



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“THYPA LATIFOLIA Y EICHHORNIA CRASSIPES
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE EFLUENTES INDUSTRIALES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Nelver Keny Martinez Mendoza
Amir Alejandro Iglesias Paredes

Asesor:

Ing. Luis Alva Diaz

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido un orgullo y privilegio el ser sus hijos, son los mejores padres.

AGRADECIMIENTO

Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. Luis Alva Diaz, asesor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Bases teóricas.....	17
1.3. El Agua.....	17
1.3.1. Principales usos del agua.....	17
1.3.2. Importancia en la conservación.....	18
1.3.3. Fuentes de contaminación hídrica.....	18
1.3.4. Aguas residuales	19
1.3.5. Autodepuración del agua.....	21
1.4. Camal o matadero.....	22
1.4.1. Clases de camales	23
1.4.2. Efluentes producidos	23
1.5. Humedales artificiales	24
1.5.1. Humedales superficiales	24
1.6. Fitorremediación	25
1.7. Especies acuáticas utilizadas	25
1.7.1. <i>Eichhornia Crassipes</i>	25
1.7.2. <i>Typha Latifolia</i>	28
1.8. Marco Legal	30
1.8.1. Ley de recursos hídricos	30
1.8.2. D.S. N° 003-2002-PRODUCE	31
1.8.3. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA	32
1.9. Formulación del problema.....	34
1.10. Objetivos	34
1.10.1. Objetivo general.....	34
1.10.2. Objetivos específicos.....	34
1.11. Hipótesis	34
1.11.1. Operacionalización de variables.....	34
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	36
2.1. Tipo de investigación	36
2.2. Población y muestra.....	36

2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
2.4.	Procedimiento	37
2.4.1.	<i>Muestro de aguas residuales</i>	37
2.4.2.	<i>Obtención de especies</i>	38
2.4.3.	<i>Adaptación de las especies vegetales</i>	39
2.4.4.	<i>Disposición de las especies</i>	39
2.4.5.	<i>Metodología experimental</i>	40
2.4.6.	<i>Análisis de laboratorio</i>	43
2.4.7.	<i>Determinación de porcentaje de remoción</i>	52
2.4.8.	<i>Análisis estadístico</i>	52
CAPÍTULO 3.	RESULTADOS	54
3.1.	Evaluación del agua residual industrial en tiempo cero, en comparación con los valores máximos admisibles (VMA).	54
3.2.	Evaluación de la especie acuática <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) y <i>Typha latifolia</i> , durante la primera semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.	55
3.3.	Evaluación de la especie acuática <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) y <i>Typha latifolia</i> , durante la segunda semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales. ..	57
3.4.	Evaluación de la especie acuática <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) y <i>Typha latifolia</i> , durante la tercera semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.	59
3.5.	Evaluación de la especie acuática <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) y <i>Typha latifolia</i> , durante la cuarta semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.	61
3.6.	Porcentaje (%) de remoción de las macrofitas en evaluación <i>Typha Latifolia</i> (anea) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (jacinto de agua), según los parámetros evaluados.	63
3.7.	Análisis estadístico.....	64
CAPÍTULO 4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	71
4.1.	Discusión.....	71
4.2.	Conclusiones.....	74
REFERENCIAS		75
ANEXOS		78

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES	24
TABLA 2: DIAGRAMA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	34
TABLA 3: DIAGRAMA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	34
TABLA 4: CRITERIOS DE DISEÑO PARA HUMEDALES CON ESPEJO DE AGUA.....	42
TABLA 5: PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL EN COMPARACIÓN CON LOS (VMA)	54
TABLA 6: COMPARACIÓN DE LAS ESPECIES EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) Y TYPHA LATIFOLIA (ANEA), RESPECTO A LA MUESTRA CONTROL EN LA PRIMERA SEMANA DE EVALUACIÓN.....	55
TABLA 7: COMPARACIÓN DE LAS ESPECIES EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) Y TYPHA LATIFOLIA (ANEA), RESPECTO A LA MUESTRA CONTROL EN LA SEGUNDA SEMANA DE EVALUACIÓN.....	57
TABLA 8 : COMPARACIÓN DE LAS ESPECIES EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) Y TYPHA LATIFOLIA (ANEA), RESPECTO A LA MUESTRA CONTROL EN LA TERCERA SEMANA DE EVALUACIÓN.....	59
TABLA 9: COMPARACIÓN DE LAS ESPECIES EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) Y TYPHA LATIFOLIA (ANEA), RESPECTO A LA MUESTRA CONTROL EN LA CUARTA SEMANA DE EVALUACIÓN.....	61
TABLA 10: REMOCIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN	64
TABLA 11: PORCENTAJES DE REMOCIÓN SEGÚN LAS SEMANAS DE EVALUACIÓN	67

FIGURA 1: USOS DEL AGUA EN EL PERÚ	18
FIGURA 2: EVOLUCIÓN DE UN CONTAMINANTE EN UN CUERPO DE AGUA	22
FIGURA 3: HUMEDAL CON ESPECIES FLOTANTES	25
FIGURA 4: EICHHORNIA CRASSIPES, ASPECTO GENERAL DE LA PLANTA; B, FLOR DESPROVISTA DE UNA PARTE DEL PERIANTO; C, CORTE TRANSVERSAL DEL OVARIO.	26
FIGURA 5: THYPA LATIFOLIA: A) HÁBITO; B) CARA ADAXIAL DE LA VAINA FLORIAL; C) FLOR MASCULINA; D) BRATEOLAS MASCULINAS; E) FLOR FEMENINA; F) INFLORESCENCIA; G) CARA INTERNA DE LA VAINA FOLIAR; H) FLOR MASCULINA; I) BRACTEOLAS MASCULINAS; J) FLOR FEMENINA.	29
FIGURA 6: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE DESCARGAS NO DOMESTICAS EN EL ALCANTARILLADO PÚBLICO	33
FIGURA 7: MAPA DE UBICACIÓN Y EXTRACCIÓN DE ESPECIES	38
FIGURA 8: ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DE METODOLOGÍA DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES ACUÁTICAS	39
FIGURA 9: DISPOSICIÓN DE LAS ESPECIES EN LOS RECIPIENTES PLÁSTICOS UTILIZADOS COMO ESTANQUES ARTIFICIALES.	40
FIGURA 10: MEDIDAS DE CILINDROS	43
FIGURA 11: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA PRIMERA SEMANA DE ANÁLISIS, RESPECTO A LOS VMA.	56
FIGURA 12: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA SEMANA DE ANÁLISIS, RESPECTO A LOS VMA	58
FIGURA 13: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA TERCERA SEMANA DE ANÁLISIS, RESPECTO A LOS VMA.	60
FIGURA 14: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA TERCERA SEMANA DE ANÁLISIS, RESPECTO A LOS VMA.	62
FIGURA 15: PORCENTAJE DE REMOCIÓN FINAL SEGÚN LAS ESPECIES RESPECTO A LOS PARÁMETROS EVALUADOS	63
FIGURA 16: GRÁFICO DE SEDIMENTACIÓN.....	65
FIGURA 17: AGRUPAMIENTO JERÁRQUICO	66
FIGURA 18: GRÁFICO DE COMPONENTES	67
FIGURA 20: AGRUPAMIENTO JERÁRQUICO	69
FIGURA 21: GRÁFICO DE COMPONENTES	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE DBO5	45
ECUACIÓN 2: FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO	47
ECUACIÓN 3: FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	49
ECUACIÓN 4: FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS...	51
ECUACIÓN 5: PORCENTAJE DE REMOCIÓN	52

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el porcentaje de remoción de *Typha latifolia* y *Eichhornia crassipes* en los parámetros de DBO, DQO, SST Y AYG de las aguas residuales de efluentes industriales. El tipo de investigación cuasi experimental. Para ello se realizó un muestreo simple in situ para su posterior análisis en laboratorio, del mismo modo se tomó muestra de 220 litros de agua residual. Para la fase experimental se hizo uso de dos plantas acuáticas las cuales estuvieron en contacto con el agua residual durante cuatro semanas, posteriormente se obtuvieron los resultados donde se puede evidenciar que la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), Haciendo uso de la fórmula de porcentaje de remoción ($R\% = (S_0 - S) / S_0 \times 100$), obtuvo los valores en los siguientes parámetros: 97.16% DBO, 97.31% DQO, 90.60% Solidos suspendidos totales, 89.47% Aceites y grasas. La especie *Typha latifolia* (Anea), presentó los siguientes resultados: 92.73% DBO, 92.86% DQO, 93.55% Solidos suspendidos totales, 71.57% Aceites y grasas. Los resultados obtenidos se compararon con lo estipulado según el anexo N.º 1 del D.S N.º 010-2019-Vivienda “Reglamento de valores máximos admisibles (VMA). En conclusión, se puede afirmar que las dos especies presentan un porcentaje alto de reducción en los valores de los parámetros evaluados, y los efluentes finales cumplen con lo estipulado en el decreto supremo citado anteriormente.

Palabras clave: Agente reductor, Aguas residuales, Valores máximos admisibles, macrofitas

The present investigation had as evaluation the percentage of removal of *Typha latifolia* and *Eichhornia crassipes* in the parameters of BOD, COD, TSS and AYG of wastewater from industrial effluents. The type of research is descriptive. For this, a convenience sampling was carried out in situ for subsequent laboratory analysis, in the same way a sample of 220 liters of wastewater was obtained. For the experimental phase, two aquatic plants were used, which are in contact with the wastewater for four weeks, the results were subsequently obtained where it can be shown that the species *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth), using the formula of removal percentage ($R\% = (S_0 - S) / S_0 \times 100$), the values were obtained in the following parameters: 97.16% BOD, 97.31% COD, 90.60% Total suspended solids, 89.47 % Oils and fats. The species *Typha latifolia* (Anea), presented the following results: 92.73% BOD, 92.86% COD, 93.55% Total suspended solids, 71.57% Oils and fats. The results obtained were compared with what was stipulated according to Annex No. 1 of D.S No. 010-2019-Housing “Regulation of maximum admissible values (VMA).

In conclusion, it can be affirmed that the two species present a high percentage of reduction in the values of the parameters evaluated, and the final effluents comply with the stipulations of the supreme decree cited above.

Keywords: Reducing agent, Wastewater, Maximum permissible values, macrophytes

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Uno de los rasgos característicos de la sociedad moderna es la creciente emisión al ambiente de sustancias contaminantes, destacando aquellas que proceden de las actividades industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas. Estos compuestos representan una amenaza para los seres vivos. (Delgadillo, Gonzales, Prieto, Villalobos y Acevedo, 2009, p.31)

Según el diario Gestión (Gestión, 2019), afirma “en la actualidad el Perú es un país en crecimiento por tanto se incrementa la demanda de productos y servicios, generando con ello mayores desechos contaminantes”.

Las tecnologías para el tratado de aguas residuales juegan un papel central, aunque las consideraciones ambientales hacen que muchas de estas tecnologías queden obsoletas o sean demasiado costosas, esta es la principal razón por la que muchas empresas industriales pequeñas y/o medianas como los mataderos no tratan o tratan de manera deficiente sus aguas residuales (Gestión, 2019, p. 07)

Existen tecnologías limpias, eficientes y económicas las cuales utilizan plantas como medio de adsorción y remoción de contaminantes, dicho proceso es llamado fitorremediación. La fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes (Núñez, Meas, Ortega y Olguín, 2004).

Debido a la problemática señalada, se ha venido recopilando diferentes investigaciones para la reducción de contaminantes en aguas residuales haciendo uso de la fitorremediación, tenemos a. (Pozo, Y. 2012). En su tesis titulada “Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo salcedo –Cotopaxi”. como principal objetivo se plantea realizar fitorremediación ex situ de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo, utilizando carrizo y Lechuguines como agentes fitorremediadores. Construye humedales artificiales los cuales tienen las siguientes dimensiones de altura: 0.80 m.; ancho: 1.60 m.; longitud: 4.00 m., para un volumen total de 5.12 m³ De los análisis realizados a las aguas del canal se puede identificar que está altamente contaminada con coliformes fecales y totales, como resultados se obtiene que el (carrizo), tiene la capacidad de remoción de dichos contaminantes en solo 4 días. Se analizan diversos parámetros físicos, químicos y biológicos, entre los cuales destacan el DBO el cual al cabo de 4 días de exposición entre la especie vegetal con el agua se obtuvo una disminución de valores de 60%, en el parámetro de coliformes fecales se obtuvo 99.87% de disminución, en el caso de la especie (Lechiguin), se obtiene una disminución del 80% en el parámetro de DBO y 99.9% en el parámetro de coliformes fecales. En conclusión, se considera al lechuguin como el fitorremediador más efectivo, puesto que en solo dos días de tratamiento ya se pueden notar acción efectiva en remoción de contaminantes.

Por su parte, (León, S. 2017). De la universidad de Guayaquil Ecuador en su tesis titulada "Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras". El objetivo principal es encontrar plantas acuáticas con potencial de fitorremediación de agua contaminada con *E. coli* y coliformes totales, las plantas utilizadas fueron: *Azolla caroliniana* Willd., *Eichhornia crassipes* Solms 1883, *Pistia stratiotes* L., *Salvinia Auriculata* Aubl. y *Lemna minor*. (Control positivo). Después de 7

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales días se determinó la carga bacteriana remanente. Para los análisis de *E. coli* se utilizó la técnica ISO 9308-1. Se encontró un porcentaje de eliminación de *E. coli* de 99% para *A. caroliniana*, *E. crassipes* y *Lemna sp.* y de 100% para *P. stratiotes* y *S. auriculata*. Se realizaron ensayos con aguas negras en los cuales *S. auriculata* = *A. caroliniana* lograron el 100% de remoción de las coliformes y *E. coli*. En conclusión, se puede afirmar que la fitorremediación es una alternativa viable para la remoción de coliformes en el agua, por otra parte, las especies seleccionadas son fácilmente adaptables y no requiere de atención permanente, de las especies seleccionadas, dos tienen una capacidad del 100% de remoción lo que conlleva a afirmar que sobrepasa la eficiencia mostrada por agentes químicos utilizados comúnmente.

A sí mismo, (Jurado, R., Hernán J. 2016). En su tesis “Manejo de las aguas residuales del efluente interno de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí mediante el sistema de fitorremediación”. Propuso un eficiente sistema de fitorremediación para el manejo de las aguas residuales en el efluente interno de la ULEAM, haciendo uso de dos plantas (bambú y lechuguin), se analizó los parámetros para determinar la calidad de agua del efluente interno, los parámetros evaluados fueron: Alcalinidad, cloruros, conductividad eléctrica, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), salinidad, sólidos disueltos totales, sólidos totales, pH. De acuerdo con resultados obtenidos el lechuguin obtuvo mejores resultados en porcentajes de remoción de 70.72% DBO, 46.86% DQO, 37.43% Cloruros y 67.80% Sólidos totales. El bambú por su parte 24.97% DBO, 21.47 % DQO, 6.69% Cloruros y 14.34 Sólidos totales. Se concluye que ambas especies vegetales evaluadas son eficientes sin embargo el lechuguin obtiene mejores porcentajes de remoción.

De acuerdo con, (Cortes, D. 2015). De la universidad Las Américas (Ecuador), presenta en su tesis “Fitorremediación de aguas residuales de la extracción de aceites de palma

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales africana". Con el fin de remover la contaminación del agua residual que provienen de la extracción de aceite de palma africana, como primer paso se analiza el agua residual, seguido de esto desarrolla dos sistemas implementados en los humedales artificiales: sistema superficial y el sistema subsuperficial de flujo vertical, los resultados obtenidos se compararan con un humedal testigo. Donde los resultados para el sistema de flujo superficial fueron los siguientes: en DBO se obtuvo una remoción de 52%, los resultados obtenidos para los parámetros físicos fueron satisfactorios, con un promedio de 85% de remoción de contaminantes.

Por otro lado, (Valera, B. 2017). De la Universidad de Guayaquil, en su tesis titulada "Propuesta de fitorremediación de coliformes totales del estero fecaol puente Lucia provincia del Guayas". El objetivo del presente estudio es verificar la eficiencia de plantas acuáticas con potencial para eliminar coliformes totales de agua contaminada y proponerlas para un posible sistema de fitorremediación, para ello se utilizó dos especies acuáticas: *Azolla caroliniana Willd* y *Salvinia mínima*, para medir su eficiencia en la remoción de coliformes se reprodujeron in vitro y se realizaron bioensayos para verificar su capacidad de remoción de coliformes totales. Después de 5 y 7 días se determinó la carga bacteriana remanente. Donde se encontró un porcentaje de eliminación de coliformes totales de 91,7% para *A. caroliniana* y de 97,4% para *S. mínima*, el pH se mantiene en neutro en todas las semanas de evaluación, la temperatura en ambas plantas disminuyó entre 0.4 a 0.8 °C. Se finaliza asegurando que ambas especies fueron fácilmente adaptables y eficientes en la remoción de coliformes presentes en el agua.

