



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficiencia del berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales para la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca-Huari-Ancash-2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR:

Sifuentes Rosario, Lila Karina

ASESOR:

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2018

PÁGINA DE JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

Dr. Chávez Leandro Abner

Dr. Alcántara Bosa Alejandro

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi guía
y soporte en todo momento,
a mis hermanos (Gladis,
Damián, Nilo, Carlos, Luz y
Camila) por ser mi apoyo
incondicional e infinito, a mis
sobrinos André, Dayanna
por ser mi fortaleza y
Milagritos por ser mi angelita
guía.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme sabiduría,
a la Universidad César
Vallejo, mi alma mater por
brindar enseñanza de
calidad.

A mis padres por darme la
vida y ser mi soporte en todo
momento, a mis hermanos
por el apoyo incondicional y
ser mi modelo. A mi asesor,
ing. Juan Julio Ordoñez
Gálvez por su paciencia y
apoyo para que este
proyecto se haga realidad, a
mis amigos por su apoyo
constante.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Sifuentes Rosario Lila Karina con DNI N° 71385369, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo 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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 19 de mayo de 2018.

Sifuentes Rosario Lila Karina

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Eficiencia del berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales para la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca-Huari-Ancash-2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de ingeniería Ambiental.

Lila Karina Sifuentes Rosario (La Autora)

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Realidad Problemática.....	3
1.2. Trabajos previos.....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	13
1.3.1. Aguas residuales.....	13
1.3.2. Purines de la porcícola.....	13
1.3.3. Parámetros de los purines de la porcícola.....	14
1.3.3.1. Parámetros Físicos.....	14
1.3.3.2. Parámetros químicos.....	14
1.3.4. Tratamiento de aguas residuales de porcícolas.....	16
1.3.4.1. Tratamientos previos.....	16
1.3.4.2. Humedales artificiales.....	16
1.4. Formulación del problema.....	23
1.4.1. Problema general.....	23
1.4.2. Problemas Específicos.....	24
1.5. Justificación del estudio.....	24
1.6. Hipótesis.....	25
1.6.1. Hipótesis general.....	25
1.6.2. Hipótesis específicas.....	25
1.7. Objetivos.....	26
1.8. Objetivo general.....	26
1.9. Objetivos específicos.....	26
II. MÉTODO.....	26
2.1. Diseño de investigación.....	26
2.2. Tipo de investigación.....	27
2.2.1. La unidad de análisis.....	28
2.3. Metodología de Investigación.....	28
2.4. Variables, operacionalización.....	36
2.5. Población y muestra.....	39
2.5.1. Población.....	39
2.5.2. Muestra.....	39
2.6. Validación y confiabilidad de instrumento.....	40

2.7. Métodos de análisis de datos	41
2.8. Aspectos éticos	41
III. RESULTADOS	42
3.1 Resultados descriptivos.....	42
3.2 Resultados estadísticos o inferencial.....	53
3.2.1 Prueba T: Muestras independientes, para una muestra y muestras relacionadas.....	53
3.2.2 ANOVA (Análisis factorial de varianzas).....	59
IV. DISCUSION.....	74
V. CONCLUSIÓN.....	76
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	90

Anexo 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

Anexo 2: Ficha de campo, estructura del humedal

Anexo 3: cadena de custodia

Anexo 4: ficha, etiquetado de las muestras de aguas residuales

Anexo 5: Resultados obtenidos de laboratorio

Anexo 6: Matriz de consistencia

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía de la especie vegetal berro (<i>Nasturtium officinale</i>).....	21
Tabla 2: Características del medio o sustrato de los humedales de flujo subsuperficial ..	23
Tabla 3: ubicación de la zona de estudio.....	29
Tabla 4: Crecimiento semanal del berro	35
Tabla 5: Estadístico de confiabilidad (Alfa de Cronbach).....	41
Tabla 6: Resultados del primer humedal artificial con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de edad de 2 meses.	42
Tabla 7: Resultados del segundo humedal artificial con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de edad de 4 meses.....	42
Tabla 8: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 2 meses.....	51
Tabla 9: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 4 meses.....	52
Tabla 10: Eficiencia de remoción entre ambos humedales artificiales con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>).....	53

Tabla 11: Prueba de muestras independientes (Homogeneidad y prueba t).....	54
Tabla 12: Prueba T de muestra única para el humedal artificial con el berro(Nasturtium officinale) de la edad de 2 meses.	56
Tabla 13: Prueba T de muestra única para el humedal artificial con el berro (Nasturtium officinale) de la edad de 4 meses.	57
Tabla 14: Prueba de muestras relacionadas.....	58
Tabla 15: Factores.....	59
Tabla 16: Homogeneidad de varianzas para el pH.....	60
Tabla 17: Prueba de efectos inter-sujetos para el pH.....	61
Tabla 18: Prueba de Tukey del pH en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro(Nasturtium officinale)de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	61
Tabla 19: Homogeneidad de varianzas para la Turbidez.....	62
Tabla 20: Prueba de efectos inter-sujetos para la Turbidez.....	63
Tabla 21: Prueba de Tukey de la Turbidez en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	63
Tabla 22: Homogeneidad de varianzas para la CE.....	64
Tabla 23: Prueba de efectos inter-sujetos para la CE.....	65
Tabla 24: Prueba de Tukey de la CE en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	65
Tabla 25: Homogeneidad de varianzas para la DBO ₅	66
Tabla 26: Prueba de efectos inter-sujetos para la DBO ₅	67
Tabla 27: Prueba de Tukey de la DBO ₅ en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	67
Tabla 28: Homogeneidad de varianzas para la DQO.....	68
Tabla 29: Prueba de efectos inter-sujetos para la DQO.....	69
Tabla 30: Prueba de Tukey de la DQO en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	69
Tabla 31: Homogeneidad de varianzas para el N _{total}	70
Tabla 32: Prueba de efectos inter-sujetos para el N _{total}	71
Tabla 33: Prueba de Tukey del N _{total} en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	71
Tabla 34: Homogeneidad de varianzas para el P _{total}	72
Tabla 35: Prueba de efectos inter-sujetos para el P _{total}	73
Tabla 36: Prueba de Tukey del P _{total} en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2).....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista del plano del humedal.....	18
Figura 2: Sección longitudinal del humedal.....	18
Figura 3: Diseño de los humedales artificiales.....	30
Figura 4: zanjales de los humedales artificiales.....	31
Figura 5: Material impermeable.....	31
Figura 6: Sustratos de diferentes tamaños.....	32
Figura 7: Plantación de la especie.....	32

Figura 8: Humedales artificiales con especies de diferentes edades (2 y 4 meses).....	33
Figura 9: Toma de muestras inicial (aguas residuales).....	34
Figura 10: Muestreo de las aguas residuales tratadas	34
Figura 11: Medición del crecimiento semanal y desarrollo del berro	35
Figura 12: Variación del parámetro pH luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.	43
Figura 13: Variación del parámetro Turbidez luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.	44
Figura 14: Variación del parámetro CE luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.	45
Figura 15: Variación del parámetro DBO ₅ luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.....	46
Figura 16: Variación del parámetro DQO luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.	47
Figura 17: Variación del parámetro Nitrógeno total luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH..	48
Figura 18: Variación del parámetro Fósforo total luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (Nasturtium officinale) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH..	49
Figura 19: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (Nasturtium officinale) de la edad de 2 meses.	50
Figura 20: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (Nasturtium officinale) de la edad de 4 meses.	51
Figura 21: Eficiencia de remoción en ambos humedales	52

RESUMEN

Esta investigación se realizó con fines de mejorar la calidad de las aguas residuales de la porcícola de la comunidad campesina de Acopalca, para ello se construyó humedales artificiales que son una especie de réplica de las naturales, debido que copian su proceso fisicoquímico y biológicos para la degradación de materia orgánica, nutriente, entre otros. En este caso del estudio se construyó 2 humedales artificiales horizontales de flujo subsuperficial; puesto que, esta tecnología es económica. Se usó la especie de berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades (2 y 4 meses), esta planta es un macrofita y estas se distinguen por ser depuradoras o limpiadoras de aguas, además esta especie tiene fácil adaptabilidad al clima de la zona de estudio.

Ambos humedales contienen sustratos, que sirven de sostén y para el anclaje del berro. Además, la evaluación de los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}) se realizó en 3 tiempos de retención hidráulica (12, 24, 36 horas), para ambos humedales y así determinar cuál de ellos es más eficiente para la depuración de dichos parámetros.

Después de la aplicación del tratamiento y análisis de las aguas tratadas en el Humedal 1 (2 meses) se obtuvo resultados con una eficiencia en los parámetros de pH=7.7%, Turbidez=89.7%, CE=61.8%, DBO₅=34.7%, DQO=65.8%, N_{total}=89.2% y del P_{total}=98.2%. Mientras que en el Humedal 2 (4 meses) la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos fue la siguiente: pH=9.6%, Turbidez=88.1%, CE=60.5%, DBO₅=32.3%, DQO=68.3%, N_{total}=88.9% y del P_{total}=98.6%.

Por otro lado, se determinó el mejor tiempo de retención hidráulica (TRH) en la remoción de la carga orgánica y nutrientes, siendo así que el TRH de 12 horas es eficiente para los parámetros de N_{total}=89.2%, el TRH de 24 horas para DBO₅=34.7%, DQO=68.3% y P_{total}=98.6% y el de 36 horas para los parámetros de pH=9.6%, turbidez=89.7% y CE=61.8%.

Palabras claves: *Nasturtium officinale*, Humedales artificiales, parámetros fisicoquímicos, purines.

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of improving the quality of the wastewater of the porcícola of the rural community of Acopalca, for it constructed artificial wetlands that are a kind of replica of the natural, because they copy their physical and chemical process for the degradation of organic matter, nutrient, among others. In this case of the study, two horizontal artificial subsurface flow wetlands were built; since, this technology is economical. The species of watercress (*Nasturtium officinale*) of different ages (2 and 4 months) was used, this plant is a macrophyte and these are distinguished by being purifying or water cleansing, in addition this species has easy adaptability to the climate of the study area.

Both wetlands contain substrates, which serve as a support and for the anchorage of watercress. In addition, the evaluation of the physicochemical parameters (pH, Turbidity, CE, BOD₅, COD, N_{total}, P_{total}) was performed in 3 TRH (12, 24, 36 hours), for both wetlands and thus determine which of them is more efficient for the debugging of said parameters.

After the treatment and analysis of treated water in H1 (2 months), results were obtained with an efficiency in the parameters of pH = 7.7%, Turbidity = 89.7%, CE = 61.8%, BOD₅ = 34.7%, COD = 65.8%, N_{total} = 89.2% and P_{total} = 98.2%. While in H2 (4 months) the efficiency in the removal of physicochemical parameters was as follows: pH = 9.6%, Turbidity = 88.1%, CE = 60.5%, BOD₅ = 32.3%, COD = 68.3%, N_{total} = 88.9 % and P_{total} = 98.6%

On the other hand, the best TRH was determined in the removal of the organic load and nutrients, being that the TRH of 12 hours is efficient for the parameters of N_{total} = 89.2%, the HRT of 24 hours for BOD₅ = 34.7%, COD = 68.3% and P_{total} = 98.6% and that of 36 hours for the parameters of pH = 9.6%, turbidity = 89.7% and CE = 61.8%.

Key words: *Nasturtium officinale*, Artificial wetlands, physicochemical parameters, purines.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado “Eficiencia del berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales para la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca-Huari-Ancash-2018” se lleva a cabo con fines de solucionar la problemática de contaminación de aguas, como sabemos que hoy en día se está viendo diversas problemáticas medioambientales ocasionadas por las diferentes actividades que realiza el hombre que provoca diversos impactos al medio ambiente; dentro de los recursos afectados es el agua que es esencial para la vida; por ende, la sobrevivencia de los seres vivos en este planeta. Este recurso dicho sea de paso está siendo contaminado por efluentes provenientes de diversas fuentes que vierten sus aguas residuales sin tratamiento alguno que provoca la muerte de las especies más vulnerables.

Por ende, esta investigación tiene como objetivo mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal; puesto que, esta comunidad campesina no cuenta con una planta de tratamiento para estas aguas residuales, y que a un plazo mediano se puede ver afectado o vulnerado por los diversos impactos que provocarían esta problemática. En este trabajo se vio conveniente el uso de humedales artificiales usando la especie de berro, debido que esta especie tiene buena adaptabilidad y disponibilidad en el lugar.

1.1. Realidad Problemática

A nivel mundial es grande la cantidad de vertimiento de desechos al agua que se producen como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura que “a nivel mundial, más de 2 millones de toneladas de aguas residuales, desechos de las industrias y agrícolas son vertidas a las aguas del mundo y que estos provocan la muerte de millones de las especies más vulnerables a causa de diferentes enfermedades por falta de un buen sistema de

saneamiento ambiental” (párr. 2010). Además de esta cantidad de aguas residuales a nivel mundial cabe resaltar que gran porcentaje de estos son vertidos al agua sin tratamiento previo o alguno como menciona La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y Cultura (2017) en uno de sus informes “[...] que más del 80% de las aguas residuales son vertidas a las fuentes receptoras sin tratamiento alguno, generando contaminación orgánica que afecta los ríos generando impactos significativos” (p. 14). Incluso La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura en su Informe anual señala que el 20% son tratados, de esto el 71% son tratados en Europa donde el ingreso económico, la tecnología es superior a comparación de América Latina en los países en desarrollo donde solo se trata solo el 20% (2016, p. 26). Además, el ORGANISMO de Evaluación y Fiscalización Ambiental menciona (2014) que en nuestro país genera un aproximado de 2 217 946 m³ aguas residuales por día, por lo que por persona generamos 142 litros y solo el 32% de estas recibe tratamiento (p. 16).

Por ello se ha visto conveniente desde hace años, buscar posibles soluciones para tratar aguas residuales y así minimizar impactos que éstas pueden generar. Entre uno de estas soluciones son la construcción de humedales artificiales que son sistemas construidos por nosotros como menciona WALLACE y KADLEC (2009) Los humedales son sistemas diseñados para enfatizar las características específicas y copiar procesos de un humedal natural con fines de mejorar la capacidad de tratamiento. Además, estos sistemas son adecuadas en casi toda la época del año; puesto que son controlados e incluso son aplicadas a aguas residuales de origen animal e industrial, aguas de mina, aguas subterráneas remediación y otras aplicaciones (p.8).

Son diversas las fuentes que contaminan aguas del río, lagos, etc. y uno de las causantes de estos vertimientos de efluentes directamente al agua que genera impactos son las agroindustrias dedicadas a la crianza de porcinos que está en crecimiento drástico en estos últimos años como menciona ECOLOGISTA en

acción (2005) en uno de sus informes [...] que la gestión de estos purines de las chancherías se ven limitados por el coste de transporte; ya que, están constituidos de 95% de agua y solo el 5% sólidos, que por ende son vertidos directamente al agua sin tratamiento alguno, aportando exceso de nitratos que son sales contenidas en los purines y más aún si estas aguas llegan a ser usadas para consumo humano cuando éstas lleguen a las redes de agua potable” (párr. 8-9). Tal es el caso de Cataluña-España donde es latente está problemática como menciona la SÍNDIC de Greuges de Catalunya (2016), puesto que la crianza de cerdos es una fuente de ingresos, pero los purines que generan éstas chancherías tienen alto contenido de nitratos, que al llegar a fuentes de agua provocan el fenómeno de eutrofización e incluso al llegar a las captaciones de agua potable muchas pozas han sido clausuradas por el gobierno (p.6).

Así como países Europeos a nivel Latinoamérica según la INEI nuestro país está dentro de los que se enfrenta a esta problemática, pues la producción porcícola es de 2224,3 cabezas entre mejoradas y criollos (2015, p. 97). Además, es necesario mencionar que el Perú existen cantidad de chancherías que han sido clausurados por criar cerdos en condiciones deplorables y alimentarlos con residuos orgánicos de los botaderos clandestinos; es decir, la crianza es de manera no tecnificada ni capacitada en la cual no se realizan un tratamiento adecuado de los purines que originan en estas granjas, la cual tiene alto contenido de nitratos que puede llegar a infiltrarse a aguas subterráneas o cuerpos de agua. Sumado a esta problemática en nuestro país del total de aguas residuales que se generan, el 70% se vierten si tratamiento alguno y del 20% solo el 14% cumple con la normatividad vigente, dictada por el ente rector (LARIOS, GONZALES y MORALES, 2015, p.14).

Por otra parte, la misma problemática al que se enfrentado es la comunidad de Acopalca constituida por 1200 habitantes que se ubica en el departamento de Ancash, provincia de Huari y distrito del mismo nombre; donde existe 2 granjas dedicadas a la crianza de porcinos de raza mejorada, siendo una de estas construidas por la misma comunidad, donde se cría de 100 a 120 cabezas de

porcino con fines de generar ingresos económicos que conllevarían al progreso, desarrollo comunal. Pero estas granjas generan grandes volúmenes de purines provenientes entre 12 a 13m³, las cuales no son tratadas adecuadamente, si no que tan solo pasan por una fosa séptica que sirve de almacenamiento de los purines y otro tanque percolador cuyo objetivo es la eliminación de las excretas (sólidos) contenidas en los purines y el resto son vertido directamente al río Shashall. El agua de este río son utilizadas para riego de hortalizas y chacras de cultivos de papa, maíz, etc. por los pobladores dedicados a la agricultura, y esta actividad es la fuente de ingreso o autosustento familiar.

1.2. Trabajos previos

Desde hace años se viene buscando posibles soluciones ante esta problemática; y una de ellas es la construcción de humedales usando diferentes especies y ver la efectividad en la remoción de contaminantes como menciona ARIAS et al (2010) Este proyecto se hizo con la finalidad de reducir la carga de contaminantes, ver la efectividad de los humedales seleccionando y evaluando especies nativas. Usando por conveniencia humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal. Como primer punto se realizó la caracterización de las aguas residuales donde se determinó parámetros como el pH, CE, DBO, OD, DQO, ST, Coliformes, entre otros. Como segundo paso es la selección de especies las cuales se van usar para la depuración de estas aguas y medio granular en la que es posible la adaptación de las especies, para ello se tomó en cuenta especies nativas (matandrea, pasto pará, cebollita, coquito, flor amarilla, pasto taner, ponderiácea 1 y 2, flor moradita y coquito miniatura) de la zona de estudio, que fueron tratados de adaptar con pequeñas dosis de aguas residuales y después se prosiguió analizar las aguas filtradas para ver los cambios obtenidos en los diferentes parámetros mencionados. Y se llegó a determinar que 3 especies son las adecuadas y se prosiguió a la construcción de los humedales a escala piloto para cada especie, con 13 horas de TRH. Como resultado final se obtuvo que la especie matandrea removi6 en un 80% los SS, El N mayor a 90% y P mayor a 92%; en cambio la especie pasto pará removi6 en un

86% de SS, mayor a 97% de N y mayor a 89% de P y por último la especie pasto taner que logró una remoción de 83% de SS, mayor a 96% de N_{total} y mayor a 92% de P_{total} .

