

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA**



TESIS

**“EFICIENCIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE
Schoenoplectus californicus (TOTORA) y *Nasturtion officinale*
(BERROS) SOBRE LOS CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES
DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE PORCINOS EN LA
CIUDAD UNIVERSITARIA DE PATURPAMPA-HUANCAVELICA-
2017”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y EL ECOSISTEMA DE
LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO CAMISEA**

PRESENTADO POR:

Bach. PUMA SARMIENTO, ALFREDO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

HUANCAVELICA-PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS



En la ciudad de Huancavelica, a los dieciocho días (18) del mes de enero del año 2021, siendo las nueve horas (9:00 a.m.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: **M.Sc. Jorge Luis HUERE PEÑA (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO (SECRETARIO)**, **M.Sc. Fernando Martín TORIBIO ROMÁN (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 101-2018-FCI-UNH, de fecha 20 de agosto del 2018, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: "EFICIENCIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE *Schoenoplectus californicus* (TOTORA) y *Nasturtion officinale* (BERROS) SOBRE LOS CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE PORCINOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PATURPAMPA-HUANCAVELICA-2017", presentado por el Bachiller **Alfredo PUMA SARMIENTO** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 10.10; se comunicó al sustentante y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

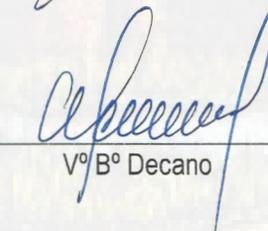
APROBADO POR MAYORIA
 DESAPROBADO

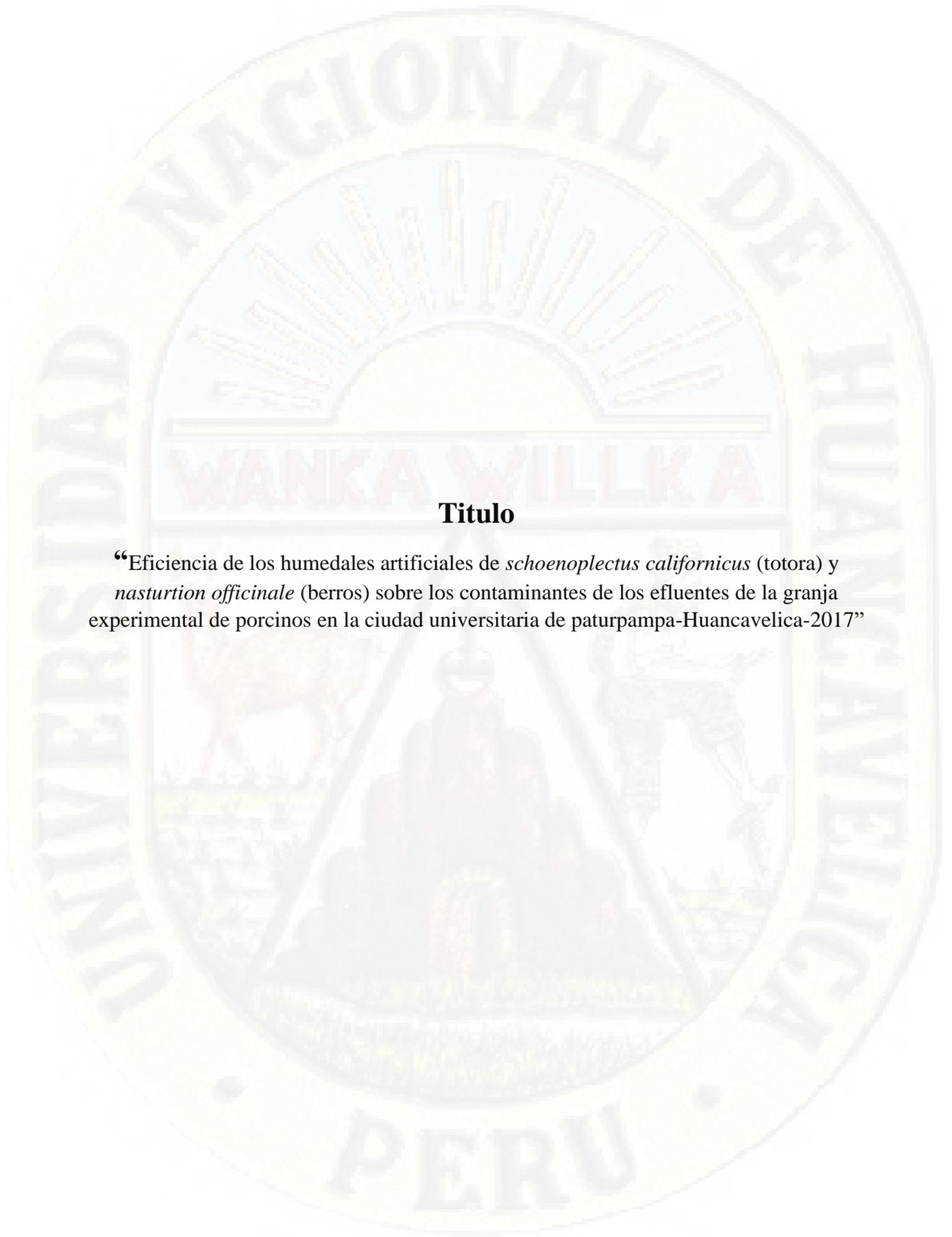
En señal de conformidad, firmamos a continuación:


 Presidente


 Secretario

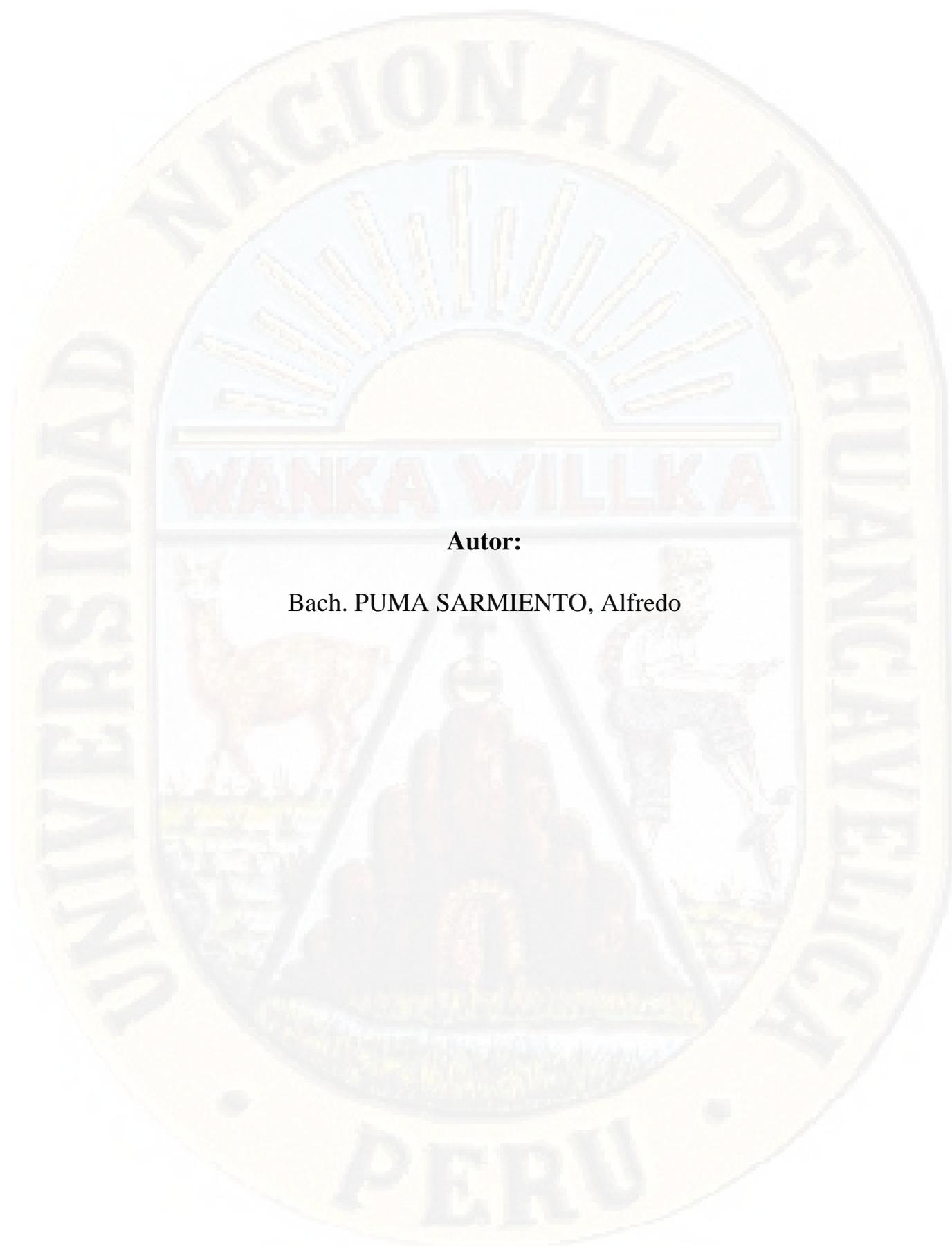

 Vocal


 Vº Bº Decano



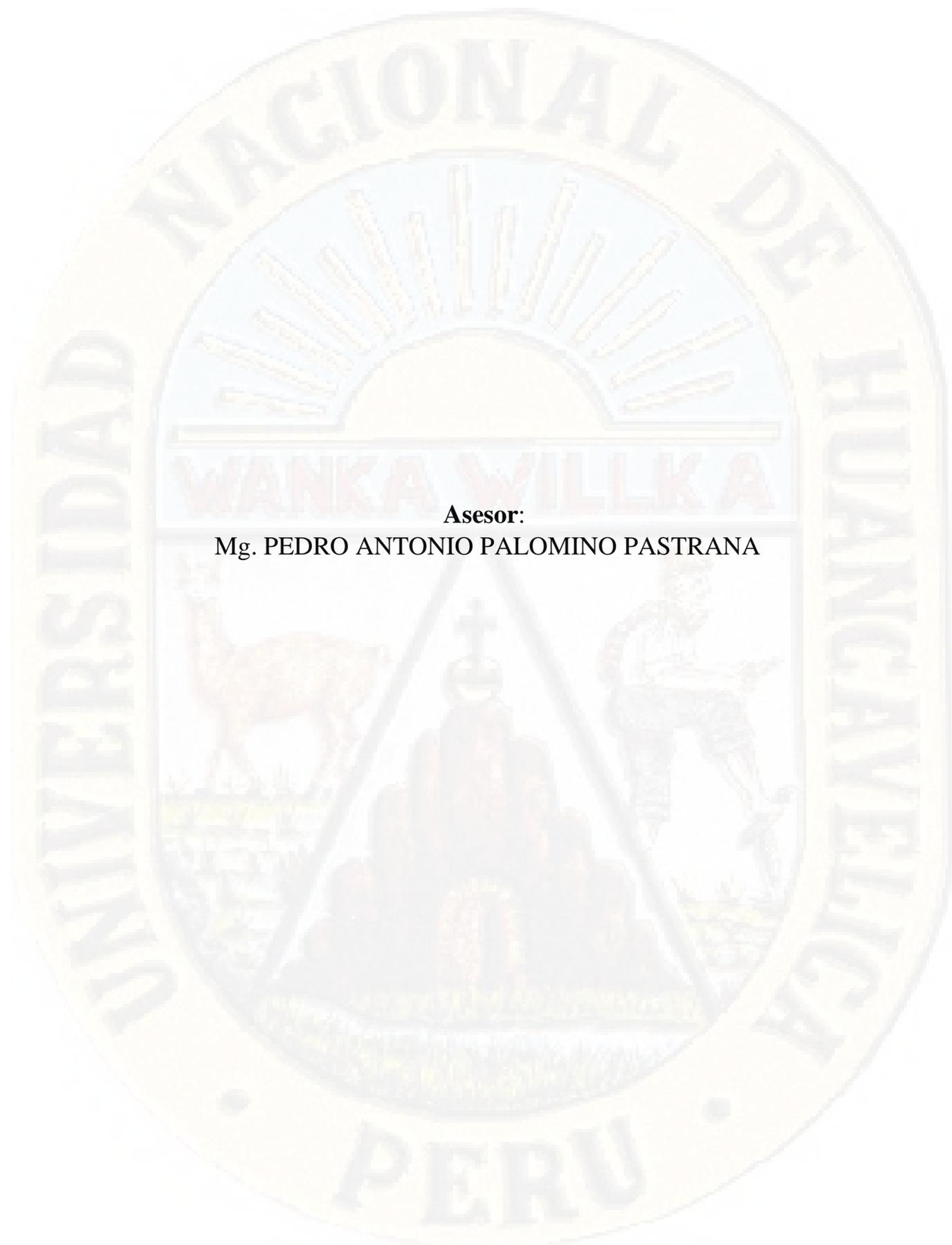
Título

“Eficiencia de los humedales artificiales de *schoenoplectus californicus* (totora) y *nasturtion officinale* (berros) sobre los contaminantes de los efluentes de la granja experimental de porcinos en la ciudad universitaria de paturpampa-Huancavelica-2017”