Como antecedentes nacionales tenemos a (Paredes, M. 2015). de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, en su proyecto de investigación titulado "Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros", El objetivo es evaluar la aplicabilidad de especies forestales de la serranía

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales peruana, para el tratamiento de fitorremediación en relaves mineros, se evaluó las siguientes especies vegetales: *Acacia visco*, *Buddleja coriacea*, *Eucalyptus globulus*, *Myoporum laetum*, *Polylepis racemosa* y *Schinus molle*, pasado el periodo de evaluación (27 semanas), se obtuvieron resultados favorables entre las especies evaluadas *P. racemosa* obtuvo el mayor porcentaje de remoción (90.15%), esta especie también fue la que logró mayor remoción de Sb (80.14%), As (54.62%), Ag (50.65%) y Pb (71.21%). Para el Cd, el Eucalipto fue la especie con la que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción (50.05%). Se llega a la conclusión que se puede utilizar las especies forestales que habitan en la sierra peruana por la fácil adaptación de estas en los ambientes contaminados y por su efectividad en remediación.

Por otro lado, (Ayala, Calderón, Rascón, Gómez y Collazos, 2018). En su artículo titulado, “Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*”, Donde el objetivo es valorar la eficiencia de remoción de contaminantes de las especies anteriormente mencionadas. Para determinar la remoción de contaminantes se realizaron evaluaciones cada 15 días, por cuatro veces, para lo cual se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se obtuvieron los siguientes resultados por parte de la especie *Nymphoides humboldtiana*, *Eichhornia crassipes* y *Nasturtium officinale* el porcentaje de eficiencia fue: sólidos suspendidos totales en un 83,02%, 80,87% y 70,03%, y turbidez en un 92,00%, 90,33% y 89,00%, respectivamente. En la remoción de demanda bioquímica de oxígeno, *Eichhornia crassipes* logró una disminución del 84,72%, *Nasturtium officinale* y *Nymphoides humboldtiana* disminuyeron en 84,19% y 82,12%, respectivamente. Finalmente se llega a la conclusión que ambas especies vegetales evaluadas son muy buenas en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos.

Así mismo, (Cruz et al., 2016). en su artículo titulado “Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “Mansión” Mediante La Especie *Eichhornia crassipes*, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión” cuyo objetivo es determinar la eficiencia de remoción de contaminantes del agua mediante la especie *Eichhornia Crassipes* para el riego de las áreas verdes en la Universidad Peruana Unión, El sistema de tratamiento se instaló en una laguna con dimensiones de 3050.16m² , profundidad 4 m, volumen 6405.336 m³ y un caudal de 0.12 m³ /seg, con periodo de retención de 5 días para el tratamiento. Se implementó 37 sistemas flotantes, Se evaluaron parámetros fisicoquímicos obteniéndose como resultado una gran eficiencia en el parámetro microbiológico entre 98%, el parámetro de DBO un 87% de remoción y 71% en solitos totales. Finalmente se concluye afirmando que la especie vegetal evaluada es totalmente eficiente.

En el ámbito local tenemos a (Escobar, C. 2019), de la Universidad Nacional de Trujillo, en su tesis titulada “Bioacumulacion de cadmio y plomo en *Arundo donax* L., *Cyperus alternifolius* y *Leonoti Nepetifolia* en sedimentos aluviales en samne, La Libertad – Perú”, El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la bioacumulación de cadmio y plomo en raíz y hojas de las especies mencionadas anteriormente, Se realizaron muestreos periódicamente durante 3 meses la determinación de los metales se realizó por el método de espectrofotometría de absorción atómica , obteniéndose como resultados valores de 1.6932 ppm de cadmio en la especie *Cyperus alternifolius*, por otra parte la especie *Leonoti Nepetifolia* obtuvo 0.8163 ppm, sobrepasando los límites máximos permisibles y Ecas, Se llega a la conclusión que la zona puede estar en peligro por la presencia de metales pesados así mismo la cuenca del rio Moche.

1.2. Bases teóricas

1.3. El Agua

Es un recurso natural no renovable, considerado un elemento esencial para la vida, Aproximadamente el 72% del peso corporal de los seres vivos está compuesto de agua, está comprobado que el agua es fuente de vida. Necesitamos agua para lubricar los ojos, para desintoxicar nuestros cuerpos y mantener constante la temperatura, por ello, aunque un ser humano pueda vivir por más de dos semanas sin comer, puede vivir tan solo de 3 a 4 días sin beber agua (Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., Duran, M. y Escalante, M. 2008)

1.3.1. Principales usos del agua

El Perú es uno de los 20 países más ricos del mundo en agua. Sin embargo, el recurso no está ubicado en los lugares donde más se requiere de él.

Jorge Álvarez, especialista ambiental del PNUD, aclara que hay que diferenciar entre lo que es agua existente de lo que es agua disponible.

Según Flores, E. (2015), “Si se analiza al Perú como un todo, el agua que existe es más que suficiente para satisfacer las necesidades de los peruanos. Pero esto no es así porque la mayor cantidad de la población (el 70%) está en la costa y la mayor cantidad de agua (98,3%) está en la selva”.

En 2008, las extracciones de agua totales son 13.662 km³, de las cuales 88.7 por ciento son para uso agropecuario, 9.2 por ciento para uso municipal, 2.1 por ciento para uso industrial (incluyendo 1.1 por ciento para uso minero) FAO (2015).

Uso del agua		
Extracción total del agua	2008	13 662 millones de m ³ /año
Agricultura (Riego + Ganadería)	2008	12 199 millones de m ³ /año
Municipal	2008	1 254 millones de m ³ /año
Industrial	2008	289 millones de m ³ /año
Por habitante	2008	477 m ³ /año
Extracción de agua superficial y subterránea	2008	13 564 millones de m ³ /año
% sobre los recursos hídricos renovables totales	2008	
Fuentes de agua no convencionales		
Agua residual municipal producida		millones de m ³ /año
Agua residual municipal tratada	2012	275 millones de m ³ /año
Uso directo de agua residual municipal tratada	2012	30.3 millones de m ³ /año
Uso directo de agua de drenaje agrícola	2010	62 millones de m ³ /año
Agua desalinizada producida	1990	5.4 millones de m ³ /año

Fuente: FAO (2015)

1.3.2. Importancia en la conservación

Como ya se mencionó anteriormente el agua es fundamental para la vida es por ello que se debe de conservar, si bien es cierto el agua es rica en recursos hídricos, pero pueden ser otros factores que afecten el suministro de agua hacia las ciudades, como indica Apaéstegui, J., Peña, F. (2017), “la distribución del agua enfrenta brechas importantes. La parte más poblada del territorio peruano sólo dispone del 2.74% de volumen de agua nacional, en tanto que la parte menos poblada del 97.26% del volumen de agua nacional. En otras palabras, los espacios andinos y costeros poseen un volumen limitado de agua” (p55)

1.3.3. Fuentes de contaminación hídrica

1.3.3.1. Fuentes naturales

Son aquellas donde intervienen los desastres naturales y/o causados por elementos encontrados de la misma forma, este es el caso del mercurio que

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales muchas veces se encuentra en la corteza terrestre, algo similar pasa con los hidrocarburos y otros compuestos.

1.3.3.2. Fuentes antropogénicas

Son aquellas que son causados por el hombre o por las diversas actividades que este realiza e interviene el agua de manera directa e indirecta.

1.3.3.3. Origen domestico

Los vertimientos urbanos es el problema de contaminación más preocupante en todo el país, pues el 61% de la población del Perú cuenta con sistemas de desagüe las cuales hacen un total de 960.5 mmc/año, de los cuales solo el 20.62% son tratadas (198 mmc/año)

1.3.4. Aguas residuales

Según (CESPT 2010). Afirma que “se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios)”

Las aguas residuales se clasifican según su origen, entre las principales están:

- Aguas Residuales Municipales. Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.
- Aguas Residuales Industriales. Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de Industrias de Manufactura (CESPT 2010).

1.3.4.1. Características biológicas

Las aguas residuales presentan diversos contaminantes en suspensión y disueltos sin embargo los microorganismos patógenos son los más

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales abundantes puesto que son generalmente vertientes de industrias y/o municipales.

1.3.4.1.1 Bacterias

Entre las bacterias presentes en el agua residual destacan:

- *Escherichia, Salmonella*
- *Pseudomonas*
- *Aeromonas*
- *Serratia*
- *Nocardia*
- *Spirochaeta sp*

1.3.4.2. Principales parámetros

Entre los principales parámetros tenemos:

- Demanda biológica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Oxígeno disuelto
- Sólidos suspendidos y totales
- pH
- Temperatura
- Coliformes
- Nitratos
- Nitritos

1.3.5. Autodepuración del agua

La autodepuración es un fenómeno el cual consiste en la remediación natural de un cuerpo de agua en el cual intervienen principios físicos (Sedimentación, flotación y transporte), químicos y biológicos (Suárez, J. 2008).

Los microorganismos existentes en las aguas o incorporados por los vertidos (bacterias, algas, protozoos, hongos, rotíferos, insectos, etc.) utilizan la materia orgánica existente en las aguas, metabolizándola y transformándola en materia viva o, en su caso, coagulando las partículas más gruesas por los exofermentos, pudiendo de esta forma sedimentarse parte de la materia en suspensión. Los principales elementos que forman parte de los microorganismos, y que están presentes en la materia orgánica de los vertidos son el C, H, O, N, P, S, Na, K y otros en menor cantidad. Los compuestos orgánicos por acción de los microorganismos aerobios, anaerobios y facultativos tienden hacia su mineralización. (Suárez, J. 2008, p.5)

Según (Suárez, J. 2008). Afirma que una vez incorporado un vertido o un contaminante a un cuerpo de agua, se pueden establecer cuatro zonas: Zona de degradación, Zona de descomposición activa, zona de recuperación y zona de agua limpia, este fenómeno se puede explicar en la siguiente gráfica:

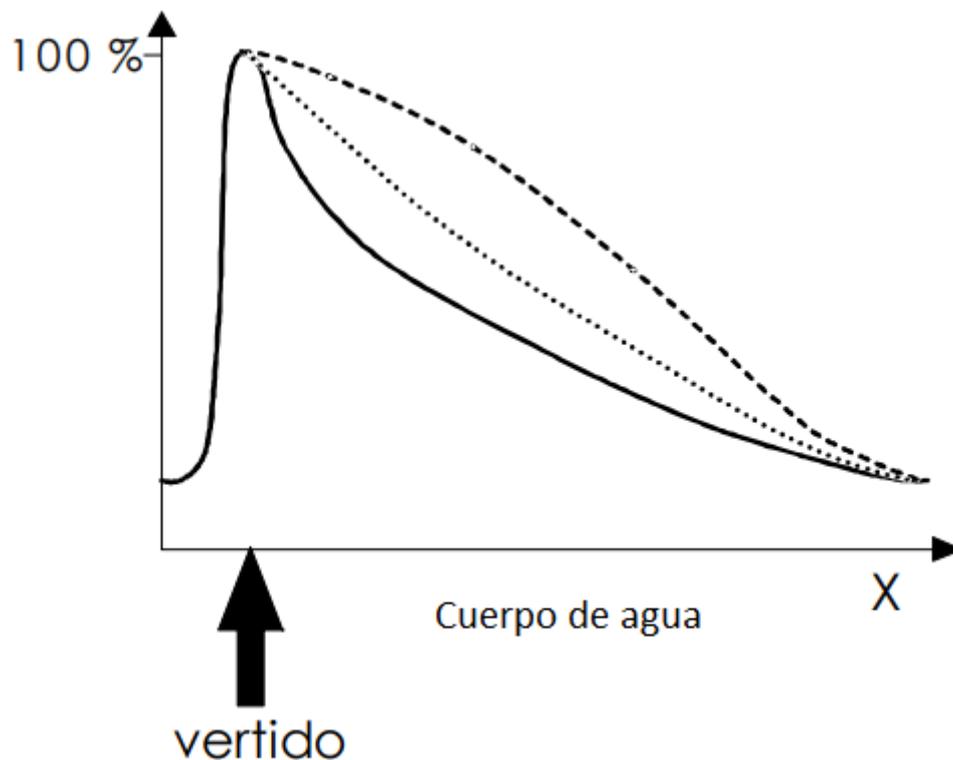


Figura 2: Evolución de un contaminante en un cuerpo de agua

Fuente: (Suárez, J. 2008)

1.4. Camal o matadero

Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017) “Los mataderos municipales son aquellas instalaciones de procesamiento de carne bajo la administración de los Municipios”.

En los países en vías de desarrollo donde el componente rural es importante en la demografía y el desarrollo de la sociedad, Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017).

1.4.1. Clases de camales

1.4.1.1. Públicos

El matadero de tipo cooperativa, públicos o municipales de productores funciona sobre la base de que su personal está empleado para la matanza de los animales, la preparación de canales y la recuperación de subproductos de los animales de su región de producción correspondiente
Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017).

1.4.1.2. Privados

Los mataderos de propiedad privada, procede a la matanza y prepara canales de animales comprados por el propietario o producidos en su propia explotación. La carne elaborada puede venderse también al por menor para lo cual el matadero tendrá necesidad de disponer de una instalación para cortar la carne. A menudo, la propia fábrica de productos cárnicos es la que sostiene ese tipo de matadero, cuando no, es un grupo de supermercados o mayoristas completamente integrado que necesita unas cantidades regulares de trozos cortados para la venta al por menor.
Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017)

1.4.2. Efluentes producidos

Los camales muchas veces cuentan con un sistema de drenaje directamente a la red de alcantarillado municipal sin un previo tratamiento, cabe recalcar que operan de manera deficiente puesto que las rejillas que disminuyen el paso de residuos sólidos al sistema de drenaje están rotas y algunos ambientes no cuentan con estas, los efluentes producidos son principalmente por el lavado de vísceras en la cual se genera una elevada carga orgánica.

Tabla 1: Caracterización de efluentes

PROCESOS	DESECHOS
	Agua con tierra, estiércol y orina
Aturdimiento	Agua residual con sangre
Degollado	Agua residual con sangre
	Agua residual con sangre
Desollado	Agua residual con sólidos en suspensión
	Agua residual con sangre
Eviscerado	Agua residual con estiércol
	Agua residual con sólidos en suspensión y disueltos
Lavado de ambientes	Agua residual con sangre y estiércol
	Agua residual con detergentes

Nota: Fuente: Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017)

1.5. Humedales artificiales

Según Gonzales, J. (2002), “los humedales artificiales consisten normalmente en un monocultivo o policultivo de plantas superiores (macrofitas) dispuestas en lagunas, tanques o canales poco profundos. El efluente, normalmente después de recibir un pretratamiento, pasa a través del humedal durante el tiempo de retención. El efluente es tratado a través de varios procesos físico-químicos y bacteriológicos” (p.79).

1.5.1. Humedales superficiales

1.5.1.1. Sistema con especies flotantes

“Consisten en estanques o canales de profundidad variable (0,2 a 1,5 m), alimentados con agua residual más o menos pretratada en los que se

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales desarrollan las plantas que flotan de modo natural, para esta finalidad se han utilizado plantas del tipo jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna* spp.)”. (Gonzales, J. 2002, p.84).

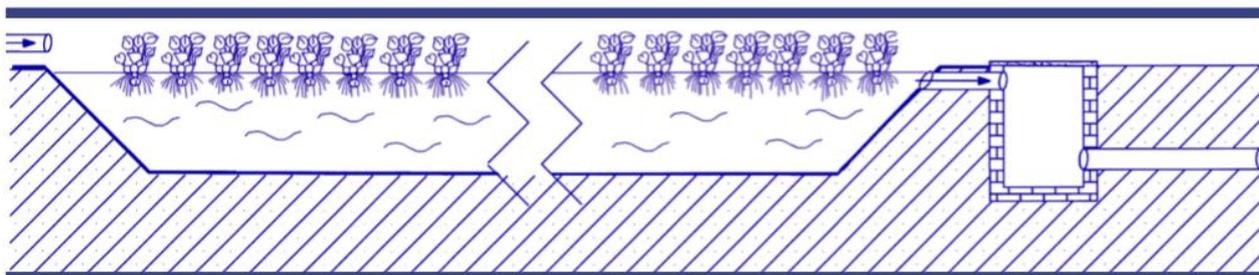


Figura 3: Humedal con especies flotantes

Fuente: Gonzales, J. (2002),

1.6. Fitorremediación

Según Núñez, Meas, Ortega y Olguín (2004). “La fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes”. (p.69).

1.7. Especies acuáticas utilizadas

1.7.1. *Eichhornia Crassipes*

1.7.1.1. Taxonomía

Información taxonómica

Reino: Plantae

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Pontederiales

Familia: Pontederiaceae

Género: Eichhornia

Especie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883

Novelo, A. y Ramos, L. (1998). “La planta acuática *Eichhornia crassipes* se le conoce también con “nombres comunes registrados fuera de la zona de estudio: huachinango, jacinto de agua, lagunera, lechuguilla, lirio acuático, reina de agua. Planta comúnmente perenne, libremente flotante; tallos rizomatosos, estoloníferos; hojas arrosetadas, peciolo de 3 a 60 cm de largo, muy variables en tamaño dependiendo del hábitat donde se encuentren.” (p. 4).

