



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Hernández Cayo, José Giancarlo (ORCID: 0000-0003-4196-4626)

Vargas Gálvez, Daniel Alejandro (ORCID: 0000-0001-9477-2666)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Para nuestros padres, es gracias a ustedes que llegamos allí y nos volvimos como nosotros por su amor, su trabajo y sus sacrificios a lo largo de los años. Ser su hijo es su orgullo y privilegio y los mejores deseos y éxitos. Por qué hay que aprender a vivir.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a nuestros padres, familiares y a dios por guiarnos por el camino correcto, a la universidad que nos dio la oportunidad de pertenecer a su familia, a los compañeros y a nuestro asesor que gracias a ellos esto no hubiese sido posible de haber concluido satisfactoriamente esta hermosa carrera universitaria.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Tipo y diseño de investigación	29
3.2 Variables y operacionalización	29
3.3 Población, muestra y muestreo	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5 Procedimientos	32
3.6 Método de análisis de datos.....	41
3.7 Aspectos éticos.....	41
IV. RESULTADOS	43
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Mecanismos de depuración en humedales artificiales con Macrófitas ...	19
Tabla 2. Comparación entre humedal artificial subsuperficial de flujo vertical y horizontal	24
Tabla 3. LMP para efluentes de PTAR domesticas o municipales.....	27
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 5. Métodos de ensayo de laboratorio.....	34
Tabla 6. Datos del afluente del humedal artificial de flujo vertical.....	35
Tabla 7. Sustratos empleados en la construcción de humedales artificiales	37
Tabla 8. Resultados de análisis de DBO (mg/L).....	44
Tabla 9. Resultados de análisis de Sólidos Suspendidos Totales (mg/L).....	45
Tabla 10. Resultados de análisis de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)..	46
Tabla 11. Resultados de análisis de Temperatura (°C).....	47
Tabla 12. Resultados de análisis de Potencial Hidrógeno (pH)	48
Tabla 13. Ficha de recolección de datos de muestreo de agua	64
Tabla 14. Ficha de recolección de datos de análisis de agua.....	64
Tabla 15. Ficha de cadena de custodia	65

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de depuración de las aguas en Humedales.....	18
Figura 2. Tipos de sistemas en humedales artificiales.....	21
Figura 3. Sistema de Humedal artificial de flujo de agua superficial.....	22
Figura 4. Sistema de Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.....	23
Figura 5. Sistema de Humedal artificial subsuperficial vertical.....	24
Figura 6. Ubicación satelital de la agrícola AgroVictoria.....	33
Figura 7. Toma de muestra de aguas residuales del campamento agrícola.....	33
Figura 8. Colocación de tubería para captar efluentes del Humedal Artificial.....	38
Figura 9. Perforación de tubería para alimentación de aguas residuales.....	38
Figura 10. Colocación de las gravas y tubería para la alimentación de aguas residuales al Humedal artificial.....	39
Figura 11. Sistema de humedal artificial establecido con los sustratos.....	39
Figura 12. Afluente del humedal artificial para su tratamiento.....	40
Figura 13. Toma de muestra en efluente del humedal artificial.....	40
Figura 14. Gráfico de líneas de resultados de DBO.....	44
Figura 15. Gráfico de líneas de resultados de Sólidos suspendidos Totales.....	45
Figura 16. Gráfico de líneas de resultados de Coliformes Termotolerantes.....	46
Figura 17. Gráfico de líneas de resultados de Temperatura.....	47
Figura 18. Gráfico de líneas de resultados de Potencial hidrógeno.....	48
Figura 19. Resultados de análisis de laboratorio - afluente de humedal artificial.....	66
Figura 20. Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M1 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Schoenoplectus californicus" (Totorá).	67
Figura 21. Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M2 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Schoenoplectus californicus" (Totorá).	68
Figura 22. Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M1 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Phragmites australis" (Carrizo).	69
Figura 23. Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M2 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Phragmites australis" (Carrizo).	70

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación experimental fue determinar el nivel de depuración de las aguas residuales del campamento agrícola AgroVictoria, usando humedales artificiales subsuperficial verticales con las especies *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, para ello se realizó el dimensionamiento en base a la carga orgánica recomendada. Cada sistema consto de 2 recipientes de 930cm² y un Tiempo de retención Hidráulica de 16.07 Horas, los parámetros analizados en este trabajo de investigación fueron la eficiencia de remoción de DBO, SST, Coliformes Termotolerantes, pH y temperatura y fueron procesados en el programa Microsoft Excel para la graficar los resultados.

Los resultados obtenidos en la eficiencia de remoción para la especie *Schoenoplectus californicus* (Totora) fueron los siguientes: 87.38% en DBO, 81.53% en los SST, 91.91% para los Coliformes Termotolerantes, 22.28% en la temperatura y 6.63% en el pH. Para la especie *Phragmites australis* (Carrizo) la eficiencia de remoción fueron los siguientes: 78.23% para DBO, 77.57% para los SST, 89.52% para los Coliformes Termotolerantes, 21.56% en la temperatura y 4.82% en el pH. Se concluyó que la especie más eficiente para la remoción de contaminantes de las aguas residuales en un humedal artificial subsuperficial vertical es la especie *Schoenoplectus californicus* (Totora).

Palabras clave: Humedal artificial vertical, Aguas residuales, Tratamiento de aguas, macrófitas.

ABSTRACT

The main objective of this experimental research work was to determine the level of wastewater treatment of the AgroVictoria agricultural camp, using vertical subsurface artificial wetlands with the *Schoenoplectus californicus* and *Phragmites australis* species, for which the dimensioning was carried out based on the organic load recommended. Each system consisted of 2 containers of 930cm² and a Hydraulic Retention Time of 16.07 Hours, the parameters analyzed in this research work were the removal efficiency of BOD, TSS, Thermotolerant Coliforms, pH and temperature and were processed in the Microsoft Excel program. to graph the results.

The results obtained in the removal efficiency for the species *Schoenoplectus californicus* (Totora) were the following: 87.38% in BOD, 81.53% in SST, 91.91% for Thermotolerant Coliforms, 22.28% in temperature and 6.63% in pH. For the species *Phragmites australis* (Carrizo) the removal efficiency was the following: 78.23% for BOD, 77.57% for SST, 89.52% for Thermotolerant Coliforms, 21.56% in temperature and 4.82% in pH. It was concluded that the most efficient species for the removal of pollutants from wastewater in a vertical subsurface artificial wetland is the species *Schoenoplectus californicus* (Totora).

Keywords: Vertical artificial wetland, Wastewater, Water treatment, macrophytes.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas servidas en los domicilios, industrias, agrícolas, minería, comercios, instituciones educativas, entre otras, estas necesitan una depuración ya que contienen sustancias o compuestos que pueden generar un impacto significativo a la salud y al medio ambiente.

Algunos de las sustancias o compuestos que pueden contener esta agua son las grasas y aceites, material orgánico, detergentes, metales pesados, entre otros.

La ciudad de Ica tiene como un gran aporte económico a la industria de las agroexportadoras, a la vez estas trayendo algunos problemas medio ambientales y sociales, por la necesidad del agua. La Agroexportación tiene la necesidad de regar sus sembríos, pero esto trae como la consecuencia la perforación descontrolada de pozos de agua, disminuyendo la capa freática y trayendo un déficit hídrico que impacta directamente a la población. Es por este motivo, que se lleva a cabo esta investigación dando una alternativa sustentable el tratamiento de las aguas residuales que estas generan en sus campamentos o procesos diarios, para su posterior reutilización en el riego de sembríos.

La presente investigación de tesis buscó responder los siguientes problemas en forma de preguntas: ¿Cuál fue la eficiencia de depuración química entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021?, ¿Cuál será la eficiencia de depuración física entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021? y ¿De qué manera la aplicación de humedales artificiales usando *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, influirá microbiológicamente en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021?

Para responder a las preguntas planteadas es necesario conocer el grado de contaminación de las aguas residuales provenientes del campamento de la agrícola AgroVictoria, para ello, se tomó una muestra de agua para su posterior análisis en laboratorio, y mediante una ficha de observación se buscó documentar algunas características físicas sobre el problema general de la tesis para luego así, diseñar el sistema de tratamiento de estas aguas residuales mediante un modelo piloto de un humedal artificial.

Luego del tratamiento de las aguas residuales provenientes del campamento agrícola AgroVictoria mediante este modelo piloto, y demostrar la efectividad de este, se buscó dar como propuesta esta alternativa de tratamiento a la agrícola, para la reutilización de esta agua.

Este estudio buscó demostrar la efectividad del sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del campamento de la agrícola AgroVictoria mediante un humedal artificial planteando en el objetivo general: Determinar entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* el nivel de depuración de las aguas residuales, usando humedales artificiales, AgroVictoria, Ica, 2021.

OE1: Identificar la eficiencia de depuración química entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.

OE2: Analizar la eficiencia de depuración física entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.

OE3: Evaluar la eficiencia de depuración microbiológica entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.

Así mismo la presente tesis de titulación conto con la hipótesis general: Los humedales artificiales con *Schoenoplectus Californicus* y *Phragmites australis*, serán eficientes en la depuración de las aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.

HE1: La aplicación de *Schoenoplectus Californicus* y *Phragmites australis* en humedales artificiales será eficiente en la depuración química del agua residual.

HE2: Emplear *Schoenoplectus Californicus* y *Phragmites australis* en humedales artificiales será eficiente en la depuración física del agua residual.

HE3: La utilización de *Schoenoplectus Californicus* y *Phragmites australis* en humedales artificiales será eficiente en la depuración microbiológica del agua residual.

II. MARCO TEÓRICO

(Nuñez Burga, 2016, pág. 4) El objetivo del proyecto es estudiar la corrección de la capacidad de drenaje de las aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales con flujo subterráneo horizontal. El estudio consistió en tres fases: planificación de humedales, construcción de humedales e interpretación de datos certificados por estudiantes de TS de muestras relevantes utilizando el software Statistica. El tamaño del humedal se obtiene dividiendo la riqueza del ingreso (0,03 m³ / día) en la demanda bioquímica de oxígeno (285,10 gr / m³), con un residuo de 1,20 m, un potente 0,60, un pico de 0,60m, 1 disminuye en %. La interpretación de los resultados muestra diferencias significativas (pandlt) en los parámetros físicos (turbidez, pH, conductividad, OD, TDS y temperatura) y químicos (turbidez, pH, conductividad, OD, TDS y temperatura), p<0,05) se ha aclarado. Antes y después de DBO, DQO, nitrógeno total y fósforo total) y microbiología (coliformes totales y fertilizantes). Los rendimientos de 96% de DBO y DQO fueron 78% de nitrógeno total, 88% de fósforo total, 55% de conductividad y sólidos disueltos totales, 61% de oxígeno disuelto, 96% de turbidez, 68% de pH y 100% se obtuvieron de los coliformes. En resumen, a partir de los sistemas de tratamiento mediante humedal artificial con combustión subterránea horizontal, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del real, así como los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos posteriores al propio tratamiento, el identificador presidencial indica que se puede encontrar dentro el rango definido en el D.S 002-2008-MINAM y D.S 05-2015-MINAM indican que el organismo analizado es apto para su uso en el riego de pasturas.

(Coaquira Hanco, 2018, pág. 5) El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de la remoción de la especie *Schoenoplectus californicus* (Totorá), que se llevó a cabo en los humedales artificiales de escorrentía subterránea horizontal en el tratamiento de aguas residuales domésticas. La investigación realizada constó de tres fases: diseño de humedales, construcción de humedales y análisis dinámico de datos de comportamiento utilizando el programa de Estadísticas. Las dimensiones de los humedales se hacen según nuestros estándares. Los resultados del análisis mostraron que hubo una diferencia significativa (P<0.05) en todos los parámetros físicos (pH, SST, T °) y químicos (DBO5, DQO) antes y después. El rendimiento se logró con 80% DBO, 64,6% DQO y 60,2% SST.

Conclusión Reed tiene la capacidad de eliminar los estándares fisicoquímicos, el agua residual antes de pasar por algunos humedales artificiales aguas abajo de la horizontal y los parámetros fisicoquímicos después de pasar por el sistema de tratamiento. Indica que el agua mencionada está sujeta a lo dispuesto en el Decreto Supremo. 003-2010-MINAM, muestra que las aguas residuales domésticas se pueden descargar en cuerpos de agua.