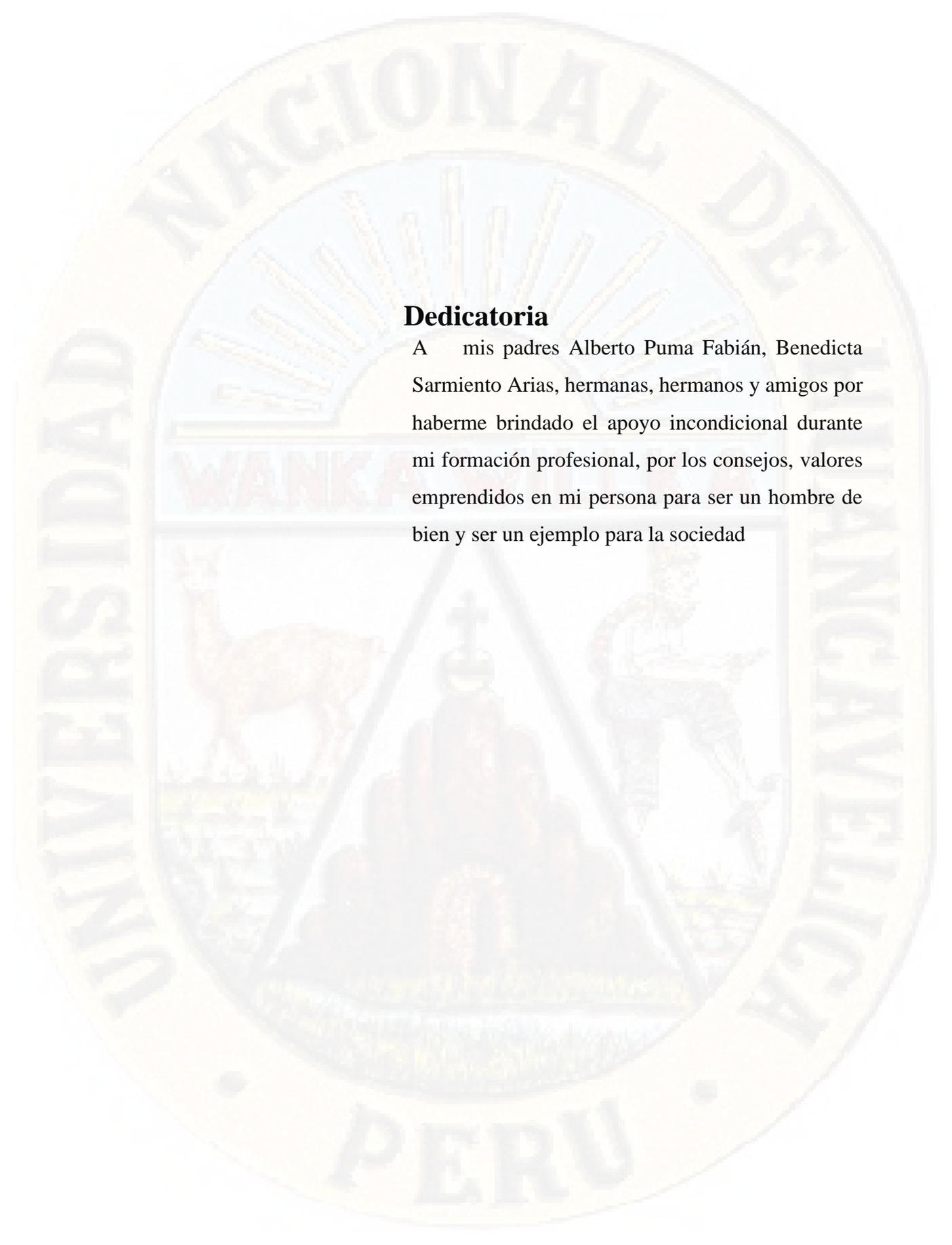
Autor:

Bach. PUMA SARMIENTO, Alfredo



Asesor:

Mg. PEDRO ANTONIO PALOMINO PASTRANA



Dedicatoria

A mis padres Alberto Puma Fabián, Benedicta Sarmiento Arias, hermanas, hermanos y amigos por haberme brindado el apoyo incondicional durante mi formación profesional, por los consejos, valores emprendidos en mi persona para ser un hombre de bien y ser un ejemplo para la sociedad

Agradecimiento

Agradecimiento a mi segunda casa que es la Universidad Nacional de Huancavelica – Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y a la plana de docentes que me dieron una formación académica para mi vida profesional.

A la Dra. Teresa Gonzales Huamán, por su apoyo y exigencia constante para desarrollar exitosamente esta investigación.

Al Ing Julio Daniel Enríquez Quispe por la ayuda incondicional para el desarrollo de esta tesis de investigación.

A la Ing. Lizet Miriam Guevara Román por su apoyo y capacitación en la determinación de demanda química de oxígeno (DQO) para el cumplimiento de mis objetivos trazados que contribuyeron en el desarrollo de la tesis.

Finalmente, a mi familia por su apoyo incondicional ante todo a mis padres por su apoyo y amor incondicional quienes son mi mayor admiración y seguir la vida profesional.