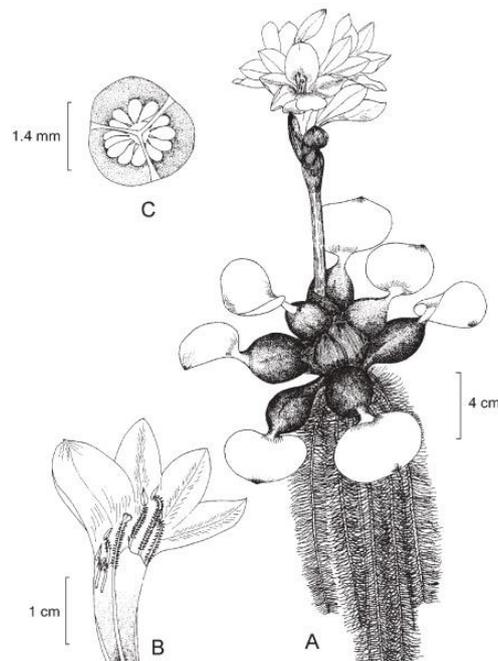


Figura 4: *Eichhornia Crassipes*, aspecto general de la planta; B, flor desprovista de una parte del perianto; C, corte transversal del ovario.

Fuente: (Ramos & Novelo, 2019)

1.7.1.2. Características

El jacinto de agua son plantas acuáticas de tamaño mediano entre 30 a 35 cm de alto el tallo es reducido, aunque un tallo horizontal conecta a diferentes individuos, produce de 4 a 16 flores solitarias de 5 cm de largo aproximadamente de color lila variado del azul al morado. (Novelo, A. y Ramos, L. 1998, p.6)

1.7.1.3. Usos

Según Novelo, A. y Ramos, L. (1998) la especie *Eichhornia crassipes* Se usa normalmente como planta ornamental y comestible, como forraje para animales y actualmente se usa para depurar aguas residuales por su potencial de adsorción de nutrientes en el agua.

1.7.1.4. Parámetros de crecimiento

Su crecimiento va a depender del medio donde se desarrolle. En abundancia de nutrientes la planta se desarrolla en su máximo límite, adquiriendo un intenso color azul verdoso. (Jaramillo, J. y Flores C., 2012)

A continuación, se citan los parámetros de crecimiento.

- Requieren iluminación intensa o semisombra
- Para el crecimiento óptimo la temperatura debe oscilar entre 25 y 30 °C

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales

- Dada que la relación nitrógeno/fosforo en los tejidos de la *Eichhornia crassipes* es mayor a la que se encuentra en el agua, el nitrógeno se agotará antes que el fósforo.
- Necesita un pH entre 6.5 y 7.5
- El crecimiento de la *Eichhornia crassipes* es favorable por el agua rica en nutrientes, en especial el nitrógeno fosforo y potasio. (Jaramillo, J. y Flores C., 2012).

1.7.2. *Typha Latifolia*

1.7.2.1. Taxonomía

Es una planta herbácea común de las regiones cálidas con las siguientes características taxonómicas.

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Typhaceae
Género:	<i>Typha</i>
Especie:	<i>T. latifolia</i>

1.7.2.2. Descripción

Según Castroviejo, S. (2004). “la planta presenta las siguientes características; hojas de longitud variable, que a veces pasan la inflorescencia, carnosas; vainas generalmente con glándulas

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales mucilaginosas en la parte superior interna, rematada por 2 aurículas laterales; simétricas o ligeramente asimétricas, más marcadas en las hojas superiores; lámina 45-120 x 0.8-2.5 cm, de haz plana y envés levemente convexo. Inflorescencia en espiga, con una o más brácteas foliáceas caedizas”.

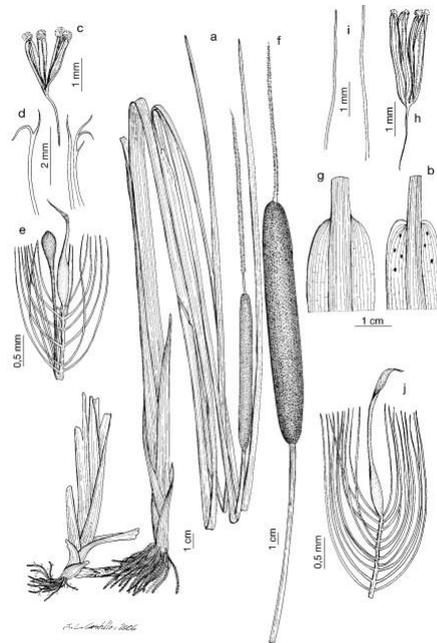


Figura 5: *Thypha latifolia*: a) Hábito; b) cara adaxial de la vaina floral; c) flor masculina; d) bracteolas masculinas; e) flor femenina; f) inflorescencia; g) cara interna de la vaina foliar; h) flor masculina; i) bracteolas masculinas; j) flor femenina.

Fuente: Castroviejo, S. (2004).

1.7.2.3. Hábitat

Según De la Mora, F. (2014). “Las eneas son helófitas de climas templados o templado-fríos con estaciones. El rango de temperaturas en que se desarrollan es de 10 a unos 30°C, existiendo diferencias entre

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales especies. *T. angustifolia* prefiere las temperaturas frescas, mientras que *T. domingensis* y *T. latifolia* tienen requerimientos térmicos parecidos. Además, existen diferencias en cuanto a tolerancia a la inundación y características del agua en que viven”. (p.92).

1.7.2.4. Usos

Sus usos son diversos, la anea (*Typha Latifolia*) es una planta que crece en pantanos en la zona litoral, sus usos son diversos: para adorno de estanques, construcción de canastos, esteras, petates; Cabe recalcar que en algunas partes del mundo la planta es comestible.

1.7.2.5. Potencial fitorremediador

Según, Gonzales, L. y Malca, M. (2016). “las eneas son una familia de plantas acuáticas son menos densas que el agua, por lo que flotan. Pero su propiedad fundamental reside en que, mediante su sistema de geomembranas, (como cañerías huecas por dentro) inyectan naturalmente la cantidad de oxígeno que el agua y los fangos circundantes necesitan para no degradarse, y también segregan ácidos que matan a las bacterias patógenas del agua. De este modo, consiguen eliminar los residuos orgánicos mientras que los materiales pesados, nitratos, fosfatos y otros contaminantes inorgánicos, son absorbidos directamente por la planta”. (p.11).

1.8. Marco Legal

1.8.1. Ley de recursos hídricos

- Artículo 42°.- Uso productivo del agua. El uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

- Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

1.8.2. D.S. N° 003-2002-PRODUCE

- Artículo 1°.- El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con instalaciones existentes o por implementar, que se dediquen en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.
- Artículo 5°.- Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles. En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

1.8.3. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

- Artículo 1°. - Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales. Los VMA son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.
- Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento. Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

PARAMETROS	UNIDAD	SIMBOLOGIA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	DBO	500
Demanda química de oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/l	S.S.T	500
Aceites y grasas	mg/l	A Y G	100

Figura 6: Valores máximos admisibles de descargas no domesticas en el alcantarillado público

Fuente: El peruano (2019)

- Artículo 5°.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos.
- Artículo 9°.- Prohibiciones Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

1.9. Formulación del problema

¿De qué manera *Typha latifolia* y *Eichhornia crassipes* remueven los contaminantes en las aguas residuales de efluentes industriales?

1.10. Objetivos

1.10.1. Objetivo general

Evaluar la actividad de *Typha latifolia* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes en las aguas residuales de efluentes industriales.

1.10.2. Objetivos específicos

- Identificar el comportamiento del grupo control en relación con los grupos experimentales
- Evaluar la influencia de *Typha latifolia* respecto al tiempo de reducción de contaminantes hasta el punto ideal de las aguas residuales de efluentes industriales.
- Evaluar la influencia de *Eichhornia crassipes* respecto al tiempo de reducción de contaminantes hasta el punto ideal de las aguas residuales de efluentes industriales.
- Comparar los resultados obtenidos con el fin de evidenciar el cumplimiento del D.S N° 010-2019-Vivienda

1.11. Hipótesis

La especie vegetal *Typha latifolia* logrará un mayor porcentaje de remoción que *Eichhornia crassipes* en la reducción al nivel de comparación de los valores máximos admisibles del D.S. N°010-2019 VIVIENDA de los parámetros evaluados en aguas residuales de efluentes industriales.

1.11.1. Operacionalización de variables

Tabla 2: Diagrama de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	UNIDADES
INDEPENDIENTE	son plantas adaptadas a los medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos	Uso de plantas acuáticas como fuente alterna de remediación de aguas residuales domesticas	<ul style="list-style-type: none"> - Thypha Latifolia - Eichhornia Crassipes 	- Unidad
<i>Thypha latifolia</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>				
DEPENDIENTE	Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación	Evaluación de parámetros con el fin de evidenciar el efecto que tienen las macrofitas en el agua residual industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) - Demanda química de oxígeno (DQO) - Solidos suspendidos totales - Aceites y grasas 	<ul style="list-style-type: none"> - mg/l - %
Remoción de DBO, DQO, SST y AYG				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo descriptiva cuasi experimental, pues tiene como objetivo evaluar el porcentaje de remoción de dos especies acuáticas con el fin de reducir contaminantes y dar solución al problema que se tiene con las aguas residuales de efluentes industriales, así mismo posee un enfoque cuantitativo Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2010), puesto que según, el enfoque cuantitativo hace referencia al estudio a partir del análisis de cantidades, es decir involucra un proceso de estudio numérico que tiene que ver con fundamentos estadísticos.

2.1. Tipo de investigación

El diseño de investigación es cuasi experimental de contrastación descriptiva, se manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentales “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos (Hernández Sampieri et al., 2010).

2.2. Población y muestra

La población está compuesta por el total de aguas residuales de efluentes industriales, para la fase de experimentación se tomó como muestra 220 litros de agua residual industrial.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos para la presente investigación se obtiene en base a los análisis de laboratorio que se realizaron periódicamente durante la fase experimental, durante la fase experimental se lleva un seguimiento constante de observación y caracterización de las macrofitas (especies en evaluación), para ello se utilizó cámara

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales fotográfica, libreta de apuntes. De igual forma se recurrirá a la utilización de fuentes secundarias.

Posteriormente por medio de un trabajo de gabinete, se procede a la revisión crítica de la información recogida y se interpretan los resultados obtenidos con el apoyo del marco teórico.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Muestro de aguas residuales

Para realizar el proceso experimental se tomó dos muestras (muestreo simple), de agua del canal de alcantarillado (área de lavado), Para el muestreo se utilizó frascos ámbar (500 ml), guantes, mascarilla, guardapolvo, el muestreo se realizó de forma manual y superficial tomando en cuenta lo especificado por la Dirección general de salud ambiental e inocuidad alimentaria (DIGESA, 2016), quien especifica los procedimientos para la manipulación de muestras así como la cantidad y tipo de preservantes (Ver Anexo 21), posteriormente se hizo uso de la cadena de custodia (Ver anexo 22) con el fin de registrar la información relevante para asegurar la integridad de la muestra.

Del mismo lugar se tomó 220 litros de agua residual industrial, para la fase experimental la cual fue almacenada en un cilindro plástico hasta su traslado a los recipientes con las plantas de estudio.

2.4.2. Obtención de especies

La obtención de las especies (*Eichhornia crassipes* y *Typha latifolia*), se realizó 15 días previos a la metodología experimental, las especies fueron recolectadas al este de la ciudad de Trujillo, las especies se encontraron en las coordenadas (8°7'5.25"S; 78°58'23.17"O).

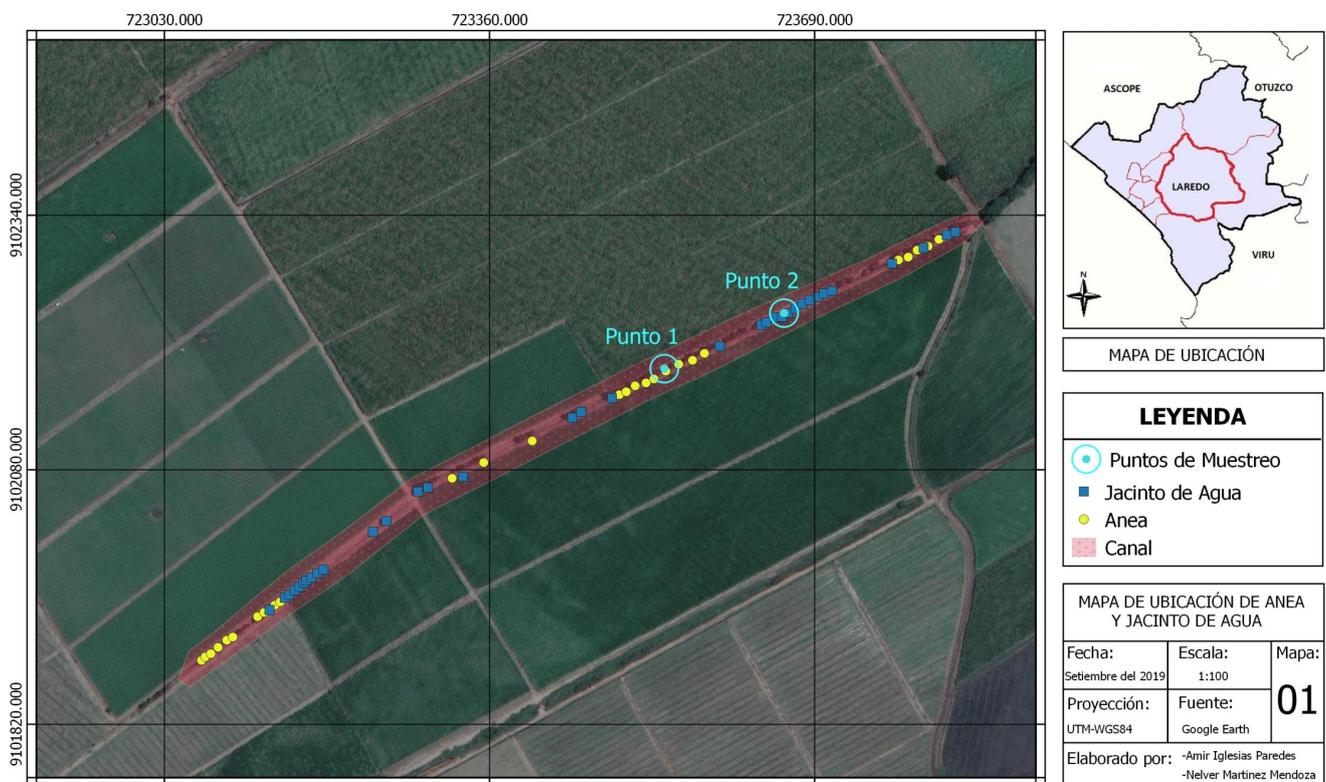


Figura 7: Mapa de ubicación y extracción de especies

Fuente: Los autores

2.4.3. Adaptación de las especies vegetales

Para la adaptación de las especies (*Eichhornia crassipes* y *Typha latifolia*), fuera de su hábitat natural se utiliza el método empleado por Jaramillo, J. & Flores C. (2012), el cual consiste en tres etapas las cuales toman un periodo de 15 días, los primeros cuatro días se alimenta el humedal con agua potable, pasada la primera fase se desecha el agua y se alimenta con agua residual y agua potable utilizando la misma proporción. En la fase tres se desecha el agua presente y se alimenta únicamente con agua residual. Como se explica en la siguiente imagen.