Por otro lado, tenemos un estudio realizado en Jalisco-México por los especialistas DE LA MORA et al (2014) en su artículo de investigación cuyo objetivo es medir la eficiencia de remoción de los contaminantes con tiempo de retención de 10 días; para lo cual se instalaron 2 humedales, uno de ellos de tipo flujo superficial con dimensiones de 3x9m donde se colocó geomembrana y arcilla, arena que sirva de soporte para las plantas y se prosiguió a la plantación de especies con mayor adaptabilidad que se encontraban en la finca, las cuales fueron tule y *Sirpus sp* . El otro humedal es de tipo en serie de 6x2m conectado a un sedimentador 2x2m y está a la vez a un humedal subsuperficial de 4x2m que fueron instalados del mismo modo que la primera; pero fueron diseñadas para tratar de 600 a 1000 litros de agua residual por día. El muestreo se llevó durante 5 días en la entrada y salida, como resultado del primer prototipo se obtuvo que la remoción del DQO fue de 73.5 %, de NT fue de 71.8% y del PT un 92.1%, en cambio en el segundo prototipo en serie la remoción de DQO fue de 74,9%, NT fue de 69.8% y del FT un 90.2%; Por lo tanto, se concluye que el primer humedal es más eficiente en la reducción de NT Y FT, y el segundo prototipo es más eficiente en la reducción del DQO.

Además, hay estudios realizados sobre este tema en el Anuario de Jóvenes Investigadores realizado por GONZÁLEZ, et al (2015) en uno de sus artículos titulados Eficiencia de depuración de purines de cerdo mediante humedales artificiales con dos tiempos de retención hidráulica; cuyo fin es eliminar el exceso de nitrógeno de los purines en dos tiempos de retención de 3 y 7 días. Se construyó el sistema de depuración que constituía de 3 celdas, dos que servían para la entrada y salida de los purines y la del medio el humedal en sí, con dimensiones de 27x2,5x1m, con uso del fitodepurador *Phragmites* comúnmente llamado carrizo. El muestreo se realizó en la entrada y salida de cada celda, en los diferentes tiempos de retención para medir los parámetros de pH, CE, T, DQO, NO_3 , PT, STS, Zn, Na, entre otros. Como resultados se obtuvieron en las muestras con retención de 3 días el DQO fue removida en un 12,9%, de P fue de 40,5%, y el Na aumentó en un 2,8%;

en cambio en el tiempo de retención de 7 días los resultados fueron las siguientes: el DQO disminuyó en un 34,8%, el P en un 14% y el incremento de Na en un 4%. Por lo que se determina que la temperatura fue muy similar en ambos TRH, en los parámetros DQO, NO₃, mayor eficiencia se mostró en el TRH de 7 días y el P total se eliminó en mayor porcentaje en el TRH de 3 días.

CARRIÓN y CUENCA (2009) en su trabajo de investigación cuya metodología se basó en usar 3 especies para tratar lixiviados de un relleno sanitario. Las especies fueron el Jacinto de agua, Berro y Elodea; y el análisis de hicieron a los 8,15 y 30 días. Como resultado del DBO₅ se obtuvo para el berro (19.8, 19.7 y 11.6% de eficiencia en los tiempos respectivamente), para el Jacinto (33.1, 9.9 y 2.8% de eficiencia en los tiempos respectivamente) y la especie Elodea (27.1, 10 y 7.6% de eficiencia). Para el parámetro N_{total} se obtuvo para el berro (17, 26.2 y 25.6% de eficiencia en los tiempos respectivamente), para el Jacinto (36.1, 19.8 y 9.2% de eficiencia en los tiempos respectivamente) y la especie Elodea (47.9, 32.6 y 19.8% de eficiencia). Y para el parámetro de Fosforo total se obtuvo para el berro (73.6, 93.1 y 106,5% de eficiencia en los tiempos respectivamente), para el Jacinto (50.7, 65.9 y 34.8% de eficiencia en los tiempos respectivamente) y la especie Elodea (64.5, 60.1 y 52.2% de eficiencia).

También cabe destacar, que este tipo de sistemas de humedales artificiales fueron usadas con fines de depurar contaminantes de aguas residuales domésticas que tienen en su mayoría los mismos componentes en los purines de una porcícola, como se mencionan en el artículo de evaluación de la eficiencia de los procesos de eliminación de materia orgánica y nitrógeno en un humedal artificial con flujo subsuperficial horizontal realizado por GIÁCOMAN, et al (2008) cuya metodología consta que el sistema está constituido por un tanque de estabilización de donde se ramifica a cada uno de los tratamientos; ya que, el sistema cuenta con 6 contenedores (2 de control y 4 de tratamiento), con dimensiones de 1,11x0,6m cada uno, donde en 3 de los tanques se usó grava de 15mm de diámetro y en los otros 3 grava de 5mm de diámetros (donde 2 de los tanques solo con el sustrato de

diferentes diámetros, en dos de los tanques se plantó *Typha dominguensis* y en los restantes *Typha latifolia*), además la experimentación se dio en 3 tiempos de retención hidráulica de 24, 48 y 72 horas. Como resultado se obtuvo que la remoción del DQO fue un rango de 63 a 75 %, 64 a 76% y 68 a 78% en tiempos de retención de 24, 48 y 72 horas respectivamente, la remoción del DBO5 fue de los rangos 59 a 83 %, 63 a 84 % y 70 a 85 % en tiempos respectivos, con lo que respecta al NKT la remoción fue de 26 a 50 %, 36 a 61 % y 31 a 58 % de rango en los tiempos respectivos, finalmente para el parámetro de NH3 los rangos de remoción fue de 23 a 46 %, 29 a 56 % y 23 a 54 % para los tiempos de retención de 24, 48 y 72 horas respectivamente. Por lo que se concluyó que a mayor tiempo de retención hidráulica será mayor la remoción de los contaminantes.

Según PEREZ, et al (2013) construyó un humedal artificial de tipo subsuperficial con material impermeable y una base geotextil; pero este sistema tiene unos subsistemas que le anteceden una fosa séptica y sedimentador que sirve para remover los sólidos suspendidos en las aguas residuales domésticas, en este humedal se usó la especie *Cyperus papyrus* plantada sobre un sustrato de gravas de diferentes diámetros. Además, fueron analizadas los siguientes parámetros (DBO5,20, DQO, P, pH, CE turbidez, temperatura y SST) cuyos resultados fueron eficientes; puesto que se logró remover 91% para el DBO5 y 72% de DQO, el P en un 75% y SST en un 73%, así demostrándose que esta especie tiene la capacidad de depurar en gran porcentaje los contaminantes.

Según TORRES, et al (2015) realizó un estudio para ver la eficiencia de remoción de los contaminantes de aguas residuales en Carapongo-Lurigancho, donde se elaboró un sistema de dimensiones 0.6x0.4x0.30m y se usó sustratos como la grava y tierra de 5cm de espesor. En este sistema se 2 tipos de especies a la vez la *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*. Como resultado se obtuvo que la remoción del DBO fue de 84% con 2 días de tiempo de retención, la remoción de coliformes fecales de 89%, respecto a la turbidez en un 77%, el pH en un 3%. Se

concluyó que la efectividad de la remoción fue buena, pero no llegó a cumplir con los parámetros del ECA establecidos por el MINAM.

AYAZ y AKÇA (2001) En su investigación experimental, construyó un humedal artificial a escala piloto que consiste en dos tanques conectados en serie que se asientan con rellenos o sustratos, en la cual se usó la especie *Cyperus* como medio de tratamiento. La eficiencia química de la DQO y los sólidos suspendidos se obtuvieron como 90% y 95%, respectivamente. Otros parámetros medidos en las mismas condiciones fueron los siguientes: nitrógeno total fue de 61% y PO₄ - P de 39%, esos resultados obtenidos pertenecen al sistema continuo. Los sistemas discontinuos consisten en 12 pares de tanques conectados en serie, teniendo cada par una superficie de 1 m². Cada par de tanques se llenó con grava, turba y perlita. En siete de estos tanques se plantó *Phragmites*, *Cyperus*, Rush, Iris, Lolium, Canna y Paspalum, mientras que los otros cinco no fueron sembrados. Los mejores resultados fueron obtenidos por Iris para COD (% 94), por Canna para nitrógeno amoniacal (% 98), y por Iris para la eliminación de nitrógeno total (% 90) y fósforo (% 55).

GHOSH Y GOPAL (2010) en su investigación "Efecto del tiempo de retención hidráulica en el tratamiento del efluente secundario en un humedal construido por flujo subsuperficial" evalúa el potencial del flujo subsuperficial en humedales construidos para el tratamiento terciario de aguas residuales en 4 TRH más cortas (1-4 días) usando la especie *Typha angustata*. Las dimensiones del humedal (2,14 m x 0,76 m x 0,61 m) rellenas con capas de grava de dos tamaños diferentes (aproximadamente 2,5 cm y 1,5 cm de diámetro) a una profundidad de 0,61 m. La mayor TRH de 4 días no solo ayudó a la eliminación máxima de todos los contaminantes, sino que también mantuvo la estabilidad de la eficacia del tratamiento durante todo el período de monitoreo. Para los nutrientes (NH₄-N, NO₃-N y TKN), la TRH desempeñó un papel más significativo en su eliminación que en el caso de la materia orgánica (DBO₃ y DQO). Más del 90% de NO₃-N y TKN y el 100% de NH₄-N se eliminaron de las aguas residuales a los 4 días de HRT. En cambio, en los TRH más bajos, la tasa de carga másica fue mayor con una mayor

fluctuación. Sin embargo, la eficacia de reducción de masa del *T. angustata* CW para todas las formas de nitrógeno fue > 80% con las HRT de 2, 3 y 4 días.

MERINO, [et al] (2015) en su trabajo “El efecto del tiempo de retención hidráulica en el rendimiento de un sistema ecológico de tratamiento de aguas residuales: un anaeróbico filtrar con un humedal artificial” evalúa el rendimiento de un tratamiento municipal de aguas residuales, en una zona con clima subtropical para proteger el lago Chapala de las cargas de aguas residuales que son descargados por pequeñas comunidades en las cercanías del lago. Los filtros fueron llenados con tezontle como medio para el soporte de biopelículas y el humedal se sembró con dos ornamentales especies de plantas, *híbridos de Canna* y *Strelitzia reginae*. El experimento evaluó tres TRH 18, 28 y 38 h. Las eficiencias medias encontradas para el sistema completo fueron 80% y 90% de DBO, 80% y 86% de DQO, 30% y 33% de NT y entre 24% y 44% de PT. Fue posible eliminar casi el 80% de materia orgánica en 18 h.

SIM, JUINN y CHAN (2017) En su trabajo de investigación actual usó la especie de *Salvinia molesta* para la fitorremediación de los efluentes de molinos de aceite de palma tratados cuyos objetivos del estudio son determinar la absorción de nutrientes por *S. molesta* y su efecto sobre la biomasa; la fitorremediación de aguas residuales por *S. molesta* se realizó al aire libre durante 16 días. Como resultados se obtuvo que esta especie es eficiente; ya que, alcanzó una eficacia de eliminación del 95% para el fosfato. Por otro lado, se determinó que la concentración de nitrato y amoníaco era considerablemente baja al final del experimento y la remoción de 39% de DQO. Esta absorción de nutrientes realmente puede ayudar a depurar el efluente proveniente del molino de aceite de palma. Por otro lado, la turbidez y la concentración total de sólidos en suspensión disminuyeron a tan solo 0,72 NTU y un valor no detectado, respectivamente. Ambos resultados bajos se atribuyeron a la capacidad de las raíces de *S. molesta* como sitio de adsorción para los sólidos suspendidos. Finalmente, se determinó que todos los parámetros de calidad del agua analizados se ajustaban a sus respectivos límites de descarga promulgados al final del experimento.

Asimismo, ANANTRAO Pawar College of Engineering & Research (2017) menciona en su investigación que aplicó un humedal artificial multicapa de flujo subsuperficial con 160x3x1,7cm de dimensión, con sustratos como roca, grava, polvo de carbón, ceniza de horno y suelo. Además, el humedal está cubierto uniformemente con Ba-Mao o caña. Se obtuvo como resultado que esta especie logra un muy buen efecto con una tasa promedio de eliminación de CODCr, DBO5, NH3-N, TN y TP del humedal artificial multicapa es 90.6%, 87.9%, 66.7%, 63.4 y 92.6% respectivamente.

TILAK, [et al] (2017) señala en su trabajo de investigación usó la especie *Ageratum conyzoides* en humedales artificiales de flujo subsuperficial a escala de campo para determinar su absorción de nitrógeno, fósforo y compararlos con plantas de humedal (*Pistia stratiotes*, *Typha latifolia* y *Canna indica*). El primer humedal y segundo tenían las mismas dimensiones 10x3x1,5 m. La vegetación en ambas CW consistió en *Pistia stratiotes*, *Typha latifolia*, *Canna indica* y *Ageratum conyzoides*, respectivamente. El humedal uno obtuvo como resultado un % de reducción de sólidos en suspensión totales (68%), NH4-N (26%), NO3-N (30%), P reactivo soluble (SRP) (20%), sustancia química demanda de oxígeno (45%) y coliformes fecales (71%), mientras que el segundo redujo en TSS (63%), NH4-N (32%), NO3-N (26%), SRP (35%), DQO (39%) y coliformes fecales (70%). Determinado que la especie *Ageratum conyzoides* se puede utilizar en combinación con *Pistia stratiotes*, *Typha latifolia* y *Canna indica* para mejorar la eliminación del exceso de N, P y coliformes fecales del agua residual doméstica.

GUIO y TOSCANO (2018) en su trabajo de investigación “Fitorremediación en humedal artificial con *Eichhornia Crassipes* para remoción de materia orgánica en muestras de agua del Canal Albina en Bogotá” usó la especie comúnmente llamado jacintos de agua en humedales artificiales con tiempo de retención hidráulica de 48 horas y se determinó que el humedal fue eficiente para mejorar la calidad del agua, debido que se obtuvo como resultado un 70% a 88 % en la remoción DBO5 y superiores al 95 % para la remoción de coliformes totales y fecales, una reducción

entre 13%-47% para nitratos, 58% a 89% para nitrógeno total, de 14% a 95 % para fósforo total, de la turbiedad entre 70% y de 57% para SST.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Aguas residuales

Son las aguas que no tienen las mismas características, que han sido contaminados por diversas actividades que realiza el ser humano como menciona el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014) las aguas residuales son cuyas características originales han variado o cambiado por actividades del hombre y que necesitan un tratamiento anticipado para mejorar la calidad y ser vertidos directamente a un cuerpo receptor o natural (p. 2).

1.3.2. Purines de la porcícola

Los purines o efluente porcino son restos o mezcla de deposiciones sólidas(heces) y líquidas(orina) y agua de la limpieza que es procedente de la porcicultura que si no se le da un tratamiento adecuado genera impacto al medio ambiente (DEL ALAMO, et al, 2001, p.20). Entre las características de contenido de líquido y sólido de los purines tenemos como menciona el INSTITUTO de investigaciones agropecuarias ministerio de agricultura (2005) la orina representa el 45% y las heces el 55% del contenido total de los purines, la humedad es aproximadamente el 90% y en cambio la materia seca es 10% (p. 11).

Pero cabe resaltar que los purines provenientes de las granjas porcinas son una fuente de múltiples componentes minerales como el N, P, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe, S, entre otros y estos al ser aplicados de una manera correcta son buenos fertilizantes para el suelo e incluso ayudan a recuperar suelos degradados. Pero si son aplicados de forma excesiva o en malas condiciones de uso pueden causar contaminación del agua de captación o un enriquecimiento suelos excesivos en ciertos constituyentes minerales; Además, entre uno de estos componentes de los efluentes de purines el fósforo en exceso genera una problemática como la

eutrofización que disminuye la concentración del oxígeno y por ende la muerte de las especies acuáticas (LEVASSEUR, 1998, p.19)

.

1.3.3. Parámetros de los purines de la porcícola

1.3.3.1. Parámetros Físicos

- **Turbidez**

“Es una propiedad que se puede visibilizar, es la pérdida de la transparencia del agua debido a la presencia de partículas en suspensión en ella. Esta puede ser originada por una gran diversidad de materiales en suspensión de distintos tamaños, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras”. Por otra parte, este indicador representa que mientras más turbia el agua, mala calidad del agua; en ese sentido las aguas turbias impiden el paso de la luz visible, lo que inhibe el proceso de fotosíntesis, disminuyendo aún más el oxígeno disuelto (GREFA, 2013, p. 5).

- **Conductividad eléctrica**

Es la medida de la concentración de sales en un medio ya sea líquido o sólido. Se deduce que, a mayor concentración salina, será mayor es su conductividad de electricidad; es decir, están en una relación directa (MERINO y VÁSCONEZ, 2014, p.20).

- **Temperatura**

Este parámetro es muy importante ya que de esta depende la vida de la actividad biológica. Además, el OD en las aguas más frías es más elevado a comparación de aguas a mayor temperatura. en el agua es más elevado en las aguas frías que en las calientes (PÉREZ, 2006, p.156)

1.3.3.2. Parámetros químicos

- **pH**

El pH es la concentración del ion hidrógeno e indica una medida estándar de la neutralidad de los líquidos. Un pH con valor 7.0 indica aguas neutras. Pero cuando el pH tiene valores debajo de 6 es ácido, cuando está por encima del 8 es básico o alcalino. Es por esta razón que es muy importante este parámetro; ya que, estos indican que si las reacciones químicas cambian significativamente e incluso la acidez o la alcalinidad afectan la vida acuática; por ende, la calidad química del agua (PÉREZ, 2006, p.156). Además, el pH actúa manteniendo los iones solubles para la planta; por tanto, mejorando la nutrición (SAAVEDRA, et al,2011, p.18).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

Como menciona MERINO y VÁSCONEZ (2014) La DBO es la dosis de oxígeno que necesitan los microorganismos para la degradar u oxidar la materia orgánica. Por lo que, por medio de esto se puede llegar a estimar el grado de contaminación orgánica de un medio acuático (p.20).

Además, a esto se suma la opinión del especialista PÉREZ (2006) que menciona que el DBO mide el potencial de contaminación de las aguas considerando el oxígeno que necesitan las bacterias aeróbicas para estabilizar la materia orgánica biológicamente degradable de las excretas (p.157).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumido por una cantidad de agua residual durante la oxidación (Borja, 2011, p.18). Es decir, es la cantidad de oxígeno consumido por un agente químico oxidante que por lo general se usan sales inorgánicas de permanganato o dicromato (VALENCIA, 2013, p.121)

- **Nitrógeno**

GREFA (2013) menciona que el N es un elemento esencial para el crecimiento de plantas. Este contenido en aguas residuales es importante, ya que es fuente de nutriente para el crecimiento de los microorganismos y hacer que el sistema sea

eficiente en su funcionamiento. Pero cabe resaltar que en exceso genera el agotamiento del OD conllevando a una eutrofización (p. 8). Como menciona la FAO, que la eutrofización es un fenómeno que consta del enriquecimiento de las aguas con altas cargas de nutrientes, lo que genera la superpoblación con algas o vegetación que conlleva el alto consumo de oxígeno e impedimento del paso de los rayos solares al ecosistema acuático; por lo tanto genera la muerte de las especies acuáticas (1997, p.41).