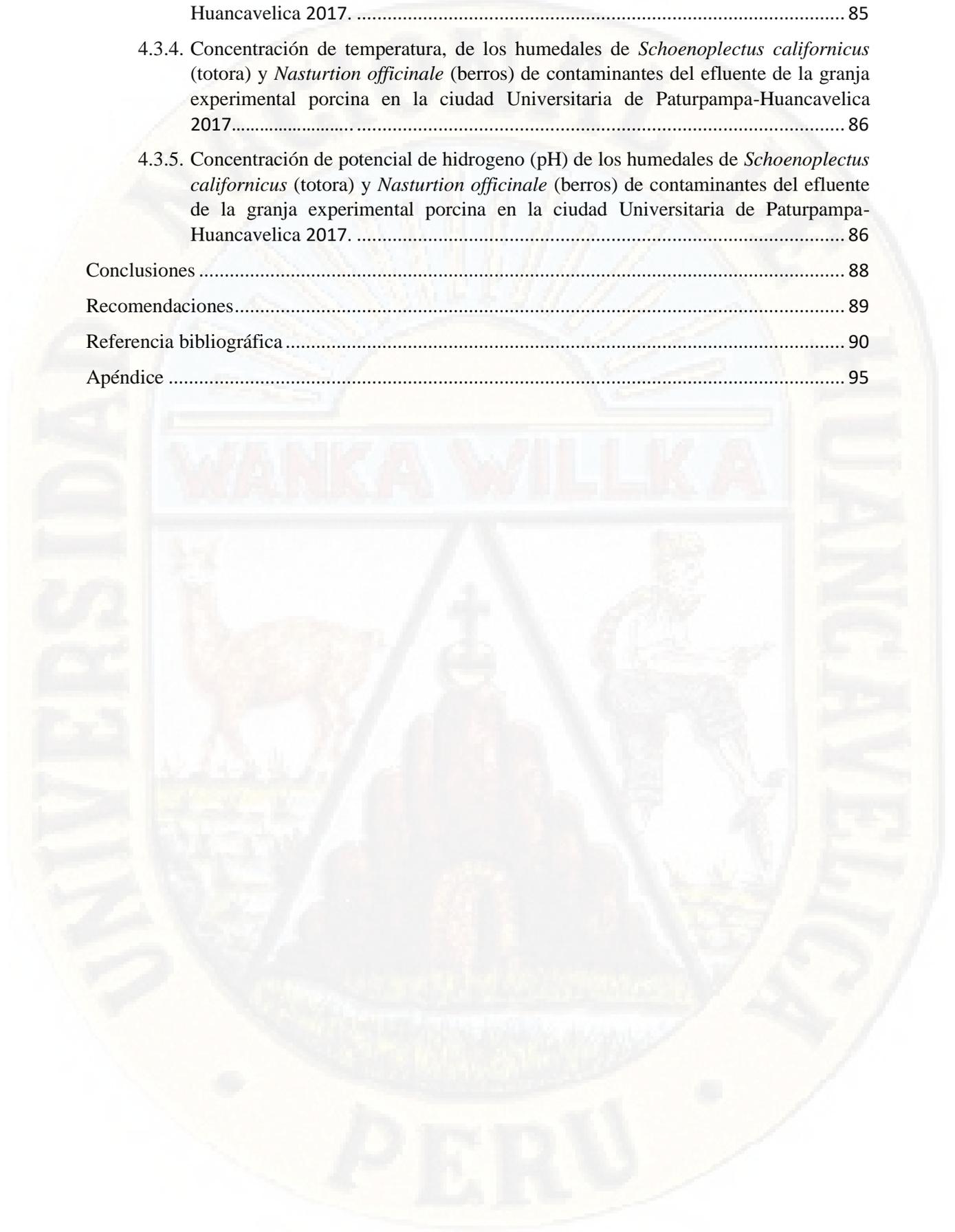
Índice

Título.....	iii
Autor:	iv
Asesor:.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice.....	viii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de apéndices.....	xvi
Resumen.....	xvii
Abstract	xviii
Introducción	xix
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivo Específicos	4
1.4. Justificación.....	4
1.4.1. Conveniencia.....	4
1.4.2. Relevancia social	4
1.4.3. Implicaciones practicas.....	5
1.4.4. Valor teórico.....	5
1.5. Limitaciones	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	10
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1 Teoría de la biopelícula	13
2.2.2 Teoría de la penetración.....	14
2.3. Bases conceptuales	15
2.3.1. Remoción de contaminante.....	15

2.3.2. Procesos no destructivos.....	16
2.3.3. Características físicas.....	17
2.3.4. Proceso aerobio.....	18
2.3.5. Proceso anaerobio.....	18
2.3.6. Temperatura.....	19
2.3.7. Conductividad eléctrica	20
2.3.8. Potencial hidrógeno (pH).....	20
2.3.9. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	21
2.3.10. Demanda química de oxígeno (DQO).....	21
2.3.11. Oxígeno disuelto.....	22
2.3.12. Humedales artificiales	22
2.3.13. Clasificación de los humedales artificiales.	23
2.3.14. Componentes del humedal	28
2.3.15. Consideraciones en el diseño del proceso	30
2.4. Hipótesis	37
2.5. Definición de Términos.	37
2.6. Definición operativa de Variables.	40
2.6.1. Variable Independiente	40
2.6.2. Variable dependiente.	40
2.6.3. Operacionalización de variable.....	41
CAPÍTULO III	42
MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. Ámbito temporal y espacial.....	42
3.1.1. Ámbito temporal	42
3.1.2. Ámbito espacial	43
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	44
3.2.1. Tipo de investigación	44
3.2.2. Nivel de investigación.....	45
3.3. Método de investigación	45
3.3.1. Método general.	45
3.3.2. Método específico	46
3.3.3. Diseño de investigación.....	46
3.4. Población y muestra	48
3.4.1. Población.....	48
3.4.2. Muestra.....	48
3.4.3. Muestreo.....	48

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	49
3.5.2. Instrumentos.....	50
3.5.3. Procedimiento de recolección de datos en campo.	50
3.5.4. Técnicas e instrumentos de laboratorio.	54
3.5.5. Técnicas para las pruebas experimentales	59
3.5.6. Métodos de análisis de parámetros físico – químico	59
3.5.7. Demanda química de oxígeno (DQO).	60
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	62
3.6.1. Técnica de análisis de datos	62
3.6.2. Procesamiento de análisis de datos	62
CAPÍTULO IV	63
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.1 Análisis de la información	63
4.1.1 Eficiencia de los humedales artificiales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	63
4.1.2 Eficiencia de los humedales artificiales de <i>Nasturtion officinale</i> (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	65
4.1.3 Concentración de demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH) del humedal de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora), de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	67
4.1.4 Concentración de oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH), del humedal de <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	69
4.2 Prueba de hipótesis	70
4.3 Discusión de resultados	82
4.3.1. Eficiencia de los humedales artificiales <i>Schoenoplectus Californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	82
4.3.2. Concentración de oxígeno disuelto (OD), de los humedales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.	84
4.3.3. Concentración de conductividad eléctrica (CE), de los humedales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente	

de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.	85
4.3.4. Concentración de temperatura, de los humedales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.....	86
4.3.5. Concentración de potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.	86
Conclusiones	88
Recomendaciones.....	89
Referencia bibliográfica.....	90
Apéndice	95



Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variable estudiado.....	41
Tabla 2 Cronograma de actividades para toma de muestras.....	42
Tabla 3 Cantidad de recolección de datos según el mes.....	47
Tabla 4 Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO).....	63
Tabla 5 Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO).....	65
Tabla 6 Estadística descriptiva de los parámetros químicos en los puntos de monitoreo.....	67
Tabla 7 Estadística descriptiva de los parámetros químicos en los puntos de monitoreo.....	69
Tabla 8 Test de normalidad para demanda química de oxígeno (DQO) de los humedales de <i>Schoenoplectus Californicus</i> (Totora) y <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).....	71
Tabla 9 Test de normalidad para oxígeno disuelto (OD) de los humedales de <i>Schoenoplectus</i> <i>Californicus</i> (Totora) y <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).....	72
Tabla 10 Test de normalidad para conductividad eléctrica (CE) de los humedales de <i>Schoenoplectus</i> <i>Californicus</i> (Totora) y <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).....	73
Tabla 11 Test de normalidad para temperatura (T) de los humedales de <i>Schoenoplectus Californicus</i> (Totora) Y <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).....	74
Tabla 12 Test de normalidad para potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de <i>Schoenoplectus</i> <i>Californicus</i> (Totora) y <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).....	75
Tabla 13 Prueba de Z-demanda química de oxígeno (DQO).....	78
Tabla 14 Prueba de Z-demanda química de oxígeno (DQO).....	80
Tabla 15 Base de datos de parámetros físico – químico ingreso hacia el tanque de almacenamiento.	97
Tabla 16 Base de datos de parámetros físico – químico (ingreso del tanque de almacenamiento hacia los humedales).....	98
Tabla 17 Base de datos de parámetros físico – químico (salida del humedal de berros).....	99
Tabla 18 Base de datos de parámetros físico – químico (salida del humedal de totora).....	101