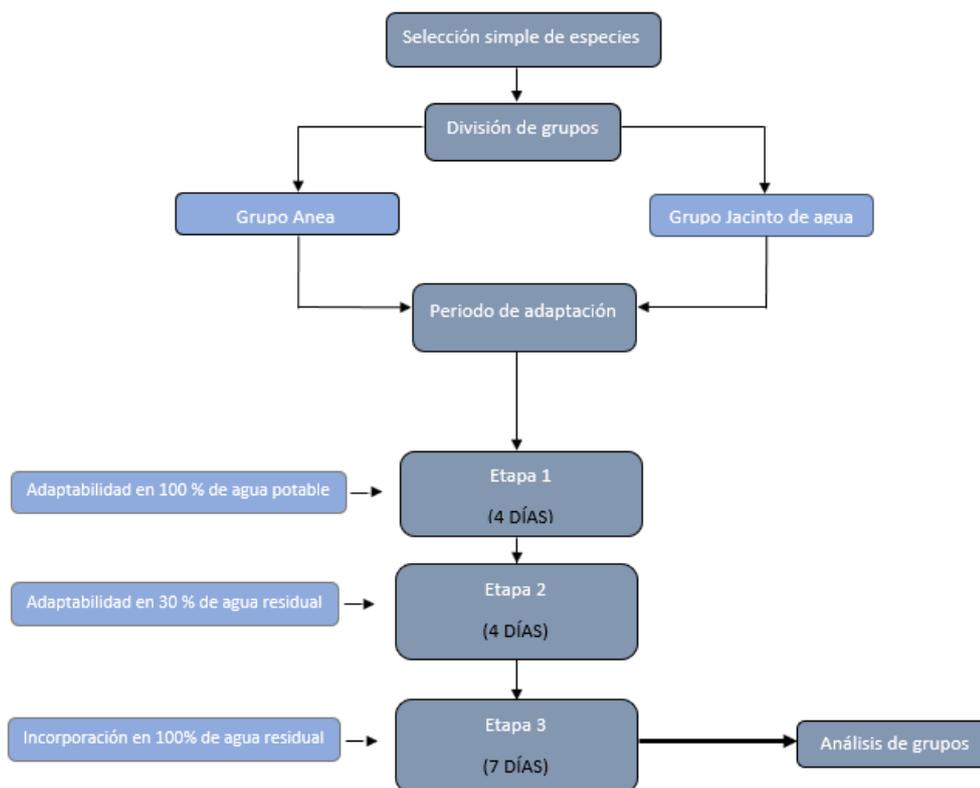


Figura 8: Esquema del procedimiento de metodología de adaptación de las especies acuáticas

Fuente: Los autores

2.4.4. Disposición de las especies

Las especies se ubicaron en recipientes plásticos según las dimensiones de estas, en los dos casos se usaron plantas medianas y pequeñas con el fin de cubrir por completo el área con el mayor número de individuos, 12 plantas de anea (*Typha latifolia*) y 16 plantas de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

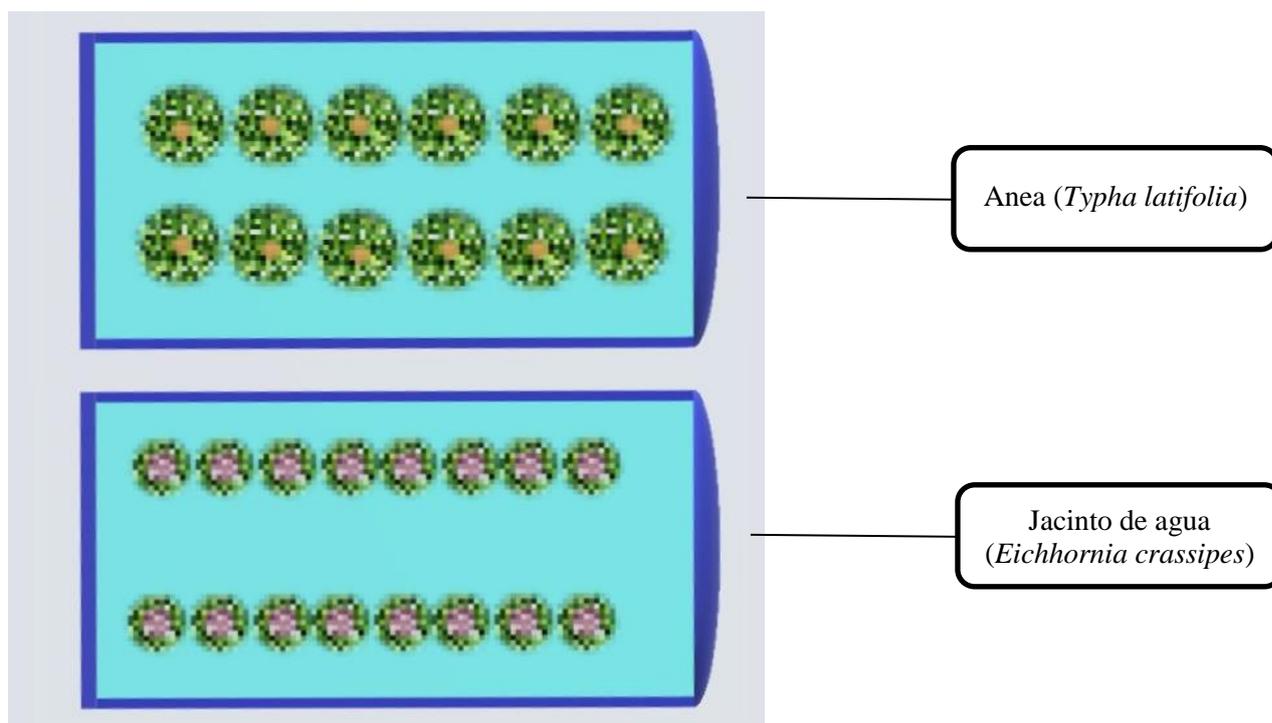


Figura 9: Disposición de las especies en los recipientes plásticos utilizados como estanques artificiales.

Fuente: Los autores

2.4.5. Metodología experimental

Para la metodología experimental se tomó en cuenta dos estudios, el primero realizado en la Universidad Politécnica salesiana sede Cuenca, la cual se basó en fitorremediación de aguas residuales utilizando las plantas jacinto de agua y lenteja de agua; y otro realizado por Jaramillo, J. & Flores C. (2012), con el tema:

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales “Fitorremediación de mercurio presente en aguas residuales provenientes de la industria minera”.

La fase experimental se realizó en un ambiente óptimo con ventilación y entrada de rayos solares adecuados para el crecimiento de las plantas.

Para el proceso experimental se utilizó cilindros plásticos cortados a la mitad con capacidad de 80 litros cada uno, en cada cilindro se adaptó un pequeño dren utilizando un caño, luego de las fases de adaptación de las plantas se colocó de 50 a 60 litros de agua residual.

2.4.5.1. Pretratamiento

Debido a que los humedales representan un tratamiento primario y terciario de las aguas residuales, se consideró realizar un pretratamiento, el cual consiste en colocar en reposo el agua residual en un recipiente circular, se consideró el uso de un cilindro plástico ya que es una prueba a pequeña escala.

2.4.5.2. Criterios de diseño para el humedal

Para el diseño y construcción del humedal artificial se tomó en cuenta los criterios mencionados por Romero, R. (2004), menciona que, el humedal con espejo de agua es un pantano o ciénaga en el que la vegetación emergente está inundada a una profundidad entre 10 a 45 cm, indica también que algunos humedales artificiales se construyen o están compuestos por material impermeable con el fin de impedir la percolación o retención completa de efluente a esto se suma las medidas que debe tener el humedal las cuales deben cumplir una relación entre longitud/ancho de 2.1 a 4.1.

Tabla 4: *Criterios de diseño para humedales con espejo de agua*

CRTITERIO	VALOR
Tiempo de retención para remoción de DBO	2 – 15
Tiempo de retención para remoción de nitrógeno	7 – 14
Carga de DBO, kg/ha.d	< 112
Carga hidráulica para remoción de nitrógeno, mm/d	7.5 – 62.5
Profundidad del agua, cm	10 – 60
Tamaño mínimo, m ² (m ³ /d)	5 – 11
Relación longitud ancho	2.1 a 4.1
Control de mosquitos	Requerido
Intervalo de cosecha años	3 – 5
DBO esperada del efluente. mg/l	< 20
SST esperados del efluente, mg/l	< 20
NT esperados del efluente, mg/l	< 10
PT esperados del efluente, mg/l	< 5

Fuente: (Romero Rojas, 2004)

Según lo mencionado en el cuadro N° 4, se tomó un cilindro plástico como simulador de un humedal artificial, sus características y sus dimensiones cumplen los principales criterios de medida establecidos, los cuales son: profundidad del agua y relación longitud/ancho como se observa en la siguiente figura.

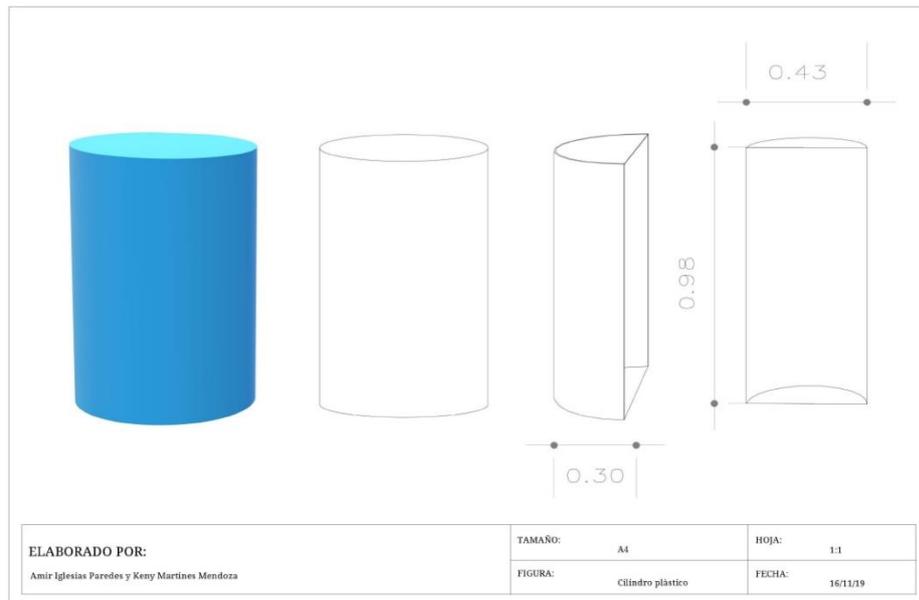


Figura 10: Medidas de cilindros

Fuente: Los autores

2.4.6. Análisis de laboratorio

Los análisis se realizaron de acuerdo con el anexo N°1 del decreto supremo N° 010-2019 – vivienda, en el cual se establecen cuatro parámetros para el análisis de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, esto con el fin de evitar el deterioro de las instalaciones sanitarias.

Entre los análisis presentes están:

2.4.6.1. Demanda biológica de oxígeno (DBO)

La determinación del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO), se realizó usando el método Winkler, según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (Baird, R. & Bridgewater, L. 2017)., el método Winkler se realiza de la siguiente manera:

EQUIPOS:

- Botella de incubación
- Incubador de aire o baño de agua.

REACTIVOS Y SOLUCIONES:

- Potasio dihidrógeno fosfato, KH_2PO_4
- Dipotasio hidrógeno fosfato, K_2HPO_4
- Disodio hidrógeno heptahidrato, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$
- Cloruro de amonio, NH_4Cl
- Sulfato de Magnesio Heptahidrato, $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$
- Cloruro de Calcio, CaCl_2
- Cloruro férrico hexahidrato, $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$
- Ácido sulfúrico, H_2SO_4 95-97%
- Sulfito de sodio, Na_2SO_3
- 2-cloro-6-tricloro metil piridina, $\text{C}_6\text{H}_3\text{NCl}_4$
- Glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- Acido glutámico, $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$
- Hidróxido de sodio, NaOH
- Sulfato de manganeso tetrahidrato, $\text{MnSO}_4 \times 4 \text{H}_2\text{O}$

- Ioduro de potasio, KI
- Azida de sodio, NaN_3
- Almidón.

PROCEDIMIENTO:

1. Se preparó agua de dilución.
2. Se añadió por cada litro de agua, 1 ml de las soluciones de buffer fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico.
3. Se saturó con oxígeno disuelto la solución, por agitación o por aireación con aire filtrado, libre de sustancias orgánicas.
4. Se incubó, una botella DBO_5 con agua de dilución cinco días a 20°C .
5. Posteriormente se determinó oxígeno inicial y final.
6. El oxígeno consumido no debe ser mayor a $0,2 \text{ mg/L}$ y preferentemente no mayor que $0,1 \text{ mg/L}$.

Ecuación 1: *Formula para la determinación de DBO_5*

$$\text{DBO}_5 \text{ mg/l} = \frac{(D1-D2) \times 0.025N \times 8000 \times \text{Volumen botella}}{\text{Volumen titulado} \times \text{Volumen muestra}}$$

Donde:

D1: oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación, mg/L .

D2: oxígeno disuelto de la muestra diluida después de cinco días de incubación a 20°C , mg/L .

N: Fracción volumétrica decimal de la muestra.

2.4.6.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

La determinación de la demanda química de oxígeno (DQO), se realizó utilizando el método por flujo cerrado y volumetría, según Baird, R. & Bridgewater, L. (2017). El método de flujo cerrado y volumetría tiene el siguiente procedimiento.

EQUIPOS Y MATERIALES:

- Bureta digital marca Metrohm, modelo Dosimat 775, con una capacidad de 20 ml y una resolución de 0.002 ml, y un agitador magnético complementario
- Bureta de vidrio marca Kimax, con una capacidad de 10 ml
- Balanza analítica con aproximación de 0.0001 g.
- Microdigestor para micro DQO marca Bioscience, Inc., diseñado para mantener una temperatura constante de operación de 150°C.
- Termoreactor para DQO marca E & Q., diseñado para mantener una temperatura constante de operación de 150°C.

REACTIVOS Y SOLUCIONES:

- Agua Ultrapura
- Solución de digestión
- Reactivo de ácido sulfúrico
- Solución indicadora de ferroina
- Ftalato ácido de potasio (KHP) estándar
- Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado ($(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) FAS

- Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado (Fe
(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O).

PROCEDIMIENTO:

1. Se precalentó el digestor una hora antes de colocar las muestras para que éste alcance los 150 °C.
2. Preparación de blancos: Se transfirió una alícuota de 2,5 mL de agua ultra pura en un tubo de digestión, adicionando 1,5 mL de solución de digestión y 3,5 mL de reactivo de ácido sulfúrico
3. Se preparó 6 tubos como blancos, 3 de ellos colóquelos en digestión junto con las muestras y los otros 3 déjelos sin digerir, para valorar la concentración del FAS.
4. Se verificó el tipo de muestra, cuando ésta corresponda a un adicionado recuerde medir el volumen antes de iniciar el análisis y regístrelo en el formato y en el envase.
5. Se transfirió cuantitativamente el contenido de cada tubo a un erlenmeyer marcado con el número de muestra, blanco o control.
6. Valoración del FAS: Se tomó cada uno de los blancos no digeridos, transfiriéndolos cuantitativamente a un erlenmeyer de 125 mL, enjuagándolo varias veces con agua ultra pura y vierta el contenido en el erlenmeyer
7. Se tituló con el FAS aproximadamente 0,04 N (si usó dicromato 0.025 N ó 0.10 N) o aprox. 0.10 N (si usó dicromato 0.25N). El punto final de la titulación es un cambio de color de azul verdoso a café rojizo permanente.

Ecuación 2: *Formula para la determinación de DQO*

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales

$$\text{DQO mg/l} = \frac{(A-B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

A = Promedio de mL de FAS utilizado para los blancos digeridos

B = mL de FAS utilizado para la muestra

N = Normalidad del FAS (gr).

8 = Peso equivalente del Oxígeno (Mg).

2.4.6.3. Sólidos suspendidos totales

Para la determinación de sólidos suspendidos totales se realizó un análisis impuesto por según Baird, R. & Bridgewater, L. (2017)., el cual establece los equipos, materiales y procedimiento mencionado a continuación:

EQUIPOS:

- Horno
- Equipo de vacío
- Balanza analítica

MATERIALES:

- Probeta

- Papel filtro
- Vasos de precipitación
- Pinzas

PROCEDIMIENTO

1. Se pesó el filtro vacío
2. Posteriormente se midió 50 ml de agua residual en una probeta
3. Se colocó el papel filtro con las pinzas en el equipo de vacío
4. Se vertió los 50 ml de muestra para el filtrado
5. Se llevó el papel filtro hacia el horno hasta quitar toda la humedad
6. Posteriormente cubrir el papel filtro con un vaso de precipitación hasta que alcance la temperatura ambiente
7. Finalmente se pesó el papel filtro

Ecuación 3: *Formula para la determinación de sólidos suspendidos totales*

$$SST \text{ (mg/L)} = \frac{P2 - P1}{Vm}$$

Donde:

SST = Sólidos suspendidos totales (mg/l)

P1 = Peso inicial del filtro (mg).

P2 = Peso final del filtro (mg).

Vm = volumen de muestra residual (litros).

2.4.6.4. Aceites y grasas

Para la determinación de aceites y grasas en la muestra de agua se realizó un análisis impuesto según Baird, R. & Bridgewater, L. (2017). Quien establece los equipos, materiales y procedimiento mencionado a continuación:

EQUIPOS:

- Baño maría
- Horno
- Balanza analítica

MATERIALES:

- Erlemeyer
- Embudo de separación
- Bencina
- Vasos de precipitación
- 50 ml de agua residual
- Probeta

PROCEDIMIENTO

1. Se llevo al horno el erlemeyer por 5 minutos, pasado los 5 minutos pesar.
2. Se colocó los 50 ml de agua residual en el embudo de separación.
3. Se colocó los 20 ml de bencina al embudo de separación.
4. Se drenó el agua cuidadosamente hasta la película de grasa/desechar el agua
5. Posteriormente verter la bencina con grasa en el erlemeyer

6. Se llevó al horno por 10 minutos
7. Finalmente se pesó nuevamente el erlemeyer

Ecuación 4: *Formula para la determinación de aceites y grasas*

$$AyG (mg/L) = \frac{(P1 - P2) * 10^5}{V1}$$

Donde:

AyG = concentración de aceites y grasas (mg/l)

P1= Peso inicial del matraz (mg).

P2= Peso final del matraz (mg).

V1= volumen de la muestra filtrada (litros)

10^5 = Factor de conversión

2.4.7. Determinación de porcentaje de remoción

Para la determinación del porcentaje de remoción se usa la fórmula empleada por (Quispe, P. 2018), quien utiliza este método para la comparación de dos (02) sistemas de biofiltros para el tratamiento de agua residual. La fórmula empleada es al siguiente:

Ecuación 5: *porcentaje de remoción*

$$\%R = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

Donde:

%R = Porcentaje de remoción de carga contaminante (%)

S = Carga contaminante de salida (mg/l)

S₀ = Carga contaminante de entrada (mg/l)

2.4.8. Análisis estadístico

Para la prueba estadística se utilizó la herramienta informática Excel, utilizando la función de análisis factorial. El análisis factorial, al igual que el análisis en componentes principales, es una técnica multivariante que persigue reducir la dimensión de una tabla de datos excesivamente grande por el elevado número de variables que contiene y quedarse con unas cuantas variables ficticias que, aunque no observadas, sean combinación de las reales y sinteticen la mayor parte de la información contenida en sus datos. (Alonso, A. 2008)

Para realizar el análisis factorial es conveniente realizar una serie de pruebas conexas, entre las principales tenemos:

- **El determinante de matriz de correlaciones:** “Si dicho determinante es muy bajo, entonces significa que existen variables con

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales intercorrelaciones muy altas, y entonces es factible continuar con el análisis factorial. Sin embargo, el determinante no debe ser igual a cero, pues en este caso los datos no serían válidos” (Montoya, 2007, p.283).