- **Fósforo**

Por lo general las excretas de los cerdos se analizan por su contenido de fosfato y estas se expresan como contenido de fósforo total (PÉREZ, 2006, p.158). Vale mencionar que este es un fertilizante importante para los cultivos, pero en exceso provoca el crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras, provocando la escasez de OD; por lo tanto, generando un problema medioambiental (GREFA, 2013, p.9).

1.3.4. Tratamiento de aguas residuales de porcícolas

1.3.4.1. Tratamientos previos

Cuya finalidad es eliminar los sólidos en suspensión de tamaños superiores, para posibilitar el buen funcionamiento de los siguientes procesos como menciona GREFA (2013) Los tratamientos primarios se llevan a cabo con la finalidad de la reducción del material en suspensión, a excepción material disueltas o coloidal presentes; lo que permite la remoción de hasta 65% de sólidos sedimentables y hasta un 35 % de sólidos suspendidos presentes en el agua residual (p.14).

1.3.4.2. Humedales artificiales

Debido que los humedales naturales sirven para depurar aguas contaminadas, debido que actúa como una especie de riñón, pues tiene la capacidad como ecosistema tratar agentes contaminantes. Por eso el hombre ha creado; vale decir, una forma de réplica de este sistema con el fin de solucionar diversas problemáticas

relacionadas a la contaminación del agua, creando así los humedales artificiales para tratar las aguas contaminadas por diversas fuentes (MORATÓ et al, 2014, p.38).

Además, a esto se le agrega que los humedales artificiales son ecosistemas que imitan a los humedales naturales con el fin de utilizar los procesos fisicoquímicos y biológicos que se dan en lo natural para la depuración del agua residual. Estos están constituidos material impermeabilizador, sustratos y la no menos importante que es la vegetación (BLANCO, 2014, p.6).

Por otro lado, la ENVIRONMENTAL Protection Agency (2015) menciona que los humedales artificiales son sistemas de superficie con aguas poco profundas o sistemas con agua que fluye lateralmente a través de la arena o grava. Cabe mencionar que, estos sistemas ofrecen mayor control hidráulico y pueden construirse incluso en tierras con usos limitados. También ofrecen mayor alcance de flexibilidad para las opciones de diseño y gestión; por ende, proporcionar un rendimiento superior y fiabilidad (p. 5).

- **Humedal subsuperficial o flujo subsuperficial**

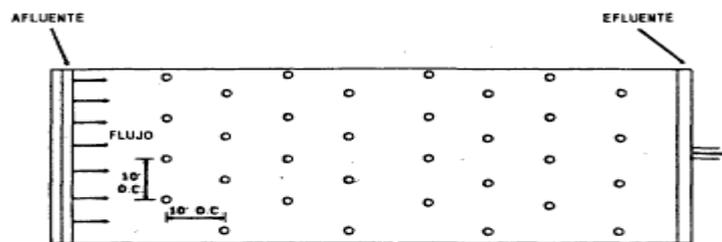
Este tipo de humedal se diferencia de flujo superficial, porque en este se hace uso de sustratos de diferentes dimensiones con el fin de que estas sirvan de sostén y enraizamiento de la vegetación que se usará; tal como menciona (FERNANDEZ, 2006, p.81) en este sistema el agua discurre por el sustrato entre grava y arena que sostiene a la especie que se usará. Además, este sistema se aplica para aguas que ya son pretratadas, y como se usa sustratos se evita malos olores; por ende, la aparecieron de mosquitos e incluso se puede trabajar el sistema con diferentes tiempos de retención (DUQUE y ARDILA, 2014, p.19).

1.3.4.2.1. Diseño de los Humedales artificiales

El tipo de humedal horizontal subsuperficial es un sistema es un humedal construido que consiste cama debajo con una capa impermeable o revestimiento

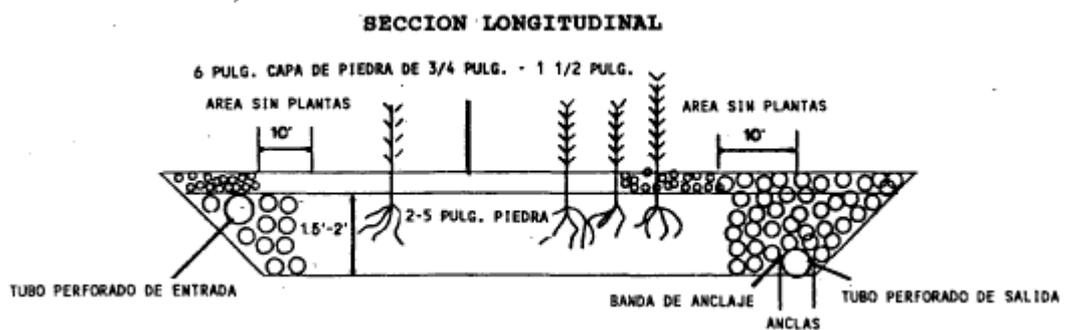
sintético. La cama contiene medios como sustratos que sirven de apoyo para el crecimiento de la vegetación emergente. El sistema está construido normalmente con una ligera inclinación (1-3 por ciento) entre la entrada y la salida. El canal de entrada puede ser perforado o tubería cerrada. De allí fluyen las aguas residuales horizontalmente a través de la rizosfera del humedal plantas, donde las aguas residuales son tratadas por procesos llevados a cabo. El efluente es recogido en el canal de salida que a menudo se llena con grava gruesa y se puede descargar directamente en el agua receptora (EPA, 1988, p. 15)

A continuación, se muestra la vista del plano y la sección longitudinal respectivamente del humedal tipo horizontal de flujo subsuperficial en las figuras (1) y (2) como se muestra a continuación:



FUENTE: EPA, 1993

Figura 1: Vista del plano del humedal



FUENTE: EPA, 1993.

Figura 2: Sección longitudinal del humedal

- **Características físicas del humedal artificial**

Se debe tener en cuenta que en este tipo de humedal la densidad de las plantas debe estar como se muestra en la figura (1), si es sucediera que hay un incremento

desproporcionado de la especie, se procura a eliminar las plantas de más. Además, si se desea una mayor remoción de contaminantes, el mínimo tiempo de retención es de 24 horas. Incluso cabe destacar que, mientras más pequeño sean las dimensiones de largo y ancho se evitará el corto circuito de las aguas, y lo más preferible es la construcción de humedales de menores dimensiones en paralelo para tratar aguas de volúmenes superiores (EPA, 1993, p.2).

También, esta misma institución ENVIRONMENTAL Protection Agency (1993) menciona que una de las principales características físicas del humedal es que el lecho de sustratos esté en un rango de profundidad de 40 a 76 cm, dependiendo el dimensionamiento del humedal en sí. Para la entrada del afluente y salida del efluente principalmente se coloca un tubo (p. 3).

Asimismo, DAVIS menciona que, es necesario tener en cuenta que este tipo de humedal han sido utilizados con mayor frecuencia para reducir materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales e incluso estas tienen una mayor tolerancia al frío y la minimización de los problemas de plagas y olores (1955, p.13).

✓ **Tiempo de retención hidráulica**

Es la relación entre el volumen del humedal y el caudal; es decir, es el vínculo existente entre el volumen de la estructura que incluye la reducción de esta por la especie que se usa en ella y el caudal (SILVA Y ZAMORA, 2005, p.41)

Su cálculo teórico se desarrolla mediante la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

Fuente: EPA, 1993

Donde:

TRH: Tiempo de retención hidráulica.

V: volumen.

Q: caudal.

✓ **Eficiencia de los Humedales artificiales**

Es lograr una determinada calidad de agua deseada, a menor costo de operación posible y está representado en porcentajes (%). En este caso es la capacidad de retención de contaminantes que tienen los humedales artificiales (RIOS, 2006). Representada por la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \frac{[Mi] - [Mf]}{[Mi]} \times 100$$

Fuente: Ríos, 2006

Donde:

M_i: concentración de la muestra inicial

M_f: concentración de la muestra final

1.3.4.2.2. componentes del humedal artificial subsuperficial

- **Vegetación**

Este componente es de vital importancia; ya que, esta permite el desarrollo de las colonias bacterianas, además facilita la filtración del agua residual como menciona ARÉVALO y ZAMBRANO (2007) que “este factor provee superficies para la formación de películas bacterianas e incluso esto posibilita la filtración y la adsorción de los componentes del agua residual. Además, cabe resaltar que las plantas comúnmente usadas son las macrofitas, que son especies que crecen cerca a los litorales o entre el suelo y agua, necesitan suficiente materia orgánica para su desarrollo y los que usualmente se usan en humedales artificiales son los juncos, lechuguillas de aguas, lentejillas, planta de paio, entre otros [...]” (p. 51-59). Por otro lado, EPA (1993) menciona algunas especies comúnmente usados en países como Estados Unidos son la caña, anea del Sur, sagitaria, nenúfar, aralia, camalote [...] (p.3). Además, BAESCOCHEA y FERNANDEZ (2005) se

recomienda el uso de plantas propias de la zona en donde se aplicará el tratamiento, para que la adaptabilidad o aclimatación no sea difícil.

Descripción de la planta *Nasturtium officinale*

Esta especie (berro) también denominada martuerzo de agua, es una planta con anclaje, perenne, pertenece a la familia de las crucíferas (Brassicaceae) acuática tiene tallo erguido que puede llegar a medir hasta 80cm, grueso y carnoso, ramificado en la parte superior (REDROBÁN, 2012, p. 7). Por otra parte, BOTANICAL ONLINE (párr. 2) menciona que esta especie generalmente crece de forma cuantiosa en los riachuelos poco profundas, de preferencia en zonas encharcadas o con poca corriente. Esta planta se desarrolla principalmente en áreas donde hay cantidades elevadas de residuos orgánicos. Además, menciona que esta especie tiene raíces subterráneas finas y blancas que le permiten alimentarse e incluso esta le permite fijarse fuertemente al sustrato.

Por otra parte (ALTAMIRANO, 2010) menciona que el berro es una especie de fácil desarrollo y tiene abundantes rizomas y estas hacen que retengan sólidos suspendidos (p. 86). Incluso soporta pH en el rango de 5,5 a 8 y a su vez tolera temperaturas en un rango de 5° a 23° C, desarrollándose. Además, esta especie es muy exigente en agua tanto en calidad como en cantidad, se debe a que la planta obtiene el nitrógeno que necesita del agua, porque en el suelo, debido a las condiciones de anaerobiosis, la nitrificación casi no existe (SAAVEDRA, et al,2011, p.16)

Tabla 1: Taxonomía de la especie vegetal berro (*Nasturtium officinale*)

Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	<i>Nasturtium</i>
Especie	<i>Officinale</i>
Nombre científico	<i>Nasturtium officinale</i>
Origen	Europeo

FUENTE: Krarup y Moreira (2004)

Capacidad depuradora de las macrofitas

Las plantas acuáticas son grandes depuradoras de aguas, además que estas se benefician de los elementos de estas aguas.

Con respecto a los sólidos en suspensión que tiene que ver con la turbidez, estas son removidos mediante el proceso de filtración; puesto que, se emplea sustratos de diferentes dimensiones en la construcción del humedal y más la malla radicular de las macrófitas disminuyen la velocidad del agua así favoreciendo la sedimentación de sólidos. Por otro lado, también tenemos la eliminación de la materia orgánica que es más compleja debido que consta de una interacción de varios procesos que ocurren simultáneamente. Una de ellas es la biodegradación que es realizada por microorganismos, los cuales están adheridos en las raíces y la superficie del sustrato, este conjunto de microorganismos es denominado "biofilm". Por último, con respecto al fósforo y nitrógeno no se obtiene resultados mayores del 30%, debido a que capacidad de adsorción se va perdiendo rápidamente en el pasar del tiempo (Gómez, 2017, p. 25-30).

- **Medio poroso o sustrato**

Son los materiales desde la arena hasta la grava gruesa que permite o sirve de sostén para el crecimiento de las especies a ser usadas en el sistema como menciona DELGADILLO, et al (2010) El medio granular está compuesto por grava, arena, restos, etc. y una característica fundamental es que estas deben tener la permeabilidad suficiente para dejar el paso del agua a través de él. Por lo que el diámetro de la grava debe tener 5mm de diámetro (p. 12).

El sustrato ideal es un material inerte y estéril, el cual debe proporcionar a la planta un balance adecuado de agua y oxígeno ideal para su mejor crecimiento. Un buen sustrato debe tener porosidad alta, buena capacidad de retención de agua fácilmente disponible (SAAVEDRA, et al,2011, p.17).

Asimismo, una consideración importante que se tiene a cerca de los sustratos en especial de la arena y grava es que estas aparte de ser una alternativa económica al suelo, proporciona una textura ideal para plantar a mano. Se secan rápidamente y pueden necesitar ser regado para mantener los niveles de agua mientras la vegetación se está estableciendo (EPA, 2015, p. 30).

Tabla 2: Características del medio o sustrato de los humedales de flujo subsuperficial

TIPO DE MEDIO/SUSTRATO	TAMAÑO (mm)	POROSIDAD, N (%)	CONDUCTIVIDAD HIDRAÚLICA $K_s(\frac{m^3}{d})$
Arena fina	2	28-32	100-1000
Arena gruesa	8	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	10000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

FUENTE: Reed et al, 1995.

• Microorganismos

Estos cumplen un rol importante en el sistema, pues consumen la parte carbonata de los efluentes transformándolos en CO₂ y metano para el desarrollo de las bacterias y estas a la vez transforman los nitritos en nitratos, después en nitrógeno gaseoso. También estos generan una especie de paredes que facilitan la sedimentación de las partículas [...]. (ARÉVALO y ZAMBRANO, 2007, p. 65).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿Cuál es el nivel de depuración de los purines de la porcícola comunal usando humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales?
- ¿Cuál será la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales?
- ¿Cuál es el tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales?

1.5. Justificación del estudio

Social

Debido a que esta investigación ayudará a solucionar la problemática del Centro poblado de Acopalca, mediante la implementación de un humedal artificial usando la especie *Nasturtium Officinale* con fin de depurar los contaminantes de los purines de la porcícola comunal; ya que, este efluente va directamente al río y esa agua es utilizada para el riego de las chacras y más aún es perjudicial, pues la comunidad sobrevive con el sembrío o la agricultura.

Ambiental

Debido que en la actualidad estamos viviendo muchas problemáticas medioambientales y los más afectados son las especies más vulnerables. Por eso este trabajo de investigación aportará al cuidado del medio ambiente, pues como fin tenemos depurar los contaminantes mediante la implementación de humedales artificiales usando la especie *Nasturtium officinale* que tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones climáticas de la zona de estudio y sirve como fitorremediador. Como menciona este sistema realiza un tratamiento efectivo sin

necesidad de equipos mecánicos y eléctricos (TORRES, et al, 2015, p. 48). Por lo que lo consumo de energía es casi nulo, incluso no se genera residuos como en otros tratamientos, es eficiente en la remoción del DQO, DBO, N, P y SST e incluso mejora las condiciones paisajísticas y se integra dentro del medio natural, por lo que se considera que presenta un impacto positivo paisajístico (APORTE y HARO, 2010, p.22).

Económico

Ya que, la construcción de este sistema es viable a bajo costo e incluso la especie abunda en la zona de estudio como menciona (APORTE y HARO, 2010, p.24) los costes de establecimiento o implementación de este sistema y su mantenimiento bastante bajos en comparación con otras tecnologías.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- El humedal artificial usando el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses es más eficiente que la de 4 meses en la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca–Huari–Ancash.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales ha mejorado la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca.

- El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales ha mejorado la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca.

- El tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales es el de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

1.7. Objetivos

1.8. Objetivo general

- Determinar el nivel de depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca–Huari–Ancash usando humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades.

1.9. Objetivos específicos

- Determinar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales.
- Determinar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales.
- Determinar el mejor tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

• Tipo

Experimental: Porque se realiza modificaciones en las variables con fines de conocer el efecto de estas sobre el objeto de estudio.

En esta investigación se manipula la variable independiente que viene a ser la construcción de humedal artificial usando el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades para poder observar los efectos que generan en los purines de la porcicultura.

Además, esta investigación corresponde al subtipo de diseño de preprueba/posprueba: Donde al grupo se le aplica una prueba de análisis antes al estímulo, después se le aplica el tratamiento y por último se le aplica una prueba posterior al estímulo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 141). Como se puede apreciar en la siguiente descripción.

G: Muestra de los purines de la porcicultura

O1: Medición de los parámetros físico, químico y biológico de los purines

X: Implementación del humedal artificial usando el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades

O2: variación en la concentración de los parámetros del purín depurado

2.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicativo, debido a que los conocimientos que se generan mediante la investigación ayudarán a solucionar la problemática de contaminación del agua, pues se podrá tratar y depurar los purines provenientes de la porcicultura comunal. Por otra parte, el enfoque es cuantitativo; puesto que, utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis y el nivel de investigación es

explicativo, pues se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4).

2.2.1. La unidad de análisis

- **Ambiente de trabajo:** Porcícola comunal de Acopalca-Huari-Ancash.
- **Geográficas:** Ubicada en el Centro Poblado de Acopalca-Huari-Ancash, a 3101msnm, para mejor apreciación ver Anexo (1)
- **Temporales:** Se tendrá una duración de cinco meses para obtener los resultados finales.

2.3. Metodología de Investigación

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio donde se llevará a cabo la investigación se sitúa en el Centro Poblado o comunidad campesina de Acopalca, distrito de Huari, provincia del mismo nombre y departamento de Ancash.

Tabla 3: ubicación de la zona de estudio

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	
CC.PP:	ACOPALCA
DISTRITO:	HUARI
PROVINCIA:	HUARI
DEPARTAMENTO:	ANCASH
COORDENADAS UTM	
LONGITUD:	8968099.9
LATITUD:	259792.40
ALTITUD:	3101 msnm

FUENTE: Elaboración propia

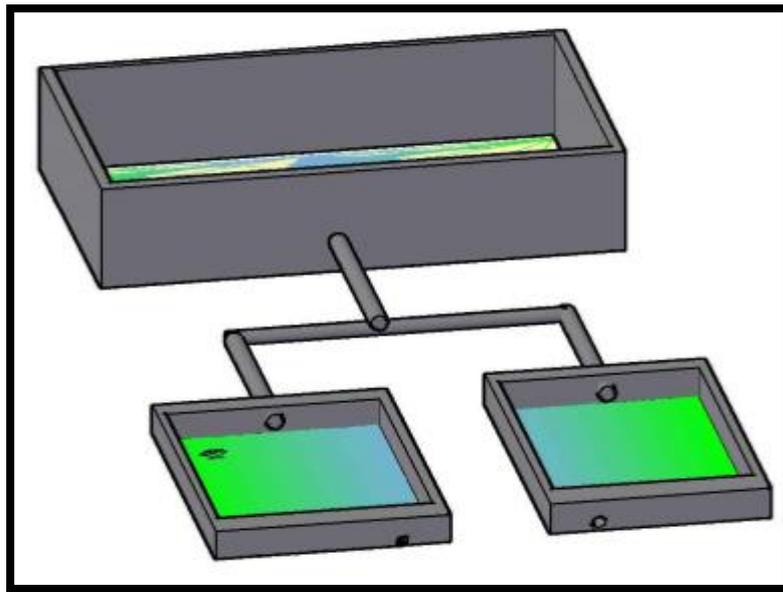
Etapa de campo

En esta etapa se llevó a cabo la construcción e instalación de los humedales artificiales y luego la recolección de los datos en las respectivas fichas de campo (anexo 2,3 y 4) en el desarrollo del proyecto. En este caso se realizó la toma de muestras del afluente y de los efluentes de los humedales de edades diferentes, en 3 tiempos de retención hidráulica, después enviado al laboratorio, para su respectivo análisis y obtener los resultados.