Índice de figuras

Figura 1 <i>Glicocálix (Biopelícula)</i>	14
Figura 2 <i>Modelo de la teoría de la penetración</i>	15
Figura 3 <i>Esquema de un humedal de flujo superficial (HFS)</i>	25
Figura 4 <i>Esquema de un humedal de flujo subsuperficial vertical (HFSV)</i>	26
Figura 5 <i>Esquema de un humedal de flujo subsuperficial horizontal (HFSH)</i>	27
Figura 6 <i>Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con micrófitos</i>	28
Figura 7 <i>Mapa de ubicación geopolítica del proyecto</i>	43
Figura 8 <i>Muestras para el monitoreo</i>	49
Figura 9 <i>Esquema del sistema de tratamiento de los humedales artificiales</i>	50
Figura 10 <i>Tanque de regulación</i>	52
Figura 11 <i>Recipiente de muestra</i>	55
Figura 12 <i>Equipo multiparámetro para medir (Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto)</i>	56
Figura 13 <i>Equipos para determinar la demanda química de oxígeno (DQO)</i>	57
Figura 14 <i>Equipos para determinar la demanda química de oxígeno (DQO)</i>	57
Figura 15 <i>Toma de muestra in situ con el multiparámetro portátil</i>	58
Figura 16 <i>Calibración del multiparámetro portátil</i>	60
Figura 17 <i>Digestor para las muestras</i>	61
Figura 18 <i>Toma de lectura con el colorímetro portátil</i>	61
Figura 19 <i>Test de normalidad de la demanda química de oxígeno (DQO) presenta cuantiles normales</i>	71
Figura 20 <i>Test de normalidad del oxígeno disuelto (OD) presenta cuantiles normales</i>	72
Figura 21 <i>Test de normalidad de conductividad eléctrica (CE) presenta cuantiles normales</i>	73
Figura 22 <i>Test de normalidad de temperatura (T) presenta cuantiles normales</i>	74
Figura 23 <i>Test de normalidad de potencial de hidrogeno (pH) presenta cuantiles normales</i>	75
Figura 24 <i>Valores críticos “Z” para aceptar o rechazar la hipótesis nula (Ho), en términos de demanda química de oxígeno (DQO)</i>	79
Figura 25 <i>Valores críticos “Z” para aceptar o rechazar la hipótesis nula (Ho), en términos de demanda química de oxígeno (DQO)</i>	81
Figura 26 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro demanda química de oxígeno del humedal de totora</i>	103
Figura 27 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro oxígeno disuelto del humedal de totora</i>	103
Figura 28 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro conductividad eléctrica del humedal de totora</i>	104
Figura 29 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro temperatura del humedal de totora</i>	104
Figura 30 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro pH del humedal de totora</i>	105
Figura 31 <i>Comparación de la media del antes y después del parámetro demanda química de oxígeno del humedal de berros</i>	105

Figura 32 Comparación de la media del antes y después del parámetro oxígeno disuelto del humedal de berros.....	106
Figura 33 Comparación de la media del antes y después del parámetro conductividad eléctrica del humedal de berros.	106
Figura 34 Comparación de la media del antes y después del parámetro temperatura del humedal de berros.....	107
Figura 35 Comparación de la media del antes y después del parámetro de pH Del humedal de berros-.....	107
Figura 36 Distribución de la temperatura para la especie <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).	108
Figura 37 Distribución del pH para la especie <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).	108
Figura 38 Distribución de oxígeno disuelto para la especie <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).	109
Figura 39 Distribución de la conductividad eléctrica para la especie <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros)..	109
Figura 40 Distribución de DQO para la especie <i>Nasturtion Officinale</i> (Berros).	110
Figura 41 Distribución de la temperatura para la especie <i>Shoenoplectus californicus</i> (totora).	110
Figura 42 Distribución del pH para la especie <i>Shoenoplectus Californicus</i> (Totora).	111
Figura 43 Distribución del oxígeno disuelto para la especie <i>Shoenoplectus Californicus</i> (Totora).	111
Figura 44 Distribución de la conductividad eléctrica para la especie <i>Shoenoplectus californicus</i> (totora).	112
Figura 45 Distribución del DQO para la especie <i>Shoenoplectus Californicus</i> (Totora).	112
Figura 46 Corte de malezas para la excavación de la plataforma.	113
Figura 47 Habilitación de plataforma para la construcción de los humedales.....	113
Figura 48 Provisión de material para la construcción de los humedales.	114
Figura 49 Acarreo de materiales de construcción.....	114
Figura 50 Vaciado del solado de los humedales.	115
Figura 51 Proceso constructivo de las pozas de los humedales.	115
Figura 52 Impermeabilización de las pozas.	116
Figura 53 Traslado de grava con maquinaria para el lecho filtrante de los humedales.....	116
Figura 54 Llenado de agua para la prueba hidráulico de las pozas.	117
Figura 55 Instalación del tanque de almacenamiento.	117
Figura 56 Techado de los humedales.	118
Figura 57 Cerdos al inicio del proyecto con los cuales se trabajó.....	118
Figura 58 Ingreso de las aguas residuales hacia la cámara de reja gruesa adaptado.	119
Figura 59 Cámara de reja fina adecuado.....	119
Figura 60 Adaptación de los berros en el sistema.	120
Figura 61 Adaptación de la totora en el sistema.	120
Figura 62 Buffer para el ajuste de la sonda del pH metro.	121
Figura 63 Ajuste del multiparámetro portátil.....	121
Figura 64 Inicio de monitoreo INSITU al ingreso del afluente.....	122
Figura 65 Inicio de monitoreo a la salida del efluente.....	122
Figura 66 Verificación de los datos en el multiparámetro portátil.	123

Figura 67 <i>Medición de parámetros con multiparámetro en el laboratorio.</i>	123
Figura 68 <i>Digestación de muestra para determinar DQO.</i>	124
Figura 69 <i>Traslado del digestor hacia la gradilla para que enfríe y realizar la lectura.</i>	124
Figura 70 <i>Muestras digestadas.</i>	125
Figura 71 <i>Medición de DQO de las muestras en el colorímetro portátil.</i>	125
Figura 72 <i>mantenimiento de los humedales después de 3 meses de funcionamiento.</i>	126
Figura 73 <i>Crecimiento de las plantas durante el funcionamiento del sistema.</i>	126
Figura 1 <i>Equipo con su respectiva etiqueta de calibración</i>	128



Índice de apéndices

Apéndice 1 <i>Matriz de consistencia</i>	96
Apéndice 2 <i>Base de datos</i>	97
Apéndice 3 <i>Figuras de comparación de medias por cada parámetro del humedal subsuperficial de totora</i>	103
Apéndice 4 <i>Figuras de comparación de medias por cada parámetro del humedal subsuperficial de totora</i>	105
Apéndice 5 <i>Distribución de los parámetros</i>	108
Apéndice 6 <i>Panel fotográfico</i>	113
Apéndice 7 <i>Documentos de instrumentos</i>	113

Resumen

La investigación se realizó mediante tratamiento de biorremediación de humedales artificiales de flujo subsuperficial de *Shoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros), el sistema estuvo compuesto de una cámara de rejillas gruesa, cámara de rejillas fina, tanque de almacenamiento de 1100 litros, tanque de regulación, para proteger el área de estudio se construyó el techo para evitar que las aguas de lluvias no interfieran en el caudal de ingreso y salida de las aguas residuales porcícolas proveniente de la graja experimental porcícola de la Escuela Profesional de Zootecnia ubicada dentro del campus universitario de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se evaluó la eficiencia de remoción de la carga orgánica mediante humedales artificiales para lo cual se utilizó *Shoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) para determinar la cantidad de la materia orgánica removido por los humedales artificiales se utilizó los equipos (digestor y el colorímetro portátil Hach-DR900), Los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno (DQO) se utilizó el los equipos mencionados, los valores obtenidos promedios para el humedal artificial de la totora fue 78.88% y para el humedal artificial de berros la demanda química de oxígeno (DQO) fue 78.91%. Mediante el multiparámetro portátil Hach modelo HQ40 se determinó los promedios de entrada y salida del oxígeno disuelto de las aguas residuales en los humedales artificiales encontrando los valores promedios en la totora 1.11 a 8.25 mg/l y para berros 1.11 a 3.07 mg/l. Para medir la conductividad eléctrica se utilizó el multiparámetro portátil los valores de entrada y salida de los humedales artificiales de totora de 843.19 a 534.98 mg/l y del berro 843.19 a 642.48 mg/l. para medir la temperatura se utilizó el multiparámetro portátil los valores de entrada y salida de los humedales artificiales de totora es de 13.49 a 13.49 °C y del berro 13.49 a 13.32 °C, Para medir la pH se utilizó el multiparámetro portátil los valores de entrada y salida de los humedales artificiales de totora 6.74 a 7.36 y del berro 6.74 a 7.29.