(Maldonado Cueva, 2018, pág. 6) El propósito de la investigación es evaluar el mecanismo de eliminación de nitrógeno de las aguas residuales domésticas en humedales artificiales. Consistió en comparar cómo cambia el grado de remoción de nitrógeno del humedal bajo dos condiciones: 1) la edad del humedal y 2) el contenido de oxígeno del humedal. Para ello, se crearon 03 humedales en paralelo con dimensiones de $L=2,00$ m, $a = 0,5$ m y $h=0,5$ m. En otras palabras, BLANCO (H_2), un humedal convencional que ha estado en funcionamiento durante un año es un humedal convencional de nueva construcción. Antiguo (H_1) y un nuevo humedal tradicional (H_3) con un dispositivo de cierre del sistema de aireación encima. 03 tiene los siguientes componentes: Tres "áreas de acceso y distribución" y dos "áreas de procesamiento y distribución". La planta grande utilizada fue el Junco (*Thypha* spp). El tiempo de retención hidráulica es de aproximadamente 2 horas. El caudal del efluente fue de 10 ml / min por cada flujo, el cual se recogió a la salida del reactor CITRARU ASB. Los parámetros evaluados son turbidez, temperatura, pH, humedad relativa, temperatura ambiente, conductividad, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fósforo total, DQO, DO y sólidos. La primera evaluación comparó la capacidad de remoción de nitrógeno del antiguo humedal (H_1) con la del nuevo suelo (H_2). En este caso, el período de calentamiento duró 6 semanas (5-10 semanas), mientras que la fase experimental duró 2 semanas. Durante el período de prueba, se distinguieron dos subperíodos. El primer subperíodo es de 11 a 17 semanas y el segundo subperíodo es de 18 a 3 semanas. El primer subperíodo corresponde al período de comparación de humedales antiguos y nuevos. Se encontró un valor promedio de nitrógeno total de 69 mg / l en los afluentes, pero 56 mg/L en las aguas residuales de H_1 y 63 mg/L en H_2. Asimismo, el nitrógeno amoniacal promedio de los afluentes es de 5 mg / l, pero el caudal de H_1 en las aguas residuales es de 7 mg/L y el de H_2 es de 53 mg/L. Se concluyó que H_1 tiene una mayor capacidad de captación de nitrógeno

que H_2 porque las raíces del tallo H_1 son gruesas y permiten más aguas residuales oxidantes. En la segunda evaluación, se comparó la capacidad de la aireación intermitente (H_3) para eliminar el nitrógeno del humedal con la evaluación convencional (H_2). En este caso, hay tres fases en la fase de arranque o fase de precalentamiento. En la primera fase (semanas 5-10), el tiempo de ventilación se usa 6 horas encendido y 6 horas apagado, y en el segundo período (semanas 11-16), el tiempo de ventilación es 3 horas encendido y 3 El tiempo estuvo apagado, y el tiempo de ventilación para el tercer período (17 a 22 semanas) fue de 2 horas encendido y horas apagado. Cada fase dura 6 semanas con un tiempo total de calentamiento de 18 semanas. La máxima eficiencia de eliminación de nitrógeno se produjo en la etapa 3. De manera similar, se encontró un período experimental de 12 semanas (23-3 semanas) con un valor promedio de nitrógeno total de mg / l en el drenaje de aguas residuales, con H_2 a 37 mg/L y H_3 a 2 mg/L. De manera similar, el nitrógeno amoniacal ramificado promedio fue de 38 mg/L, mientras que el H_2 de las aguas residuales fue de 32 mg/L y el H_3 fue de mg/L. Se concluyó que la eficiencia de remoción de nitrógeno de H_3 era mucho mayor que la de H_2 porque la nitrificación y desnitrificación fueron mejoradas por la aireación intermitente en H_3. La prospección será en 38 semanas, de las cuales las primeras semanas corresponden a la fase de construcción e instalación del humedal, las próximas 18 semanas corresponden al inicio y selección del ciclo de aireación. Sin aireación H_3, las siguientes 12 semanas correspondieron a la fase de prueba y recolección de datos y las últimas semanas correspondieron a la fase de terminación del proyecto.

(Cecilio Cabrera, 2016, pág. 6) La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRARFIAUNI) en Lima, Perú. El objetivo principal del estudio fue determinar la mayor remoción de materia orgánica afectada por árboles grandes (Totora) en humedales artificiales. Se establecieron dos unidades experimentales. La primera unidad es un pantano subterráneo artificial plantado con el gran árbol *Schoenoplectus Californicus*, y la segunda, como la unidad anterior, es un sistema de control (tierra firme) con la diferencia de no tener vegetación. La encuesta se desarrolló en dos fases sin perder el sentido del propósito de la encuesta. Inicialmente, se utilizó grava con un diámetro de 5.0 cm como medio de granulación para el humedal. En segundo lugar,

utilizamos grava con un diámetro de 2,5 cm como medio de siembra. En la primera fase, se determina un período de calentamiento de 6 meses de acuerdo con el crecimiento del árbol grande. Las mediciones de los parámetros de evaluación se llevaron a cabo durante un período de 5 meses y se llevaron a cabo en las aguas residuales del reactor UASB. Se observó un promedio de 86,5 mg/L y 199,3 mg/L de DBO5, respectivamente, en las aguas residuales del reactor UASB, y se determinó la DQO y el rendimiento. Tiempo de retención hidráulica 9, 12 y 16 horas. En las primeras etapas, el aclaramiento adicional se vio afectado por la planta grande *Schoenoplectus Californicus* en comparación con la DBO5 en un 21,5% y un 1,8%, respectivamente, a las 9 y 12 horas de retención. Por el contrario, durante el período de retención de 16 horas, la capa sólida eliminó 17.2 cantidades adicionales de DBO5, por lo que el efecto de las plantas grandes fue negativo. En la primera fase, los aclaramientos adicionales afectados por la gran planta acuática *Schoenoplectus Californicus* desde el punto de vista de la DQO fueron del 9,0%, 13,5 y 16, % con tiempos de retención de 9, 12 y 16 horas, respectivamente. La segunda fase implica un período de calentamiento de 7 meses. Esto se basa en el desarrollo de plantas grandes. Las mediciones de los parámetros de evaluación se llevaron a cabo durante un período de tres meses y se realizaron en las aguas residuales que salen del reactor UASB. Los promedios fueron 61,18 mg/L y 205,25 mg/L, respectivamente. Se determinaron la DBO5 y la DQO y la eficiencia. Tiempo de mantenimiento hidráulico de 10, 12 y 1 horas. En la segunda fase, la eliminación adicional se vio afectada por la planta grande *Schoenoplectus Californicus* en comparación con DBO5 de 10,5%, 12,6% y 15,8% en tiempos de retención de 10, 12 y 1 horas, respectivamente. En la segunda fase, desde el punto de vista de la DQO, la eliminación adicional afectada por la planta grande *Schoenoplectus Californicus* fue del 5,6%, 19,3% y 9,0% en tiempos de retención de 10, 12 y 14 horas, respectivamente.

(Muñoz Tello, 2020, pág. 6) El propósito de este estudio descriptivo es, cinco especies de plantas depuradoras. Se trataba de investigar el efecto del tratamiento de aguas servidas domésticas de humedales artificiales. *Juncus sp* (junco), *Phragmites australis* (carrizo), *Typha dominguensis* (tatora), *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), *Cyperus papyrus* (papiro). En particular, las palabras clave se recopilaron mediante "resúmenes selectivos" para determinar los criterios de

inclusión (autor, año de publicación, tipo de publicación, ubicación del estudio y título del artículo). Toda la información se ha citado y referenciado correctamente en forma de APA 6th edición. Después de examinar todos los papeles seleccionados, se recogieron en cada estudio las tasas de eliminación de los parámetros DBO5, DQO, sólidos suspendidos totales y coliformes termoestables. Esto dio como resultado que el rango de eliminación total es: La especie *Juncus sp.* obtuvo un 74.13%-81.67%, para la especie *Phragmites australis* se obtuvo en el rango de 67%-89.5%, mientras que el mayor fue *Typha dominguensis* con 93,57-96.77%, *Chrysopogon zizanioides* 88.09%-91% y finalmente *Cyperus papyrus* 50,8%, las especies más efectivas para remoción. Concluyo que. La proporción de contaminantes en las aguas residuales domésticas es *Schoenoplectus Californicus*.

(Quispe Pérez, 2017, pág. 6) La finalidad del proyecto presenta que, las aguas residuales del molino se caracterizan por una fuerte contaminación orgánica y tóxica asociada a la presencia de cromo, azufre y sales. Este es un problema ambiental ya que no cumplen con los requisitos de descarga de agua industrial. Por tanto, las aguas residuales producidas por esta industria son muy difíciles de tratar. Los métodos tradicionales para tratar las aguas residuales de las curtidurías incluyen el tratamiento primario (cribado, nivelación), primario (químico) y secundario (biológico, generalmente lodo activado). Este último es costoso de usar, administrar y mantener, y la industria está buscando nuevos métodos de eliminación, así como nuevas leyes y estándares ambientales. Sus principales ventajas son los costos de inversión relativamente bajos y los requisitos de mantenimiento reducidos en comparación con otras tecnologías de biorremediación. Por lo tanto, en este estudio pretendemos implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales de tenería con humedales artificiales utilizando *Typha angustifolia* y escoria volcánica como adsorbentes de contaminantes para eliminar los contaminantes del agua utilizada y determinar su calidad. Los parámetros pueden establecer eficazmente la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), el cromo hexavalente (Cr 6), los sólidos suspendidos totales (TSS).

(Egoavil Guillermo, 2018, pág. 7) El propósito del proyecto, el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) en el Área del Proyecto Don

Javier 79 en Yarabamba, Arequipa incluye procesos de pretratamiento, tratamiento primario e infiltración. Considere los materiales biológicos estándar como tratamiento primario que no es lo suficientemente efectivo para cumplir con el D.S. N° 003-2010-MINAM (Límites máximos permitidos para aguas residuales de instalaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas). El objetivo principal de este estudio es configurar y optimizar un humedal artificial con flujo de agua subterránea en el sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias (ARD) del proyecto Don Javier 79. Agrega procesamiento secundario al sistema que garantiza el cumplimiento de LMP. El segundo propósito de este estudio es diseñar humedales artificiales basados en métodos para eliminar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Comparación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales domésticas con límites máximos permisibles durante los 7 meses posteriores a la creación del humedal artificial. Después de evaluar la ARD después del tratamiento de los humedales artificiales, concluyó que mejoraría significativamente el sistema de tratamiento de la ARD, que ha demostrado ser eficaz para reducir los niveles de contaminación hasta en un 98,3%.

(Arellano López, 2017, pág. 8) El propósito de este trabajo es la creación de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de las casas de Ternique en la zona de Piura. Estas casas no tienen sistema de drenaje, lo cual es un problema. Esta agua se puede reutilizar para otras actividades que tengan en cuenta los estándares de calidad. El humedal artificial tiene 1,5 metros de largo, 1 metro de ancho, 90 centímetros de profundidad y un 1% de pendiente, con semillas de *Phragmites australis* utilizadas a base de grava y arena. Los parámetros a considerar son pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos totales, temperatura, DBO 5, DQO. El muestreo se realiza semanalmente después de esperar un tiempo a que las plantas se aclimaten. El plan de investigación no es experimental. Los resultados obtenidos de los parámetros al inicio del tratamiento de aguas residuales son los siguientes. pH 12, oxígeno disuelto 5.86 mg/L, conductividad 6530 $\mu\text{S} / \text{cm}$, sólidos disueltos totales 3265 mg / L, temperatura 21. 2 ° C, DBO5 en el primer tanque 120 mg/L, 80 mg/L en el segundo tanque, y finalmente la DQO en el primer tanque fue de 351 mg / L y en el segundo tanque de 1 mg/L. Los resultados al final del tratamiento en comparación con los humedales artificiales fueron pH 7.50, oxígeno disuelto 8. 6 mg/L, conductividad

1131 $\mu\text{S}/\text{cm}$, materia disuelta total 566 mg/L, grado térmico 17.0 ° C, DBO de 120 a 3 mg/L. Disminuyó (97,5%) y la DQO disminuyó de 351 a 12 mg/L (96,58%).

(Segami Shigyo, 2018, pág. 8) El propósito de la investigación, los humedales integrados son una técnica de tratamiento de aguas residuales ideal para las áreas rurales, pero el valor habitual para la eliminación de coliformes fecales es un logaritmo de 1-2, que es insuficiente para cumplir con los criterios de reutilización en el riego. Los microorganismos beneficiosos son sustancias naturales que mejoran el proceso de descomposición natural y, por lo tanto, tienen potencial para el tratamiento de aguas residuales. Las bacterias del ácido láctico con un pH inferior a conducen este complejo microbiano para ayudar a eliminar los coliformes fecales y otros patógenos en las aguas residuales. El objetivo de este estudio es evaluar la efectividad de la aplicación de microorganismos beneficiosos a humedales artificiales para eliminar coliformes de las aguas residuales domésticas. Por lo tanto, se instaló un sistema de tratamiento paralelo con dos humedales artificiales a la entrada del área de ecoturismo Lomas de Lúcumo en el centro de China. Uno es para el control y el otro es para microorganismos beneficiosos. La aplicación microbiológica beneficiosa se realiza mediante el uso de gránulos de arcilla, después de 7 semanas de control de las aguas residuales y la calidad de las aguas residuales, heces de coliformes, larvas, eficiencia de eliminación de huevos de helmintos, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno en relación con la cantidad requerida. Demanda total de oxígeno. Sólidos suspendidos entre dos humedales. El análisis de distancia se realizó con un nivel de significancia del 95%. No hubo diferencia significativa ($p = 0.05$) entre los dos tratamientos, excepto para los parámetros de sólidos totales en suspensión. Aunque hubo resultados aislados de clara mejora en los humedales experimentales, la aplicación de microorganismos beneficiosos a los gránulos de arcilla no mejoró significativamente la eficiencia de eliminación de los parámetros microbiológicos. Por tanto, las aguas residuales no son aptas para su reutilización en riego.

(Mejía Ramos, 2017, pág. 7) Este proyecto de investigación determinará la efectividad del Jacinto de agua en el distrito Manuel Antonio Mesones Muro-Ferreñafe, al mejorar la calidad de las aguas residuales utilizando diferentes proporciones para que las personas puedan utilizar estas aguas sin riesgo. Para

ello se utilizaron dos humedales artificiales construidos en el laboratorio. Las dimensiones son 60 cm de largo, 30 cm de alto y 30 cm de ancho. Dentro del humedal había 25 galones de aguas residuales de la laguna opcional del condado 1 y se dio 0.153 gramos en lugares húmedos. En el segundo lugar se dio 0.313 gramos de Jacinto de agua y pantanos. Planta grande. El diseño utilizado no es experimental mediante prueba de hipótesis. El análisis de aguas residuales se realizó cada 5 días durante días. Los dos humedales comienzan con los siguientes valores para cada parámetro: pH 8.75, sólidos disueltos 59 mg/L, DBO5 de 345 mg/L, DQO 350 mg/L, temperaturas 24.30°C. Resultado final de 0,28g. obtenido en Humedal 1 (H1). El rendimiento final de biomasa del gran Jacinto de plantas flotantes fue el siguiente: pH 7.77, sólidos disueltos totales 10 mg/L, eliminación de 88,2626 DBO5, eliminación de 85,1 DOC y, finalmente, grado de calor 21,65 ° C. Humedal 2 (H2) pesa 0,284g. La producción final de biomasa de Jacinto de plantas grandes flotantes arroja los siguientes resultados finales: pH 7.66, 55,3 mg/L en sólidos disueltos, eliminación de 97,68% DBO5, eliminación de 97.42% DQO y finalmente una temperatura de 21,58 ° C.