- **Diseño de los humedales artificiales**

Las dimensiones del humedal que se tomaron en cuenta para la construcción de esta, fueron basadas en el EPA (agencia de protección ambiental) que indica una relación de 2:1 de largo y ancho y la profundidad de entre 40 a 76 cm. Por lo tanto, se determinó las dimensiones de la siguiente manera: 100 cm de largo, 50 cm de ancho y 40 cm de profundidad por conveniencia, para cada humedal artificial empleando la especie *Nasturtium officinale* de diferentes edades (2 y 4 meses respectivamente). En la siguiente imagen se observa el diseño de los humedales realizados mediante el software AutoCAD.

Figura 3: Diseño de los humedales artificiales



FUENTE: Elaboración propia

Factores de operación del sistema

Tiempo de retención hidráulica:

$$TRH_1 = 12h$$

$$TRH_2 = 24 h$$

$$TRH_3 = 36 h$$

Volumen del Humedal:

$$V_H = L \cdot A \cdot H$$

$$V_H = 100cm \cdot 50cm \cdot 40cm$$

$$V_B = 200000cm^3 = 200l$$

Caudal del Humedal:

$$Q = \frac{1L}{1min}$$

$$Q = 1 \frac{L}{min}$$

• Construcción del Humedal Artificial

En primer lugar, se hizo zanjas con las dimensiones del humedal mencionadas y se prosiguió a colocar las tablas que es una especie de concretado que sirve para el soporte de los sustratos y evitar el desborde del agua.

Figura 4: zanjas de los humedales artificiales



FUENTE: Elaboración propia

Se aprecia en la figura 5 que cada humedal fue cubierto con un polímero negro o material impermeable, que sirve para evitar la percolación de las aguas residuales. Además, sobre ella se colocó los sustratos de diferentes dimensiones o tamaños que sirven de sostén para las especies.

Figura 5: Material impermeable



FUENTE: Elaboración propia

Figura 6: Sustratos de diferentes tamaños



FUENTE: Elaboración propia

Para la salida del agua residual del tanque percolador se usó un tubo PVC de 1 pulgada y luego para la entrada a los humedales tubos PVC de 1/2 pulgada para poder controlar el caudal se usó válvulas. Además, para la entrada directamente del agua residual al sistema se usó tubos PVC de 90cm de largo de 1/2 pulgada con orificios cada 10 cm, para facilitar mejor dispersión del agua. Además, se prosiguió a trasplantar la especie de diferentes edades a cada humedal.

Figura 7: Plantación de la especie



FUENTE: Elaboración propia

Figura 8: Humedales artificiales con especies de diferentes edades (2 y 4 meses)



FUENTE: Elaboración propia

- **Monitoreo de agua**

Para esta etapa, se toma en cuenta el manual para la toma de muestras que indica el etiquetado, la manipulación, conservación de las muestras, etc. que está dentro del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

Los puntos de muestreo son tres, una en la entrada y las otras dos en la salida de los humedales de diferentes edades (2 y 4 meses), identificados con códigos (H1 y H2 respectivamente). Estos muestreos se realizaron con el cumplimiento con el protocolo indicado, donde hace mención del cuidado que se debe tener al sacar las muestras de agua en los envases correspondientes, el uso de los Epps que debe usar el personal, y que las muestras sean transportadas y conservadas correctamente hacia el laboratorio.

Figura 9: Toma de muestras inicial (aguas residuales)



FUENTE: Elaboración propia

Figura 10: Muestreo de las aguas residuales tratadas



FUENTE: Elaboración propia

Para la recopilación de los datos en el muestreo, se usaron las fichas técnicas o cadenas de custodia que fueron adaptados del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, ver anexo (2, 3 y 4)

- **Crecimiento Semanal del berro (*Nasturtium officinale*)**

En la siguiente tabla se detalla el crecimiento semanal del berro, durante el proyecto.

Tabla 4: Crecimiento semanal del berro

FECHA	HUMEDAL 1	HUMEDAL 2
INICIO	(8-10cm)	25-30cm
SEMANA 1	12-15cm	35-40cm (empezó a florar, flores blancas)
SEMANA 2	20-25cm	48-50cm (empezó salir las vainas)
SEMANA 3	28-30cm	55-60cm (empezó amarillentarse las hojas)

FUENTE: Elaboración propia

En este punto cabe mencionar que entre el punto inicial y semana 1, se dejó adaptar o anclarse a la especie en el humedal; es decir, se trasplantó el berro en el primer humedal de 1 mes y en el segundo humedal se trasplantó el berro de 3 meses, para luego empezar a tratar el agua residual proveniente de la porcícola. La cual se llevó a cabo cuando los berros estaban a una edad de 2 meses y 4 meses.

Figura 11: Medición del crecimiento semanal y desarrollo del berro



FUENTE: Elaboración propia

- **Etapa de Laboratorio**

En esta etapa tanto la muestra del afluente como de los efluentes fueron enviados al laboratorio SGS para su respectivo análisis de los parámetros (DBO, DQO, Fósforo total y nitrógeno total) de cada muestra. Los métodos normalizados como el APHA fueron usados para el análisis de cada indicador dependiente. Por otro lado, los parámetros (pH, turbidez y CE) fueron analizados en campo.

- **Etapa de análisis de resultados**

En esta etapa con los resultados obtenidos del laboratorio, se realiza el análisis de ello para ver la variación de los parámetros fisicoquímicos entre el afluente y efluente. Con fin de determinar la eficiencia en la remoción de la carga orgánica de las aguas residuales proveniente de la porcícola comunal. Para lo cual se dará uso del software Excel, para generar gráficas, el T-Student y el ANOVA para ver la variación entre los parámetros en cada análisis.

2.4. Variables, operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	Eficiencia de los humedales artificiales con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	"son sistemas construidas por el hombre en las que se lleva a cabo procesos fisicoquímicos y biológicos de eliminación de contaminantes de forma controlada" (IAGUA, 2012, párr. 5)	Son 2 sistemas que se construirán con la misma estructura, pero con las especies de diferentes edades para ver la eficiencia, con pruebas de 3 tiempos de retención hidráulica que es nada más que el periodo que se demora en filtrar el agua residual dentro del sistema, para salir como efluente.	<i>Nasturtium officinale</i>	Edades (2 y 4).	meses
				Condiciones de operación	caudal	Litros/segundos
					Volumen	Cm ³
				Tiempo de retención hidráulica	Tiempo	horas

VARIABLE DEPENDIE NTE	Depuración de los purines de la porcícola comunal en humedales artificiales	Es el estiércol o excretas (sólido o líquido) con fuerte olor amoniacal, resultado de la mezcla de las defecaciones, aguas de lavado y restos de piensos de una granja porcícola (ECOLOGISTAS en acción, 2015, párr. 8).	Mediante la construcción los humedales con la especie mencionada se verá la variación entre el afluyente y efluente de los parámetros físico, químico y biológicos	Propiedades Físicas	Turbiedad	UNT
					Conductividad Eléctrica	μS/cm
				Propiedades Químicas	pH	Escala pH
					DBO	mg/L
					DQO	mg/L
					Nitrógeno total	mg/L
					Fósforo total	mg/L

2.5. Población y muestra

2.5.1. Población

La población tomada en cuenta en esta investigación son las aguas residuales provenientes de la porcícola comunal que se almacenan en una fosa séptica de dimensiones 4.90, 2.30 y 1.1m cuyo volumen es 12,40m³.

2.5.2. Muestra

La muestra fue tomada las aguas residuales generadas en la porcícola de la comunidad de Acopalca. Para los análisis se tomó muestras de agua de 3L cada uno (1 del afluente, 2 del efluente de cada humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades respectivamente; además, con diferentes tiempos de retención hidráulica)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el desarrollo de este proyecto se llegarán a usar técnicas, para lo cual se recopilará información de las etapas de la investigación. Entre una de estas técnicas a usar es la observación y análisis, teniendo en cuenta el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, donde se toman en cuenta la identificación del punto de monitoreo, características de esta, preparación de quipos y materiales a usar, precauciones a tener en cuenta, etiquetado, entre otras (MINISTERIO de Vivienda, construcción y saneamiento, 2013). Por otro lado, los instrumentos a usar son las fichas de campo o cadena de custodia, los equipos y materiales como se muestran en el anexo, y la última no menos importante el uso de algunos programas o software como Google earth o maps y autocad.

- **Observación:** Este aspecto es de gran importancia; ya que, el investigador percibe de forma directa todos los sucesos y/o acontecimientos que se dan y anota o registra estos datos que sirve de información para la toma de decisiones en el proyecto.
- **Recolección de datos:** Para ello se usó los registros (cadena de custodia) que son adaptados del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las

plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales que están en los anexos (2, 3 y 4).

- **Revisión bibliográfica:** En la presente investigación se basó fundamentalmente en la revisión de la literatura desde libros, tesis, artículos hasta revistas para tener una base científica y verídica.

- **Manual de toma de muestras:** Para obtener resultados de las muestras correspondientes a este trabajo de investigación, se basó en el uso del manual para la toma de muestras que está dentro del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

2.6. Validación y confiabilidad de instrumento

La validación de los instrumentos realizados para la recolección de datos fue revisada y aprobada por 4 expertos, logrando obtener un promedio de 87% considerándolo aceptable y con una confiabilidad de 0.983 como se observa en la tabla 5.

Experto 1

Ing. Juan Julio Ordoñez Gálvez

CIP: 89972

Experto 2

Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo

CIP: 43444

Experto 3

Ing. Elmer Gonzales Benítez Alfaro

CIP: 71998

Experto 4

Ing. Suarez Alvites Haydee

CIP: 41682

Tabla 5: Estadístico de confiabilidad (Alfa de Cronbach)

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,983	3

FUENTE: Elaboración propia

2.7. Métodos de análisis de datos

- **Programa estadístico SPSS:** Este programado estadístico usado para la prueba de hipótesis.
- **Programa Microsoft Excel:** Este software usado para la generación de gráficos o la tabla de los resultados.
- **Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):** Usada para muestras menores a 50, si ocurre lo contrario se vuelve más sensible y genera desviaciones en la normalidad (DELGADO, 2004, p. 143)
- **T-Student:** Aplicado para ver si existe una variación entre los parámetros en el primero, segundo, tercero y cuarto análisis de la muestra del agua residual.
- **ANOVA - análisis factorial de varianzas:** puesto que sirve para grupos mayores a 3.

2.8. Aspectos éticos

El presente trabajo o proyecto de investigación no incumple con las normas con respecto a las políticas relacionadas a la investigación. Y cumple con los requisitos de confiabilidad; ya que todos los datos serán veraces y confiables, por ello se basa a la revisión de literatura y con lo que respecta a los resultados será auténtica puesto que, el laboratorio es confiable y certificado por la INACAL.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados descriptivos

Tabla 6: Resultados del primer humedal artificial con el *berro* (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 meses.

HUMEDAL 1: BERRO (<i>Nasturtium officinale</i>) EDAD DE 2 MESES								
SEMANA	TRH	PH	TURBIDEZ	CE	DBO	DQO	Ntotal	Ftotal
1	12h	6.73	199.00	981.00	228.00	398.90	30.54	0.903
	24h	6.58	197.00	983.00	241.30	416.20	39.40	0.916
	36h	6.55	177.00	979.00	320.70	591.40	71.87	0.986
2	12h	7.21	80.00	873.00	236.70	442.70	54.74	5.900
	24h	7.06	90.00	994.00	206.30	353.70	33.69	2.860
	36h	7.02	85.00	998.00	237.30	420.50	62.78	13.53
3	12h	7.60	29.70	792.30	601.30	255.60	55.19	9.99
	24h	7.50	29.20	742.70	996.30	252.00	65.40	9.18
	36h	7.50	29.10	728.30	330.00	835.30	92.64	12.22

Tabla 7: Resultados del segundo humedal artificial con el *berro* (*Nasturtium officinale*) de edad de 4 meses.

HUMEDAL 2: BERRO (<i>Nasturtium officinale</i>) EDAD DE 4 MESES								
SEMANA	TRH	PH	TURBIDEZ	CE	DBO	DQO	Ntotal	Ftotal
1	12h	6.52	177.00	999.00	298.00	541.40	35.15	0.885
	24h	6.51	147.00	989.00	302.30	665.80	31.26	0.667
	36h	6.42	139.00	988.00	313.30	589.10	57.33	0.763
2	12h	6.99	85.00	999.00	282.70	498.40	49.12	5.80
	24h	6.99	90.00	1036.00	214.00	366.10	35.21	2.54
	36h	7.01	95.00	1054.00	274.30	474.80	58.91	13.4
3	12h	7.30	33.90	787.70	1960.00	345.70	75.07	12.88
	24h	7.30	33.90	780.00	815.00	233.30	54.42	8.65
	36h	7.20	33.70	754.00	242.00	414.50	65.31	8.94

En la tabla 6 y 7 se observa los resultados obtenidos en un periodo de 3 semanas, realizando los análisis dejando 1 semana con diferentes tiempos de retención hidráulica (12, 24 y 36 horas).

Análisis de los resultados por cada parámetro fisicoquímico (pH, CE, Turbidez, DBO₅, DQO, N_{total} y P_{total})

•pH

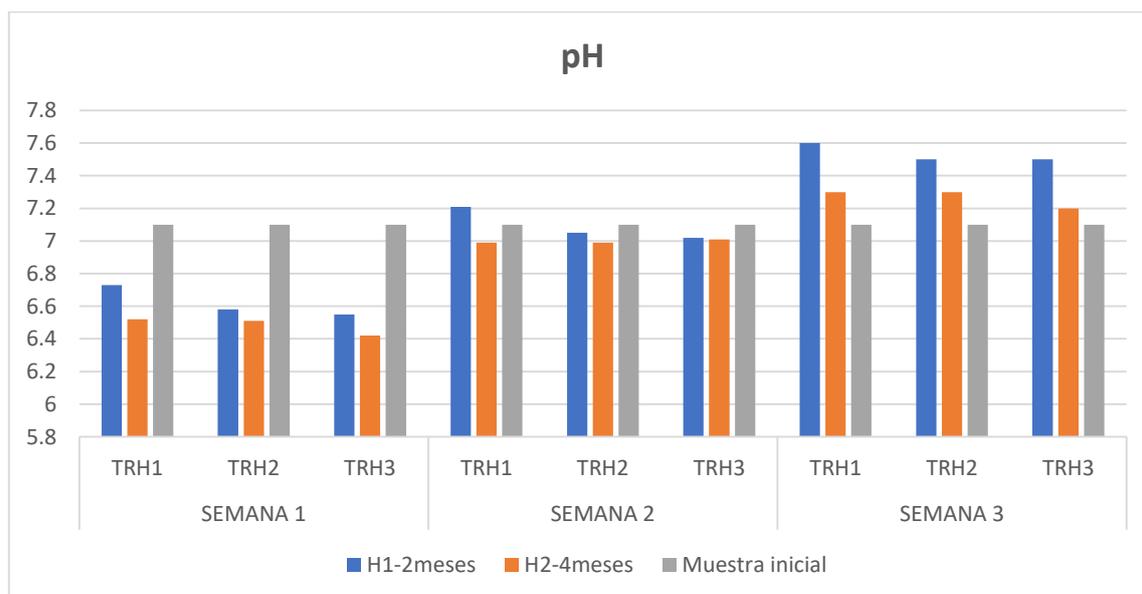
- Variación de la concentración de pH después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3TRH.

En la figura 12 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro de pH se mantiene dentro del rango de 6 a 8(neutro), la concentración de iones iniciales de 7,1 teniendo como máxima reducción de la concentración la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas, con un valor de 6,55.

- Variación de la concentración de pH después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3TRH.

En la figura 12 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro de pH se mantiene dentro del rango de 6 a 8(neutro), la concentración de iones iniciales de 7,1 teniendo como máxima reducción de la concentración la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas, con un valor de 6,42.

Figura 12: Variación del parámetro pH luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



• **TURBIDEZ**

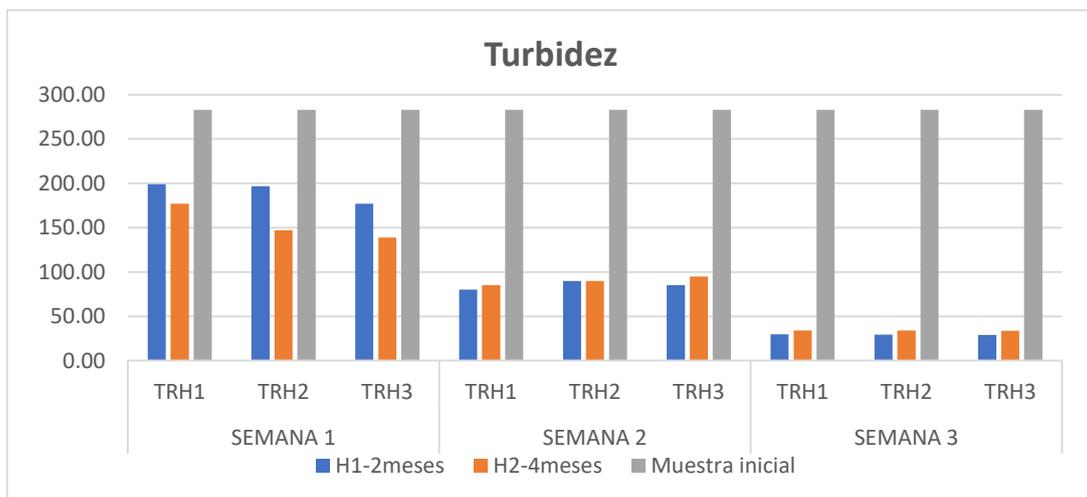
- **Variación de la concentración de Turbidez después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 13 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro de turbidez tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 283 UNT y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas y 24 horas, con valores de 29,10 y 29,20 UNT respectivamente.

- **Variación de la concentración de Turbidez después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 13 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro de turbidez tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 283 UNT y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas y 24 horas, con valores de 30,70 y 30,90 UNT respectivamente.