Palabras clave: remoción de la carga orgánica, tiempo de retención, tanque de regulación, demanda química de oxígeno

Abstract

The research was carried out by means of bioremediation treatment of artificial subsurface flow wetlands of *Shoenoplectus californicus* (cattail) and *Nasturtium officinale* (watercress), the system was composed of a thick grid chamber, fine grid chamber, 1100-liter storage tank, regulation tank, to protect the study area, the roof was built to prevent rainwater from interfering in the inflow and outflow of pig wastewater from the experimental pig farm of the Professional School of Zootechnics located within the university campus of the National University of Huancavelica. The efficiency of removal of the organic load through artificial wetlands was evaluated for which *Shoenoplectus californicus* (cattail) and *Nasturtium officinale* (watercress) were used to determine the amount of organic matter removed by the artificial wetlands, the equipment (digester and the Hach-DR900 portable colorimeter), The results obtained from the removal efficiency of chemical oxygen demand (COD) was used in the mentioned equipment, the average values obtained for the artificial wetland of the totora was 78.88% and for the artificial wetland of watercress chemical oxygen demand (COD) was 78.91%. By means of the portable multiparameter Hach model HQ40, the averages of entry and exit of the dissolved oxygen of the wastewater in the constructed wetlands were determined, finding the average values in the cattail 1.11 to 8.25 mg / l and for watercress 1.11 to 3.07 mg / l. In order to measure the electrical conductivity, the portable multiparameter was used the input and output values of the reed artificial wetlands from 843.19 to 534.98 mg / l and of the watercress 843.19 to 642.48 mg / l. To measure the temperature, the portable multiparameter was used, the input and output values of the artificial reed wetlands are from 13.49 to 13.49 °C and for watercress 13.49 to 13.32 °C. The portable multiparameter was used to measure the input and output values of the artificial reed wetlands 6.74 to 7.36 and watercress 6.74 to 7.29.

Keywords: organic load removal, retention time, buffer tank, chemical oxygen demand

Introducción

Los problemas de la contaminación del agua superficial son causados por falta de tratamiento de las aguas residuales provenientes de las granjas porcícolas. Existe escasa información de tratamientos de aguas mencionadas, que son fuentes de contaminación muy relevantes a nivel internacional, nacional y local. Urge la necesidad de realizar investigación de nuevas tecnologías accesible para el tratamiento de agua contaminadas que mitiguen el vertimiento de las aguas residuales a los cuerpos receptores.

Para el tratamiento de aguas residuales porcícolas existen dos tipos de humedales artificiales de flujo sub superficial con las plantas de totora y berros.

Se tuvo como objetivo comprobar la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

Se realizó el monitoreo de aguas residuales a diario en tres puntos: en el afluente que es el ingreso a las unidades de tratamiento, el siguiente es los efluentes de los tipos de humedales artificiales. Se realizó el monitoreo de parámetros de campo con un multiparámetro marca HACH modelo HQ40.

Para determinar la diferencia estadística y determinar cuál de los humedales es más eficiente, se realizó la prueba de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA)- Prueba de medias de TUKEY.

La presente tesis de grado pretende comprobar que el tratamiento de aguas residuales porcícolas específicamente en humedales artificiales de tipo sub superficiales de flujo horizontal tiene la ventaja de operación y mantenimiento, los costos son mínimos para el tratamiento secundario de los efluentes de aguas residuales de tipo industrial de las granjas de porcinos también se utilizan en diferentes tipos de aguas residuales.

El presente trabajo se estructuró de forma general en los siguientes **Capítulos I:** problema, donde se verifico los problemas a nivel internacional, nacional y local para plantear el problema de la investigación; **Capítulo II:** Marco Teórico, donde se describió los antecedentes utilizados en la investigación; **Capítulo III:** Metodología de la investigación, es donde se define y sistematizar un conjunto de técnicas, métodos y procedimiento durante el desarrollo de la investigación; **Capítulo IV:** Discusión de resultados; es donde se realizó la interpretación de los resultados y las conclusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los problemas ambientales e impacto ambiental se producen en las ganaderías porcina y vacuna, en las que las estabulaciones con cama que producían estiércoles sólidos han sido sustituidas, gradualmente al principio y más rápidamente después, por los sistemas de emparrillados o “*slats*” con fosa inferior y por la limpieza de las naves con agua a presión. Este hecho lleva a la aparición de un nuevo tipo de estiércol: el purín, constituido fundamentalmente por una mezcla de las deyecciones sólidas y líquidas de los animales, materiales usados en la estabulación, restos de alimentos y agua de limpieza y de lluvia si son acumulados en el exterior (Blanco 2014).

Los purines de cerdo son una fuente de múltiples constituyentes minerales: macro elementos primarios o nutrientes (N, P, K), secundarios (Mg, Ca, Na) y oligoelementos (Cu, Zn, Mn, Fe, S, B, Mo). La disponibilidad de macro elementos del purín para los cultivos es buena (N, P) incluso comparable a los abonos minerales. Debido a su poder fertilizante la aplicación de estos residuos sobre el terreno es una práctica habitual (Blanco, 2014).

La aplicación excesiva o en periodo desfavorable (fuerte pluviometría) de purín sobre el terreno puede implicar pérdidas de nitrógeno y fósforo por percolación y escorrentía hacia los cuerpos de agua superficiales y subsuperficiales. Este exceso de nutrientes produce una proliferación de biomasa que, debido a la respiración nocturna y los procesos de descomposición, disminuye drásticamente el contenido de oxígeno en el ecosistema, afectando por igual a fauna y vegetación. Este proceso es conocido como eutrofización (Blanco, 2014).

El estado de Yucatán es un importante productor de cerdos y aves a nivel nacional, tomando en consideración esto es un hecho que las granjas porcícolas y avícolas

pueden representar una importante fuente de contaminación del agua porque las excretas de los cerdos y las aves se descargan sin ningún tratamiento al manto freático. El objetivo de los investigadores es conocer cuáles son las zonas de mayor potencial a sufrir la contaminación del manto freático en el estado de Yucatán (Mora *et al.* 2014).