- **El Índice Kaiser-Meyer-Olkin:** “Mide la adecuación de la muestra. Indica qué tan apropiado es aplicar el Análisis Factorial. Los valores entre 0.5 y 1 indican que es apropiado aplicarlo” (Montoya, 2007, p.283).
- **El coeficiente de correlación parcial:** “Se utiliza como un indicador que muestra la fuerza de las relaciones entre dos variables eliminando la influencia de las otras variables. Estos coeficientes deben tender a ser próximos a cero cuando se dan las condiciones para el análisis factorial” (Montoya, 2007, p.283).
- **Análisis de componentes principales:** Corresponde a una gráfica circular donde se establecen los factores que influyen en los análisis (Montoya, 2007), en este caso son los parámetros y las especies vegetales en comparación con el grupo control.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Evaluación del agua residual industrial en tiempo cero, en comparación con los valores máximos admisibles (VMA).

Tabla 5: *Parámetros del agua residual industrial en comparación con los (VMA)*

	DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO ₅) (mg/l)	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)
Valores Máximos Admisibles (VMA)	500	1000	500	100
Muestra de aguas residuales de efluentes industriales en tiempo cero	1164	2280	1350	380

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior se observa que los parámetros evaluados en el agua residual de efluentes industriales sobrepasan todos los índices establecidos en el anexo N° 1 del D.S N° 010-2019-Vivienda,

3.2. Evaluación de la especie acuática *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia*, durante la primera semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.

Tabla 6: comparación de las especies *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), respecto a la muestra control en la primera semana de evaluación

		DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO ₅) (mg/l)	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)
SEMANA 1	Control	1220.21	2307.02	1295	418.17
	<i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	833.12	1696.29	714	314
	<i>Typha Latifolia</i> (Anea)	968.66	1919.76	864	287

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 6 se puede observar que tanto la macrofitas *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), presentan una gran disminución en los valores de los parámetros evaluados a comparación de la muestra control la cual no tuvo contacto con alguna especie acuática.

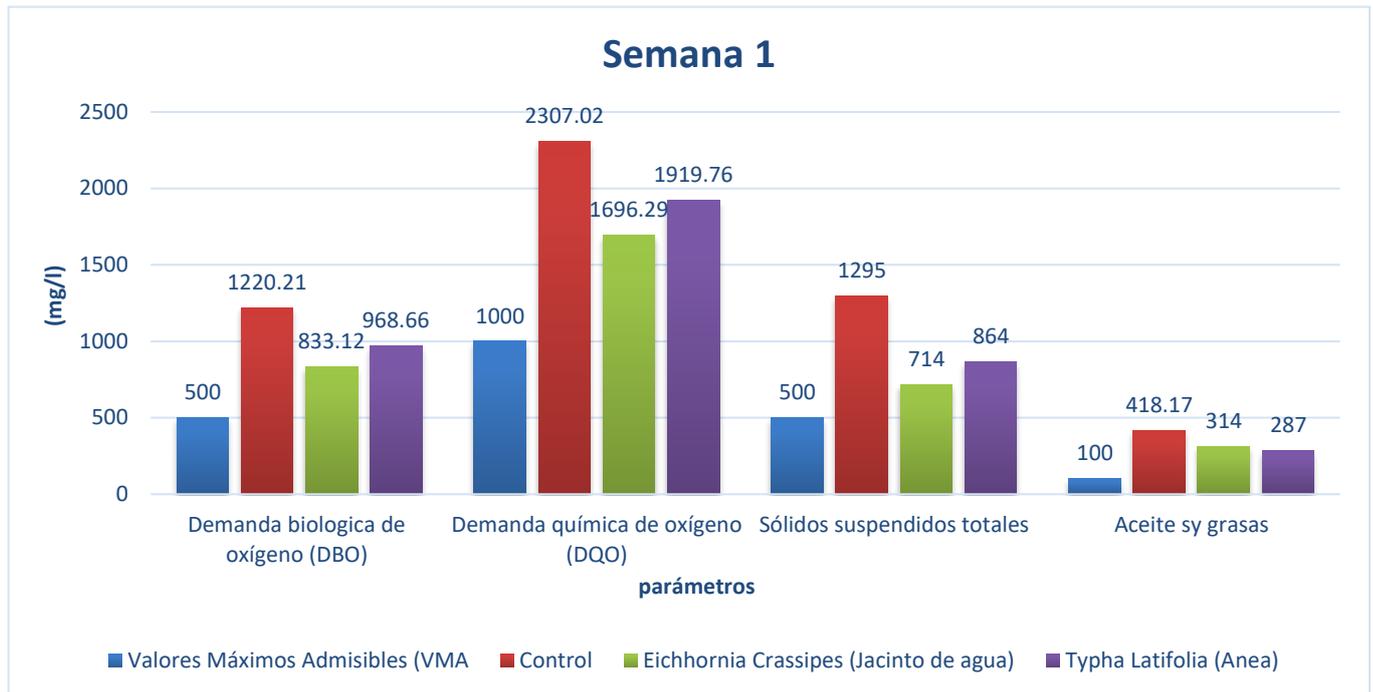


Figura 11: Comparación de los parámetros obtenidos en la primera semana de análisis, respecto a los VMA.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 11 se puede observar que las dos plantas tuvieron resultados favorables respecto a la muestra control, sin embargo, la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), obtuvo mejor resultado en la remoción de los primeros tres parámetros evaluados, puesto que reduce los valores en un menor tiempo. Dichos parámetros son: Demanda Biológica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO) y Sólidos suspendidos totales, sin embargo, la especie *Typha latifolia* (Anea), obtuvo un mejor resultado en la disminución del parámetro aceites y grasas.

3.3. Evaluación de la especie acuática *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia*, durante la segunda semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.

Tabla 7: Comparación de las especies *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), respecto a la muestra control en la segunda semana de evaluación

		DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO ₅) (mg/l)	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)
SEMANA 2	Control	943.15	1871.3	1310	317
	<i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	291.17	591.32	455	135
	<i>Typha Latifolia</i> (Anea)	359.12	729.42	318	213

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 7 se puede observar que en la semana 2 de exposición de las macrofitas con el agua residual se obtuvo mejores resultados en los cuales se puede observar una disminución notoria de aproximadamente 70% en los valores de DBO y DQO.

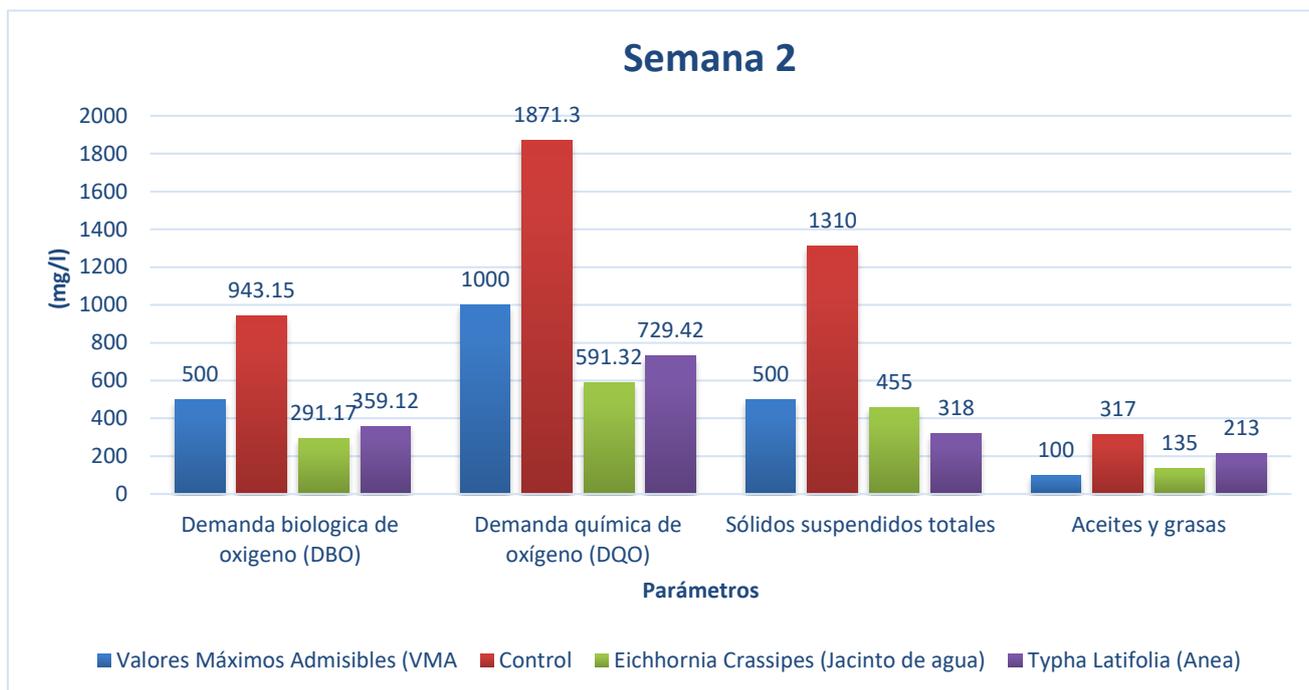


Figura 12: Comparación de los parámetros obtenidos en la segunda semana de análisis, respecto a los VMA

Fuente: Elaboración propia

La figura N^a 12 nos da a saber que pasadas las dos semanas el grupo control presenta valores por encima de lo establecido de acuerdo con el decreto citado anteriormente, sin embargo, tres de los parámetros de las muestras obtenidas de las aguas residuales en contacto con las especies acuáticas *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea) cumplen con lo establecido.

3.4. Evaluación de la especie acuática *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia*, durante la tercera semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.

Tabla 8 : *comparación de las especies *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), respecto a la muestra control en la tercera semana de evaluación*

		DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO5) (mg/l)	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)
SEMANA 3	Control	821.49	1649.89	930	220
	<i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	33.12	61.23	144	40
	<i>Typha Latifolia</i> (Anea)	209.02	408.65	106	108

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8, correspondiente a la semana número tres de exposición de las macrofitas y el agua residual del camal El Porvenir, se puede notar una disminución de los parámetros en comparación con la semana anterior.

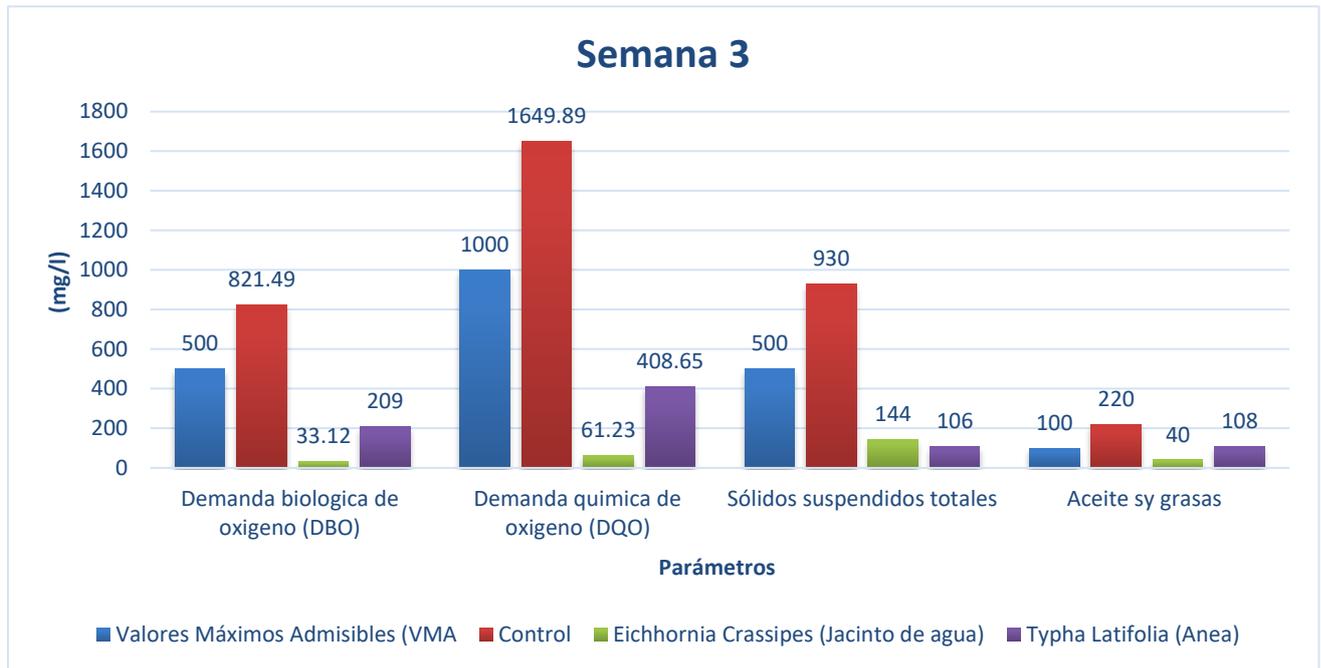


Figura 13: Comparación de los parámetros obtenidos en la tercera semana de análisis, respecto a los VMA.

Fuente: Los autores

Figura N^a 13, se puede observar que los valores de los parámetros evaluados en las dos especies acuáticas (lila y verde), se encuentran por debajo de los valores máximos admisibles (Azul), El grupo control (Rojo) presenta un rango elevado de acuerdo con las unidades (mg/l).

3.5. Evaluación de la especie acuática *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia*, durante la cuarta semana en contacto con el agua residual de efluentes industriales.

Tabla 9: comparación de las especies *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), respecto a la muestra control en la cuarta semana de evaluación

		DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO ₅) (mg/l)	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)
SEMANA 4	Control	417.46	874.19	1020	195
	<i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	41.32	79.12	126	49
	<i>Typha Latifolia</i> (Anea)	84.51	162.57	87	113

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9, muestra los valores de los parámetros en la cuarta semana de exposición del agua residual con las especies vegetales evaluadas, el cambio más notorio en esta última semana de evaluación es que la muestra control disminuyó considerablemente sus valores en los parámetros de DBO₅ y DQO.

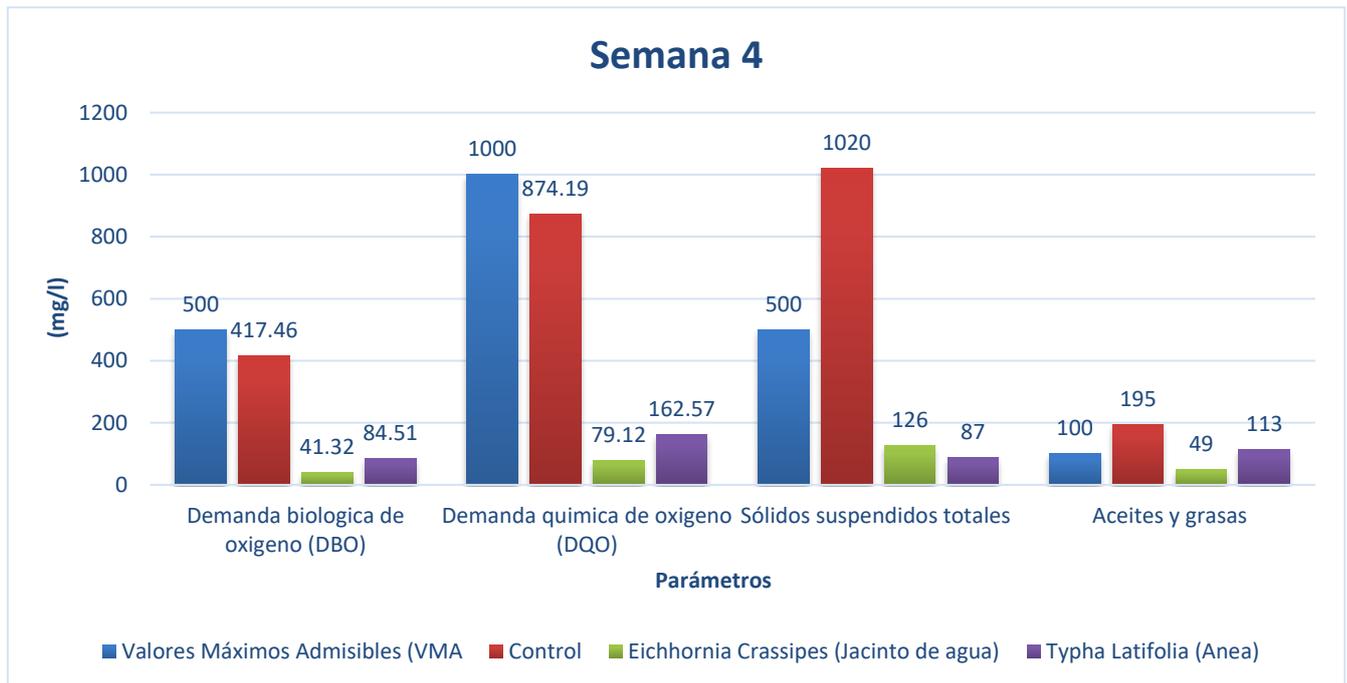


Figura 14: Comparación de los parámetros obtenidos en la tercera semana de análisis, respecto a los VMA.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14, corresponde la cuarta y última semana de exposición de las macrofitas con el agua residual, se puede observar un gran índice de remoción en las especies evaluadas, el agua se encuentra en condiciones óptimas y cumple con lo establecido por los valores máximos admisibles (VMA), por otro lado la prueba control disminuyo en los parámetros de BDO₅ y DQO por debajo del rango ideal.