Figura 13: Variación del parámetro Turbidez luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



•CE

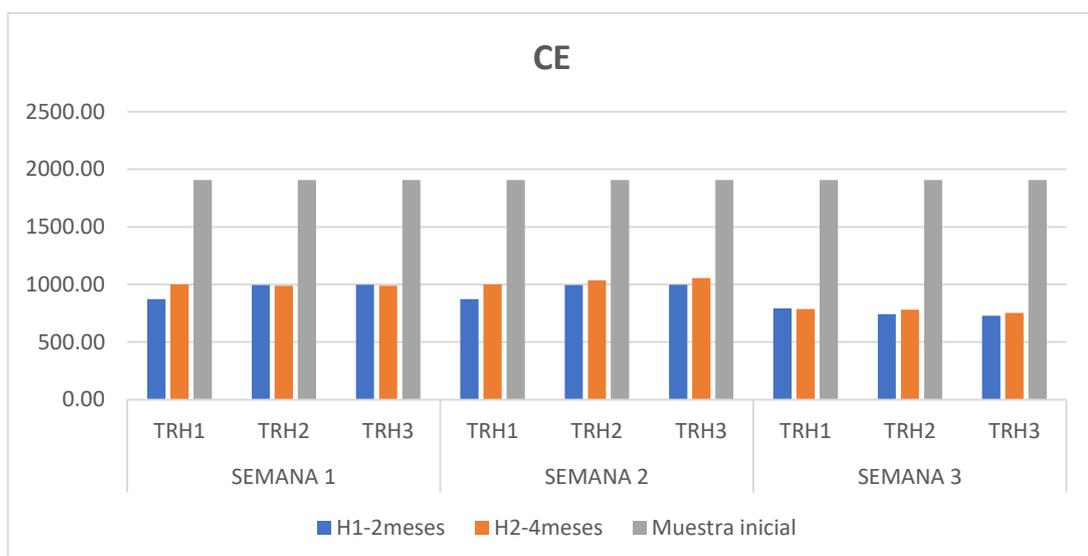
- **Variación de la concentración de la CE después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 14 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro de CE tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 1907 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas y 24 horas, con valores de 728,30 y 742,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

- **Variación de la concentración de CE después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 14 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro de CE tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 1907 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 36 horas y 24 horas, con valores de 754 y 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

Figura 14: Variación del parámetro CE luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



• DBO₅

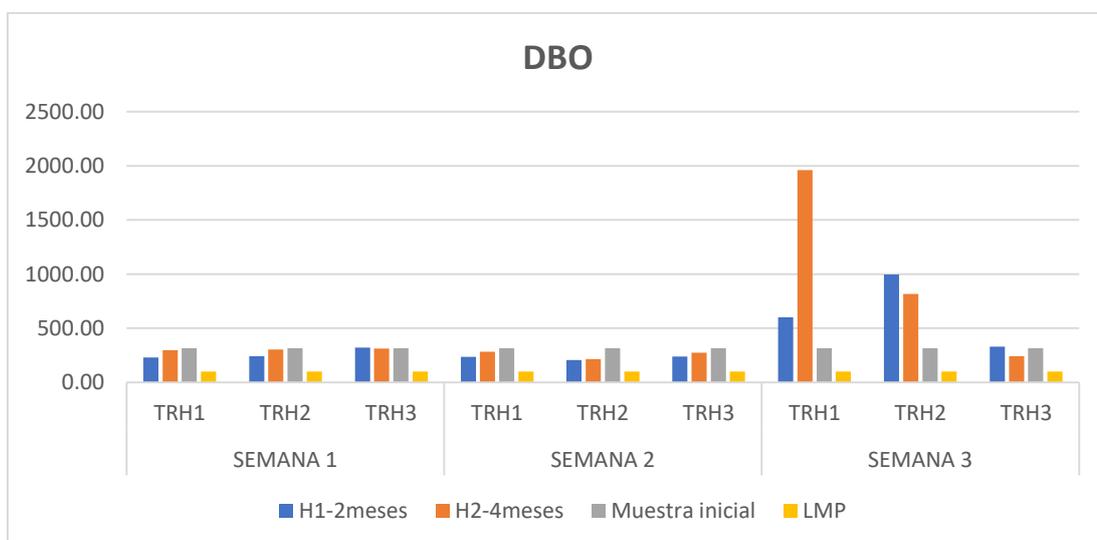
- **Variación de la concentración de la DBO₅ después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 15 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro de DBO₅ tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 316 mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 2 y semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas y 12 horas, con valores de 206,30 y 228 mg/L respectivamente.

- **Variación de la concentración de la DBO₅ después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 15 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro de DBO₅ tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 316 mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 2 y semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas y 12 horas, con valores de 242 y 214 mg/L respectivamente.

Figura 15: Variación del parámetro DBO₅ luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



•DQO

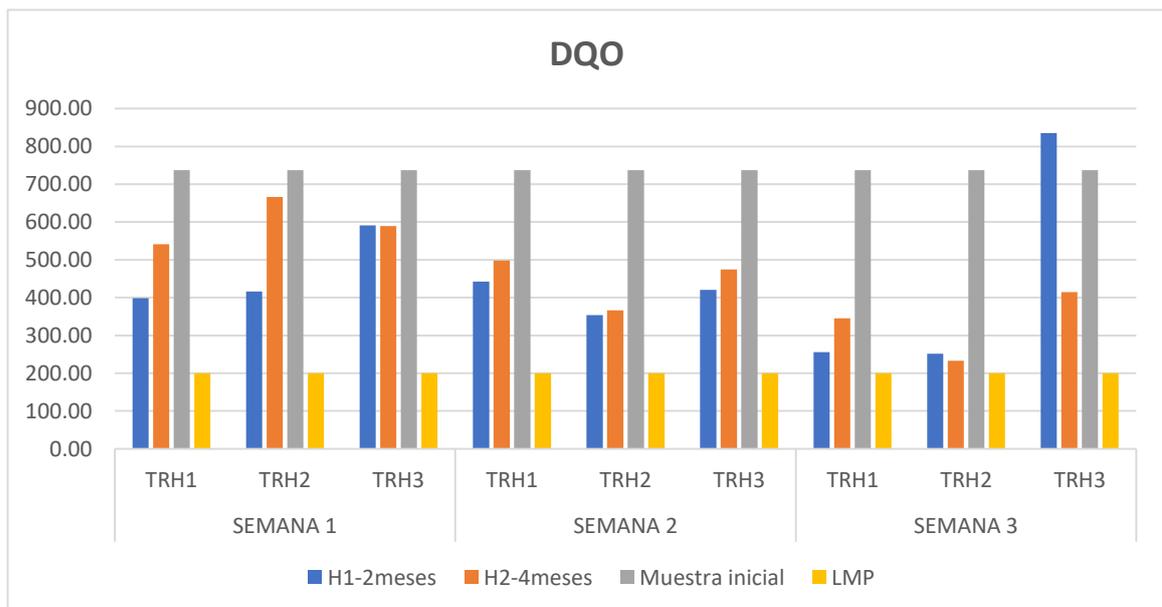
- **Variación de la concentración de la DBO después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 16 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro de DBO tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 737 mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas y 12 horas, con valores de 252 y 255,60 mg/L respectivamente.

- **Variación de la concentración de la DBO después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 16 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro de DBO tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 737 mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas y 12 horas, con valores de 233,30 y 345,70 mg/L respectivamente.

Figura 16: Variación del parámetro DQO luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



• NITRÓGENO TOTAL

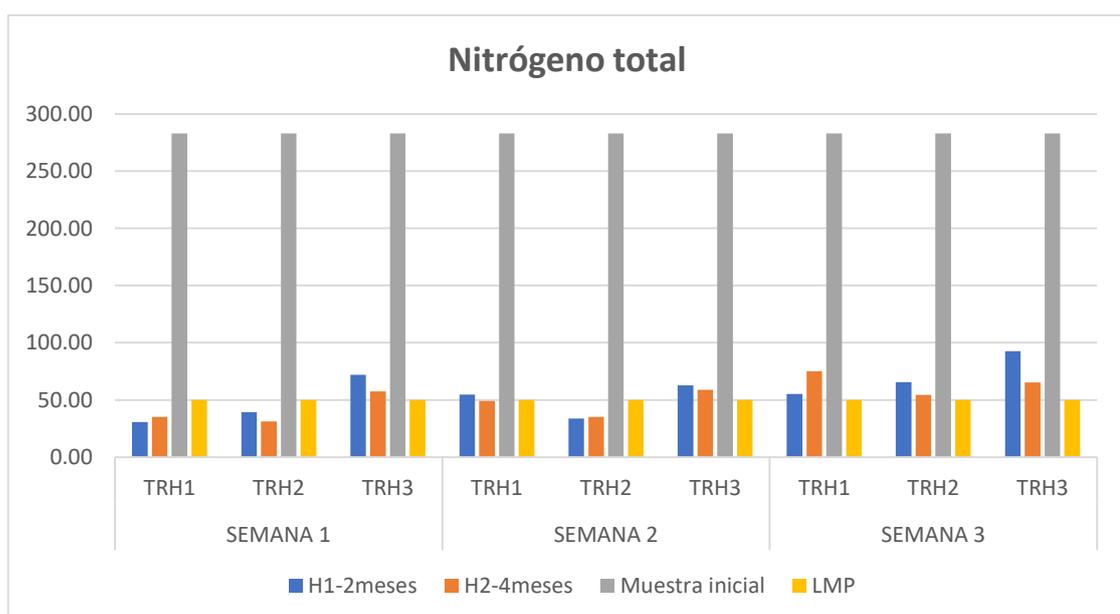
- **Variación de la concentración del N_{total} después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 17 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro del N_{total} tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 283mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 12 horas y 24 horas, con valores de 30,54 y 39,40 mg/L respectivamente.

- **Variación de la concentración del N_{total} después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 17 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro del N_{total} tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 283mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas y 12 horas, con valores de 31,26 y 35,15 mg/L respectivamente.

Figura 17: Variación del parámetro Nitrógeno total luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



• FÓSFORO TOTAL

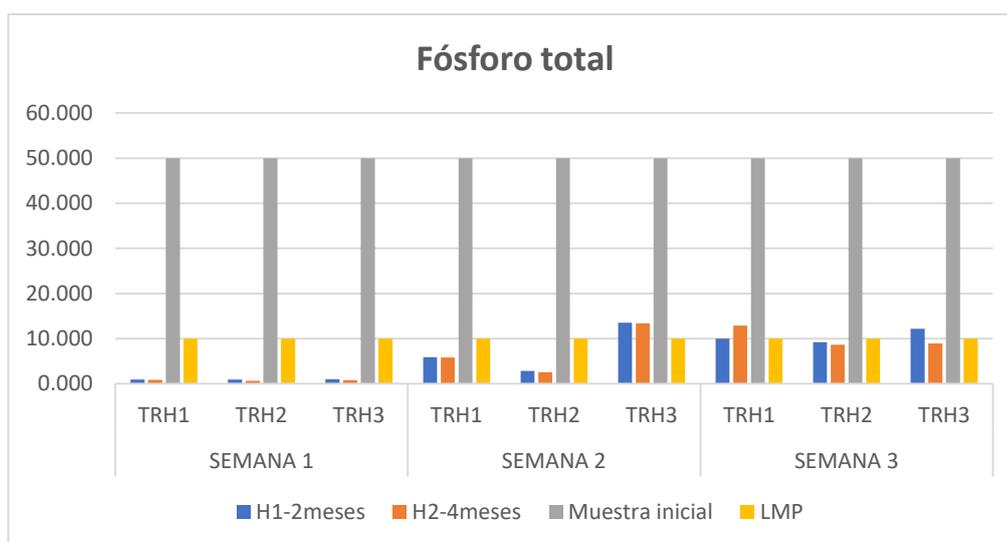
- **Variación de la concentración del P_{total} después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 18 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en humedales artificiales, el parámetro del P_{total} tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 50mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 12 horas y 24 horas, con valores de 0,903 y 0,916 mg/L respectivamente.

- **Variación de la concentración del N_{total} después usar el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales en los 3 TRH.**

En la figura 18 se observa que al emplear el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en humedales artificiales, el parámetro del P_{total} tiene una variación en su concentración, siendo el inicial es de 50mg/L y su máxima reducción de la concentración en la semana 1 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 12 horas y 24 horas, con valores de 0,885 y 0,667 mg/L respectivamente.

Figura 18: Variación del parámetro Fósforo total luego de aplicar los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 y 4 meses en los 3 TRH.



Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos mediante los humedales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses y 4 meses en los 3 TRH

En la figura 19 y tabla 8 se observa que para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses, el TRH más eficiente en la remoción de los parámetros turbiedad y CE, es el de 36 horas con valores de 89,7% y 61,8% respectivamente. Por otra parte, para los parámetros como el DBO₅, DQO el TRH más eficiente es el de 24 horas con valores iguales a 34,7%, 65,81%. Finalmente, para los parámetros de Nitrógeno total y fósforo total el TRH más óptimo es de 12 horas con valores de 89,2% y 98,2%. Mientras que el parámetro de pH se mantiene dentro de lo óptimo (neutro) en los 3 TRH.

Figura 19: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses.

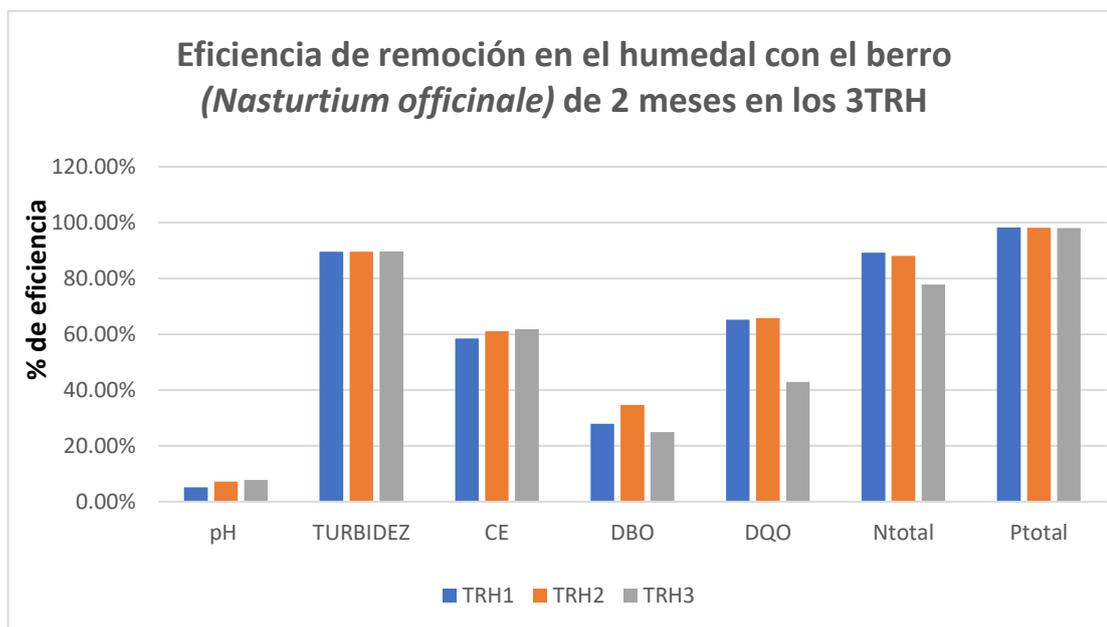


Tabla 8: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses.

	HUMEDAL 1 (Berro de 2 meses)		
	TRH1	TRH2	TRH3
pH	5.20%	7.30%	7.80%
TURBIDEZ	89.50%	89.60%	89.70%
CE	58.45%	61.05%	61.80%
DBO	27.90%	34.70%	25.00%
DQO	65.20%	65.80%	42.90%
Ntotal	89.20%	88.10%	77.80%
Ptotal	98.20%	98.10%	98.00%

En la figura 20 y tabla 9 se observa que para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses, el TRH más eficiente en la remoción de los parámetros turbiedad y CE, es el de 36 horas con valores de 88,1% y 60,46% respectivamente. Por otra parte, para los parámetros como el DBO₅, DQO, Nitrógeno total y fósforo total el TRH más eficiente es el de 24 horas con valores iguales a 32.3%, 68.3%, 88.9% y 98.7%. Mientras que el parámetro de pH se mantiene dentro de lo óptimo (neutro) en los 3 TRH.

Figura 20: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses.

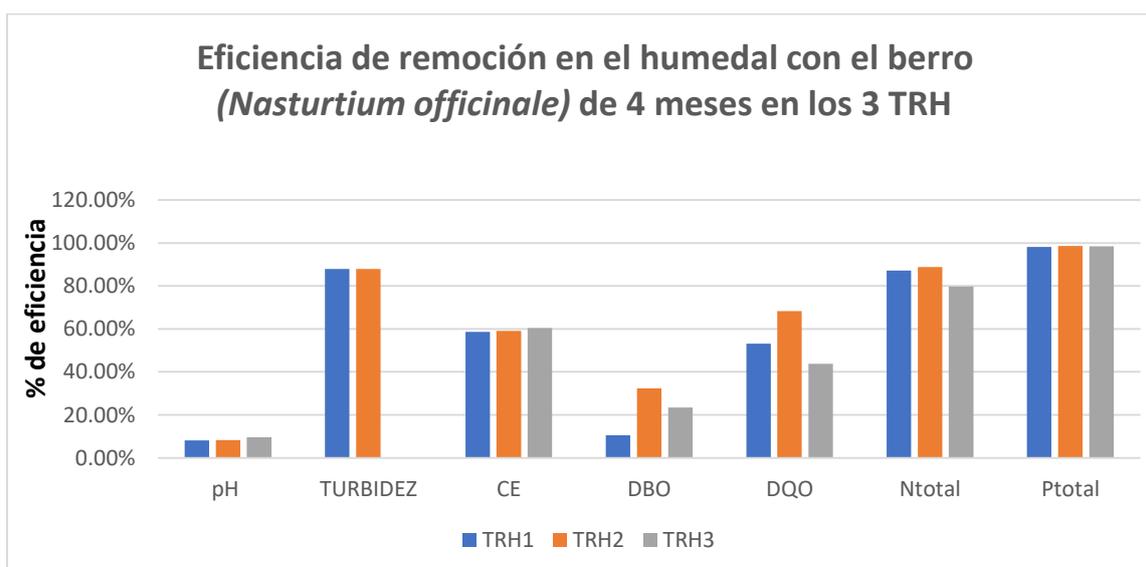


Tabla 9: Eficiencia de remoción en los 3 TRH de cada parámetro en el humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses.

	HUMEDAL 2 (Berro de 4 meses)		
	TRH1	TRH2	TRH3
pH	8.10%	8.30%	9.60%
TURBIDEZ	88.00%	88.00%	88,1%
CE	58.70%	59.10%	60.50%
DBO	10.54%	32.30%	23.42%
DQO	53.10%	68.30%	43.80%
Ntotal	87.20%	88.90%	79.70%
Ptotal	98.20%	98.70%	98.50%

Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos en cada humedal (2 meses y 4 meses)

En la figura 21 y tabla 10 se observa que entre ambos humedales hay poca diferencia en la eficiencia de remoción de la materia orgánica y nutrientes.