(Chávez, 2019, pág. 8) En este estudio, titulado "Humedal ecológico en la eliminación de organismos de desechos domésticos por Paccha la Oroya a nivel de laboratorio", su objetivo fue diseñar un humedal artificial con suelo horizontal aguas abajo a nivel de laboratorio y alcantarillado. $T = 6 \text{ }^\circ \text{C}$ se basa en el contaminante en las aguas residuales C_a (DBO5) = 8 mg / L, y los parámetros se asumen como sigue: C_e (DBO5) = 38 mg / L, $Q = 0.006 \text{ m}^3 / \text{d}$, $A_s = 0.0986 \text{ cm}^2$ más grande que la zona húmeda, $TRH = 2\text{d}$, y se realizan repeticiones hasta la relación $L: W = 3: 1$. Aquí obtenemos una placa de vidrio con un espesor de 2 mm creada según estas dimensiones, con gradientes de $L = 5 \text{ cm}$, $W = 18 \text{ cm}$, profundidad = 26 cm, 0,5%. Las tasas de alimentación de los humedales se mantuvieron constantes durante 30 días, se realizaron pruebas en muestras de aguas residuales y se analizaron muestreos de 7 días en la salida de los humedales hasta llegar al agua residual tratada, con una tercera eficiencia de 75,3 DBO5. Cheque. Por tanto, se puede decir que este resultado obtenido por el equipo experimental es eficaz en la eliminación de sustancias orgánicas de las aguas residuales domésticas. Por tanto, esta valoración sugiere que el sistema es una alternativa.

(Córdova Agreda, 2018, pág. 7) El presente proyecto tiene como finalidad que las aguas residuales son la principal fuente de contaminación de las aguas superficiales por no ser tratadas antes de su vertido, provocando este problema en La Habana y el colapso de la planta de tratamiento de aguas residuales, resultando en un tratamiento ineficaz, Contaminación de las aguas residuales del agua receptora (Torrente el Galdín). El humedal artificial subterráneo vertical está diseñado con un caudal de 3 m³ / día, con capas de grava gruesa, grava fina y base de arena gruesa colocadas sobre un área de 3.30 m² y 0.50 m² de corte de pasto vetiver. La caracterización de las aguas residuales se realizó cada 20 días a la entrada y salida de los humedales, cada 20 días durante meses, con la muestra 7 mostrando la mayor eficiencia de remoción de humedales. ,352 NMP / 100 mL a 9 NMP / 100 mL Grupo de *Escherichia coli* resistente al calor, eliminación de 97.8, sólidos suspendidos totales 285 mL/L a 56 mL/L, recuperación de DQO 218 mg/L a 39 mg/L 82.11, DBO5 177 mg / Varía de L a 2 mg / L, con recuperación de 86, turbidez de 6,38 NTU y 85,5 NTU. Finalmente, los humedales artificiales que utilizan *Chrysopogon zizanioides* han reducido significativamente los parámetros evaluados, una alternativa válida con bajo costo, alta eficiencia de remoción y cumplimiento de límites mínimos límite permisible de aguas residuales tratadas. Árbol, según D.S. N° 003-2010-MINAN.

(Luján Díaz & Sánchez Soto, 2020) Dado que los humedales artificiales se consideran actualmente una de las mejores alternativas ecológicas al tratamiento de lixiviados, este estudio crea sistemáticamente humedales artificiales para tratar los lixiviados de desechos sólidos que contaminan el suelo y el agua. Las dos superficies ocultas. Nuestro principal objetivo fue analizar la efectividad de los humedales artificiales para el tratamiento de los lixiviados producidos en la planta de residuos sólidos de Cajamarca en 2020 a través de una revisión sistemática. Artículos seleccionados Este documento se enfoca en la discusión y los resultados de los siguientes parámetros: También comparamos turbidez, conductividad, pH, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, fósforo, nitrógeno y coliformes resistente al calor para determinar las medidas de efectividad de los humedales y el siguiente humedal especies: *Phragmites Australis* (Carrizo) y *Schoenoplectus Californicus* alias *Typha* (Totorá); así, promover la integración ambiental y contribuir a la conservación de los recursos naturales.

(Enriquez Chávez, 2019) El propósito de este estudio fue comparar la efectividad del jacinto de agua y lenteja de agua, para mejorar la calidad de las aguas residuales de las plantas agrícolas. Para la realización de este estudio se utilizó un diseño longitudinal no experimental, con muestras de 60 litros, muestreo oportuno y métodos estandarizados para el análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas. Se han creado dos humedales artificiales de flujo horizontal y el monitoreo del agua se realiza tres veces cada siete días. Comparamos los resultados obtenidos y observamos la eficiencia de las dos plantas acuáticas. Los resultados obtenidos son los siguientes: En la prueba de control de agua residual, el pH fue de 7.16, la conductividad fue de 563 us / cm, el oxígeno disuelto fue de 1.08 ppm, la DQO fue de 167 mg / L y la DBO fue de 1.08 ppm 625 mg. Se muestra / L. El primer seguimiento tuvo lugar 7 días después de la aplicación y vio cambios significativos. *Eichhornia crassipes* eliminó el 90% de turbidez, el 100% de DQO, el 98% de DBO y aumentó el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad. Con una ligera eliminación de *Lemna minor*, el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad aumentan con una turbidez del 92%, DQO del 100% y DBO del 98%. El segundo seguimiento tuvo lugar el día 1 debido al aumento de los resultados de las pruebas en ambas plantas. El tercer y último seguimiento se realizó el día 21 y mostró un ligero aumento de pH y conductividad, con disminución del resto de parámetros.

(Vásquez Pósito & Cubas Mundaca, 2018) Este estudio se realizó en el río Hierba Buena en Bongará Amazonas, Florida, afluente de la Laguna Pomacochas ubicado en las coordenadas UTM ESTE: 1862923 y NORTE: 937677.1, y es un sistema de humedales de flujo de agua subterránea para mejorar la calidad del agua de los anteriores valles mencionados. Se aplicó. El humedal subterráneo tiene un diseño semi-hexagonal en miniatura con un caudal constante de 1 L / s. Hay dos compartimentos (compartimento de precipitación y compartimento de filtración) con una altura de 0,85 m, un área de 5, 0 m² y un volumen de ,6 m³ (incluidos 10 kg). Biomasa de *Eichhornia crassipes* con una superficie de 50 litros. El análisis de agua filtrada se realizó cada 7 días durante 2,5 meses (10 semanas). Fue construido en febrero y entró en servicio el 11 de marzo. Con 0,2 mg / L de nitrato, alcanzará el máximo efecto sistémico después de semanas. A 0,0 mg / L. Con contracción de 100 °. El potencial del hidrógeno se encuentra entre 7,88 y 7,69 unidades de pH. Los colores que van desde 29 unidades de cobalto-platino hasta 3,0 unidades de

cobalto-platino tienen la capacidad de eliminar el color a 89,7 °. El oxígeno disuelto está en el rango de ,85 mg / L. A 5, 8 mg / L; 10,6 mg / L de fosfato. A 3,3 mg / L. El agua tiene una reducción significativa de 68,9 ° y no cumple con las normas ECA. Finalmente, se ha demostrado que el sistema de humedales de flujo de agua subterránea mejora significativamente la calidad fisicoquímica del agua desde los afluentes del río Hierba Buena hasta la laguna Pomacochas, con un 80 por ciento de parámetros analizados según el ECA de agua. MINAM 2017, Categoría 2 y Subcategoría C.

(Arangoitia Valladares, 2018) En este estudio, determinamos y comparamos la eficiencia de remoción de cargas orgánicas de una serie de especies de plantas grandes *Chrissopogon Zizanioides*, *Phragmites Australis*, evaluadas en humedales artificiales con agua subterránea. Meses para el desarrollo de pruebas. Crear tres humedales artificiales con un tamaño de flujo de agua subterránea de 0. 4x1m, 6x0.8m, humedal artificial que contenga solo árboles grandes *Chrissopogon Zizanioides* (H1), humedal artificial sin árboles grandes *Chrissopogon Zizanioides* (H1) Los árboles grandes y los humedales artificiales tienen todas las plantas grandes en las que ha sido construido. *Chrissopogon Zizanioides*, *Phragmites Australis* (H3), el período experimental se dividió en dos períodos: 09 semanas con un caudal de 250 L / día y 09 semanas con un caudal de 250 L / día. Los parámetros evaluados in situ fueron pH, temperatura, turbidez, conductividad, humedad relativa y temperatura ambiente, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), edema en suspensión. Los parámetros de sólidos totales internos (SST) fueron determinados por FIAUNI. En el Instituto de Investigaciones del Agua y el Instituto de Investigaciones CITRARUNI. Como resultado, la eficiencia de remoción de turbidez fue más alta en los humedales artificiales H3 (67%) en la primera etapa y 50.38% en la segunda etapa, y los humedales H3 para la eficiencia de remoción de DBO5. (60.03% y 55.53%), la mayor eficiencia de remoción de DQO fue en los humedales H3 (64.13% y 58.58%) y la mejor remoción de TSS fue en los humedales H3 (72.22% en la primera fase, 68.00% en la segunda fase). Está hecho. Se concluyó que podría considerarse como un componente de la remoción de materia orgánica presente en humedales artificiales con escorrentía subterránea.

MARCO CONCEPTUAL

Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son ambientes semi-terrestres con un alto nivel de humedad y vegetación, que conforman un sistema con características, físicas, químicas y biológicas para una Fito depuración de las aguas residuales. Este sistema consiste en la plantación de macrófitas sobre un lecho de sustrato impermeabilizado que depura el agua progresivamente.

Estos humedales artificiales son generalmente construidos con la intención de dar un tratamiento a una amplia serie de aguas residuales como, por ejemplo:

Aguas residuales domésticas y municipales.

Aguas residuales provenientes de los sectores industriales, como industrias papeleras, fabricación de químicos y farmacéuticos, agrícolas, alimenticias, cosméticos entre muchas otras más.

Aguas residuales de los drenajes de extracción de minerales.

Aguas de corrientes superficiales para la agricultura y población. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010).

Los humedales artificiales eliminan los contaminantes del agua a través de varios procesos que contienen la sedimentación, la degradación microbiológica, absorción de las plantas y reacciones químicas reemplazando así en ciertas ocasiones tratamientos primarios y secundarios. (Chafloque Llagas & Guadalupe Gómez, 2006)

Procesos de depuración de las aguas en los humedales

Proceso de depuración física

Los humedales artificiales tienen un gran impacto en la depuración física de las aguas asociado con las partículas en suspensión de estas.

El agua de escorrentía superficial pasa lentamente a través de los humedales debido a la gran resistencia y flujo laminar de las raíces y las plantas que se encuentran en estas, la sedimentación de los sólidos en las

aguas que se encuentran suspendidas se promueve gracias a una baja velocidad de circulación y un flujo laminar en los humedales.

Los tallos y las raíces de las plantas ayudan a atrapar los sedimentos suspendidos, pero su rol principal es la remoción de estos sólidos en suspensión para limitar la resuspensión de estos.

La eficiencia de esta remoción se debe y es proporcional a la longitud del humedal y para casos prácticos la sedimentación se considera como una etapa irreversible, trayendo consigo la acumulación de contaminantes sólidos en la capa superficial del suelo del humedal. (Chafloque Llagas & Guadalupe Gómez, 2006)

Proceso de depuración química

Uno de los procesos químicos de gran relevancia es la remoción de los sustratos de los humedales, que lleva a cabo una retención de corto a largo plazo de contaminantes.

La absorción es la transferencia de iones a través de la solución a la etapa sólida (sustrato) y lleva a cabo un grupo de etapas que incluyen la adsorción y precipitación.

La adsorción es el intercambio catiónico, también llamado absorción química, esto conlleva a la unión de los cationes a superficies de sustratos y material orgánico del suelo. Un gran número de contaminantes metálicos se pueden retener a través de la absorción química de los sustratos como la arcilla, material orgánico u óxidos de hierro y aluminio.

La precipitación de los contaminantes también puede darse a través de los óxidos de hierro y aluminio como por ejemplo los fosfatos que forman compuestos de estos.

La volatilización de nitrógeno es otra forma de remoción química de los humedales ya que muchos compuestos orgánicos son volátiles como el amoníaco. (Chafloque Llagas & Guadalupe Gómez, 2006).

Proceso de depuración biológica

Este proceso es uno de los más importantes en la depuración de contaminantes de los humedales, mediante la captación de estos por las plantas. Estos contaminantes son también una forma de nutrición para las plantas que se encuentran en el humedal como los nitratos, fosfatos y amonios, aunque también muchas especies de plantas tienen la capacidad de captar contaminantes metales tóxicos como el plomo y cadmio.

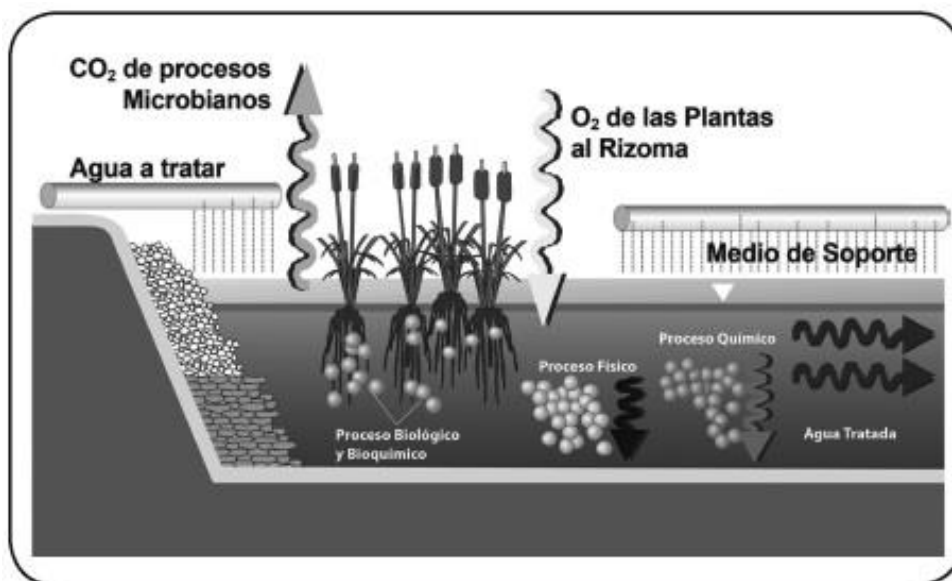
La eficacia de depuración de los contaminantes a través de las plantas varía dependiendo de la velocidad del desarrollo de la planta del humedal y del nivel de concentración de la sustancia o compuesto contaminante en el tejido de planta del humedal, Las algas también proporcionan una gran cantidad de contaminantes captados, pero tienen una gran susceptibilidad a los contaminantes tóxicos como los metales pesados. Los microorganismos también dan una cantidad que se puede medir de sustancia contaminante captado y retenido en sus etapas metabólicas, que ejercen el rol más impactante en la depuración de compuestos orgánicos. Los organismos microbiológicos, generalmente las bacterias del sustrato captan el carbono del material orgánico como una gran fuente de energía para sus procesos, transformándolas a gases como el metano y dióxido de carbono.