El abono mediante purines, que constituía una forma tradicional de eliminación controlada en tierras de cultivo, y que fomentaba el desarrollo sostenible de las dos actividades (ganadera y agrícola), ha pasado a transformarse, tras el gran desarrollo de una de ellas, en una acumulación incontrolada del exceso de residuos ganaderos en tierras, que pasan a ser vertederos, más que parcelas de cultivo, lo que ha hecho necesario el planteamiento de otros sistemas de gestión de purines, que se adecuen al grado de desarrollo actual de ambas actividades de forma ambientalmente correcta. Como consecuencia de ello, se podrían ocasionar graves problemas de contaminación por acumulación de nitratos en los acuíferos presentes en el subsuelo, o de los ríos y corrientes superficiales, por la lixiviación de estos compuestos, no fijados como nutrientes debido al actual exceso, y a las condiciones en que se encuentran. Además, debido a la mala praxis en la aplicación agrícola de este tipo de subproducto se añade el aumento de olores desagradables característicos de estos subproductos (Caballero, 2013).

El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remover nitrógeno y fósforo del agua residual (Arévalo, 2010).

La acción del hombre sobre la naturaleza con el afán de satisfacer sus necesidades es decir buscar su bienestar, ha logrado Impactar al Medio Ambiente es decir generar contaminación ambiental, la misma que se ha venido incrementando con una mayor dinámica a partir de la mitad del siglo pasado, esta dinámica de interacción de la naturaleza con la esfera económica y cultural de nuestra sociedad, es un proceso dinámico que cuenta con muchas variables que lamentablemente no han logrado su control, a pesar de que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), busca lograr el “desarrollo sostenible”.

Es una práctica común en nuestro país utilizar los cursos naturales de aguas para la disposición final de los desagües domésticos, contaminando estos cursos causando más de una vez la reducción de la vida acuática con el consiguiente impacto ambiental, peor aun cuando el recurso hídrico es escaso y este no es aprovechado racionalmente de tal manera que se apliquen las técnicas pertinentes para reutilizar los desagües una vez que estos sean tratados y acondicionados a la calidad para su uso en el riego, o de disposición final y eliminar el impacto (Baca, 2012).

Las aguas residuales de la granja experimental porcicola de la Universidad Nacional de Huancavelica, son vertidas directamente a la parte inferior de la granja formando lodazal y mediante su descomposición de la materia orgánica emana olores nauseabundos, estas aguas mediante la lixiviación estarían contaminando el rio Taccsanapampa alterando la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH). Se plantea mitigar la contaminación y los malos olores mediante el diseño de humedales artificiales de flujo sub superficial con *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

1.3.2. Objetivo Específicos

- a) Determinar nivel de concentración de la demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH) del humedal de *Schoenoplectus californicus* (totora), de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.
- b) Determinar nivel de concentración de demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH), del humedal de *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

1.4. Justificación

El presente proyecto propone una alternativa de solución al problema de contaminación ocasionado por el efluente de la granja experimental porcina para evitar el vertimiento de estas aguas residuales porcícola al rio Taccanapampa, debido a que estas aguas son utilizadas por la población Huancavelicana, para el uso doméstico y evitar la alteración del ecosistema de la zona.

1.4.1. Conveniencia.

La conveniencia de la investigación será para una futura información para los problemas que ocasionan este tipo de aguas residuales porcícolas puedan ser tratadas mediante humedales artificiales, la operación y mantenimiento de los humedales son de menor costo y sostenibles, este tipo de aguas porcícolas son contaminantes para el suelo, aire, agua donde son vertidos y estos cuerpos receptores van alterando sus componentes naturales.

1.4.2. Relevancia social.

La trascendencia será una base de datos más para la mejora continua de estos tratamientos que se realizará en la siguiente investigación por tanto con una mejora del ambiente y la salud población porque ellos ya tendrán una base de datos a nivel regional y local.

La siguiente investigación se basa en estudios realizados a nivel internacional, nacional y a nivel local no se encontró antecedentes sobre el tema. El presente trabajo se realizó para mitigar la contaminación del

suelo, agua y aire, estos cuerpos receptores sufren alteraciones ambientales, el afecto negativo que produce estos tipos de vertimiento a los cuerpos receptores, es importante el monitoreo de agua residuales los cuales nos confirmen el grado de contaminante y cuáles serían los impactos negativos que tendría el ambiente.

1.4.3. Implicaciones practicas

El problema que ayudo a resolver es el tratamiento adecuado de las aguas residuales porcícolas provenientes de la granja experimental de porcinos de Paturpampa para su disposición al cuerpo receptor sin ocasionar daño alguno y no sean alterados ya que este tipo de aguas residuales porcícolas en otros países como Colombia, Brasil, etc. están siendo tratadas adecuadamente y no alteran el ambiente.

1.4.4. Valor teórico

El vacío de conocimiento se da a causa de que en la localidad no hubo ningún tipo de investigaciones referente al tema y con la investigación realizada se hizo las pruebas necesarias para ver los resultados ya que es de tipo cuantitativo y de acuerdo a estos resultados se podrán hacer comparaciones con los antecedentes que se usa como referencia y apoyarnos a las teorías dadas respecto al tema, se verá el comportamiento de las variables y sus indicadores según el avance de la investigación lo cual servirá para futuras investigaciones.

1.5. Limitaciones

El presente trabajo de investigación se realizó en la Granja Experimental de Porcino de la Universidad Nacional de Huancavelica que se encuentra en el departamento de Huancavelica por tanto la investigación se limita en un espacio geográfico que si bien el tratamiento en aguas residuales de porcinos en remoción de la materia orgánica depende de la temperatura y el tipo de planta a utilizar no es igual que realizar en otras zonas geográficas con climas más cálidos y diferentes plantas acuáticas.

El periodo de evaluación y obtención de muestras en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se realizó desde diciembre del 2018, hasta febrero del 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Romero *et al.* (2015), en la tesis; Evaluación de un sistema de Biorremediación de aguas residuales porcícola en la finca el Porvenir, Vereda Suncunchoque, sector la Laja, Ubaté Cundinamarca, para su reutilización con fines agroambientales. La temperatura promedio de la vereda es aproximada a los 13,5 °C, con una altura de 2559 m.s.n.m., su clima es clima frío en la parte baja de la cuenca Ubaté. Los análisis fisicoquímicos realizados arrojaron una efectividad aproximada de 74% frente al cumplimiento del decreto 1594 de 1984 y la Resolución 1207 del 2014 y una efectividad de cambios significativos y positivos del Sistema de Biorremediación de un 87%. El biodigestor realiza una Biorremediación microbiana elimina la materia orgánica además de estabilizar la demanda biológica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO). Observaron un cambio significativo en la variación del pH, influyendo directamente en el resultado final de los parámetros obtenidos ya que muchos de los microorganismos y plantas requieren condiciones específicas para su trabajo.