Figura 21: Eficiencia de remoción en ambos humedales

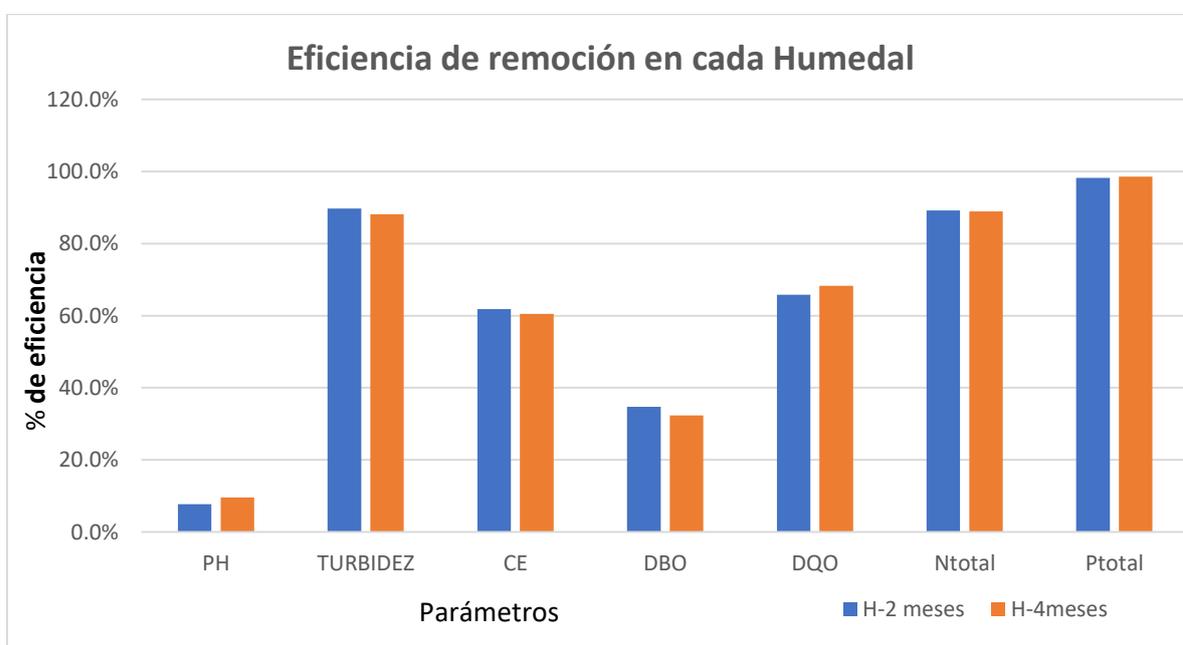


Tabla 10: Eficiencia de remoción entre ambos humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*).

	H-2 meses	H-4meses
PH	7.7%	9.6%
TURBIDEZ	89.7%	88.1%
CE	61.8%	60.5%
DBO	34.7%	32.3%
DQO	65.8%	68.3%
Ntotal	89.2%	88.9%
Ptotal	98.2%	98.6%

3.2 Resultados estadísticos o inferencial

Aplicada para la contrastación de las hipótesis de acuerdo a los parámetros medidos. Para lo cual se prosigue a realizar la prueba de normalidad y la homogenización de los variables.

3.2.1 Prueba T: Muestras independientes, para una muestra y muestras relacionadas

La prueba T-student se realiza para comparar dos medias que en este caso son los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) tanto de la edad de 2 y 4 meses; para determinar si disminuyen los parámetros de igual manera o si uno de ellas resalta por una mayor reducción de la concentración de los parámetros fisicoquímicos analizados.

3.2.1.1 Comparación de medias para dos muestras independientes

Resultados de la calidad parámetros fisicoquímicos de los efluentes proveniente de la porcícola comunal de Acopalca al utilizar el Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) tanto de la edad de 2 meses y 4 meses.

Homogeneidad de varianzas: La prueba de Levene evalúa Informa sobre el segundo requisito para aplicar la comparación de medias mediante la prueba T-student: la homogeneidad de varianzas.

H₀: Las variables son homogéneas

H₁: Las variables no son homogéneas

La prueba de Levene al ser mayor de 0.05, asumimos la homogeneidad de varianzas, aceptando la H₀.

Contrastación de hipótesis: Se determinará si ambos humedales tuvieron alguna diferencia en la disminución de la carga orgánica y nutrientes después de la aplicación de los tratamientos.

Hipótesis Nula: El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 2 meses y de 4 meses tiene similar remoción de los parámetros fisicoquímicos del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca.

Hipótesis Alternativa: El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 2 meses tiene mejor remoción de los parámetros fisicoquímicos del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca a comparación del humedal artificial en el berro de 4 meses

Tabla 11: Prueba de muestras independientes (Homogeneidad y prueba t)

		Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior		
PH	Se asumen varianzas iguales	,212	,652	,947	16	,358	,16778	,17719	-,20784	,54339		
	No se asumen varianzas iguales			,947	15,657	,358	,16778	,17719	-,20851	,54406		
TURBIDEZ	Se asumen varianzas iguales	1,435	,248	,305	16	,764	9,05556	29,69369	-53,89226	72,00337		
	No se asumen varianzas iguales			,305	14,791	,765	9,05556	29,69369	-54,31307	72,42418		
CE	Se asumen varianzas iguales	,060	,809	-,632	16	,536	-35,04444	55,43581	-152,56310	82,47421		
	No se asumen varianzas iguales			-,632	15,952	,536	-35,04444	55,43581	-152,59158	82,50269		
DBO	Se asumen varianzas iguales	1,881	,189	-,694	16	,498	-144,85556	208,69130	-587,26135	297,55024		
	No se asumen varianzas iguales			-,694	11,244	,502	-144,85556	208,69130	-602,96891	313,25780		
DQO	Se asumen varianzas iguales	,109	,745	-,242	16	,812	-18,08889	74,65565	-176,35179	140,17401		
	No se asumen varianzas iguales			-,242	14,767	,812	-18,08889	74,65565	-177,43241	141,25463		
NTOTAL	Se asumen varianzas iguales	,390	,541	,596	16	,559	4,94111	8,28589	-12,62419	22,50641		
	No se asumen varianzas iguales			,596	14,873	,560	4,94111	8,28589	-12,73295	22,61517		
PTOTAL	Se asumen varianzas iguales	,002	,969	,090	16	,929	,21778	2,41334	-4,89828	5,33383		
	No se asumen varianzas iguales			,090	15,998	,929	,21778	2,41334	-4,89832	5,33388		

Interpretación: En la tabla 11 se observa la fila superior (se asumen varianzas iguales) el estadístico t y Sig. (bilateral) es mayor a 0.05; por ende, se procede a aceptar la hipótesis nula.

Conclusión:

No hay diferencias estadísticamente significativas de los parámetros (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}) entre ambos humedales (H1 y H2).

3.2.1.2 T-Student para una muestra

Resultados de la calidad fisicoquímica del efluente de la porcícola de la comunidad de Acopalca luego de utilizar el Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses.

Contrastación de Hipótesis:

Hipótesis Nula: El Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 2 meses no logra disminuir las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}), mejorando la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal del centro poblado de Acopalca.

Hipótesis Alternativa: El Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 2 meses logra disminuir las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}), mejorando la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal del centro poblado de Acopalca.

Tabla 12: Prueba T de muestra única para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses.

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PHH1	52,768	8	,000	7,08333	6,7738	7,3929
TurbidezH1	4,275	8	,003	101,77778	46,8724	156,6832
CEH1	23,530	8	,000	896,81111	808,9204	984,7018
DBOH1	4,327	8	,003	377,54444	176,3330	578,7559
DQOH1	7,353	8	,000	440,70000	302,4952	578,9048
NtotalH1	8,502	8	,000	56,25000	40,9927	71,5073
PtotalH1	3,696	8	,006	6,27611	2,3607	10,1915

INTERPRETACIÓN: La tabla 12 muestra el resultado de la Prueba T de una muestra única para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses en relación a los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}). Además, se observa en la tabla que los valores de “p” son menores a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis de investigación (H₁)

Resultados de la calidad fisicoquímica del efluente de la porcícola de la comunidad de Acopalca luego de utilizar el Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses.

Contrastación de Hipótesis:

Hipótesis Nula: El Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 4 meses no logra disminuir las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}), mejorando la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal del centro poblado de Acopalca.

Hipótesis Alternativa: El Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) con la edad de 4 meses logra disminuir las concentraciones de los parámetros

fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}), mejorando la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal del centro poblado de Acopalca.

Tabla 13: Prueba T de muestra única para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses.

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pHH2	59,796	8	,000	6,91556	6,6489	7,1822
TurbidezH2	5,226	8	,001	92,72222	51,8070	133,6375
CEH2	23,149	8	,000	931,85556	839,0274	1024,6837
DBOH2	2,756	8	,025	522,40000	85,2401	959,5599
DQOH2	10,306	8	,000	458,78889	356,1380	561,4398
NtotalH2	10,286	8	,000	51,30889	39,8066	62,8112
PtotalH2	3,533	8	,008	6,05833	2,1035	10,0132

INTERPRETACIÓN: La tabla 13 muestra el resultado de la Prueba T de una muestra única para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses en relación a los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}). Además, se observa en la tabla que los valores de “p” son menores a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis de investigación (H₁)

3.2.1.3 Comparación de medias para dos muestras relacionadas.

Resultados de la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes proveniente de la porcícola comunal de Acopalca al utilizar el Humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) tanto de la edad de 2 meses y 4 meses.

Esta prueba realizada con el propósito de demostrar estadísticamente que si hay o no diferencias entre el afluente y efluente (aguas antes y después del tratamiento)

Contrastación de Hipótesis:

Hipótesis Nula: El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) tanto de la edad de 2 y 4 meses, no logran remover los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}).

Hipótesis Alternativa: El humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) tanto de la edad de 2 y 4 meses, sí logran remover los parámetros fisicoquímicos (pH, Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total}).

Tabla 14: Prueba de muestras relacionadas

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia			
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar					
Par 1	pH _{inicial} - pH _{final} H1	,01667	,40271	,13424	-,29288	,32622	,124	8	,904
Par 2	pH _{inicial} - pH _{final} H2	,18444	,34696	,11565	-,08225	,45114	1,595	8	,149
Par 3	TURBIDEZ _{inicial} - TURBIDEZ _{final} H1	181,22222	71,42924	23,80975	126,31684	236,12760	7,611	8	,000
Par 4	TURBIDEZ _{inicial} - tTURBIDEZ _{final} H2	190,27778	53,22877	17,74292	149,36252	231,19303	10,724	8	,000
Par 5	CE _{inicial} - CE _{final} H1	1010,18889	114,34157	38,11386	922,29818	1098,07960	26,505	8	,000
Par 6	CE _{inicial} - CE _{final} H2	975,14444	120,76491	40,25497	882,31632	1067,97257	24,224	8	,000
Par 7	DBO _{inicial} - DBO _{final} H1	-61,54444	261,76639	87,25546	-262,75591	139,66702	-,705	8	,001
Par 8	DBO _{inicial} - DBO _{final} H2	-206,40000	568,72391	189,57464	-643,55990	230,75990	-1,089	8	,008
Par 9	DQO _{inicial} - DQO _{final} H1	296,30000	179,79776	59,93259	158,09521	434,50479	4,944	8	,001
Par 10	DQO _{inicial} - DQO _{final} H2	278,21111	133,54384	44,51461	175,56023	380,86199	6,250	8	,000
Par 11	NTOTAL _{inicial} - NTOTAL _{final} H1	226,75000	19,84900	6,61633	211,49270	242,00730	34,271	8	,000
Par 12	NTOTAL _{inicial} - NTOTAL _{final} H2	231,69111	14,96397	4,98799	220,18878	243,19344	46,450	8	,000
Par 13	PTOTAL _{inicial} - PTOTAL _{final} H1	43,72389	5,09377	1,69792	39,80847	47,63931	25,751	8	,000
Par 14	PTOTAL _{inicial} - PTOTAL _{final} H2	43,94167	5,14504	1,71501	39,98684	47,89650	25,622	8	,000

Interpretación: La tabla 14, indica que los resultados finales del Humedal artificial con el berro de 2 meses (H1) y con el de 4 meses (H2) son mayores a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis de investigación a excepción del parámetro pH en la que sí se acepta la hipótesis nula.

Conclusión:

Hay diferencias estadísticamente significativas de los parámetros de Turbidez, CE, DBO₅, DQO, N_{total}, P_{total} entre los análisis inicial y final, tanto en el humedal H1 y H2. Es decir, que el tratamiento realizado de los purines de la porcícola logró cambiar

en esos parámetros a excepción del pH donde no hubo diferencias estadísticamente significativas, pero está en una escala aceptable.

3.2.2 ANOVA (Análisis factorial de varianzas)

Análisis estadístico para la prueba de hipótesis: sobre el tiempo de retención hidráulica ideal para disminuir los parámetros fisicoquímicos en los humedales artificiales con el berro tanto en la edad de 2 y 4 meses.

Tabla 15: Factores

Factores	Niveles de factor
Factor A: Humedales	1. Berro de 2 meses 2. Berro de 4 meses
Factor B: TRH	1. 12 horas 2. 24 horas 3. 36 horas

A continuación, se plantea la H_0 y la H_1 para comparar estos factores.

Contrastación de la Hipótesis

H_0 (Interacción entre el Factor A y Factor B): El tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses no es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

H_1 (Interacción entre el Factor A y Factor B): El tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

•pH

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 16 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (pH) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 16: Homogeneidad de varianzas para el pH

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
PHH1	,713	2	24	,500
PHH2	,271	2	24	,765

- Al observar el (tabla 17), se obtiene el valor de $p=0,140$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro pH.

- También con respecto al TRH el valor de $p=0,687$, por lo que se acepta la H_0 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses no es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 17: Prueba de efectos inter-sujetos para el pH
Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: PH

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	,508 ^a	5	,102	,667	,650
Interceptación	2650,342	1	2650,342	17385,624	,000
HUMEDAL	,344	1	,344	2,257	,140
TRH	,115	2	,058	,379	,687
HUMEDAL * TRH	,049	2	,024	,160	,853
Error	7,317	48	,152		
Total	2658,167	54			
Total corregido	7,826	53			

a. R al cuadrado = ,065 (R al cuadrado ajustada = -,032)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 18) se observa que observa que el parámetro de pH en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 meses el TRH más eficiente es de 36 horas; en cambio para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 4 meses el TRH más óptimo es de 24 horas, aunque observando no hay variaciones estadísticamente considerables entre los 3 TRH en ambos humedales.

Tabla 18: Prueba de Tukey del pH en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

PHH1			PHH2		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
36,00	9	6,6844	24,00	9	7,2722
24,00	9	6,6856	36,00	9	7,2811
12,00	9	6,8144	12,00	9	7,2967
Sig.		,591	Sig.		,979

• TURBIDEZ

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 19 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (Turbidez) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
TurbidezH1	,871	2	24	,432
TurbidezH2	4,622	2	24	,020

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

Tabla 19: Homogeneidad de varianzas para la Turbidez

- Al observar el (tabla 20), se obtiene el valor de $p=0.690$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro de Turbidez.

También con respecto al TRH el valor de $p=0,047$, por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 20: Prueba de efectos inter-sujetos para la Turbidez

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: TURBIDEZ

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	7162,842 ^a	5	1432,568	,271	,927
Interceptación	541320,807	1	541320,807	102,227	,000
HUMEDAL	852,836	1	852,836	,161	,690
TRH	1388,111	2	694,056	,131	,047
HUMEDAL * TRH	4921,895	2	2460,947	,465	,631
Error	254174,631	48	5295,305		
Total	802658,280	54			
Total corregido	261337,473	53			

a. R al cuadrado = ,027 (R al cuadrado ajustada = -,074)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 21) se observa que para el parámetro de turbidez tanto en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 y de 4 meses el TRH más eficiente es de 36 horas.

TurbidezH1			TurbidezH2		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
36,00	9	88,6222	36,00	9	90,1222
24,00	9	97,2333	12,00	9	98,6556
12,00	9	102,5889	24,00	9	123,5111
Sig.		,916	Sig.		,589

Tabla 21: Prueba de Tukey de la Turbidez en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

•CE

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 22 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (CE) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 22: Homogeneidad de varianzas para la CE

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
CEH1	2,250	2	24	,127
CEH2	,034	2	24	,967

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

- Al observar el (tabla 23), se obtiene el valor de $p=0.125$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro CE.

- También con respecto al TRH el valor de $p=0.520$, por lo que se acepta la H_0 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal con respecto a este parámetro, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses no es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 23: Prueba de efectos inter-sujetos para la CE

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: CE

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	111892,315 ^a	5	22378,463	,861	,514
Intercepción	43522471,130	1	43522471,130	1675,435	,000
TRH	17216,148	2	8608,074	,331	,520
HUMEDAL	63448,167	1	63448,167	2,442	,125
TRH * HUMEDAL	31228,000	2	15614,000	,601	,552
Error	1246887,556	48	25976,824		
Total	44881251,000	54			
Total corregido	1358779,870	53			

a. R al cuadrado = ,082 (R al cuadrado ajustada = -,013)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 24) se observa que para el parámetro de CE tanto en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 y de 4 meses el TRH más eficiente es de 36 horas.

Tabla 24: Prueba de Tukey de la CE en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

CEH1			CEH2		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
36,00	9	806,5556	36,00	9	918,0000
12,00	9	882,1111	24,00	9	935,0000
24,00	9	901,7778	12,00	9	943,1111
Sig.		,558	Sig.		,898

• DBO₅

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 25 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (DBO₅) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 25: Homogeneidad de varianzas para la DBO₅

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
DBOH1	30,301	2	24	,000
DBOH2	41,457	2	24	,000

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

- Al observar el (tabla 26), se obtiene el valor de $p=0.190$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro de DBO₅.

- También con respecto al TRH el valor de $p=0.041$, por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal con respecto a este parámetro, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 26: Prueba de efectos inter-sujetos para la DBO₅

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: DBO

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1991807,014 ^a	5	398361,403	2,484	,044
Interceptación	10933774,234	1	10933774,234	68,170	,000
HUMEDAL	283252,292	1	283252,292	1,766	,190
TRH	896389,621	2	448194,811	2,794	,041
HUMEDAL * TRH	812165,101	2	406082,550	2,532	,090
Error	7698674,448	48	160389,051		
Total	20624255,696	54			
Total corregido	9690481,462	53			

a. R al cuadrado = ,206 (R al cuadrado ajustada = ,123)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 27) se observa que para el parámetro de DBO₅ tanto en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 y de 4 meses el TRH más eficiente es de 36 horas.

Tabla 27: Prueba de Tukey de la DBO₅ en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

DBOH1			DBOH2		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
24,00	9	296,0153	24,00	9	276,5333
12,00	9	355,3333	36,00	9	443,7667
36,00	9	481,3000	12,00	9	846,9000
Sig.		,273	Sig.		,064

• DQO

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 28 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (DQO) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 28: Homogeneidad de varianzas para la DQO

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
BQOH1	5,463	2	24	,011
DQ1H2	8,142	2	24	,002

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

- Al observar el (tabla 29), se obtiene el valor de $p=0.601$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro de DQO.