La eficiencia y eficacia de la degradación orgánica de Carbono por los organismos microbiológicos es demasiado variable para los diferentes tipos de compuestos y sustancias orgánicas. Los organismos microbiológicos a través de su metabolismo también ejecutan la depuración de nitrógeno inorgánico, los cuales son el nitrato y el amonio, en humedales.

Algunas bacterias especializadas como las pseudomonas convierten a través de su metabolismo el nitrato (HNO_3) en gas nitrógeno (N_2), una etapa también llamada como desnitrificación biológica. El gas nitrógeno es liberado posteriormente a la atmósfera de la tierra, todo este proceso también es conocido en los procesos biogeoquímicos naturales. (Chafloque Llagas & Guadalupe Gómez, 2006)

Figura 1

Proceso de depuración de las aguas en Humedales



Nota. Adaptado de principales fuentes y procesos depurativos en humedales artificiales, de Víctor Manuel Luna-Pabello, 2014, Revista especializada en ciencias químicas-biológicas.

A continuación, se presentará un cuadro del mecanismo que ocurren para la depuración del agua en un humedal artificial:

Tabla 1

Mecanismos de depuración en humedales artificiales con Macrófitas

Parámetro que evaluar	Mecanismo de depuración
Sólidos suspendidos	-Sedimentación / Filtración
Nitrógeno Amoniacal	-Amonificación continuada por la desnitrificación y nitrificación amoniacal
Patógenos	-Sedimentación / Filtración -Declinación -Radiación UV -Excreción de antibióticos por las plantas macrófitas.
DBO	-Degradación microbiana (aeróbica y anaeróbica).

	-Sedimentación (Por acumulación del material orgánico o lodo en la superficie del sedimento)
--	--

Nota. Adaptado de Wastewater Treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Processes, and Treatment Performance, de Hans Brix, 1993.

TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES:

Los humedales artificiales según el tipo de plantas macrófitas que se utilizan en la construcción de estos, se pueden clasificar según su funcionamiento de las macrófitas fijas al sustrato o las flotantes.

A través de la vida de estas plantas macrófitas son clasificados de la siguiente manera los humedales artificiales:

Sistema en base a plantas macrófitas flotantes, son plantas flotantes o aéreas, que no necesitan de un sustrato. Generalmente se tienen los angiospermas sobre suelos cubiertos de agua. Un ejemplo de estas son la lenteja de agua que es con frecuencia la más utilizada en este sistema.

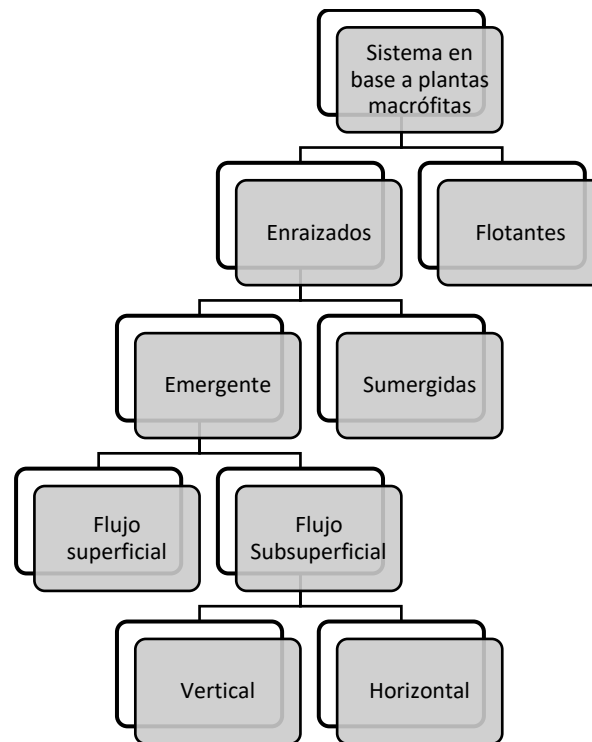
Sistema en base a plantas macrófitas sumergidas, en ellas se encuentran las plantas como helechos, musgos y otras angiospermas. Sus órganos reproductivos son flotantes o sumergidos.

Sistema en base a plantas macrófitas enraizadas emergentes, En sustratos cubiertos de agua en forma temporal o permanente, son plantas que están de forma perenne y tienen sus órganos reproductores aéreos.

Los humedales que están hechos a baso de este sistema pueden ser de 2 tipos los cuales son categorizados de acuerdo al flujo de agua que se emplee, están los de flujo superficial los cuales el agua circula de forma libre a través de los tallos y subsuperficial que circula por el sustrato del humedal.

Figura 2

Tipos de sistemas en humedales artificiales



Nota. Elaborado por el investigador

Siguiendo con la investigación se desarrollará las características de los humedales artificiales tipo superficial y subsuperficial con plantas micrófitos por ser de gran relevancia para este tema de investigación.

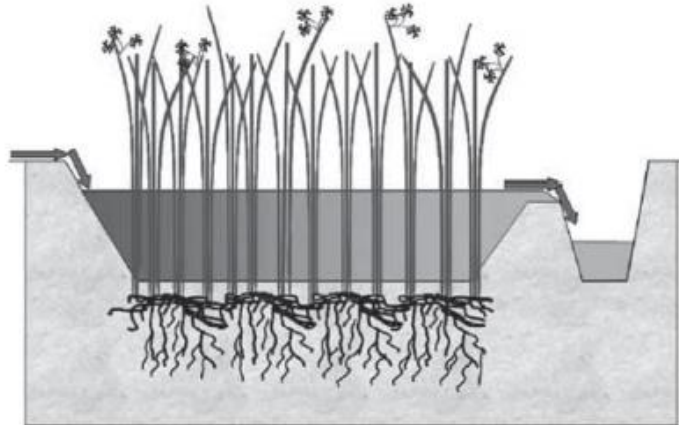
Humedal artificial tipo superficial

Los humedales artificiales de tipo superficial, llamado en inglés como Surface flow constructed wetlands son un sistema por el cual el agua transcurre de forma preferente a través de los tallos de las macrófitas y está en contacto con el aire de la superficie.

Este tipo de Humedal artificial tiene semejanza con las lagunas, pero la diferencia con las lagunas es que no son mayores a 60 centímetros de profundidad. Este tipo de sistema de tratamiento, por su gran capacidad paisajística es recomendable ya que en ella pueden habitar especies de animales acuáticos, aves, entre otras.

Figura 3

Sistema de Humedal artificial de flujo de agua superficial



Nota. Adaptado de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, de Oscar Delgadillo, et al, 2010, Universidad Mayor de San Simón.

Humedal artificial tipo subsuperficial

Los sistemas de flujo de agua subterránea son interpretados ya que el flujo del agua es a través de un medio granular del cual crece la vegetación y el agua entra en contacto con los rizomas, el suelo y las raíces de los árboles.

Este tipo de sistema de tratamiento se subdivide en 2 tipos:

Tipo subsuperficial horizontal

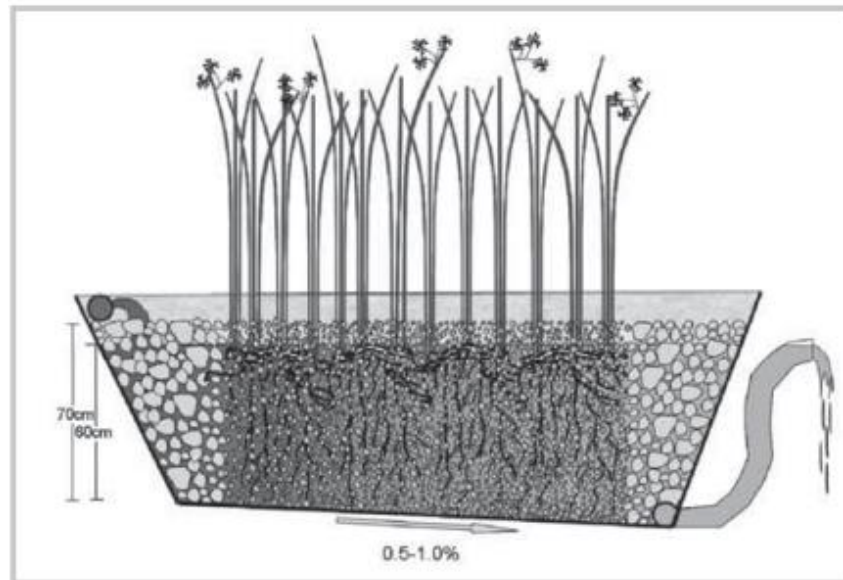
Este tipo de sistema trata de una cama de sustratos, ya sea tierra arena o grava, en la cual se plantan o siembran con macrófitas, todo esto es cubierto por una capa inferior por geomembranas o geotextil para evitar que el agua se infiltre.

En este tipo de humedal el afluente ingresa de forma permanente por un extremo superior y el efluente drena por la parte inferior del otro extremo. El tratamiento del agua consiste en la circulación de este a través de medios porosos, esta agua no es ingresada de forma directa, ya que se amortigua en una zona que generalmente contiene grava de mayor tamaño a comparación de la usadas en el cuerpo del humedal.

Es de importancia que el afluente se encuentre en un nivel de 50mm-100mm inferior a la superficie.

Figura 4

Sistema de Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal



Nota. Adaptado de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, de Oscar Delgadillo, et al, 2010, Universidad Mayor de San Simón.

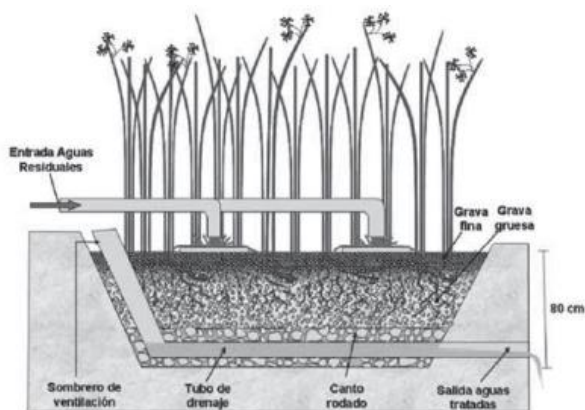
Tipo Subsuperficial Vertical

Este tipo de sistema es cargado de agua residual de forma intermitente, también llamados filtros intermitentes, el afluente ingresa de arriba hacia abajo al tratamiento, las aguas a tratar se infiltran de manera vertical causada por la gravedad a través de los sustratos, y se captan por tuberías de drenaje ubicada en la parte inferior del sistema.

Para mejorar las condiciones aerobias se colocan chimeneas y a diferencia del sistema horizontal, el sustrato se encuentre formado por muchas capas, en la parte superior la más finas y al ir descendiendo de forma gradual estas aumentarán su tamaño.

Figura 5

Sistema de Humedal artificial subsuperficial vertical



Nota. Adaptado de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, de Oscar Delgadillo, et al, 2010, Universidad Mayor de San Simón.

A continuación, se mostrará un cuadro de comparación de los humedales descritos, además mencionar que los sistemas de tipo de flujo horizontal tienen una gran probabilidad de colapsar en el flujo del agua por taponarse el sustrato ya que el sistema requiere que el agua no contenga muchas partículas en suspensión.

Tabla 2

Comparación entre humedal artificial subsuperficial de flujo vertical y horizontal

	VERTICAL	HORIZONTAL
Eficiencia	Menos superficie	Mas superficie
Operación	Compleja	Sencilla
Nitrificación	Se consigue	Complicada
Funcionamiento	Descontinuo	Continuo
Estado de oxidación	Oxidado	Menos Oxidación
Carga superficial	20-40g DBO5/m2.d	4-6g DBO5/m2.d

Nota. Adaptado de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, de Oscar Delgadillo, et al, 2010, Universidad Mayor de San Simón.

MARCO LEGAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ

CAPÍTULO II DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 66°. - Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

Artículo 67°. - El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 68°. - El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas (Constitucion Política del Perú, 1993).

Ley N° 28611 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Artículo 122.1.- Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

Artículo 122.3.- Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia. (LEY GENERAL DEL AMBIENTE, 2005).

Decreto supremo N° 012-2009-MINAM “Política Nacional del Ambiente”

Para el aprovechamiento de los Recursos Naturales establece como lineamiento:

Impulsar la formalización de las actividades informales para el aprovechamiento de recursos naturales.

Promover la innovación tecnológica, la investigación aplicada y el uso de tecnologías limpias para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Para la calidad del agua establece los siguientes lineamientos:

Impulsar una adecuada calidad del agua de los cuerpos de agua del país mediante estándares que permitan evitar riesgos a la calidad de vida, salud y ambiental.

Identificar, vigilar y controlar las principales fuentes emisoras de efluentes contaminantes, privilegiando las cuencas de agua a los centros urbanos.

Promover el conocimiento científico y tecnológico, de las medidas de prevención y los efectos de la contaminación del agua, sobre la salud, el ambiente y los recursos naturales.

Promover la inversión de infraestructura de saneamiento básico y de tratamiento y reuso de aguas residuales de origen doméstico y otras actividades generadoras de efluentes.

Fomentar el ahorro, y la eficiencia del uso de agua y establecer fondos para el manejo de cuencas y fuentes de agua como pago por servicios ambientales. (La Política Nacional del Ambiente, 2009)

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM “ECAS PARA AGUA”

En los anexos nos indican las categorías para ECA de:

Poblacional y Recreacional.

Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales.

Riego de vegetales y bebida de animales.

Conservación del ambiente acuático (Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, 2017).

**DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM “LMP EFLUENTES DE PTAR
AGUA RESIDUAL DOMESTICA O MUNICIPALES”**

En el Anexo nos muestra los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR que a continuación se muestra en la siguiente tabla (DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, 2010):

Tabla 3

LMP para efluentes de PTAR domesticas o municipales.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Nota. Adaptado de Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Ministerio del Ambiente, 2010, Diario el Peruano.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Es de tipo Aplicada, porque busca responder y solucionar mediante el diseño e implementación de un modelo piloto de humedales artificiales el inexistente tratamiento de las aguas residuales generados del campamento de la agrícola AgroVictoria ya que la disposición de estas aguas es a la intemperie (Fernández Collado, Baptista Lucio, & Sampieri Hernández, 2014).