3.6. Porcentaje (%) de remoción de las macrofitas en evaluación *Typha Latifolia* (anea) y *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua), según los parámetros evaluados.

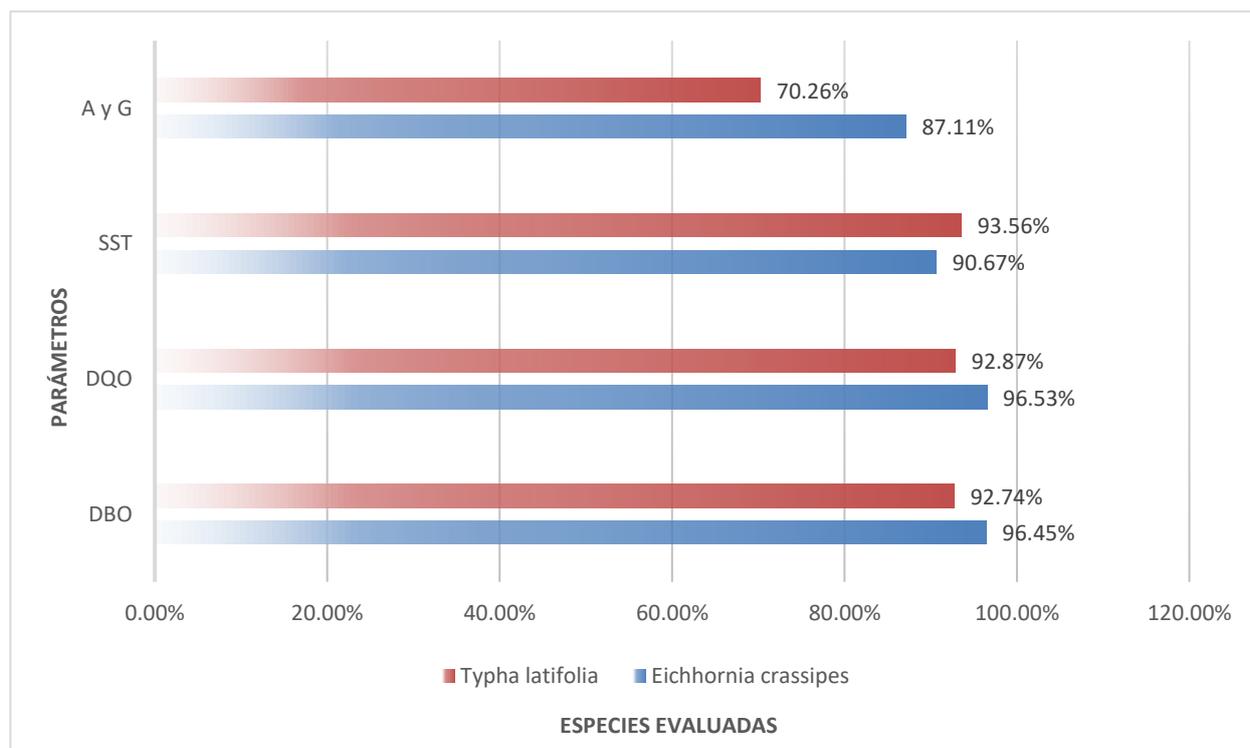


Figura 15: Porcentaje de remoción final según las especies respecto a los parámetros evaluados

Fuente: Elaboración propia

Figura 15, se evidencia el porcentaje que obtuvieron las especies según los parámetros evaluados, los porcentajes de remoción se obtuvo mediante la ecuación N° 5, La cual infiere en evaluar los valores iniciales y finales en el método experimental, Se puede observar que tanto la especie *Thypha latifolia* y *Eichhornia crassipes* tienen un efecto positivo en la remoción de contaminantes de las aguas residuales evaluadas, sin embargo, la especie *Eichhornia crassipes* presenta un mayor porcentaje de remoción respecto al tiempo en tres de los cuatro parámetros evaluados.

3.7. Análisis estadístico

Para el análisis de componentes principales se utilizó el complemento XLSTATs del programa Excel.

Tabla 10: *remoción de parámetros según el tiempo de exposición*

Plantas evaluadas	(DBO ₅) (mg/l)	(DQO) (mg/l)	SST (mg/l)	AYG (mg/l)
IDEAL	500	1000	500	100
C0	1164	2280	1350	380
C1	1220,21	2307,02	1295	418,17
J1	833,12	1696,29	714	314
A1	968,66	1919,76	864	287
C2	943,15	1871,3	1310	317
J2	291,17	591,32	455	135
A2	359,12	729,42	318	213
C3	821,49	1649,89	930	220
J3	33,12	61,23	144	40
A3	209,02	408,65	106	108
C4	417,46	874,19	1020	195
J4	41,32	79,12	126	49
A4	84,51	162,57	87	113

Fuente: Elaboración propia

La tabla de datos N°10 nos muestra los análisis realizados de manera temporal, junto con una medida control y los parámetros ideales establecidos en el D.S N° 010-2019-Vivienda. Se pueden identificar las especies utilizadas y el efecto que tienen frente al grupo control el cual no estuvo contacto con alguna especie vegetal.

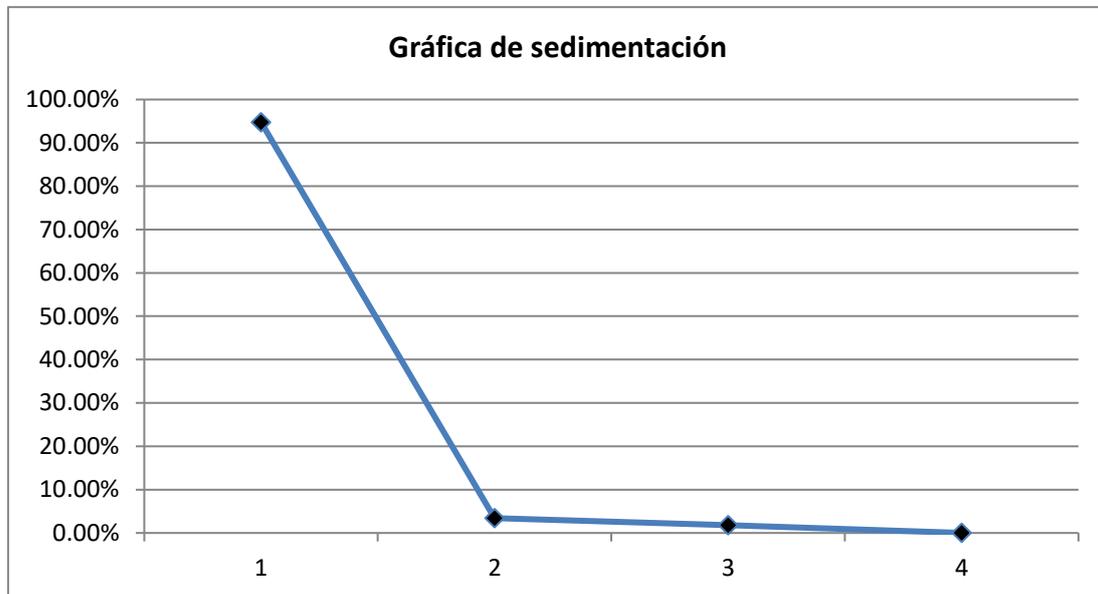


Figura 16: Gráfico de sedimentación

El gráfico de sedimentación explica cuáles son las dimensiones (componentes principales), que ayudaran a evaluar la relación de los factores, en este caso es el primero porque cubre prácticamente toda la fiabilidad de las variables.

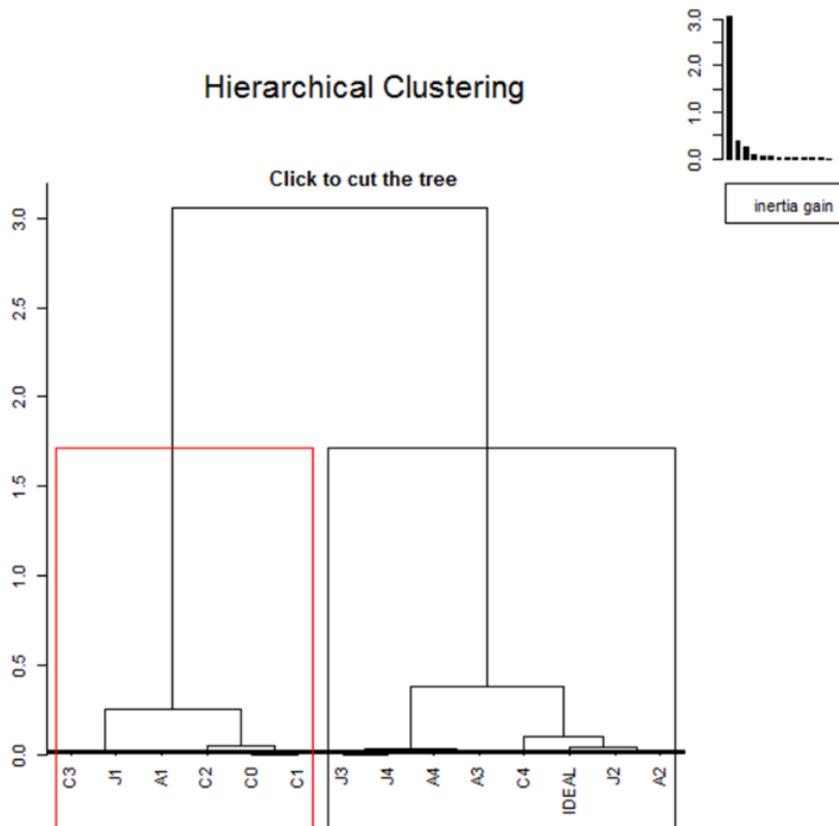


Figura 17: Agrupamiento Jerárquico

El agrupamiento jerárquico agrupa los datos, separándolos en 2 grupos, los datos que tienen una mejor remoción están con el ideal y los datos que no tienen una buena remoción en el otro grupo.

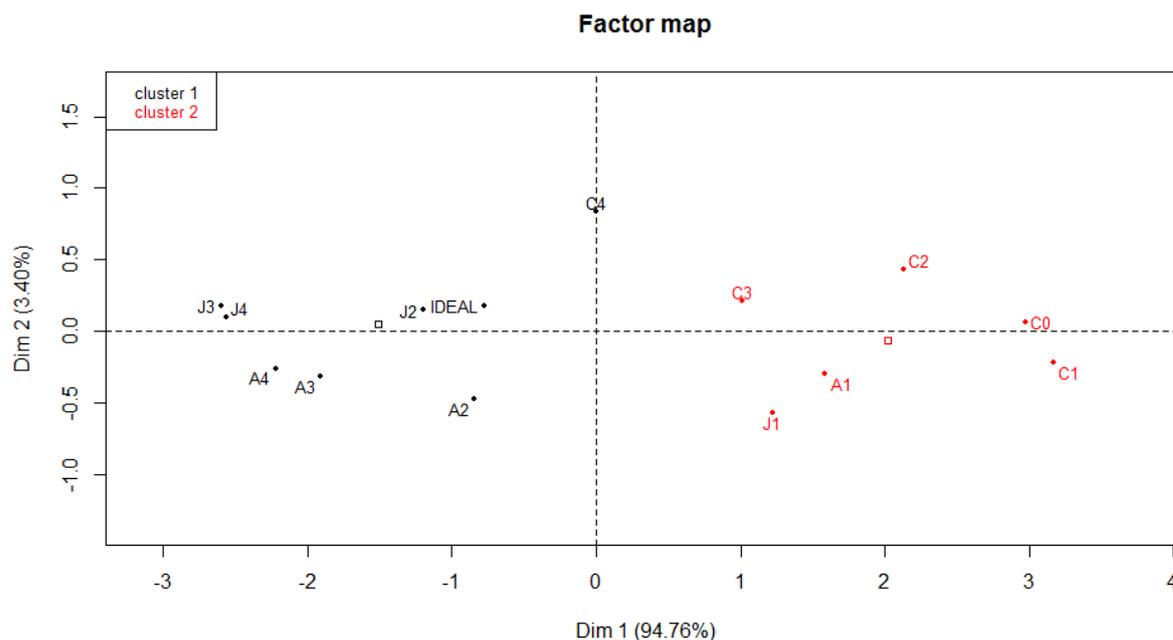


Figura 18: Gráfico de componentes

El gráfico nos permite visualizar los tratamientos en un plano de dos componentes, entre estas, la componente 1, es la predominante, debido a que nos muestra mucha más información.

Podemos analizar que en el clúster 2, el control no ha cambiado sus valores significativamente en las primeras 3 semanas, sin embargo, si se acerca muy lentamente al ideal. Al analizar el clúster 1 apreciamos que el tratamiento con Jacinto y Anea a partir de la tercera semana se acerca al ideal e incluso lo supera, por lo que se puede inferir que el Jacinto y la Anea con respecto al control, producen menor tiempo de residencia del agua en la zona de tratamiento.

Tabla 11: Porcentajes de remoción según las semanas de evaluación

Plantas evaluadas	DBO ₅	DQO	STS	AYG
C1	0,0000	0,0000	0,0407	0,0000
J1	0,2843	0,2560	0,4711	0,1737
A1	0,1678	0,1580	0,3600	0,2447
C2	0,1897	0,1793	0,0296	0,1658
J2	0,7499	0,7406	0,6630	0,6447
A2	0,6915	0,6801	0,7644	0,4395
C3	0,2943	0,2764	0,3111	0,4211

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales

J3	0,9715	0,9731	0,8933	0,8947
A3	0,8204	0,8208	0,9215	0,7158
C4	0,6414	0,6166	0,2444	0,4868
J4	0,9645	0,9653	0,9067	0,8711
A4	0,9274	0,9287	0,9356	0,7026

Fuente: Elaboración propia

La tabla de datos N°11 nos muestra los porcentajes de los análisis realizados de manera temporal, con el fin realizar una evaluación del porcentaje de remoción, se puede observar que el grupo control en la primera semana de evaluación no obtuvo alguna mejora en los parámetros de DBO₅, DQO y AYG, mientras que en la cuarta semana llegó hasta un 60% de remoción en los parámetros de DBO₅ y DQO y 48% en AYG, esto sin presencia de alguna especie vegetal ni agente externo.

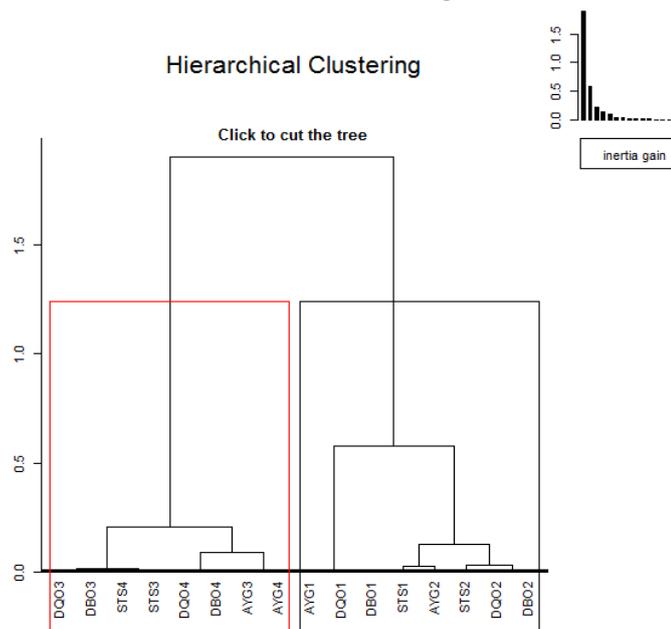


Figura 19: Agrupamiento Jerárquico

El agrupamiento jerárquico agrupa los datos, separándolos en 2 grupos, los datos de las semanas 1 y 2 guardan relación, mientras que a partir de la semana 3 y 4 se establece una notable diferencia. Esto quiere decir que a partir de la semana 3, la remoción en el tratamiento de agua es evidente, entonces podemos ver claramente que si existen diferencias temporales.