- También con respecto al TRH el valor de $p=0.000$, por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal con respecto a este parámetro, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 29: Prueba de efectos inter-sujetos para la DQO

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: DQO					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	443699,613 ^a	5	88739,923	5,571	,000
Interceptación	10922583,53	1	10922583,53	685,709	,000
HUMEDAL	4417,307	1	4417,307	,277	,601
TRH	304537,003	2	152268,502	9,559	,000
HUMEDAL * TRH	134745,303	2	67372,652	4,230	,020
Error	764586,283	48	15928,881		
Total	12130869,42	54			
Total corregido	1208285,896	53			

a. R al cuadrado = ,367 (R al cuadrado ajustada = ,301)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 30) se observa que para el parámetro de DQO tanto en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 y de 4 meses el TRH más eficiente es de 24 horas.

Tabla 30: Prueba de Tukey de la DQO en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

BQOH1				DQOH2		
HSD Tukey ^a				HSD Tukey ^a		
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05		TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1	2			1
24,00	9	340,6333		24,00	9	421,7333
12,00	9	365,7333		12,00	9	461,8333
36,00	9		615,7333	36,00	9	492,8000
Sig.		,901	1,000	Sig.		,488

• NITROGENO TOTAL

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 31 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (N_{total}) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 31: Homogeneidad de varianzas para el N_{total}

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
NtotalH1	,371	2	24	,694
NtotalH2	10,545	2	24	,001

- Al observar el (tabla 32), se obtiene el valor de $p=0.161$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro de N_{total} .

- También con respecto al TRH el valor de $p=0.000$, por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal con respecto a este parámetro, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 32: Prueba de efectos inter-sujetos para el N_{total}

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: NTOTAL

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	7355,603 ^a	5	1471,121	9,049	,000
Interceptación	156181,422	1	156181,422	960,728	,000
HUMEDAL	329,646	1	329,646	2,028	,161
TRH	5976,795	2	2988,397	18,383	,000
HUMEDAL * TRH	1049,162	2	524,581	3,227	,048
Error	7803,153	48	162,566		
Total	171340,178	54			
Total corregido	15158,755	53			

a. R al cuadrado = ,485 (R al cuadrado ajustada = ,432)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 33) se observa que para el parámetro de N_{total} en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 meses el TRH más eficiente es el de 12 horas, mientras que para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 4 meses el TRH más óptimo es el de 24 horas.

Tabla 33: Prueba de Tukey del N_{total} en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

NtotalH1				NtotalH2			
HSD Tukey ^a				HSD Tukey ^a			
TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05		TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2			1	2
12,00	9	46,1622		24,00	9	40,2967	
24,00	9	46,8256		12,00	9	53,1133	53,1133
36,00	9		75,7633	36,00	9		60,5167
Sig.		,994	1,000	Sig.		,082	,408

• FOSFORO TOTAL

Prueba de Levene:

Interpretación: La tabla 34 demuestra la homogeneidad de varianzas para la variable dependiente (P_{total}) debido a que el nivel de significancia es mayor a 0.05.

Tabla 34: Homogeneidad de varianzas para el P_{total}

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

	F	df1	df2	Sig.
PtotalH1	3,628	2	24	,042
PtotalH2	1,025	2	24	,374

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

- Al observar el (tabla 35), se obtiene el valor de $p=0.867$, por lo que se acepta la H_0 ; concluyendo que los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses y de 4 meses tienen la capacidad de remoción casi igual o equitativo del parámetro de P_{total} .

- También con respecto al TRH el valor de $p=0.040$, por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyendo que el tiempo retención hidráulica más óptimo para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal con respecto a este parámetro, luego de utilizar el berro (*Nasturtium officinale*) en humedales artificiales tanto en la edad de 2 y 4 meses es de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

Tabla 35: Prueba de efectos inter-sujetos para el P_{total}

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: PTOTAL

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	167,933 ^a	5	33,587	1,478	,215
Interceptación	2053,870	1	2053,870	90,384	,000
HUMEDAL	,640	1	,640	,028	,867
TRH	156,888	2	78,444	3,452	,040
HUMEDAL * TRH	10,405	2	5,202	,229	,796
Error	1090,740	48	22,724		
Total	3312,542	54			
Total corregido	1258,672	53			

a. R al cuadrado = ,133 (R al cuadrado ajustada = ,043)

Interpretación: Por medio de la prueba de Tukey en la (tabla 36) se observa que para el parámetro de P_{total} en el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 2 meses el TRH más eficiente es el de 12 horas, mientras que para el humedal artificial con el berro (*Nasturtium officinale*) de edad de 4 meses el TRH más óptimo es el de 24 horas.

Tabla 36: Prueba de Tukey del P_{total} en relación al TRH con los humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de edades de 2 meses (H1) y edad de 4 meses (H2)

PtotalH1

HSD Tukey^a

TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
12,00	9	4,3187
24,00	9	5,5977
36,00	9	8,9120
Sig.		,113

PtotalH2

HSD Tukey^a

TRH	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
24,00	9	3,9523
12,00	9	6,5217
36,00	9	7,7010
Sig.		,252

IV. DISCUSION

En este trabajo de investigación se tuvo como objetivo o finalidad determinar la eficiencia o nivel de depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca–Huari–Ancash usando humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades (2 y 4 meses). Además, determinar la calidad de los efluentes de ambos humedales y ver cuál es el mejor TRH en la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcícola en mención.

ARIAS et al (2010) en su investigación uso 3 especies en los humedales con TRH de 13 horas. Como resultado obtuvo que la especie “matandrea” removió N_{total} a 90% y P_{total} a 92%; en cambio la especie “pasto pará” removió mayor a 97% de N_{total} y mayor a 89% de P_{total} y la especie “pasto taner” que logró una remoción mayor a 96% de N_{total} y mayor a 92% de P_{total} . Además, a esto se agrega los especialistas como ANANTRAO Pawar College of Engineering & Research (2017) que en su investigación que aplicó un humedal artificial multicapa de flujo subsuperficial, con sustratos como roca, grava, polvo de carbón, ceniza de horno, suelo y con la especie Ba-Mao o caña. Se obtuvo como resultado que esta especie tiene un efecto de remoción N_{total} y P_{total} del humedal artificial multicapa es 63.4% y 92.6% respectivamente. Este trabajo de investigación se puede contrastar con estos trabajos previos; ya que, con el humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) que es una macrofita, se obtuvo como resultado en la remoción del parámetro de N_{total} una eficiencia de 88,9%-89,2% y en el P_{total} una eficiencia de 98.2% – 98-6% en la remoción de dicho nutriente. La eficiencia de estos nutrientes es debido a que esta especie necesita altas dosis de ello para su crecimiento; es decir, que el berro absorbe cantidades de estos nutrientes o requieren de ello para su desarrollo (SAAVEDRA, 2011, p.16)

Por otro lado, CARRIÓN y CUENCA (2009) en su trabajo de investigación cuya metodología se basó en uso de 3 especies para tratar lixiviados de un relleno sanitario. Las especies fueron el Berro y otras especies. Como resultado del DBO_5 se obtuvo para el berro 19.8%, para el parámetro N_{total} se obtuvo una eficiencia de

26.2% y para el parámetro de P_{total} una eficiencia de 73.6%. Además, TILAK, [et al] (2017) señala en su trabajo de investigación usó las especies *Ageratum conyzoides*, *Pistia stratiotes* para el humedal 1, *Typha latifolia* y *Canna indica* para el humedal 2. El humedal uno obtuvo como resultado DQO de 45%, mientras que el segundo redujo 39% de DQO. Por lo que se puede contrastar la investigación; debido que, se obtuvo los resultados en la eficiencia de remoción de materia orgánica de DBO_5 (32.3% - 34.7%) y DQO (65.8% - 68.3%), demostrando así que el berro es más eficiente que las especies mencionadas. En cambio, el papiro resulta ser más eficiente que el berro en estos parámetros, Según PEREZ, et al (2012) que construyó un humedal artificial de tipo subsuperficial usando la especie *Cyperus papyrus*, cuyos resultados fueron eficientes; puesto que se logró remover 91% para el DBO_5 y 72% de DQO, el P en un 75%.

DE LA MORA et al (2014) en su artículo de investigación cuyo objetivo es medir la eficiencia de remoción de los contaminantes con tiempo de retención de 10 días; para lo cual se instalaron 2 humedales con las especies tule y *Sirpus* sp. como resultado del primer humedal se obtuvo que la remoción del de N_{total} fue de 71.8% y del P_{total} un 92.1%, en cambio en el segundo humedal la remoción de N_{total} fue de 69.8% y del P_{total} un 90.2%. Por otro lado, GONZÁLEZ, et al (2015) en su artículo "Eficiencia de depuración de purines de cerdo mediante humedales artificiales con dos tiempos de retención hidráulica" cuyo fin es eliminar el exceso de nitrógeno de los purines en dos tiempos de retención de 3 y 7 días. con uso del fitodepurador *Phragmites* comúnmente llamado carrizo. Como resultados se obtuvieron en las muestras con retención de 3 días el DQO fue removida en un 12,9%, de P fue de 40,5%, en cambio en el tiempo de retención de 7 días los resultados fueron las siguientes: el DQO disminuyó en un 34,8%, el P en un 14%. Se puede contrastar que en la investigación usando el berro (*Nasturtium officinale*) se obtiene mayor porcentaje de remoción del DQO y P_{total} con TRH de 24 horas, cuyos resultados 68.3% y 98.2% respectivamente. En cambio, el mejor TRH para N_{total} es de 12 horas con eficiencia de 89.2%. Es decir, el berro es más eficiente en la remoción de estos parámetros en comparación a las especies mencionadas, puesto que el TRH es mucho menor que los usados.

Según TORRES, et al (2015) realizó un estudio para ver la eficiencia de remoción de los contaminantes de aguas residuales en Carapongo-Lurigancho. En este sistema se usó 2 tipos de especies a la vez la *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*. Como resultado se obtuvo que la remoción del DBO fue de 84% con 2 días de tiempo de retención y respecto a la turbidez en un 77%, el pH en un 3%. Se contrasta en la investigación usando el berro (*Nasturtium officinale*) se obtiene mayor porcentaje de remoción del DBO con TRH de 24 horas, cuyo resultado 34.7%. En cambio, el mejor TRH para la turbidez es de 36 horas con eficiencia de 89.7%. con pH casi constante en los 3 TRH; es decir, el berro es más eficiente que *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis* en los parámetros de Turbidez y pH puesto que se necesita menos TRH para obtener mejores resultados.

Finalmente, MERINO, [et al] (2015) en su trabajo, evalúa el rendimiento de un tratamiento municipal de aguas residuales. Los filtros fueron llenados con tezontle como medio para el soporte de biopelículas y el humedal se sembró especies como la *Canna* y *Strelitzia reginae*. El experimento evaluó tres TRH 18, 28 y 38 h. Las eficiencias medias encontradas para el sistema completo 30% y 33% de N_{total} y entre 24% y 44% de P_{total} . Se contrasta en la investigación usando el berro (*Nasturtium officinale*) se obtiene resultados de eficiencia del N_{total} es de 89.2% con TRH de 12 horas y P_{total} de 98.2% de eficiencia en la remoción.

V. CONCLUSIÓN

- El tratamiento de los purines provenientes de la porcícola comunal mediante humedales artificiales con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 2 meses son más eficientes en la remoción de los parámetros de Turbidez=89.7%, CE= 61.8%, DBO_5 =34.7% y N_{total} = 89.2%; mientras que en el Humedal con el berro (*Nasturtium officinale*) de la edad de 4 meses es más eficientes en el parámetro de DQO=68.3% y P_{total} = 98.6%. Mientras que el pH se mantiene dentro del rango de neutro (6 a 8) en ambos humedales.

- Utilizando el berro de 2 meses en humedales artificiales se obtuvo que los parámetros de pH se mantuvieron constantes y dentro de los límites, la turbidez a medida que pasan las semanas disminuye al igual que la CE, pero el caso de DBO_5 las concentraciones disminuyen y se mantienen hasta la semana 2 con TRH3, pero no están por debajo de los límites establecidos por la normativa peruana, después empieza a subir a partir de la tercera semana. En caso del DQO las concentraciones disminuyen hasta la semana 3 con TRH2 y tampoco están dentro de los límites; en caso del N_{total} las concentraciones disminuyen hasta la semana 3 con TRH1 y se encuentran dentro de los límites y por último el P_{total} disminuye hasta la semana 2 con TRH2 y por debajo de los LMP. Es decir, todos los parámetros disminuyen considerablemente, pero el DBO_5 y DQO no están por debajo de los LMP.

- Utilizando el berro de 4 meses en humedales artificiales se obtuvo que los parámetros de pH se mantuvieron constantes y dentro de los límites, la turbidez a medida que pasan las semanas disminuye al igual que la CE, pero el caso de DBO_5 las concentraciones disminuyen y se mantienen hasta la semana 2 con TRH3, pero no están por debajo de los límites establecidos por la normativa peruana, después empieza a subir a partir de la tercera semana. En caso del DQO las concentraciones disminuyen hasta la semana 3 con TRH2 y tampoco están dentro de los límites; en caso del N_{total} las concentraciones disminuyen hasta la semana 3 con TRH1 y se encuentran dentro de los límites y por último el P_{total} disminuye hasta la semana 2 con TRH2 y por debajo de los LMP. Es decir, todos los parámetros disminuyen considerablemente, pero el DBO_5 y DQO no están por debajo de los LMP.

- El tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar la especie *Nasturtium officinale* de diferentes edades en humedales artificiales es el de 24 horas para los parámetros $DBO_5=34.7\%$, $DQO=68.3\%$ y $P_{total}=98.6\%$, mientras que TRH de 36 horas es más eficiente para los parámetros de Turbidez= 89.7% y $CE=61.8\%$ y el TRH de 12 horas es más eficiente para el parámetro $N_{total}=89.2\%$.

VI. RECOMENDACIONES

- Primero, realizar muestreos por más tiempo o más periodo, para ver el comportamiento o la dinámica de los humedales, para determinar con exactitud el grado de saturación.
- Segundo, realizar análisis con más tiempo de retención hidráulica que estén dentro de 12 y 36 horas; para observar si hay variación en los parámetros.
- Tercero, usar especies de la zona estudio, ya que estos permiten o facilitan la adaptabilidad de la especie.
- Cuarto, la especie usada puede ser usada para tratar aguas residuales con alto contenido de nitrógeno y fósforo.
- Quinto, usar esta tecnología debido que es económico y fácil de controlar el sistema.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIRANO, Diana. Fitodepuración sostenible de aguas residuales mediante la utilización de humedales artificiales. Tesis Título Ingeniero Químico). Universidad de la Cuenca, 2010, 99 pp.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2399>

ANANTRAO Pawar College of Engineering & Research. Study on Method of Domestic Wastewater Treatment through New-Type Multi-Layer Artificial Wetland [en línea],6(2): 77-81, 2017. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2017]

Disponible en: <http://www.ijer.in/ijer/publication/v6/016.pdf>

APORTE, María y HARO, Nidya. Evaluación de un humedal artificial como tratamiento de agua residual en un asentamiento irregular. Tesis (Título de ingeniero industrial). Universidad Nacional autónoma de México, 2010, 49 pp.

Disponible en:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1399/Tesina.pdf?sequence=1>

ARÉVALO, Jhon y ZAMBRANO, Luis. Implementación de un sistema autosostenible en la granja agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas. Tesis (Título Ingeniero Ambiental y Sanitario). Universidad de la Salle, 2007, 172 pp.

Disponible en:

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/13963/T41.07%20A34i.pdf?sequence=1>

ARIAS, Sergio y BETANCUR, Ferney. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas [en línea],14-24, julio 2010. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

AYAZ, Selma y AKÇA Lütfi. Treatment of wastewater by natural systems. ELSEVIER [en línea], 26, enero 2001. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412000000994?showaII%3Dtrue%26via%3Dihub>

BAESCOECHEA, Eduardo y FERNANDEZ, Jesús (2005). La depuración de aguas mediante filtros verdes en medio rural: el problema de las aguas residuales.

Disponible en:

[http://www.lifealbufera.org/docs/EI%20problema%20de%20las%20aguas%20residuales%20\(R Revista%20AMBIENTA\)%2003-2005.pdf](http://www.lifealbufera.org/docs/EI%20problema%20de%20las%20aguas%20residuales%20(R Revista%20AMBIENTA)%2003-2005.pdf)

BLANCO, Iván. Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas. Tesis (Doctor en área de Ecología Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental). Universidad de León, 2014, 222pp.

Disponible en:

<https://buleria.unileon.es/handle/10612/3669>

BORJA, Mario. Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda. Tesis (Título en biotecnología Ambiental). Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2011, 163 pp.

Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1626/1/236T0043.pdf>

BOTANICAL Online. Propiedades del berro

Disponible en:

<http://www.botanical-online.com/medicinalsberro.htm>

CARRION, Ligia y CUENCA, Numan (2009). Bioensayo con macrófitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay.

Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2982>

DAVIS, Luise. A handbook of constructed wetlands [en línea], 1995.

Disponible en:

<http://www.ecrr.org/Publications/tabid/2624/mod/11083/articleType/ArticleView/articleId/3306/A-Handbook-of-Constructed-Wetlands-Vol-1.aspx>

DELGADO, Rosario. Iniciación a la probabilidad y estadística [en línea]. Barcelona: Bellaterra, 2004.

Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=qxdz9wGa5ZAC&pg=PA143&dq=prueba+de+normalidad+:+shapiro+y+wilk&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjR5_XExKjXAhVGgZAKHdeHDSOQ6AEIPTAE#v=onepage&q=prueba%20de%20normalidad%20%3A%20shapiro%20y%20wilk&f=false

DEL ALAMO [et al]. Reducción del contenido en nitrógeno amoniacal del purín porcino mediante la técnica de stripping. *Revista Dialnet* [en línea], 21(208): 22-27, 2001. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82219>
ISSN 0211-8173

DE LA MORA, Cecilia y SAUCEDO, Rubén [et al]. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. México, 2014. 52 pp.

Disponible en:

http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4262/010208232400073133_CIRPAC.pdf?sequence=1

ISBN: 978-607-37-0325-3

DELGADILLO, Oscar y CAMACHO, Alan [et al]. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia: Cochabamba, 2010. 115 pp.

ISBN: 978-99954-766-2-5

DUQUE, Angela y ARDILA, Juan. Evaluación de eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una

porcícola. Tesis (título de tecnólogo en química). Universidad tecnológica de Pereira, 2014, 76 pp.

Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4607>

ECOLOGISTAS en acción. Junio de 2005

Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/>

Environmental Protection Agency. Design manual: constructer wetlands and aquatic plant sytems for municipal wastewater treatment [en línea], 1998.

Disponible en:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30004626.PDF?Dockkey=30004626.PDF>

Environmental Protection Agency. Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales [en línea], 1993.

Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=40001CXS.txt>

Environmental Protection Agency. A handbook of constructed wetlands [en línea], 2015.

Disponible en:

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf>

FERNÁNDEZ, Jesús. Humedales artificiales para depuración [en línea], 2006: 79-90 [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

<https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%206.pdf>

GIÁCOMAN, Germán y GARCÍA, Carla [et al]. Evaluación de la eficiencia de los procesos de eliminación de materia orgánica y nitrógeno en un humedal artificial con flujo subsuperficial horizontal. Luz, ciencia y verdad [en línea], noviembre 2008. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

http://www.ingenieria.uady.mx/posgrados/XI_SEMINARIO_DE_INVESTIGACION.pdf

GOMEZ, Yelhsin. Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas. Tesis (Título en Ingeniería Agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017, 165 pp.