El diseño de la investigación es de tipo experimental utilizando el método pre-experimental ya que se tomarán muestras antes y después de aplicar el tratamiento que sería un sistema de humedal artificial para conocer el efecto que este hizo sobre los contaminantes propuestos para su depuración, a continuación, se muestra el diagrama del diseño: (Fernández Collado, Baptista Lucio, & Sampieri Hernández, 2014)

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

G: Grupo de sujetos o casos

X: Tratamiento o estímulo experimental

O: Medición de los sujetos del Grupo

3.2 Variables y operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Humedal Artificial.

VARIABLE DEPENDIENTE:

Aguas residuales.

Tabla 4

Matriz de operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Humedal Artificial	son ambientes semiterrestres con un alto nivel de humedad y vegetación, que conforman un sistema con características, físicas, químicas y biológicas para una Fito depuración de las aguas residuales. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010)	Se diseña el humedal en base a la carga orgánica a depurar, y se determina la eficiencia de remoción de los contaminantes a analizar antes y después del tratamiento.	Diseño de un Humedal Artificial	Área superficial	M2
				Caudal	M3/d
				Tiempo de retención hidráulica	Días
			Eficiencia de Remoción	Diámetro de Sustratos	mm
				Concentración inicial de parámetro a tratar	Unidad
				Concentración Final de parámetro tratado	Unidad
VARIABLE DEPENDIENTE					
Aguas residuales	Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).	Las aguas residuales provenientes del campamento de la agrícola AgroVictoria serán evaluadas en sus parámetros físicos químicos para conocer el nivel de contaminación, y depuración luego del tratamiento.	Parámetros físicos	Temperatura	°C
				Sólidos en suspensión	mL/L
			Parámetros Químicos	DBO5	mg/L
				pH	unidad
			Parámetros Biológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL

Nota. Elaborado por los investigadores.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población:

La población General del presente trabajo de investigación son todas las aguas residuales provenientes del campamento de la agrícola AgroVictoria, que se determinó mediante el promedio de agua utilizado diario, el caudal promedio de aguas residuales es: 5m³/d.

Muestra:

La muestra de agua residual para fines de investigación e implementación en un humedal artificial piloto se tomó de las tuberías de los efluentes del campamento, en total se tomó 150 litros de agua residual, para su posterior tratamiento y análisis pre-experimental y post-experimental de los parámetros, fisicoquímicos y biológicos.

Muestreo:

El tipo de muestreo para las aguas residuales fue puntual en los efluentes de las tuberías de desagüe, y en el efluente del tratamiento de humedal artificial, siguiendo la resolución ministerial N°273-2013 “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR”.

Para cada muestreo se utilizó los recipientes otorgados por el laboratorio, los cuales son esterilizados y limpios para no contaminar la muestra y tener la concentración de los parámetros exactos de las aguas.

Además, se utilizó los respectivos equipos de protección personal para que la realización del muestreo sea de forma segura.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica de recolección de datos

La técnica que se empleó para recolectar datos en el presente trabajo de investigación fue la observación directa, ya que se hicieron monitoreos de las aguas residuales del efluente del campamento, para poder realizar el dimensionamiento del humedal artificial, y posteriormente a su tratamiento se

hizo monitoreo al efluente del humedal artificial del agua tratada con las 2 especies que se usaron en el experimento, se utilizó esta técnica ya que el presente trabajo de investigación es de tipo experimental.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos fueron fichas de observación para recolectar datos de muestreo de agua, una ficha de observación de los resultados de los análisis del muestro, así como una cadena de custodia para garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados de análisis de laboratorio, los cuales se observa en el **Anexo N°1**. que fue otorgado por el laboratorio.

Se emplearon programas de computadora como Google maps, Microsoft Excel para el procesamiento de los datos.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Ubicación de desarrollo de la investigación

La agrícola AgroVictoria se encuentra ubicada en el distrito de Salas, Provincia de Ica, Departamento de Ica. La agrícola cuenta con un campamento, donde se ubican las oficinas, comedor y baños, de donde se generan aguas residuales de tipo doméstico.

La ubicación de la agrícola AgroVictoria donde serán tomadas las muestras de agua residual del presente trabajo de investigación son las siguientes:

Latitud: 13° 56´ 29.27" S

Longitud: 75° 45´ 31.356" W

Altitud: 480 msnm

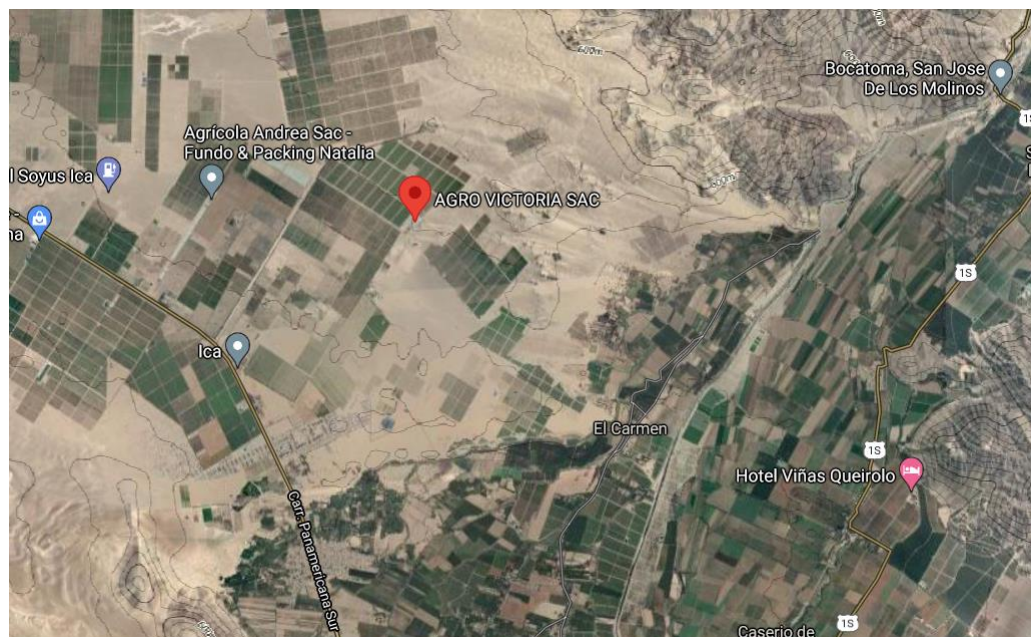
Clima y temperatura

Temperatura: La temperatura de Ica se encuentra ubicada entre 15°C y 28°C.

Clima: Ica posee un clima árido subtropical, el cual solo recibe 1 mm de llovizna promedio al año, lo que determina un ecosistema de desierto yermo super árido.

Figura 6

Ubicación satelital de la agrícola AgroVictoria.



Nota. Obtenido de Google Maps.

3.5.2 Toma de muestra y análisis de laboratorio

Se realizó un muestreo de agua pretratamiento para el análisis de estas, para conocer las condiciones iniciales y dimensionar el humedal.

Figura 7

Toma de muestra de aguas residuales del campamento agrícola



Nota. Elaborado por los investigadores.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los métodos de ensayo aplicados por el laboratorio AGQ y los investigadores para los análisis del agua residual inicial.

Tabla 5

Métodos de ensayo de laboratorio

Parámetros Fisicoquímicos	Método de ensayo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW 5210B. 23rd Ed. 2017. Electrometría.
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017. Gravimetría.
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. Peachímetro.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. Termómetro
Parámetros Microbiológicos	
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	SMEWW 9221 B.2,3, E.1. 23rd Ed. 2017. Tubos Múltiples.

Nota. Elaboración propia.

3.5.3 Diseño del Humedal Artificial

Para el presente trabajo de investigación se eligió como tratamiento de las aguas residuales, el humedal artificial tipo subsuperficial de flujo vertical por los motivos explicados a continuación:

- La superficie requerida para su construcción es menor que los de otros tipos, ya que por H.E (habitante equivalente) se requiere menor espacio.
- La eficiencia de remoción de contaminantes es mayor comparado a los de otros tipos de humedales.
- Gracias a que las aguas son impulsadas de manera intermitente, se consigue una buena aireación del sistema.

Para el dimensionamiento del humedal artificial subsuperficial de flujo vertical, se requirió de los datos del agua residual que ingresará al humedal artificial que continuación se muestra:

Tabla 6

Datos del afluente del humedal artificial de flujo vertical

Datos de entrada	Valor	Unidad
DBO5 entrada	124	mg / L
Caudal	0.03	m3 / día
Carga Orgánica	20	DBO5 / m2.d

Nota. Según (Cooper, 2003, como se citó en Pidre Bocardo, 2010) la carga orgánica recomendada que se emplean en Humedal de flujo vertical es de 20 g. DBO5/m2. d, Elaborado por los investigadores.

Para saber la superficie requerida para la construcción del humedal de flujo subsuperficial vertical, lo primero que necesitamos determinar es la Carga de DBO5 que ingresa al humedal mediante la siguiente fórmula:

$$Carga\ DBO_5 = Q * DBO_5$$

Donde:

$$Carga\ DBO_5 \left(\frac{g}{d} \right)$$

$$Q: Caudal\ de\ ingreso \left(\frac{m^3}{d} \right)$$

$$DBO_5: Demanda\ Bioquímica\ de\ Oxígeno\ de\ ingreso \left(\frac{g}{m^3} \right)$$

Reemplazamos con los datos de entrada (ver Tabla)

$$Carga\ DBO_5 = 0.03 \frac{m^3}{d} * 124 \frac{gDBO_5}{m^3} = 3.72\ gDBO_5/d$$

Una vez calculado la carga de DBO5 se procede a calcular la superficie requerida del humedal con la siguiente formula:

$$S = \frac{\text{Carga } DBO_5}{C.O.R}$$

Donde:

$S = \text{Superficie}$

$C.O.R = \text{Carga Orgánica recomendada}$

Reemplazamos:

$$S = \frac{3.72 \text{ g} DBO_5 / \text{d}}{20 \text{ g} DBO_5 / \text{m}^2 \cdot \text{d}} = 0.186 \text{m}^2 = 1860 \text{cm}^2$$

Este sistema será construido en 2 recipientes, entonces se dividirá la superficie entre el número de recipientes:

$$S1 = S2 = \frac{1860 \text{cm}^2}{2} = 930 \text{cm}^2$$

Cada recipiente contara con un área total de 930cm².

Para hallar el tiempo de retención Hidráulico empleamos la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{S * y * n}{Q}$$

Donde:

TRH = Tiempo de retención Hidráulico

S = Superficie del Humedal

y = Profundidad

n = Porosidad en decimal

La porosidad se coloca de acuerdo con el tipo de material empleado en la construcción del humedal artificial mediante la siguiente tabla:

Tabla 7

Sustratos empleados en la construcción de humedales artificiales

Tipo de sustrato	Tamaño efectivo D10(mm)	Conductividad Hidráulica, ks(m3/m2/d)	Porosidad, n %
Arena Gruesa	2	100-1.000	28-32
Arena Gravosa	8	500-5.000	30-35
Grava fina	16	1.000-10.000	35-38
Grava media	32	10.000-50.000	36-40
Roca Gruesa	128	50.000-250.000	38-45

Nota. Adaptado de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, Oscar delgadillo et al., 2010, Centro AGUA.

Teniendo los siguientes datos:

$$S = 930 \text{ cm}^2 = 0.093 \text{ m}^2$$

$$Y = 60 \text{ cm} = 0.60 \text{ m}$$

$$n = 36 \% = 0.36$$

$$Q = 30 \text{ litros} = 0.03 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Reemplazamos:

$$TRH = \frac{0.093 * 0.6 * 0.36}{0.03} = 0.6696 \text{ dias} = 16.07 \text{ horas}$$

3.5.4 Materiales y herramientas para la construcción

- 4 envases de plástico de 17.2cm de radio y 60cm de altura
- Tubo de agua de ¾"
- Tubo T PVC ¾"
- Llave de paso de ¾"
- Tubo codo PVC ¾"
- Grava Gruesa, Media y Fina
- Cinta Teflón
- Silicona estructural
- Planta Macrófitas

3.5.5 Pasos para la construcción

- ✓ Se Inicia con la perforación de los recipientes para la tubería de captación de efluentes del agua tratada.

Figura 8

Colocación de tubería para captar efluentes del Humedal Artificial.



Nota. Elaborado por los investigadores.

- ✓ Se hace la perforación a la tubería que hará la alimentación al Humedal Artificial con las aguas residuales.

Figura 9

Perforación de tubería para alimentación de aguas residuales



Nota. Elaborado por los investigadores.

- ✓ Se hace la instalación a las tuberías del sistema, y se colocan las gravas.

Figura 10

Colocación de las gravas y tubería para la alimentación de aguas residuales al Humedal artificial.



Nota. Elaborado por los investigadores.

- ✓ Finalmente, una vez establecidos los recipientes con los sustratos se pasa a la siembra de las plantas macrófitas que harán la depuración de las aguas.

Figura 11

Sistema de humedal artificial establecido con los sustratos.



Nota. Elaborado por los investigadores

- ✓ Luego se vierte el agua residual al humedal artificial de flujo subsuperficial vertical para su tratamiento correspondiente.

Figura 12

Afluente del humedal artificial para su tratamiento.



Nota. Elaborado por los investigadores

- ✓ Luego de dejar en reposo agua dentro del humedal, se toma muestra de agua en el efluente del humedal artificial para los análisis correspondientes.

Figura 13

Toma de muestra en efluente del humedal artificial.



Nota. Elaborado por los investigadores

3.5.6 Eficiencia de depuración del agua residual

Una vez finalizado el tratamiento del agua inicial y realizar los análisis pre-test y post-test, se hallará la eficiencia de depuración del agua residual mediante la siguiente fórmula:

$$Ef(\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100\%$$

Donde:

Ef = Eficiencia de remoción (%)

Ci = Concentración inicial del parámetro

Cf = Concentración final del parámetro

3.6 Método de análisis de datos

Para analizar los resultados de los análisis del muestreo de agua residual pre-test y post-test los datos se procesarán en el programa Microsoft Excel, y en el mismo se graficarán, siguiendo lo siguiente:

- Los resultados se procesarán en la hoja de cálculo de Excel para un mejor manejo de los datos.
- Los gráficos se realizarán con la herramienta Gráficos de Microsoft excel para interpretar los resultados de los análisis y ver la variación de los parámetros que hubo en el sistema de tratamiento.

