bajos-Chota	Barios Bajos-Chota	Barios Bajos-Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	211.8	254.2	109.3	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 15 de Octubre de 2020.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Figura 23

Resultado de la DBO₅ de la muestra T₀, T₁; T₂ en el día 22 del tratamiento



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1020487-A

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			T ₀	T ₁	T ₂	-	-	-
Código Laboratorio			1020487A-01	1020487A-02	1020487A-03	-	-	-
Matriz			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Barrios Bajos-Chola	Barrios Bajos-Chola	Barrios Bajos-Chola	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	210.6	246.4	85.8	-	-	-

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 22 de Octubre de 2020.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Figura 24

Resultado de la DBO₅ de la muestra T₀, T₁; T₂ en el día 29 del tratamiento



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1020514-A

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			T ₀	T ₁	T ₂	-	-	-
Código Laboratorio			1020514A-01	1020514A-02	1020514A-03	-	-	-
Matriz			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Barlos Bajos-Chota	Barlos Bajos-Chota	Barlos Bajos-Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	209.7	241.8	73.9	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Figura 25

Anexo III Requerimientos para toma prueba de agua residual y conservación de las muestras para el monitoreo

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Nota. Anexo III, muestra los requerimientos para tomar pruebas de agua. Figura tomada de la resolución RM N° 273-2013- vivienda.