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales
Factor map

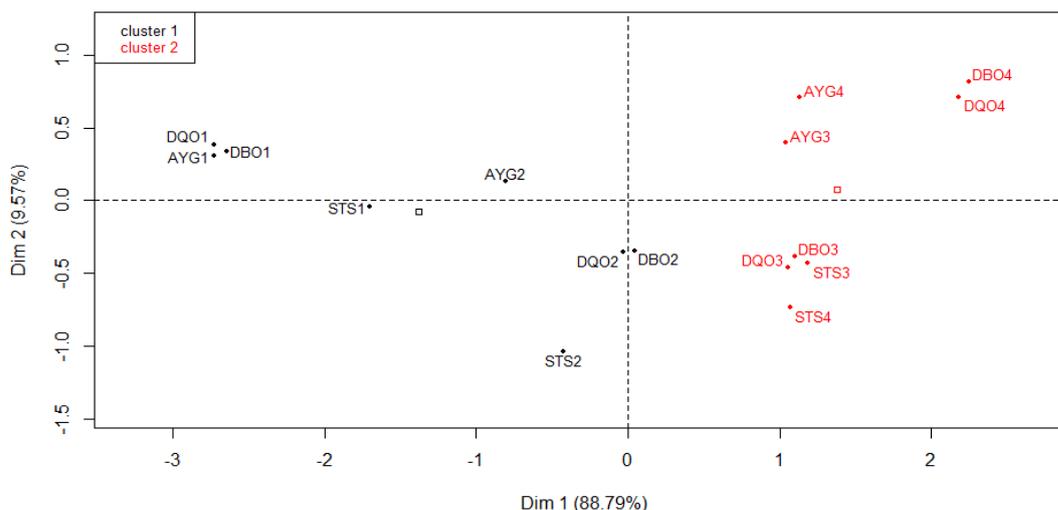


Figura 20: Gráfico de componentes

El gráfico nos permite visualizar los tratamientos en un plano de dos componentes, lo cual corresponde al porcentaje de remoción por parámetro evaluado, el componente 1, es la predominante. Podemos analizar que los clústers nos permiten identificar similitudes y disimilitudes claras, resaltando el clúster 2, en el cual se establece una notable diferencia en la semana 3 y 4 debido a su mayor porcentaje de remoción, a comparación con las primeras semanas las cuales se ubican en el clúster número 1, además se puede observar que en la segunda semana de evaluación los parámetros de DBO₅ y DQO presentan mejores resultados en comparación con los parámetros de SST y AYG.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la tabla 5 se muestran los valores de los parámetros evaluados al agua residual de efluentes industriales, los cuales se comparan según los valores máximos admisibles (VMA), impuesto según decreto supremo N° 010-2019-Vivienda (Ver figura 5), los resultados obtenidos sobrepasan todos los parámetros impuestos por dicho decreto en su anexo N° 1. Se recomienda que las aguas residuales de efluentes industriales evaluadas no deberían ser vertidas al alcantarillado municipal sin un previo tratamiento.

De acuerdo a las tablas 6 y 7 correspondientes a las semanas 1 y 2 respectivamente donde las plantas en evaluación estuvieron en contacto con el agua residual, se puede observar que las especies *Thypha latifolia* y *Eichhornia crassipes* lograron una mayor remoción en la disminución de los parámetros de DBO₅ y DQO, Observándose de manera gráfica en la figura 18 correspondiente al análisis estadístico muestra que ambas especies evaluadas obtienen el ideal reglamentado, esto concuerda con (Jurado, R., Hernán, J. 2016)., donde en sus resultados manifiestan que *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), obtuvo 84% de disminución en el parámetro de demanda biológica de oxígeno (DBO₅), en las primeras tres semanas de evaluación. (Cortes, D. 2015), realizó seis unidades experimentales con dos plantas diferentes, según los resultados obtenidos, las unidades experimentales 1,2 y 3 que estaban compuestas por la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), muestran una gran disminución en el parámetro de demanda biológica de oxígeno (DBO₅), en tan solo la primera semana de exposición con el agua residual, según (Núñez, Meas, Ortega y Olguín, 2004), los mecanismos involucrados en la remoción de contaminantes de aguas residuales son de tres tipos: físicos, químicos y biológicos, este último involucra el metabolismo microbiano y procesos de bioadsorción

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales en el cual las especies *Thypha latifolia* y *Eichhornia crassipes* son ideales por sus características, por otro lado también indican que las plantas tienen la capacidad de transferir oxígeno desde sus partes superiores hasta su raíz, produciendo una zona aeróbica, dicho esto se puede indicar que las dos especies vegetales logran resultados favorables en pocos días de exposición al agua residual por su capacidad de adsorber contaminantes y transferir oxígeno el cual favorece a la degradación de algunos contaminantes presentes en el agua como la eliminación de nitrógeno amoniacal entre otros.

En la figura 15 se indica los porcentajes de remoción de los parámetros demanda biológica de oxígeno (DBO₅), Demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales (SST) y aceites y grasas (AYG), Los resultados obtenidos por *Typha latifolia*, según los parámetros evaluados son: DBO₅ (92.74%), DQO (92.87%), SST (93.56%), AYG (70.26%), por otro lado *Eichornia crassipes*: DBO₅ (96.45%), DQO (96.53%), SST (90.67%), AYG (87.11%), los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango ideal normado, Según (Núñez, Meas, Ortega y Olgúin, 2004), “los principales procesos que ocurren en el tratamiento de aguas residuales es la degradación de la materia orgánica que llevan a cabo los microorganismos que viven sobre y alrededor de las raíces de las plantas. Los productos de degradación son absorbidos por las plantas junto con nitrógeno, fósforo y otros minerales. A su vez, los microorganismos usan como fuente alimenticia parte o todos los metabolitos desechados por las plantas a través de su raíz. Otro fenómeno importante es el relacionado con la atracción electrostática entre las cargas eléctricas de las raíces de las plantas con las cargas opuestas de partículas coloidales suspendidas, las cuales se adhieren a la superficie de la raíz y posteriormente son absorbidas y asimiladas por las plantas y los microorganismos”. El

fenómeno indicado anteriormente explica la disminución de los sólidos suspendidos totales en el agua residual la cual estaba almacenada en recipientes impermeables.

Se consideró la construcción de un humedal artificial con especies flotantes dado que las plantas evaluadas *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha latifolia* (Anea), son consideradas como especie flotante por sus características morfológicas y potencial fitorremediador, así también lo afirma (Gonzales, L. y Malca, M. 2016), quienes indican que la especie *Typha latifolia* (Anea) tiene un gran potencial de adsorción por su tallo hueco el cual extrae y almacena muchos contaminantes presentes en el agua.

La figura 15 indica el porcentaje de remoción de los parámetros evaluados, de la misma manera en la (figura 22), ayuda a establecer que ambas plantas aceleran el proceso de remediación en el tiempo, dando como resultados a *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) superior en los parámetros de DBO, DQO y AYG, sin embargo la especie *Typha latifolia* (Anea), logro obtener un resultado favorable en el parámetro (SST), esto se puede deber a diferentes factores y fisiología de la planta como nos indica, (Gonzales, L. y Malca, M. 2016), quienes afirman que la especie *Typha latifolia* (Anea), cuenta con unas raíces capaces de adsorber y filtrar contaminantes presentes en el agua.

En la primera semana de evaluación (Figura 11), se puede observar que el grupo control aumenta los valores de DBO₅ y DQO a comparación al análisis cero (Tabla 5), según (Suárez, J. 2008), esto se debe a las zonas o los cambios que el cuerpo receptor sufre a través del tiempo (figura 2). Por otra parte, la cuarta semana de evaluación (figura 14), se observa que la muestra control disminuye sus valores en los parámetros ya mencionados por debajo del rango ideal, según (Suárez, J. 2008), esto se debe al fenómeno de autodepuración, el cual se define como la capacidad de un cuerpo de agua para eliminar de manera natural los contaminantes presentes. Se puede concluir que el

Thypa latifolia y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales agua residual que no tiene contacto con alguna especie vegetal (grupo control), tiene la capacidad natural de autodepurarse pero con un tiempo más prolongado esto se puede observar en el resultado de componentes principales (Anexo 23).

4.2. Conclusiones

- Tanto la especie vegetal *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) y *Typha Latilofia* (Anea), tienen un porcentaje favorable en la remoción de contaminantes en las aguas residuales de efluentes industriales.

- El grupo control presentó valores ideales en los parámetros de DBO₅ y DQO en la cuarta semana de evaluación sin embargo en los parámetros de SST y AYG no se obtuvo cambios considerables.
- La especie vegetal *Typha latifolia* (anea) obtuvo resultados ideales reglamentados por el D.S N° 010-2019-Vivienda en los parámetros de DBO₅, DQO y SST, en dos semanas de exposición con las aguas residuales de efluentes industriales.
- La especie vegetal *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) obtuvo resultados ideales reglamentados por el D.S N° 010-2019-Vivienda en los parámetros de DBO₅, DQO, SST y AYG, en la tercera semana de exposición con las aguas residuales industriales.

REFERENCIAS

- Delgadillo, González, Prieto, Villagómez y Acevedo (agosto 2011), Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/262593458>

Gestión (28 de enero de 2019), Industria de alimentos registraría la tasa de crecimiento más alta de los seis últimos años. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/industria-alimentos-registraria-tasa-crecimiento-alta-seis-ultimos-anos-257014-noticia/>

Matthews, C. (29 de noviembre de 2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. *FAO Sala de prensa*. Recuperado de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>

Núñez, Meas, Ortega y Olguín (14 de Julio de 2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Biotecnología y biología molecular*. Recuperado de https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/55_3/Fitorremediacion.

Pozo Yépez, César German (2012). *Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga –Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo salcedo –Cotopaxi* (Tesis de postgrado). Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

Leon, S. (2017). *Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras* (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Jurado, R., Hernán, J. (2016). *Manejo de las aguas residuales del efluente interno de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí mediante el sistema de fitorremediación* (Tesis de grado). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.

Cortes, D. (2015). *Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros* (Tesis de grado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

Suárez, J. (2008). *Calidad de aguas en ríos autodepuración*. La Coruña, España. Recuperado [ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master% 20antiguo_antes% 20d el, 202012, 202010-2011](ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del_202012_202010-2011).

Valera, B. (2017). *Propuesta de fitorremediación de coliformes totales del estero fecaol puente lucia provincia del Guayas* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

Paredes (12 de marzo de 2015). Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros. *Revista ECIPerú*. Recuperado de <https://revistas.eciperu.net/index.php/ECIPERU/article/view/46/47>

Ayala, Calderón, Rascón, Gómez y Collazos (12 de octubre de 2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*. Recuperado de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESADOS/article/viewFile/403/558>

Cruz, M., Carbo, N., Gonzales, J. L. L., Tito, G. M., Depaz, K., Torres, S., Núñez, R., Torres, J., & Quispe, W. (2016). Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “Mansión” Mediante La Especie *Eichhornia crassipes*, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. Volumen 9(8), 53-65. <https://doi.org/10.9790/2380-0908025365>

Escobar, C. (2019), Bioacumulacion de cadmio y plomo en *Arundo donax* L., *Cyperus alternifolius* y *Leonoti Nepetifolia* en sedimentos aluviales en samne, La Libertad – Perú (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., Duran, M. y Escalante, M. (2008). El agua recurso para preservar. Informe científico. Universidad de los ángeles. Mérida, Venezuela.

FAO (2015). *Perfil de país – Perú*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca0447es/CA0447ES>.

Gonzales Vilela, F. A., & Apanu Wachapa, J. N. (2017). Situación Sanitaria, Técnica y Administrativa de los Camales del Departamento de Lambayeque, Periodo 2016.”.

Flores, E. (29 de mayo de 2015). Uso del agua: los retos del Perú, un país rico en este recurso. *El comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/agua-retos-peru-pais-rico-recurso-367899-noticia/?ref=ecr>

González, J. F. (2002). Humedales artificiales para depuración. Manual de fitodepuración. Filtros de Macrofitas En Flotación, 79-80.

Núñez, Meas, Ortega y Olgún (15 de septiembre de 2004). Fitorremediación fundamentos y aplicaciones. *Biotecnología y biología molecular*. Recuperado de https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/55_3/Fitorremediacion.

Novelo, A. y Ramos, L. (1998), Flora del bajío y de regiones adyacentes. 1-19. Recuperado de <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Pontederia-ceae%2063>

Castroviejo, S. (2004). Flora ibérica. Recuperado de http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/18_175_01_Typha.

Gonzales, L. y Malca, M. (2016), Microorganismos depuradores asociados con eneas (*Typha latifolia*) en la depuración de aguas residuales. *UCV - HACER: Revista de Investigación y Cultura*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5681736>

De la Mora, F. (2012). Macrofitas de interés en fitodepuración. Manual de fitodepuracion filtros de macrofitas en flotacion. Recuperado de <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%201%20a%202>.

Quispe, P. (2018). Evaluacion de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la localidad de carapongo, luriganchochosica. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

Málaga, T. Vera, G. y Ramos R. (15 de noviembre de 2008). *Tipos, métodos y estrategias de investigación pensamiento y acción*. Recuperado de http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.

Romero, R. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/391309831/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Teoria-y-Principios-de-Diseno-Jairo-Alberto-Romero-Rojas>

Digesa (2016). *Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marcod e la autorización sanitaria de vertimiento*. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_camisea/2006/informe_protocolo_monitoreo.pdf

Montoya, S. O. (2007). Aplicación del análisis factorial a la investigación de mercados caso de estudio. *Scientia et Technica Año XIII, Volumen (Nº 35)*, 281-286

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2010) *Metodología de la Investigación* (5ª Ed.). México: McGraw Hill Educación.

Alonso, A. (2008). *Técnicas de análisis multivariante de datos*. (1ª Ed). Madrid-España: PEARSON PRENTICE HALL.

Montoya, S. (2007). *Aplicación del análisis factorial a la investigación de mercados*. caso de estudio. *Scientia et Technica* Año XIII, No 35, 281-286. Recuperado de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5443/2855>

ANEXOS

Anexo 1:

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales

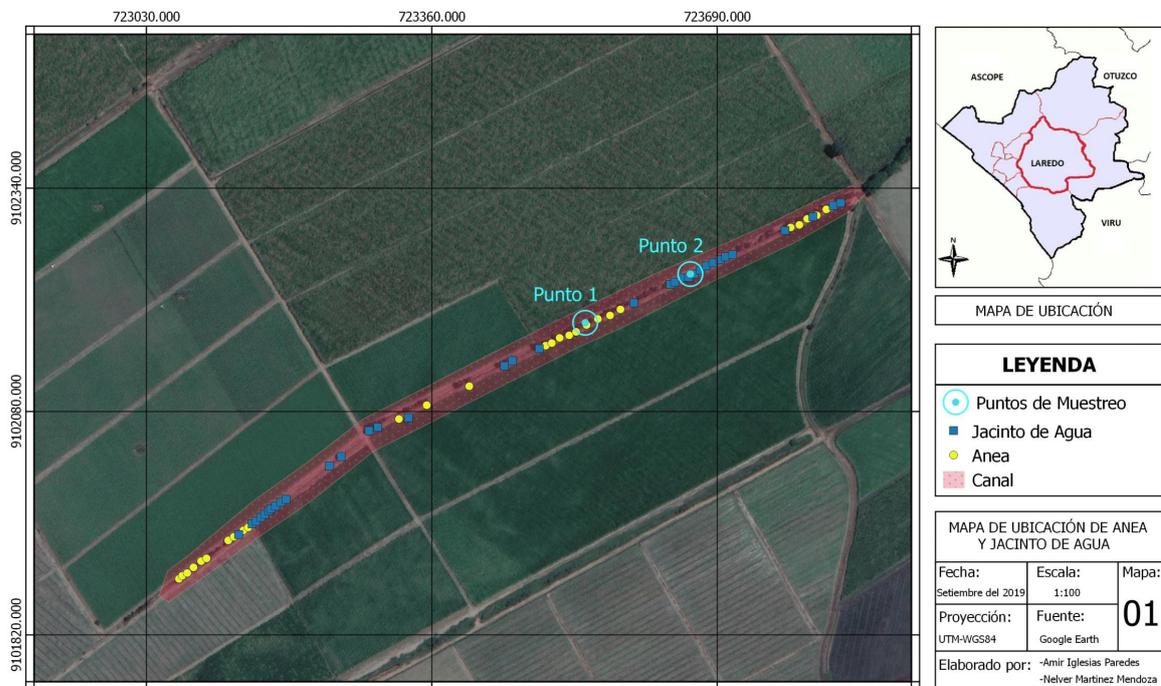
Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en
el sistema de alcantarillado sanitario

ANEXO N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

Anexo 2:

Mapa de ubicación donde se tomó las plantas *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Typha Latifolia* (Anea).