3.7 Aspectos éticos

El conocimiento de los procesos modernos y los avances en las ciencias y tecnologías ambientales contribuyen diariamente a los avances en la mejora continua de los ecosistemas al acordar un entendimiento de protección y restauración y pueden responder preguntas específicas previamente planteadas.

Al desarrollar este proyecto de investigación, como investigadores, consideramos, la ética y la integridad y conozco la autenticidad de la

información y los datos que realmente se muestran. Respetando a los autores de las fuentes de noticias. Esto se logra citando adecuadamente el estilo APA.

- Cumplir con los lineamientos éticos de la profesión de ingeniero y asegurarse de que los resultados sean honestos.
- Cumplir con los aspectos relevantes del Código de Ética de la Universidad César Vallejo, de no cumplirse, será responsable de las sanciones correspondientes.

IV. RESULTADOS

4.1 Interpretación de resultados de análisis del agua en el DBO.

Tabla 8

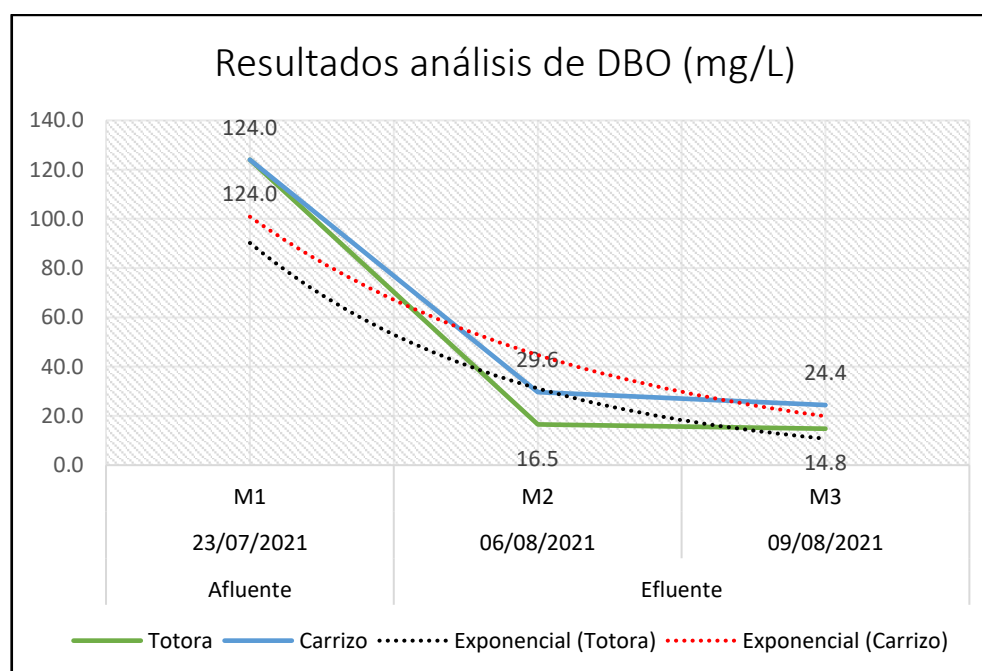
Resultados de análisis de DBO (mg/L)

Especie utilizada		Concentración			Resultados	
Nombre científico	Nombre Común	Afluyente	Efluente		Promedio	Eficiencia %
		23/07/2021	06/08/2021	09/08/2021		
		M1	M2	M3		
Schoenoplectus californicus	Totora	124.0	16.5	14.8	15.65	87.38
Phragmites australis	Carrizo	124.0	29.6	24.4	27	78.23

Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Gráfico de líneas de resultados de DBO



Nota. Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 14 nos indica que los resultados de los análisis para ambos sistemas de humedal con *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* en el afluyente es de 124.0, teniendo una línea de tendencia a disminuir el DBO para ambos casos, mediante los datos obtenidos en la Tabla 8 nos indica que el HAFSSV con la especie *Schoenoplectus californicus* Tuvo una eficiencia de 87.38% de depuración y con *Phragmites australis* tuvo una eficiencia de 78.23%.

4.2 Interpretación de resultados de análisis del agua en los SST.

Tabla 9

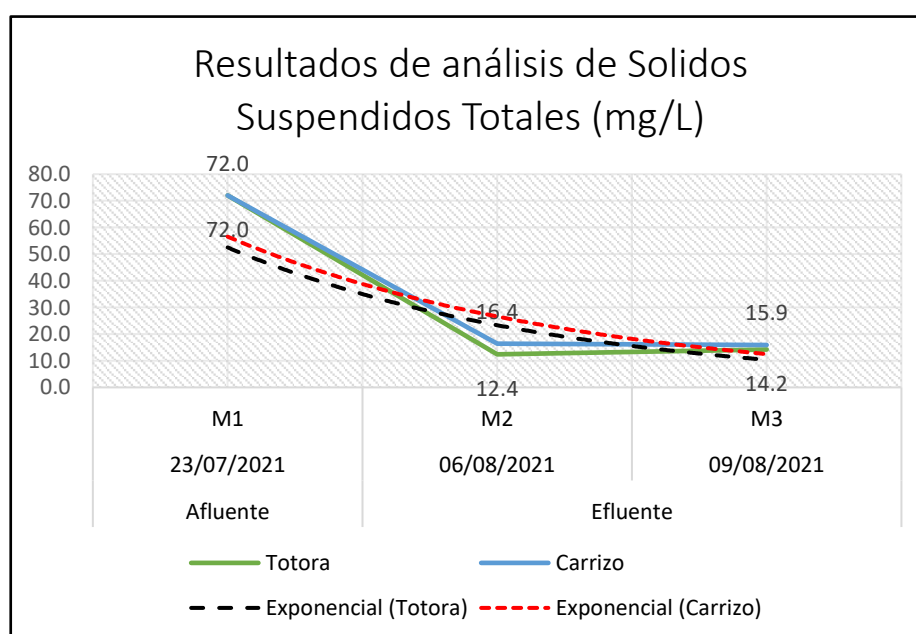
Resultados de análisis de Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)

Especie utilizada		Concentración			Resultados	
Nombre científico	Nombre Común	Afluyente	Efluente		Promedio	Eficiencia %
		23/07/2021	06/08/2021	09/08/2021		
		M1	M2	M3		
Schoenoplectus californicus	Totora	72.0	12.4	14.2	13.3	81.53
Phragmites australis	Carrizo	72.0	16.4	15.9	16.15	77.57

Nota. Elaboración propia

Figura 15

Gráfico de líneas de resultados de Sólidos suspendidos Totales.



Nota. Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 15 nos indica que los resultados de los análisis para ambos sistemas de humedal con *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* en el afluyente es de 72.0, teniendo una línea de tendencia a disminuir los SST para ambos casos, mediante los datos obtenidos en la Tabla 9 nos indica que el HAFSSV con la especie *Schoenoplectus californicus* Tuvo una eficiencia de 81.53% de depuración y con *Phragmites australis* tuvo una eficiencia de 77.57%.

4.3 Interpretación de resultados de análisis del agua en los Coliformes Termotolerantes.

Tabla 10

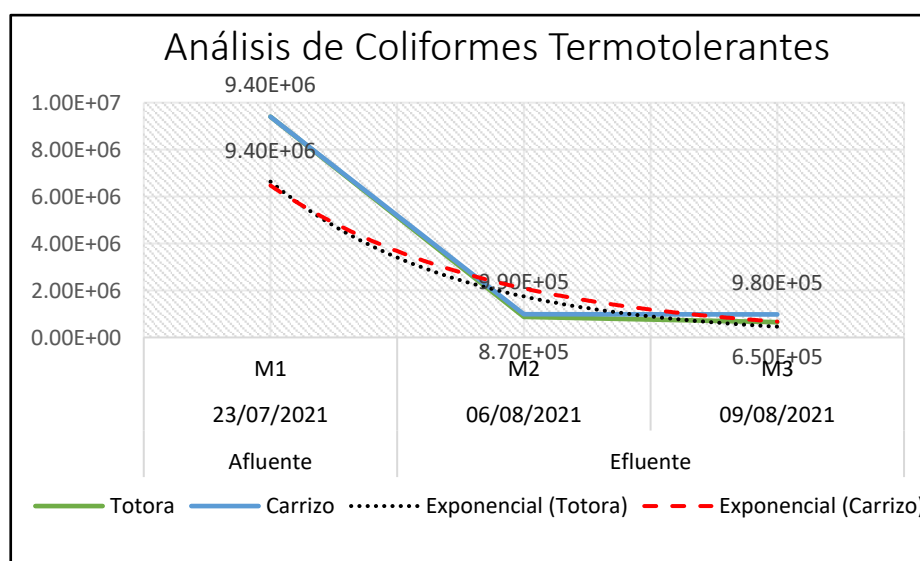
Resultados de análisis de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)

Especie utilizada		Concentración			Resultados	
Nombre científico	Nombre Común	Afluyente	Efluente		Promedio	Eficiencia %
		23/07/2021	06/08/2021	09/08/2021		
		M1	M2	M3		
Schoenoplectus californicus	Totora	9.40E+06	8.70E+05	6.50E+05	7.60E+05	91.91
Phragmites australis	Carrizo	9.40E+06	9.90E+05	9.80E+05	9.85E+05	89.52

Nota. Elaboración propia

Figura 16

Gráfico de líneas de resultados de Coliformes Termotolerantes



Nota. Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 16 nos indica que los resultados de los análisis para ambos sistemas de humedal con Schoenoplectus californicus y Phragmites australis en el afluyente es de 9.4×10^6 , teniendo una línea de tendencia a disminuir los Coliformes Termotolerantes para ambos casos, mediante los datos obtenidos en la Tabla 10 nos indica que el HAFSSV con la especie Schoenoplectus californicus Tuvo una eficiencia de 91.91% de depuración obteniendo un promedio

de las 2 tomas de muestras en el efluente del humedal de 7.6×10^5 y con *Phragmites australis* tuvo una eficiencia de 89.52% obteniendo un promedio de las 2 tomas de muestras en el efluente del humedal de 9.85×10^5 .

4.4 Interpretación de resultados de análisis del agua en la temperatura.

Tabla 11

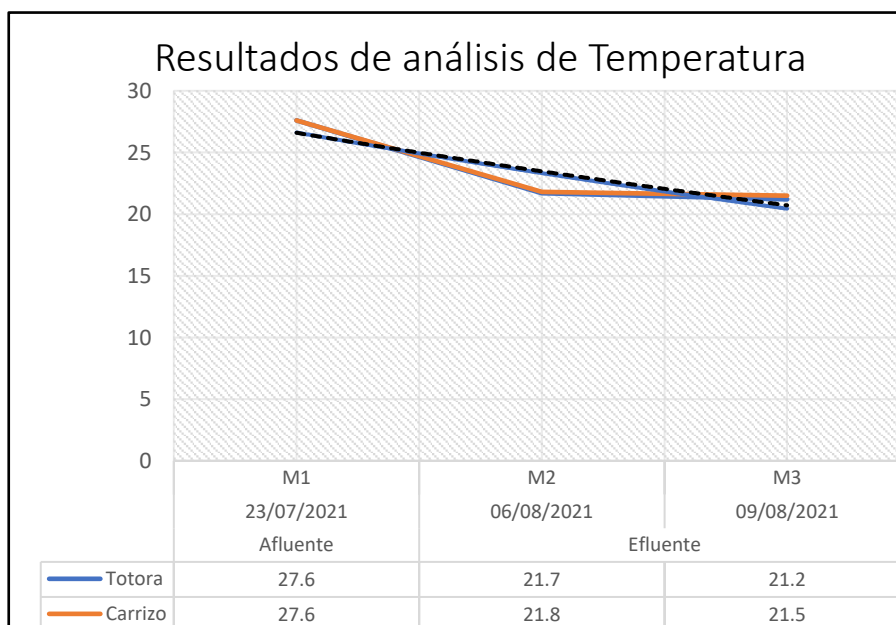
Resultados de análisis de Temperatura (°C)

Especie utilizada		Concentración			Resultados	
Nombre científico	Nombre Común	Afluente	Efluente		Promedio	Eficiencia %
		23/07/2021	06/08/2021	09/08/2021		
		M1	M2	M3		
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	27.6	21.7	21.2	21.45	22.28
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	27.6	21.8	21.5	21.65	21.56

Nota. Elaboración propia

Figura 17

Gráfico de líneas de resultados de Temperatura



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación: En la figura 17 nos indica que los resultados de los análisis para ambos sistemas de humedal con *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites*

australis en el afluente tienen una temperatura de 27.6, teniendo una línea de tendencia a disminuir la temperatura para ambos casos, mediante los datos obtenidos en la Tabla 11 nos indica que el HAFSSV con la especie *Schoenoplectus californicus* tuvo una disminución de la temperatura en un 22.28% y con *Phragmites australis* tuvo una disminución de la temperatura de 21.56%, cabe recordar que la toma de temperatura se realizó a la misma hora en las 3 muestras.