GONZALEZ, Laura [et al]. Eficiencia de depuración de purines de cerdo mediante humedales artificiales con dos tiempos de retención hidráulica [en línea]. 8, abril 2015. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/303765375_Anuario_de_Jovenes_Investigadores

GHOSH, Deblina y GOPAL, Brij. Effect of hydraulic retention time on the treatment of secondary effluent in a subsurface flow constructed wetland. 36(8), 1044-1051, 2010. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585741000090X>

GREFA, Luis. Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales – centro de faenamiento municipal de ganado de Orellana. Tesis (Título en Biotecnología Ambiental). Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2013, 140 pp.

Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3116/1/236T0080.pdf>

GUIO, Diego y TOSCANO, Juan. Fitorremediación en humedal artificial con *Eichhornia crassipes* para remoción de materia orgánica en muestras de agua del canal Albina en Bogotá, 2018.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación Científica. 6°. ed. México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. 2014.

Disponible en:

<http://upla.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2017/01/Hern%C3%A1ndez-R.-2014-Metodologia-de-la-Investigacion.pdf.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

IAGUA. Los humedales artificiales, noviembre de 2012.

Disponible en:

<https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>

ÍNDIC DE GREUGES DE CATALUNYA [en línea]. Informe sobre la contaminación provocada por purines en Catalunya. España: Cataluña, 2016. 24pp. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en:

http://www.sindic.cat/site/unitFiles/4255/Informe%20purines%20en%20Catalu%C3%B1a%20cast_ok.pdf

INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Diciembre del 2015

Disponible en:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf

INSTITUTO de investigaciones agropecuarias ministerio de agricultura. Recomendaciones Técnicas para la Gestión Ambiental en el Manejo de Purines de la Explotación Porcina. Chile, 2005. 206 pp.

I.S.B.N.: 956-7016-25-9

KRARUP, MOREIRA (2004). Berro de agua. Pontificia Universidad Católica de Chile. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2018]

Disponible en: http://www.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p055.html.

LARIOS, Fernando y GONZALEZ, Carlos. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* [en

línea], 2(2): 10-25, octubre 2015 [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

ISSN 2311 – 7613

LEVASSEUR, Pascal. Composition des lisiers de porc, facteurs de variation et méthodes d'évaluation. 21(3): 19-25, 1998. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

<http://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/tp1998n3levasseur.pdf>

MERINO, María y VILLEGAS, Edgardo [et al]. The Effect of the Hydraulic Retention Time on the Performance of an Ecological Wastewater Treatment System: An Anaerobic Filter with a Constructed Wetland. 7, 1149-1163, 2015. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018]

MERINO, Andrea y VÁSCONEZ, Paulina. Evaluación de la eficiencia de biorremediación en la recuperación de efluentes porcinos in vitro con helecho *Azolla filiculoides* mediante análisis DQO y DBO₅ caso: Centro Experimental Uyumbicho- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UCE. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental, Universidad Central de Ecuador, 2014, 231 pp.

Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6721>

MINISTERIO de Vivienda, construcción y saneamiento (Perú). Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Perú, 2013. 35 pp.

MORATÓ, Jordi y PEÑUELA, Gustavo. Manual de tecnologías sostenibles en tratamientos de aguas [en línea]. Cataluña, 2014. 117 pp.

Disponible en:

<http://www.unescosost.org/wp-content/uploads/2014/04/Manual-de-Tecnologias-Sostenibles-en-Tratamiento-de-Aguas.pdf>

ISBN: 978-958-44-5307-5

ORGANISMO de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Fiscalización ambiental en aguas residuales, 2014.

Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [en línea]. Agua y empleo. Francia: París. 2015. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

ISBN 978-92-3-300035-3

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [en línea]. Aguas residuales: el recurso desaprovechado. Francia: París. 2017. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>

ISBN 978-92-3-300058-2

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, 1997.

PEREZ, Roy y ALFARO, Carolina [et al]. Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. UNICIENCIA [en línea], 27(1): 332-340. Enero-junio 2013. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017]

Disponible en:

<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/viewFile/4958/4752>

ISSN 1101 – 0275

PÉREZ, Rosario. Granjas porcinas y medio ambientes: contaminación del agua en La Piedad, Michoacán. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006. 204 pp.

ISBN: 970-722-5 18-1

REED, Sherwood [et al]. Natural Wastewater Treatment Systems [en línea]. Boca Ratón, 2006. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<http://197.14.51.10:81/pmb/CHIMIE/Natural%20Wastewater%20Treatment%20Systems.pdf>

ISSN: 0-8493-3804-2

REDROBÁN, Karina. Comprobación del efecto cicatrizante de los extractos hidroalcohólicos de berro (*Nasturtium Officinale*) y llantén (*Plantago Major*) en ratones (*Mus Musculus*). Tesis (Título Bioquímico farmacéutico). Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2012, 122 pp.

Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2021/1/56T00316.pdf>

RIOS, Danilo. Utilización del parámetro “eficiencia” en remoción de turbiedad en sedimentadores, Uruguay, 2006.

Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/peru/urgapa006.pdf>

SAAYERDRA, Gabriel., BLANCO, Carlos [et al]. El berro. *Revista tierra adentro*. Octubre de 2011.

Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38086.pdf>

SILVA, Angela y ZAMORA, Hernán. Humedales artificiales. Colombia, 2005, 100pp.

Disponible en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1106/1/angelasofiasilvahernandariozamora.2005.pdf>

SIM, Yin; JUINN, Derek y CHAN, Chieh. Wasterwater phytoremediaton by *Salvinia molesta*. 15: 107-115, 2017. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2017]

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714416303555>

SÍNDIC de Greuges de Catalunya. Informe sobre la contaminación provocada por purines en catalunya. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2017]

Disponible en:

http://www.sindic.cat/site/unitFiles/4255/Informe%20purines%20en%20Catalu%C3%B1acast_ok.pdf

TILAK, A [et al]. Evaluation of *Ageratum conyzoides* in field scale constructed wetlands (CWs) for domestic wastewater treatment. 75(10): 2268-2280, 2017. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017]

Disponible en: <http://wst.iwaponline.com/content/75/10/2268>

TORRES, J [et al]. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en CarapongoLurigancho, 2015.

Disponible en:

file:///C:/Users/User/Downloads/Evaluacion_de_la_eficiencia_en_el_tratamiento_de_a.pdf

VALENCIA, Adriana. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis-provincia de Chimborazo. Tesis (Título en biotecnología Ambiental). Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2013, 178 pp.

Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>

WALLACE, Robert y KADLEC, Scott. Treatment Wetlands. [en línea]. 2° ed. United States of America: CRC press, 2009. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2017].

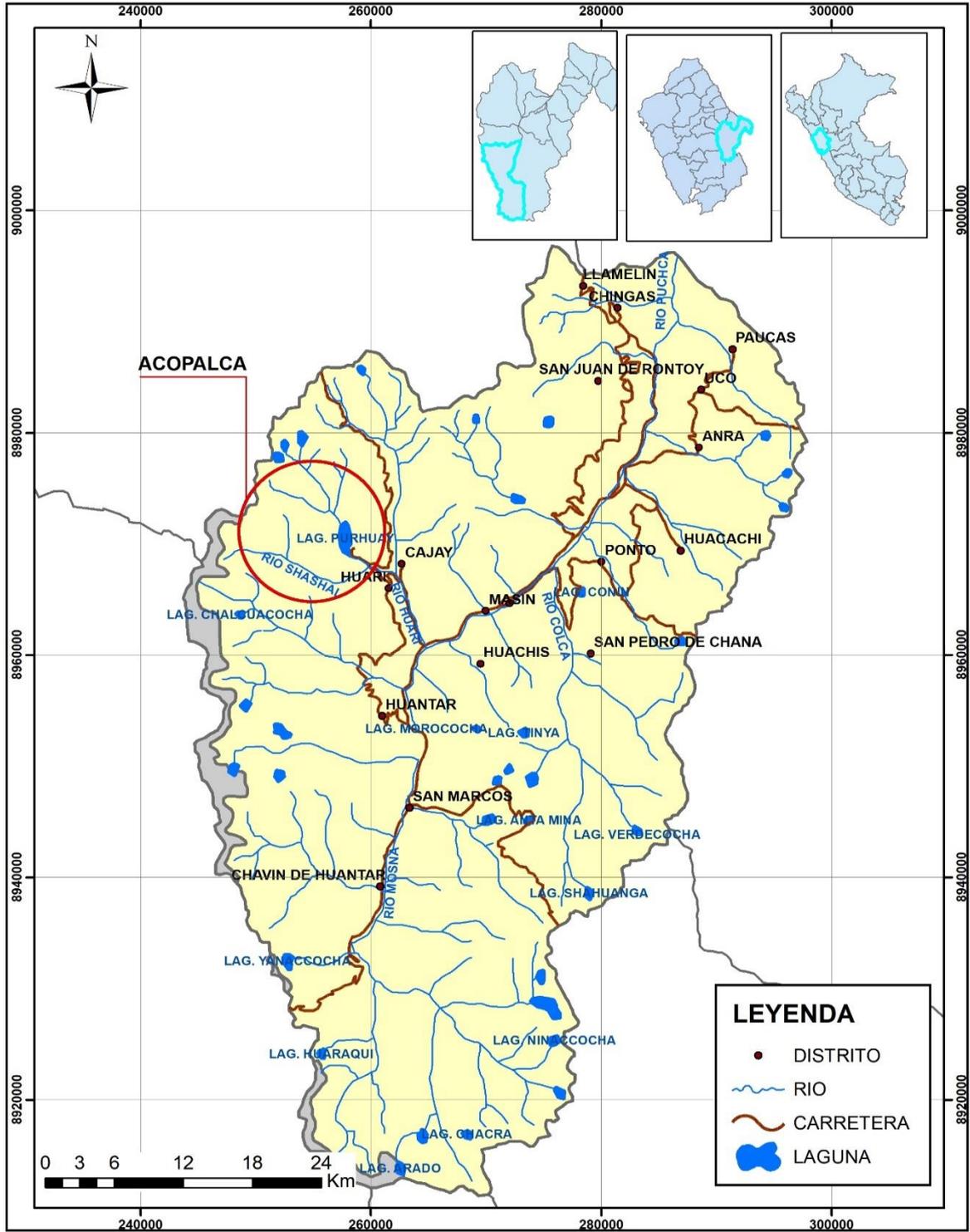
Disponible en:

https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



✓ Instrumento

ANEXO 2

FICHA 1: ESTRUCTURA DEL HUMEDAL			
EVALUADOR:			
FECHA:		HORA:	
		HUMEDAL 1	HUMEDAL 2
CARACTERISTICAS /DIMENSIONES	LARGO (cm)		
	ANCHO (cm)		
	PROFUNDIDAD (cm)		
VOLUMEN (Cm³)			

ELABORACION PROPIA

ANEXO 4

FICHA 3: ETIQUETA DE LAS MUESTRA DE AGUAS RESIDUALES

Nombre de la agroindustria:

AFLUENTE

EFLUENTE

N° DE MUESTRA

FECHA Y HORA

PARAMETRO FISICOQUIMICO O BIOLÓGICO

TURBIDEZ

DBO

DQO

OTROS PARÁMETROS

PRESERVACION:

FUENTE: Adaptado del protocolo de monitoreo del Ministerio de vivienda

- RESULTADOS OBTENIDOS DE LABORATORIO

PARAMETROS ANALIZADOS	ANALISIS AGQ/ AFLUENTE	LMP
pH	7.1	6.5-8.5
TURBIDEZ	283	*
CE	1907	*
DBO5	316	100
DQO	737	200
NITROGENO TOTAL	283	50
FOSFORO TOTAL	>50	10
* No hay normativa		

Semana 1

PARAMETROS ANALIZADOS	H1			H2		
	TRH 1	TRH 2	TRH 3	TRH 1	TRH 2	TRH 3
Ph	6.73	6.58	6.55	6.52	6.51	6.42
TURBIDEZ	199	197	177	177	147	139
CE	981	983	979	999	989	988
DBO5	228	241.3	320.7	298	302.3	313.3
DQO	398.9	416.2	591.4	541.4	665.8	589.1
NITROGENO TOTAL	30.54	39.4	71.87	35.15	31.26	57.33
FOSFORO TOTAL	0.903	0.916	0.986	0.885	0.667	0.763

Semana 2

PARAMETROS ANALIZADOS	H1			H2		
	TRH 1	TRH 2	TRH 3	TRH 1	TRH 2	TRH 3
Ph	7.21	7.06	7.02	6.99	6.99	7.01
TURBIDEZ	80	90	85	85	90	95
CE	873	994	998	999	1036	1054
DBO5	236.7	206.3	237.3	282.7	214	274.3
DQO	442.7	353.7	420.5	498.4	366.1	474.8
NITROGENO TOTAL	54.74	33.69	62.78	49.12	35.21	58.91
FOSFORO TOTAL	5.90	2.86	13.53	5.80	2.54	13.40

Semana 3

PARAMETROS ANALIZADOS	H1			H2		
	TRH 1	TRH 2	TRH 3	TRH 1	TRH 2	TRH 3
Ph	7.60	7.50	7.50	7.30	7.30	7.20
TURBIDEZ	29.70	29.20	29.10	33.90	33.90	33.70
CE	792.30	742.70	728.30	787.70	780.00	754.00
DBO5	601.30	996.30	330.00	1960.00	815.00	242.00
DQO	255.60	252.00	835.30	345.70	233.30	414.50
NITROGENO TOTAL	55.19	65.40	92.64	75.07	54.42	65.31
FOSFORO TOTAL	9.99	9.18	12.22	12.88	8.65	8.94

MATRIZ DE CONSISTENCIA

	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el nivel de depuración de los purines de la porcícola comunal usando humedales artificiales con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de diferentes edades? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el nivel de depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca–Huari–Ancash usando humedales artificiales con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de diferentes edades 	<ul style="list-style-type: none"> • El humedal artificial usando el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 2 meses es más eficiente que la de 4 meses en la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca–Huari–Ancash.
ESPECÍFICO	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 2 mes en humedales artificiales? • ¿Cuál será la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 4 mes en humedales artificiales? • ¿Cuál es el tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar la especie <i>Nasturtium officinale</i> de diferentes edades en humedales artificiales? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 2 mes en humedales artificiales. • Determinar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal luego de utilizar el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 4 mes en humedales artificiales. • Determinar el mejor tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar la especie <i>Nasturtium officinale</i> de diferentes edades en humedales artificiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • El humedal artificial con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 2 mes ha mejorado la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca. • El humedal artificial con el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de la edad de 4 mes en humedales artificiales ha mejorado la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal de Acopalca. • El tiempo de retención hidráulica más eficiente para mejorar la calidad del efluente proveniente de la porcícola comunal, luego de utilizar el berro (<i>Nasturtium officinale</i>) de diferentes edades en humedales artificiales es el de 24 horas a comparación de 12 y 36 horas.

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EFICIENCIA DEL BERRO (*Nasturtium officinale*) DE DIFERENTES
FASES EN HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA DEPURACIÓN
DE LOS PURINES DE LA PORCÍCOLA COMUNAL DE ACOPALCA-
HUARI-ANCASH EN EL AÑO 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA AMBIENTAL**

AUTOR:

Sifuentes Rosario, Lila Karina

ASESOR:

Resumen de coincidencias

16 %

1	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
2	Entregado a Universida...	1 %
3	repositorio.upeu.edu.pe	<1 %
4	ru.iiec.unam.mx	<1 %
5	www.redalyc.org	<1 %
6	es.slideshare.net	<1 %
7	repositorio.upct.es	<1 %
8	dspace.esPOCH.edu.ec	<1 %
9	repositorio.esPAM.edu...	<1 %
10	www.ingenieria.uady.mx	<1 %

Text-only Report | High Resolution | Activado

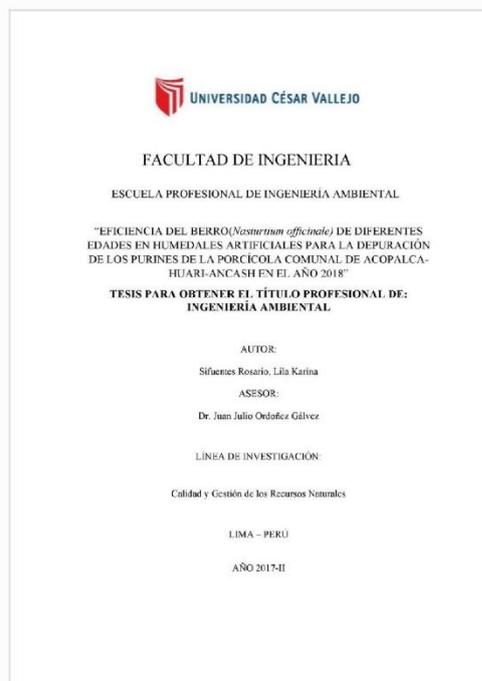


Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Lila Karina Sifuentes Rosario
Título del ejercicio: Proyecto2018-I
Título de la entrega: HUMEDALES ARTIFICIALES CON E...
Nombre del archivo: HUMEDALES_ARTIFICIALES_CON..
Tamaño del archivo: 4.85M
Total páginas: 91
Total de palabras: 16,753
Total de caracteres: 92,416
Fecha de entrega: 14-jun-2018 03:17p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 975737196



	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Juan Julio Ordoñez Gálvez, docente de la Facultad Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisor (a) del Proyecto de tesis titulada "EFICIENCIA DEL BERRO (*Nasturtium officinale*) DE DIFERENTES EDADES EN HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA DEPURACIÓN DE LOS PURINES DE LA PORCÍCOLA COMUNAL DE ACOPALCA-HUARI-ANCASH-2018", de la estudiante Lila Karina Sifuentes Rosario, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 13 de Julio de 2018



Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

.....
Firma

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI:



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Sifuentes Rosario Lila Karina
D.N.I. : *71385369*
Domicilio : *Av. Carabayillo N° 747 urb. La Hacienda - Comas*
Teléfono : Fijo : *3939175* Móvil : *990 862217*
E-mail : *lilasifuentes@gmail.com*

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : *Ingeniería*
Escuela : *Ingeniería Ambiental*
Carrera : *Ingeniería Ambiental*
Titulo : *Ingeniería Ambiental*

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado :

Mención :

Doctorado

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Sifuentes Rosario Lila Karina
.....
.....

Titulo de la tesis:

*Eficiencia del barro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales para la depuración de los purines de la porcicola comunal de Acopalca - Huari - Ancash - 2018*

Año de publicación : *2018*

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Sí autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : *[Firma]*

Fecha : *23-08-18*



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitización de tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Siquentes Rosario Lila Karina con DNI N° 71385369 domiciliado (a) en Av. Carabaylla No 747 urb. La Hacienda - Comas ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-I del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700267741 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitización de tesis

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Handwritten signature and name: Rosario Lila Karina



Lima, 23 de 08 de 2018

Handwritten signature