Anexo 3:

Análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO),
realizado por el laboratorio de la facultad de ingeniería química en la primera semana



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

**INFORME DE ANÁLISIS
LASACI - IQUNT**

SOLICITANTES	: NELVER KENY MARTINEZ MENDOZA AMIR ALEJANDRO IGLESIAS PAREDES
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL
PROCEDENCIA	: CAMAL EL PORVENIR
PROYECTO	: "EFICIENCIA DE THYPA LATIFOLIA Y EICHHORNIA CRASSIPES COMO AGENTE REDUCTOR DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL EL PORVENIR"
FECHA DE INGRESO	: 21 DE AGOSTO DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA: ANEA		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	1919.76
DBO5	mg/L	968.66

MUESTRA: CONTROL		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	2307.02
DBO5	mg/L	1220.21

MUESTRA: JACINTO		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	1696.29
DBO5	mg/L	833.12

TRUJILLO 28 DE AGOSTO DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
G 949959632 / 933623974

Anexo 4:

Análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO),
realizado por el laboratorio de la facultad de ingeniería química en la semana dos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

**INFORME DE ANÁLISIS
LASACI - IQUNT**

SOLICITANTES	: NELVER KENY MARTINEZ MENDOZA AMIR ALEJANDRO IGLESIAS PAREDES
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL
PROCEDENCIA	: CAMAL EL PORVENIR
PROYECTO	: "EFICIENCIA DE THYPA LATIFOLIA Y EICHHORNIA CRASSIPES COMO AGENTE REDUCTOR DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL EL PORVENIR"
FECHA DE INGRESO	: 29 DE AGOSTO DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA: ANEA		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	729.42
DBOS	mg/L	359.12

MUESTRA: CONTROL		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	1871.3
DBOS	mg/L	943.15

MUESTRA: JACINTO		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/L	591.32
DBOS	mg/L	291.17

TRUJILLO 05 DE SETIEMBRE DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 949959632 / 933623974

Anexo 5:

Análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO),
realizado por el laboratorio de la facultad de ingeniería química en la semana tres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO		
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION		
LASACI		
INFORME DE ANÁLISIS LASACI - IQUNT		
SOLICITANTES	: NELVER KENY MARTINEZ MENDOZA AMIR ALEJANDRO IGLESIAS PAREDES	
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL	
PROCEDENCIA	: CAMAL EL PORVENIR	
PROYECTO	: "EFICIENCIA DE THYPA LATIFOLIA Y EICHHORNIA CRASSIPES COMO AGENTE REDUCTOR DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL EL PORVENIR"	
FECHA DE INGRESO	: 06 DE SETIEMBRE DEL 2019	
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO		
MUESTRA: ANEA		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	408.65
DBO5	mg/L	209.02
MUESTRA: CONTROL		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	1649.89
DBO5	mg/L	821.49
MUESTRA: JACINTO		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	61.23
DBO5	mg/L	33.12
TRUJILLO 13 DE SETIEMBRE DEL 2019		
		 Ing. Carlos A. Valqui Mendoza DIRECTOR LASACI
		
/ AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA ☎ 949959632 / 933623974		

Anexo 6:

Análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO),
realizado por el laboratorio de la facultad de ingeniería química en la semana cuatro



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

**INFORME DE ANÁLISIS
LASACI - IQUNT**

SOLICITANTES	: NEL VER KENY MARTINEZ MENDOZA AMIR ALEJANDRO IGLESIAS PAREDES
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL
PROCEDENCIA	: CAMAL EL PORVENIR
PROYECTO	: "EFICIENCIA DE THYPA LATIFOLIA Y EICHHORNIA CRASSIPES COMO AGENTE REDUCTOR DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL EL PORVENIR"
FECHA DE INGRESO	: 19 DE SETIEMBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA: ANEA		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	162.57
DBO ₅	mg/L	84.51

MUESTRA: CONTROL		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	874.19
DBO ₅	mg/L	417.46

MUESTRA: JACINTO		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mgO ₂ /L	79.12
DBO ₅	mg/L	41.32

TRUJILLO 25 DE SETIEMBRE DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

A. AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 948959632 / 933623974

Anexo 7:

KOSMET
CONFIABILIDAD Y EXPERIENCIA
A SU SERVICIO

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 006

INACAL
DA - Perfil
Económico Autorizado
Acreditado

Registro N° LC - 006

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

N° BD18-C-0553

<p>Cliente: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. <i>Customer</i></p> <p>Dirección: Av. Ejército N° 920 Urb. El Molino (La Libertad/Trujillo/Trujillo) <i>Address</i></p> <p>Objeto calibrado: Balanza Electrónica <i>Calibrated object</i></p> <p>Marca: OHAUS <i>Brand</i></p> <p>Modelo: PA224C <i>Model</i></p> <p>Número de Serie: B652496987 <i>Serial Number</i></p> <p>Identificación: 1-023105 (**) <i>Identification</i></p> <p>Lugar de Calibración: Laboratorio de Análisis Instrumental <i>Place of Calibration</i></p> <p>Orden de Trabajo: OT-01801062 <i>Service Work</i></p> <p>Fecha de Calibración: 2018-07-12 <i>Date of Calibration</i></p> <p>Fecha de Emisión: 2018-07-18 <i>Date of Issue</i></p>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrologías a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p style="font-size: x-small; margin-top: 10px;">This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</p>
---	---

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO
Technical characteristics of the object calibrated

Capacidad Máxima (Max): 220 g <i>Maximum Capacity</i>	Cap. Mínima (Min): 0,01 g <i>Minimum load</i>	Número de Divisiones (n): 220000 <i>Number of Scale Intervals</i>
División de escala real (d): 0,0001 g <i>Division from real scale</i>	División de verificación de escala (e): 0,001 g <i>Division verification of scale</i>	Clase de Exactitud: 1 (**) <i>Accuracy Class</i>

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration Method

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, siguiendo el procedimiento P-CAL-01 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático" (Versión 02) basado en el PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) del SNM-INDECOPI; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the loads applied by standard weights, following the procedure P-CAL-01 "Calibration Procedure non-automatic scales" (Version 02) based on PC-011 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class I and II" (Edition 04) of the SNM-INDECOPI, this procedure meets the tests performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76:2006.

Gerente Administrativo
Administrative Manager

Ernesto Rodríguez Morón

Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisor

Samuel Quispe Rahuincopa

F-MET-06 Versión: 01 Aprobado el 2018-02-26

Página 1 de 4

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Kossodo S.A.C. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes
partial or total reproduction of this document is prohibited without authorization of Kossodo S.A.C. This document is not valid without the respective stamp and signature
Oficina de Ventas: Jr. Chota 1161 - Lima - Perú | Teléfonos: (+51-1) 619-8400 | Anexo 1401 | E-mail: metrologia@kossodo.com | www.kossodo.com

Certificado de calibración del equipo DBO-Incubadora del laboratorio de análisis instrumental
de la Universidad Privada Del Norte (UPN)

METROTEC

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MT-MP-047-2019

Fecha de Emisión: 2019-04-23

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
DIRECCIÓN : Mz. Lt. 24. Urb. Dean Saavedra. El Cortijo. San Isidro.
Trujillo

2. EQUIPO / INSTRUMENTO : EQUIPO DBO-INCUBADORA
Marca : SHEL LAB
Modelo : SRI13-2
N° de Serie : 50D37215
Código de Identificación : 1-019528
Ubicación : LABORATORIO DE ANALISIS INSTRUMENTAL
Fecha del servicio : 2019-04-12

3. DETALLES DEL SERVICIO REALIZADO:

- Limpieza de componentes electrónicos del sistema de control y mando.
- Limpieza interna y externa de estructura del equipo.
- Verificación del estado del controlador.
- Verificación del sistema de calentamiento.
- Se realizó el ajuste al controlador.
- El equipo quedo operativo.

4. RECOMENDACIÓN(ES) Y OBSERVACIONES:

- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo y calibración periódicamente.

5. TÉCNICO RESPONSABLE:
José de la Torre Calzado


JUAN C. QUINTANA GONZALEZ
METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Av San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego – LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282 RPM: *649 272 / *849 282
Email: metrologia@metrologiatecnicas.com / ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROLOGÍA Y TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos en Física, Química, Biología y Laboratorio

Anexo 9:

METROTEC

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MT-MP-158-2018

Fecha de Emisión: 2018-09-20

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
DIRECCIÓN : Mza. G Lote 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo, San isidro - Trujillo - LA LIBERTAD

2. EQUIPO / INSTRUMENTO : BOMBA DE VACIO
Marca : GAST
Modelo : DOA-P504-BN
N° de Serie : 1014007426
Código de Identificación : 1-017831
Fecha del servicio : 2018-09-13

3. DETALLES DEL SERVICIO REALIZADO:

- Desmontaje general del equipo.
- Limpieza de la estructura interna y externa del equipo.
- Limpieza y ajuste de contactos eléctricos de la bomba.
- El instrumento queda operativo.

4. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda mantener el equipo en un ambiente limpio.
- Se recomienda realizar periódicamente mantenimientos preventivos.

5. TÉCNICO RESPONSABLE:
Jonathan Valer Cusipaucar


JUAN C. QUISPE MORALES
METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
PERÚ

METROLOGÍA Y TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Av. San Diego de Alcalá 1423, F1 lote 24 Urb. San Diego – LIMA - PERÚ
Telf. : (511) 540-0642 Cel. : (511) 971 439 272 / 971 439 282 R.F.M: *849 272 / *849 282
Email: metrologia@metrologiatecnicas.com / ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Anexo 10:

Certificado de análisis de sólidos suspendidos y aceites y grasas realizados en el laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Privada, validado por el ingeniero Julio Gurreonero Fernandez

CERTIFICADO DE ANALISIS SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y ACEITES Y GRASAS

Análisis	Método	Equipos utilizados	Semanas de evaluación
Sólidos suspendidos	Filtración	- Cocina - Equipo de vacío - Balanza analítica	4
Aceites y grasas	Gravimetría	- Baño maría - Cocina - Balanza analítica	4

Resultados obtenidos

	Semanas de evaluación							
	1		2		3		4	
	Eicho	Typha	Eicho	Typha	Eicho	Typha	Eicho	Typha
Sólidos suspendidos (mg/l)	714	864	455	318	144	106	126	87
Aceites y grasas (mg/l)	314	287	135	213	40	108	49	113

❖ Los datos fueron adquiridos en el laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Privada del Norte (UPN)

Elaborado por:
Bac: Nelver Keny Martinez
Mendoza
Bac: Amir Alejandro Iglesias
Paredes

Validado por: 
Julio Gurreonero Fernandez
Supervisor de Lab. Minas y Ambiental
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Anexo 11:

Medidas de los cilindros plásticos utilizados como humedales artificiales.



Anexo 12:

Obtención de especies por parte del bachiller Nelver Keny Martínez Mendoza



Anexo 13:

Muestreo in situ de las aguas residuales del camal el porvenir realizado por Nelver Keny

Martinez Mendoza



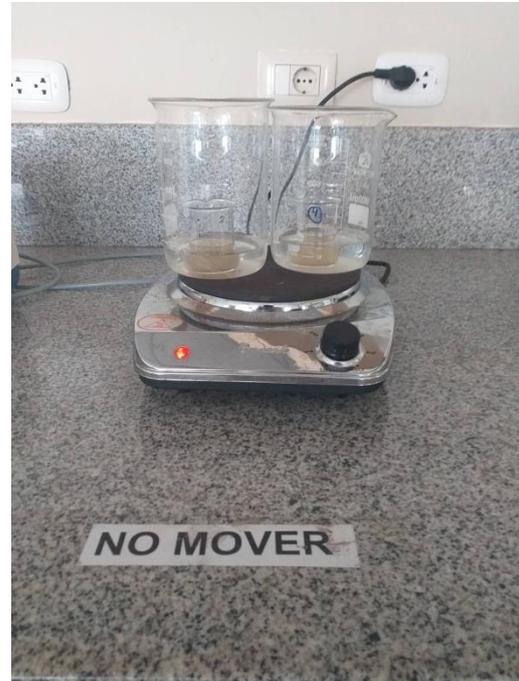
Anexo 14:

Características de las aguas residuales del camal El Porvenir



Anexo 15:

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales
Análisis de laboratorio, Aceites y grasas realizado mediante el método gravimétrico.



Anexo 16:

Thypha latifolia y *Eichhornia crassipes* en el
tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales
Análisis de laboratorio, Sólidos suspendidos totales realizado mediante el método de filtración.



Anexo 17:

Extracción de componentes principales (Tabla N°10)

Factor Analysis - Principal Component Extraction

Descriptive statistics

	DBO	DQO	STS	AYG
Mean	563.310714	1116.48286	658.5	206.369286
Std dev	419.685545	818.319035	473.941858	121.824969
Skewness	0.21966217	0.1351	0.20802758	0.29916549
Kurtosis	-1.46141947	-1.56056374	-1.50426325	-1.09039525

Correlation Matrix

	DBO	DQO	STS	AYG	
DBO	1	0.99908738	0.9094601	0.94342787	
DQO	0.99908738	1	0.91182291	0.94112793	
STS	0.9094601	0.91182291	1	0.8730662	
AYG	0.94342787	0.94112793	0.8730662	1	
	2.71534942	2.7153184	2.42078328	2.53802251	10.3894736

Inverse of Correlation Matrix

	DBO	DQO	STS	AYG		sqrt(diag)
DBO	583.285393	-572.945648	6.8020956	-17.0112212		24.1513021
DQO	-572.945648	575.274921	-11.4160563	9.09256606		23.9848894
STS	6.8020956	-11.4160563	6.08064589	-0.98212349		2.46589657
AYG	-17.0112212	9.09256606	-0.98212349	9.34905109		3.0576218

Partial Correlation Matrix

	DBO	DQO	STS	AYG	
DBO	1	0.9890885	-0.1142161	0.23036218	
DQO	0.9890885	1	0.19302054	-0.12398381	
STS	-0.1142161	0.19302054	1	0.13025892	
AYG	0.23036218	-0.12398381	0.13025892	1	
	1.04440812	1.03092498	0.06726963	0.0854061	2.22800883

Anexo 18:

Medida de adecuación muestral (Tabla N°10)

KMO

	DBO	DQO	STS	AYG
	0.72221397	0.724811	0.97296294	0.96744485
				0.82341891

Anexo 19:

Extracción de componentes principales (Tabla N°11)

Factor Analysis - Principal Component Extraction

Descriptive statistics

	C	J	A
Mean	0.24357	0.71397207	0.64242
Std dev	0.21201	0.27577306	0.27775
Skewness	0.58301	-0.94100471	-0.73578
Kurtosis	-0.5858	-0.47472633	-0.89763

Correlation Matrix

	C	J	A	
C	1	0.80644181	0.74056	
J	0.80644	1	0.94391	
A	0.74056	0.94391039	1	
	1.19878	1.54131521	1.4394	4.1795

Inverse of Correlation Matrix

	C	J	A	sqrt(diag)
C	2.89233	-2.8494363	0.54766	1.70068
J	-2.8494	11.9787016	-9.19663	3.46103
A	0.54766	-9.19663263	9.27522	3.04552

Partial Correlation Matrix

	C	J	A	
C	1	0.48409479	-0.10574	
J	0.48409	1	0.87249	
A	-0.1057	0.87249285	1	
	0.24553	0.99559153	0.77242	2.01354

Anexo 20:

Medida de adecuación muestral (Tabla N°11)

KMO

C	J	A	
0.83	0.60755691	0.65078	0.67487

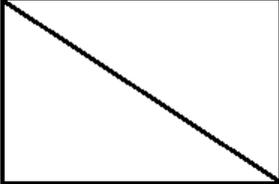
Anexo 21

procedimientos para la manipulación de muestras, cantidad y tipo de preservante

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de Muestra	Preservación	Tiempo de almacenaje
Acidez	P ó V (B)	100 ml	Refrigerar a 4°C	24h – 14d
Turbiedad	P ó V	100 ml	Refrigerar a 10°C	48 horas
Alcalinidad	P ó V	200 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
Dureza	P ó V	100 ml	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2	6 meses
Sólidos	P ó V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	2-7 días
Cloro residual	P ó V	500 ml	Analizar inmediatamente	2 horas
Cloruros	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Fluoruros	P	300 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Sulfatos	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C	25 días
Cianuros	P ó V	250 ml	Refrigerar, agregar NaOH hasta pH > 12	14 días en condiciones normales // 24 horas en presencia S ⁼
Oxígeno disuelto	V	300 ml	Analizar inmediatamente	30 min.
DBO	P ó V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	6h - 24 horas
DQO	P ó V	200 ml	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	28 días
Aceites y grasas	V	1000 ml	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	24 horas- 24 días
Hidrocarburos	V (C)	1000 ml	Refrigerar, agregar HCl hasta pH < 2	7 días
Nitrógeno	P ó V	250 ml	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	23 días
Nitrógeno Amoniacal		500ml		24 horas
Nitrógeno Orgánico		250ml		28 días
Nitratos	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C SO ₄ H ₂ pH < 2	28 días
Nitritos	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
Fósforo total	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C SO ₄ H ₂ pH < 2	24 horas
Fósforo soluble				
Fósforo hidrolizable				
SAAM	P ó V	100 ml	Refrigerar a 4°C	24 horas
(Cd, Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Fe)	P ó V	500 ml	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2	6 meses
Arsénico	P ó V	100 ml	Refrigerar, agregar HNO ₃ hasta pH < 2	6 meses
Mercuri	V	100 ml	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	28 días
Bacterias heterotróficas	* V/P	200 ml	Refrigerar a 4°C	24 horas
Coliformes total y fecal (MPN)	P(E) o V	200 ml	Refrigerar a 4°C	24 horas

Anexo 22

Cadena de custodia

	CADENA DE CUSTODIA	
	PROYECTO: LABORATORIO ANALÍTICO	
		N°

RECEPCIÓN DE MUESTRAS								
ENTREGA:					RECIBE:			
Fecha	Hora	Identificación de muestra	Precinto Número	Número de Frasco	Referencia Laboratorio	Parámetros	Tipo de Envase/ Volumen	Preserv./ Temp.
OBSERVACIONES:							ACEPTADA	
							SI	NO

Anexo 23

Análisis de componentes principales de los parámetros evaluados y las plantas en evaluación respecto al grupo control.