4.5 Interpretación de resultados de análisis del agua en el pH.

Tabla 12

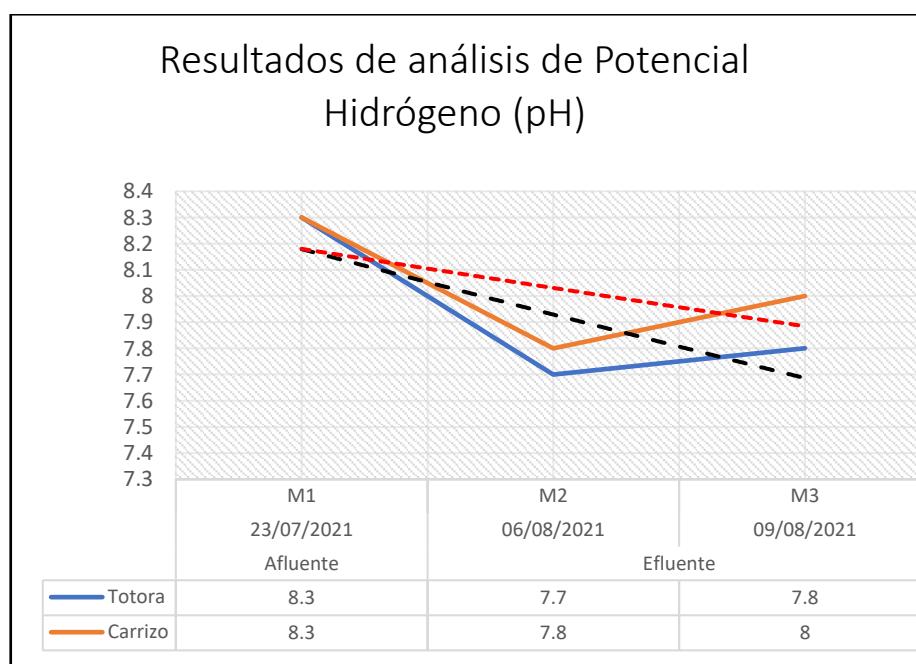
Resultados de análisis de Potencial Hidrógeno (pH)

Especie utilizada		Concentración			Resultados	
Nombre científico	Nombre Común	Afluente	Efluente		Promedio	Eficiencia %
		23/07/2021	06/08/2021	09/08/2021		
		M1	M2	M3		
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	8.3	7.7	7.8	7.75	6.63
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	8.3	7.8	8.0	7.9	4.82

Nota. Elaboración propia

Figura 18

Gráfico de líneas de resultados de Potencial hidrógeno



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación: En la figura 18 nos indica que los resultados de los análisis para ambos sistemas de humedal con *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* el pH del afluente es de 8.3, teniendo una línea de tendencia a disminuir el pH para ambos casos, mediante los datos obtenidos en la Tabla 9 nos indica que el HAFSSV con la especie *Schoenoplectus californicus* disminuyo un promedio de 6.63% su pH en las 2 muestras del afluente y con *Phragmites australis* disminuyo un promedio de 4.82% su pH en las 2 muestras del afluente.

V. DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación en referencia al tratamiento de aguas residuales del campamento de la agrícola AgroVictoria, mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical, empleando en dos sistemas con las especies *Schoenoplectus californicus* (Tatora) y *Phragmites australis* (Carrizo) para poder la conocer la eficiencia de estas, en la depuración de las aguas empleadas. Los resultados obtenidos del afluente del humedal artificial en ambos sistemas fueron de una concentración de DBO 124.0 mg/L, SST 72.0 mg/L, Coliformes Termotolerantes 9.4×10^6 NMP/100ml, Temperatura 27.3 °C, y un pH de 8.3.

Luego del Tratamiento de las aguas residuales con la especie *Schoenoplectus californicus* (Tatora), se tomó dos muestras de agua y se analizó, dando como resultados los siguientes promedios de ambas muestras de 2 diferentes días: DBO 15.65 mg/L, SST 13.3 mg/L, Coliformes Termotolerantes 7.6×10^5 NMP/100ml, Temperatura 21.45°C y pH 7.75, luego se procesó para conocer la eficiencia dando como resultado una eficiencia en depuración de DBO en 87.38%, una disminución en 81.53% de los SST, para los coliformes Termotolerantes hubo una disminución de estos en un 91.91%, la temperatura bajo en 22.28% teniendo un promedio regular, y el pH redujo en un 6.63% estando dentro de los valores cercanos a un pH neutro.

En paralelo se realizó el de tratamiento de las aguas residuales con la especie *Phragmites australis* (Carrizo) a fin de comparar la eficiencia de estas, Luego de tratar el agua residual se tomó dos muestras de agua del efluente del humedal y se analizó, dando como resultados los siguientes promedios de ambas muestras de 2 diferentes días: DBO 27.0 mg/L, SST 16.15 mg/L, Coliformes termotolerantes 9.85×10^5 NMP/100ml, Temperatura 21.65°C y pH 7.9, luego se procesó para conocer la eficiencia dando como resultado una eficiencia en depuración de DBO en 78.23%, una disminución en 77.57% de los SST, para los coliformes Termotolerantes hubo una disminución de estos en un 89.52%, la temperatura bajo en 21.56% teniendo

un promedio regular, y el pH redujo en un 4.82% estando dentro de los valores cercanos a un pH neutro.

En la tesis titulada Humedal Artificial Para Mejorar La Calidad Del Agua Residual Doméstica En El Caserío Ternique-Piura, (Arellano López, 2017) utilizó la especie *Phragmites australis* (carrizo) en la construcción de su humedal artificial, obtuvo como resultados un pH de 7.5, SST 556 mg/L temperatura de 17.04 °C y su DBO se depuró de una concentración de 120 hasta 3 mg/L, la eficiencia de remoción en sus parámetros son los siguientes: para pH fue de 39.71%, para los SST fue de 82.97%, para su temperatura fue de 20.44% y en DBO un 97.5%. Esto concuerda en algunos parámetros, en la eficiencia de remoción de los contaminantes mencionados con los resultados expuestos anteriormente en esta investigación de la especie *Phragmites australis*, siendo lo más resaltante la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales.

Para (Cecilio Cabrera, 2016) en su investigación titulada remoción de materia orgánica, influenciada por la macrófita *scirpus californicus*, en humedales artificiales subsuperficiales, tuvo como objetivo principal la identificar la remoción adicional de DBO y DQO mediante el tratamiento con la especie macrófita y la otra solo con los sustratos (cama de sólidos). Esta investigación la dividió en 2 etapas con 2 tipos de tamaños de los sustratos, en la primera etapa, la eficiencia de remoción de la DBO fue de 59.1%, 57.6% y 61.4% para los tiempos de retención de 9,12 y 16 horas respectivamente con la especie *scirpus californicus*, mientras que, con tan solo con la cama de sólidos, obtuvo 37.7%,42.8% y 78.6%, par 9,12 y 16 horas de retención respectivamente, teniendo así la mayor eficiencia de remoción en un humedal con una macrófitas, en este caso la especie *scirpus californicus*, es mejor que solo la cama de sólidos. Esto corrobora la importancia de las macrófitas en un humedal artificial, y motivo por el cual, se busca conocer la eficiencia de remoción de los contaminantes con diferentes especies, en la presente tesis se buscó determinar la eficiencia de remoción entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*.

Por otro lado, en la tesis titulada: “Determinación de la eficacia en humedades artificiales de flujo subsuperficial con totora (*Schoenoplectus californicus*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de San Antonio de Chujura – Región Puno, 2018”, según (Coaquira Hanco, 2018), mediante la construcción de un humedal artificial a criterio de la tesista con la macrófita Totorá, analizo la eficiencia de remoción de los parámetros DBO, DQO Y SST con el software estadística, los resultados obtenidos por la tesista fue de una eficiencia de remoción de DBO en 80%, un 64.6% para la DQO y 60.2% para la SST, esto tiene una leve relación con la presente investigación con la especie Totorá la cual su eficiencia fue de 87.38%.

Finalmente, para corroborar con la eficiencia de las especies en un humedal artificial, según (Muñoz Tello, 2020) en su tesis “Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas”, tuvo como objeto de estudio recopilar datos de fuentes primarias empleando el resumen selectivo, con el fin de estudiar la eficiencia de las especies macrófitas *Juncus* sp. (junco), *Phragmites australis* (carrizo), *Typha dominguensis* (totorá), *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), *Cyperus papyrus* (papiro) en el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. La tesista identificó los porcentajes de remoción de los parámetros DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes Termotolerantes con las 5 especies antes mencionadas.

Los resultados de (Muñoz Tello, 2020) en la eficiencia de remoción de contaminantes fueron los siguientes, ordenado de mayor a menor: *Typha dominguensis* (Totorá) de 93.57% a 96.77%, *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver), de 88.09% a 91%, *Phragmites australis* (Carrizo) de 67% a 89.5%, *Juncus* (Junco) sp. 74.13% a 81.67% y *Cyperus papyrus* (papiro) 50.8%. Siendo la de mayor eficiencia una especie de Totorá llamada *Typha dominguensis* seguida del Vetiver y Carrizo. Con esta información corroboramos que los resultados obtenidos están el rango de las ya mencionadas, siendo fundamental realizar estudios y comparación de diferentes especies para llegar a profundizar los resultados obtenidos

VI. CONCLUSIONES

Mediante los análisis de resultados obtenidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Termotolerantes, Temperatura y pH, se determinó que las especies *Schoenoplectus californicus* (Totorá) y *Phragmites australis* (Carrizo) influyen eficientemente en la depuración de las aguas residuales del campamento agrícola AgroVictoria. Los resultados obtenidos en eficiencia de depuración con la especie *Schoenoplectus californicus* (Totorá) fueron: 87.38% en DBO, 81.53% en los SST, 91.91% para los coliformes Termotolerantes, 22.28% en la temperatura y 6.63% en el pH. Para la siguiente especie *Phragmites australis* (Carrizo) la eficiencia de remoción fueron los siguientes: 78.23% para DBO, 77.57% para los SST, 89.52% para los coliformes Termotolerantes, 21.56% en la temperatura y 4.82% en el pH.

Estando ambos efluentes de los humedales artificiales con las especies *Schoenoplectus californicus* (Totorá) y *Phragmites australis* (Carrizo) dentro de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales (DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, 2010) a excepción de los coliformes Termotolerantes.

Finalmente se determinó que la especie con mayor eficiencia en la depuración de aguas residuales en el humedal artificial de flujo subsuperficial vertical fue la especie *Schoenoplectus californicus* (Totorá).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar un tratamiento secundario, mediante filtros para la depuración total de los coliformes Termotolerantes o la disminución de estos dentro de los Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, 2010).

Se recomienda realizar otros estudios con diferentes parámetros como nitratos, que en estos tipos de humedales verticales se logra con gran eficiencia la Nitrificación a comparación de los humedales con flujo horizontales.

Se recomienda realizar otro tipo de tratamiento secundarios para la reutilización de las aguas residuales para el riego de plantas.

Se recomienda dar mantenimiento a los humedales artificiales de flujo vertical, como la poda de las especies macrófitas utilizadas con el fin de disminuir la aglomeración de las especies que pueden generar malos olores, y hacer un análisis constante en muestras de agua del efluente del humedal artificial para conocer la información del monitoreo.

REFERENCIAS

- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (El Peruano 7 de Junio de 2017).
- Arangoitia Valladares, H. (2018). Comparación de la eficiencia en remoción de carga orgánica entre el conjunto de especies de macrofitas *Chrissopogon zizanioides-phragmites australis* y la especie *Chrissopogon zizanioides* evaluadas en humedales artificiales de flujo sub superficial. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Arellano López, S. L. (2017). *Humedal Artificial Para Mejorar La Calidad Del Agua Residual Doméstica En El Caserío Ternique-Piura*. Lima: CONCYTEC.
- Cecilio Cabrera, Y. (2016). *REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, INFLUENCIADA POR LA MACROFITA SCIRPUS CALIFORNICUS, EN HUMEDALES ARTIFICIALES SUBSUPERFICIALES*. Lima: CONCYTEC.
- Chafloque Llagas, W. A., & Guadalupe Gómez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 85-96.
- Chávez, C. (2019). *Humedal artificial en remoción de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas de Paccha – La Oroya a nivel laboratorio*. Lima: CONCYTEC.
- Coaquira Hanco, A. L. (2018). *Determinación de la eficacia en humedales artificiales de flujo sub superficial con totora (*Schoenoplectus californicus*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de San Antonio de Chujura - Región Puno*. Puno: CONCYTEC.
- Constitucion Politica del Perú. (19 de diciembre de 1993). *Medio Ambiente y los Recursos Naturales*. Obtenido de Normas Legales: <http://www4.congreso.gob.pe/ntley/Imágenes/Constitu/Cons1993.pdf>
- Córdova Agreda, D. D. (2018). *Humedal artificial con *Chrysopogon zizanioides* para la remoción de aguas residuales domésticas en el Distrito de Habana – Moyobamba*. Moyobamba: CONCYTEC.

- DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (Diario El Peruano 17 de Marzo de 2010).
- Delgadillo, O., Camacho, A., Perez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio*. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).
- Egoavil Guillermo, G. L. (2018). *Implementación de humedal artificial en el tratamiento de agua residual doméstica del proyecto Don Javier 79, Yarabamba – Arequipa*. Lima: CONCYTEC.
- Enriquez Chávez, I. C. (2019). Comparación de la eficiencia de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para mejorar la calidad del agua residual de una planta agroindustrial. Chiclayo, Perú: Universidad Cesar vallejo.
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. D., & Sampieri Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación Sexta edición*. México D.F.: McGraw-Hill.
- La Política Nacional del Ambiente, Decreto supremo N° 012-2009-MINAM (El Peruano 22 de Mayo de 2009).
- LEY GENERAL DEL AMBIENTE, LEY N° 28611 (El Peruano 13 de Octubre de 2005).
- Luján Díaz, A. J., & Sánchez Soto, G. I. (2020). REVISIÓN SISTEMÁTICA – EFICIENCIA DE HUMEDALES ARTIFICIALES EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS GENERADOS EN LA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS, CAJAMARCA-2020. *Trabajo de investigación*. Cajamarca, Perú: Universidad privada del norte. Obtenido de Trabajo de investigación.
- Maldonado Cueva, L. A. (2018). *Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en la remoción de nitrógeno*. Lima: CONCYTEC.
- Mejía Ramos, S. J. (2017). *Eficiencia De La Macrofita Flotante Eichhornia Crassipes En Un Humedal Artificial Para Mejorar La Calidad Del Agua Residual*. Lima: CONCYTEC.

- Muñoz Tello, K. M. (2020). *Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas*. Trujillo: CONCYTEC.
- Núñez Burga, R. M. (2016). *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Lima: CONCYTEC.
- OEFA. (2014). *Fiscalización en aguas residuales*. Lima: Cyclus Print Matt.
- Pidre Bocado, J. R. (Octubre de 2010). INFLUENCIA DEL TIPO Y GRANULOMETRÍA DEL SUSTRATO EN LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES POR EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO VERTICAL Y HORIZONTAL. *Universidad de Cadiz*, 71. Obtenido de Universidad de Cadiz.
- Quispe Pérez, R. V. (2017). *Tratamiento de Efluente de Curtiembre Utilizando Typha Agustifolia y Escoria Volcánica en Humedal Artificial*. Lima: CONCYTEC.
- Segami Shigyo, M. A. (2018). *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un humedal artificial*. Lima: CONCYTEC.
- Vásquez Pósito, E. I., & Cubas Mundaca, D. (2018). Evaluación del sistema de humedal de flujo subsuperficial, para mejorar la calidad del agua de la quebrada Hierbabuena, tributario de la laguna de Pomacochas, Florida 2018. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario*. Moyobamba-, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

TITULO: Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021

Nivel: Aplicativo **Tipo:** Experimental **Método:** Pre-experimental

PROBLEMA		OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES INDICADORES E INDICES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
P R I N C I P A L	¿Cuál es el nivel de eficiencia entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , mediante diseños de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021?	Determinar entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> el nivel de depuración de las aguas residuales, usando humedales artificiales, AgroVictoria, Ica, 2021.	Los humedales artificiales con <i>Schoenoplectus Californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , serán eficientes en la depuración de las aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.	Y: Variable Dependiente: Aguas residuales	Dimensión: Tratamiento de agua INDICADORES: Iy1: Alta carga orgánica en el agua Iy2: Existencia de turbidez en el agua Iy3: Presencia de malos olores; heces INDICES: iy1: valores por encima de los LMP DBO >100 mg/L iy2: Evidencia de sólidos totales en suspensión >150 mL/L iy3: Presencia de coliformes Termotolerantes <10,000 NMP/100mL	-Análisis de evaluación -Observación -Documentos normativos -Cuaderno de campo
	¿Cuál fue la eficiencia de depuración química entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria?	Identificar la eficiencia de depuración química entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.	La aplicación de <i>Schoenoplectus Californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> en humedales artificiales será eficiente en la depuración química del agua residual.	X: Variable Independiente: Humedal artificial	Dimensión: Tecnología ecoeficiente INDICADORES: IX1: Disminución de carga orgánica en el agua IX2: Reducción de turbidez en el agua IX3: Ausencia de malos olores; heces INDICES: ix1: valores por debajo de los LMP DBO <100 mg/L ix2: Menor presencia de sólidos totales en suspensión <150 mL/L ix3: Disminución de coliformes Termotolerantes <10,000 NMP/100mL	-Ficha de evaluación -Ficha de observación -Ficha de documentaciones (normativas) -Cuaderno de campo
	¿Cuál será la eficiencia de depuración física entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria?	Analizar la eficiencia de depuración física entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.	Emplear <i>Schoenoplectus Californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> en humedales artificiales será eficiente en la depuración física del agua residual.			
¿De qué manera la aplicación de humedales artificiales usando <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , influirá microbiológicamente en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria?	Evaluar la eficiencia de depuración microbiológica entre <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> , en el tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021.	La utilización de <i>Schoenoplectus Californicus</i> y <i>Phragmites australis</i> en humedales artificiales será eficiente en la depuración microbiológica del agua residual.				

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 13

Ficha de recolección de datos de muestreo de agua

Nombre del punto de muestreo:			
Análisis:			
Fecha:		Tiene refrigeración:	
Hora:		Si (*) <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Matriz:		(*) Especifique:	
Numero de envase:			
Muestreador:			

Nota. Elaboración propia.

Tabla 14


Ficha de recolección de datos de análisis de agua

		Pre-Test	Post-Test		
Fecha de Muestreo y análisis					
Parámetros	Unidad				
Temperatura	°C				
pH					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L				
Solidos Suspendidos Totales	mg/L				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL				

Nota. Elaboración propia.

Tabla 15

Ficha de cadena de custodia.

 CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS										PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGQ										Pág.	de																			
CLIENTE y RUC										N° Presupuesto / Contrato										Cod. Cliente																				
CONTACTO										N° Proyecto / Estudio										N° Dire. Entrega																				
e-mail																																								
DATOS DE CLIENTE TERCERO																																								
RAZÓN SOCIAL																																								
DATOS DEL PROYECTO										ANÁLISIS REQUERIDOS										Parámetros In Situ																				
NOMBRE DEL PROYECTO										PARAMETROS																														
LUGAR DE MUESTREO (Finca / Area)										FISICOQUIMICO																														
CONTACTO AGQ																																								
<table border="1"> <tr> <th>Código de Laboratorio</th> <th>Punto de Muestreo / Descripción</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th>Tipo de muestra* / Sub tipo**</th> <th>Coordenadas UTM HUSO</th> <th>(E- N)</th> <th rowspan="2">Número de alícuotas/frascos por punto de muestreo</th> <th rowspan="2">Análisis tipo Aplicable (AT)</th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Fecha (dd-mm-aa)</th> <th>Hora (24:00)</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </table>										Código de Laboratorio	Punto de Muestreo / Descripción	Muestreo		Tipo de muestra* / Sub tipo**	Coordenadas UTM HUSO	(E- N)	Número de alícuotas/frascos por punto de muestreo	Análisis tipo Aplicable (AT)				Fecha (dd-mm-aa)	Hora (24:00)				Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra													
Código de Laboratorio	Punto de Muestreo / Descripción	Muestreo		Tipo de muestra* / Sub tipo**	Coordenadas UTM HUSO	(E- N)	Número de alícuotas/frascos por punto de muestreo	Análisis tipo Aplicable (AT)																																
		Fecha (dd-mm-aa)	Hora (24:00)																																					
* Tipo de Muestra (Categoría)										** Sub Tipo (Sub categoría)																														
1. Agua Residual										Doméstica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C)																														
2. Agua Natural Subterránea										Manantial/ Pozo = (A); Terminal = (B)																														
3. Agua Natural Superficial										Río = (A); Lago/Laguna = (B); Deposition atmosférica - lluvia (C)																														
4. Agua de Consumo Humano										Bebida Potable = (A); Bebida Envasada = (B); Piscina = (C); Laguna Artificial = (D)																														
5. Agua salinas										Mar = (A); Salobre = (B); Salmuera (C)																														
6. Agua de Proceso										Circulación/Enfriamiento = (A); Alimentación para Caldera = (B); Agua de Calderas (C); Lavtización = (D); Purificada (E); Inyección- Reinyección (F)																														
7. Muestra Sólida										Suelo = (A); Lodo = (B); Sedimento = (C)																														
8. Calidad de Aire																																								
9. Ruido																																								
10. Otros (indicar tipo)																																								
Muestreo Realizado Por:										INFORMACION DEL MUESTREO																														
Empresa:										Procedimiento de Muestreo																														
Responsable:										Muestras Hidrobiológicas																														
Firma: El envío de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.										Fitoplancton (Cualitativo)										Volumen de filtrado		Datos Equipos de Monitoreo (Solo AGQ)																		
Supervisor / Cliente										Zooplancton (Cuantitativo / Cualitativo)										Volumen de filtrado		Equipo		N° de serie																
Nombre										Penfiton										Área de raspado																				
Cargo										OBSERVACIONES / INCIDENCIAS																														
Firma: El envío de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.																																								
Recibido por:										SOLO PARA SER LLENADO POR OPERACIONES - CONFORMIDAD DE RECEPCION DE MUESTRAS - AGQ / OBSERVACIONES																														
Fecha: (dd-mm-aa)										Hora: (24.00)										Condición de la(s) Muestra(s):		CONFORME		NO CONFORME																
Mensajería Nacional										N° de Guía										Cadena de frío:		SI		NO																
Mensajería Local										N° de Guía										Entrega cliente en AGQ																				

AGQ Perú S.A.C. / RUC 20512225986 / Av. Luis Jose de Orbegoso 350 - San Luis - Lima / T:(1) 710 27 00

PPI-101/01-V2

Rev04/19-02-18

Nota. Elaborado por AGQ Labs.

ANEXO 3: Resultados de análisis de laboratorio.

Figura 19

Resultados de análisis de laboratorio - afluente de humedal artificial



INFORME DE
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Nº de Referencia: A-21/087758	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción(*): Efluente de campamento	Fecha Fin: 03/08/2021

RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	124	mg/L	±16,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	72,0	mg/L	±2,07
Microbiología			
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	9,4 x 10 ⁶	NMP/100 mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Nota. Informe emitido de AGQ Labs.

Figura 20

Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M1 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Schoenoplectus californicus" (Totora).



INFORME DE
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Nº de Referencia:	A-21/087758	Tipo Muestra:	Agua residual tratada
Descripción(*):	Efluente de humedal totora	Fecha Fin:	14/08/2021

RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	16,5	mg/L	±16,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	12,4	mg/L	±2,07
Microbiología			
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	8,7 x 10 ²	NMP/100 mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%

Nota. Informe emitido de AGQ Labs.

Figura 21

Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M2 del efluente de humedal artificial con la macrófita “Schoenoplectus californicus” (Totora).



INFORME DE
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Nº de Referencia:	A-21/087758	Tipo Muestra:	Agua residual tratada
Descripción(*):	Efluente de humedal totora M2	Fecha Fin:	18/08/2021

RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	14,8	mg/L	±16,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	14,2	mg/L	±2,07
Microbiología			
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	6,5 x 10 ³	NMP/100 mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Nota. Informe emitido de AGQ Labs.

Figura 22

Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M1 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Phragmites australis" (Carrizo).



INFORME DE
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Nº de Referencia:	A-21/087758	Tipo Muestra:	Agua residual tratada
Descripción(*):	Efluente de humedal carrizo	Fecha Fin:	14/08/2021

RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	29,6	mg/L	±16,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	16,4	mg/L	±2,07
Microbiología			
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	9,9 x 10 ⁵	NMP/100 mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Nota. Informe emitido de AGQ Labs.

Figura 23

Resultados de análisis de laboratorio de la muestra M2 del efluente de humedal artificial con la macrófita "Phragmites australis" (Carrizo).



INFORME DE
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

Nº de Referencia:	A-21/087758	Tipo Muestra:	Agua residual tratada
Descripción(*):	Efluente de humedal carrizo M2	Fecha Fin:	18/08/2021

RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	24,4	mg/L	±16,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	15,9	mg/L	±2,07
Microbiología			
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	9,8 x 10 ⁵	NMP/100 mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Nota. Informe emitido de AGQ Labs.

Anexo 4: Validación de instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del validador: *Hernández Ramos Javier Raúl*
 1.2 Cargo e institución donde labora: *Ingeniero Ambiental*
 1.3 Especialidad del validador: *Auditor Ambiental*
 1.4 Título de investigación: "Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales AgroVictoria, Ica, 2021"
 1.5 Autor(es) del instrumento: *Hernández Cayo, José Giancarlo*
Vargas Gálvez, Daniel Alejandro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible												X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos												X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis												X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X		

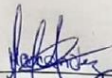
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 -El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Ica, 26 de agosto 2021


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
Javier Hernández Ramos
 **ING. AMBIENTAL**
 Reg. CIP. N° 266584

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del validador: Saavedra Silva de Tincopa, Bertha Ofelia
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente - U.N. San Luis Gonzaga
 1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Ambiental.
 1.4 Título de investigación: "Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales AgroVictoria, Ica, 2021"
 1.5 Autor(es) del instrumento: Hernández Cayo, José Giancarlo
 Vargas Gálvez, Daniel Alejandro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos													X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 -El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:
96.5

Ica, 12 de agosto 2021


 P. Ofelia Saavedra Silva de Tincopa

INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. C.I.P. 148174
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del validador: *Castillo Ganoza Tereza*
 1.2 Cargo e institución donde labora: *Jefe de SSOMA - AgroVictoria S.A.C*
 1.3 Especialidad del validador: *Ingeniera Industrial*
 1.4 Título de investigación: "Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales AgroVictoria, Ica, 2021"
 1.5 Autor(es) del instrumento: Hernández Cayo, José Giancarlo
 Vargas Gálvez, Daniel Alejandro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 -El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

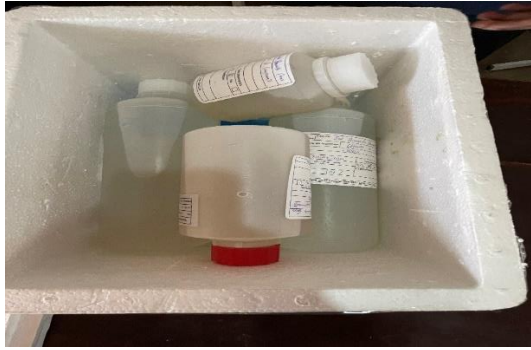
Ica, 29 de agosto 2021

AGRO VICTORIA S.A.C.

Tereza Ganoza
 Ing. TERESA CASTILLO GANOZA
 CIP: 228643
 JEFE S.O.T

ANEXO 5: Panel Fotográfico de procedimiento en toma de muestras y construcción de humedal artificial.

Panel Fotográfico	Breve descripción
	<p><i>Toma de muestra Sólidos suspendidos, del efluente en campamento de la Agrícola AgroVictoria.</i></p>
	<p><i>Toma de muestra para DBO5 del efluente en campamento de la Agrícola AgroVictoria.</i></p>
	<p><i>Efluente en campamento de la Agrícola AgroVictoria.</i></p>



Envío Pre-muestras al laboratorio de Lima AG Labs.



Envío Post muestras al laboratorio de Lima AG Labs.



Realizando corte de tubos para el humedal artificial.



Protección hacia el caño puesto en cilindros.



Aseguramiento en los tubos para evitar fuga de agua.



Construcción del humedal artificial Subsuperficial flujo vertical piloto terminado.



Realizando el llenado del agua residual del efluente de campamento de la Agrícola AgroVictoria, hacia los recipientes del humedal artificial.



Toma de muestras para análisis de pH y Temperatura, planta totora.



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HERNÁNDEZ CAYO, JOSÉ GIANCARLO y VARGAS GÁLVEZ, DANIEL ALEJANRO, egresados de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Tesis titulado: “EFICIENCIA ENTRE SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS Y PHRAGMITES AUSTRALIS, MEDIANTE DISEÑOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, AGROVICTORIA, ICA, 2021”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres de los Autores	Firma
HERNÁNDEZ CAYO, JOSÉ GIANCARLO DNI: 77214366 ORCID: 0000-0003-4196-4626	
VARGAS GÁLVEZ, DANIEL ALEJANDRO DNI: 70285527 ORCID: 0000-0001-9477-2666	