Según De la Mora *et al.* (2014), en la tesis; Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. La evaluación se llevó a cabo mediante el monitoreo de parámetros importantes en calidad del agua como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el Nitrógeno Total (NT) y el Fosforo Total (FT). Se instalaron dos humedales, uno de flujo laminar o superficial y un humedal en serie, el cual consiste en un humedal de flujo superficial, un sedimentador intermedio y un humedal subsuperficial. Los porcentajes de remoción de DQO, NT y FT obtenidos en el humedal de flujo laminar con 10 días de TRH, se muestra. El DQO el influente presentó

concentración promedio de 745.1, con una desviación estándar de 97.1. Mientras que la concentración de DQO el efluente correspondió a una media de 193.3, con una desviación estándar de 19.9. La remoción promedio observada correspondió al 73.5 %. De acuerdo a la literatura consultada, se evidencia la importancia del tipo de sustrato y vegetación utilizada para la construcción de los sistemas.

Según Blanco (2014), en su tesis doctoral; Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas. La combinación de los dos tipos de unidades ha permitido un tratamiento de la materia orgánica promedio elevado y estable para todo el sistema. Las concentraciones promedio de salida de SST, DBO5 y DQO se han encontrado por debajo de los valores límite de emisión establecidos en el Real Decreto 849/1986 (80, 40 y 160 mg L⁻¹ respectivamente). Los sistemas de flujo combinado son capaces de tratar eficientemente los sólidos en suspensión y la materia orgánica de la fracción líquida de los purines de cerdo con unos índices de eliminación promedio comparables a los presentes en la bibliografía. La reducción progresiva de las cargas de contaminantes aportadas al sistema ha permitido alcanzar las concentraciones de fondo de SST y DBO5 en este tipo de sistemas, aunque no se ha alcanzado para la DQO.

Según Duque y Ardila (2014), en el proyecto de grado; Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como postratamiento de aguas residuales de una porcícola. La Demanda Química de Oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida, mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Se observó que ambos humedales cumplen con remociones altas dada la materia orgánica que trato en el agua residual, pero se concluye que de manera general para el tratamiento de aguas residuales provenientes de porcicola es mejor una unidad de tratamiento como el humedal convencional, ya que dada su construcción soporta altas concentraciones de materia orgánica contaminante, y su proceso de saturación es lento, lo cual hace que tenga grandes remociones en función del tiempo.

Según Toledo y Duchicela (2014), en la tesis; Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totora -Achira implementadas en Biofiltros para agua de riego en Punín 2013. Determinar la eficiencia de las especies vegetales, Totora y Achira implementadas en biofiltros para obtener agua de riego a partir de aguas grises generadas en las comunidades. En el análisis respectivo, se puede observar que la especie vegetal con mayor remoción de carga contaminante es la Achira, siendo a nivel de la comunidad más eficiente que la totora en un 8.5%, a nivel de laboratorio más eficiente que la totora en un 3.2%. Con el respectivo análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante test t-student, 0,486 para comunidad y 0,316 en laboratorio, no se evidencian diferencias significativas, determinando que las especies Totora y Achira tienen eficiencias de remoción relativamente similares.

Según Caballero (2013), en la tesis doctoral; Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero humedales artificiales. Según los resultados obtenidos sobre el purín bruto ha provocado unas variaciones con respecto a los parámetros estudiados. Por un lado, ha provocado un descenso de T del 7%, de CE del 19%, de STS del 89%, de SS del 100%, de STD del 19%, de DBO5 del 90%, de DQO del 91%. Existen diferencias significativas entre los humedales de una capa y dos capas de grava para el pH, la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días. El uso de humedades con una sola capa de 80 cm de grava calcárea hizo posible una mejor eliminación de demanda bioquímica de oxígeno en cinco días. Existen diferencias significativas entre los humedales sin planta, y de densidades de 5 plantas/m² y 10 plantas/m² para el pH, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión y totales disueltos, demanda química y bioquímica de oxígeno en cinco, etc. Existen diferencias significativas entre los humedales sin planta, y de densidades de 5 plantas/m² y 10 plantas/m² para el pH, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión y sólidos disueltos, demanda química de oxígeno en cinco días, fósforo total, cobre, zinc, cloruro, bromuro, sulfato, sodio, potasio, calcio, coliformes totales y fecales y estreptococos fecales.

En el artículo científico planteado por Arias et al. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. En el sistema la remoción de materia orgánica fue rápida gracias a la deposición y

filtración en cada uno de los subsistemas. Cerca del 35% de la DBO aplicada es removida en el S1 del humedal (esta materia orgánica es descompuesta aeróbica y anaeróbicamente) y el resto se encuentra en estado disuelto o en forma coloidal. Igualmente continúa siendo removida del agua residual al entrar en contacto con los microorganismos que crecen en los dos subsistemas siguientes, donde al final del S3 se presenta una remoción superior al ochenta por ciento. Las plantas que se seleccionan para los humedales artificiales deben estar acordes con el clima y las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas que se van a tratar debido a la presencia de componentes que hacen difícil la sobrevivencia de las plantas y del sistema de filtro biogeoquímico. Los medios filtrantes deben ser inertes y poseer condiciones que no aporten nutrientes, color o cambios en los parámetros fisicoquímicos de las aguas tratadas. Los humedales artificiales al combinar medios filtrantes y diferentes tipos de plantas logran las remociones de DBO5 y SST en las cantidades exigidas por la norma ambiental (mínimo un 80 %) siempre y cuando se realicen las pruebas piloto.

Según Arévalo y Zambrano (2007), en la tesis planteado; Implementación de un sistema auto sostenible en la granja agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas. De los resultados de laboratorio se obtuvo inicialmente una concentración de 14236 mg/l a la entrada del biodigestor. Posteriormente caracterizado el efluente del biodigestor, se obtuvo una concentración de 2477 mg/l en el primer mes de caracterización, dando como resultado una eficiencia de remoción en carga del 83%. El rendimiento para la DQO en el biodigestor fue muy positivo, alcanzando una eficiencia de remoción en carga del 84% para el primer muestreo. La tabla de caracterización muestra una tendencia al mejoramiento desde M1 hasta M3 como consecuencia de la estabilización en el sistema con una eficiencia del 86%. En el sistema implementado, se obtuvieron eficiencias de remoción en concentraciones de DBO, DQO y SST entre el 89 y 93%. El método utilizado es haciendo el diseño y se construyó un humedal artificial (modelo flujo pistón) de tipo subsuperficial, con junco (*Scirpus californicus*) vegetación predominante al lugar de estudio.

Según la revista científica planteado por Martínez *et al.* (2010), Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Como se puede advertir son aguas con un alto contenido de

materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno total, sulfatos y potasio entre otros. Las especies seleccionadas para la pre experimentación fueron identificadas y recolectadas en los humedales naturales ubicados en las laderas del río Aburrá en la vereda la Clara del municipio de Caldas, Antioquia la vermiculita y la arena. Sus ventajas son: Poseer mayor capacidad de retención hidráulica lo que favorece mayor remoción de la DBO. Ser los medios donde las plantas tuvieron mejor adaptación y desarrollo de raíz, tallo y hojas. Cerca del 35% de la DBO aplicada es removida en el S1 del humedal (esta materia orgánica es descompuesta aeróbica y anaeróbicamente) y el resto se encuentra en estado disuelto o en forma coloidal.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Díaz y Valdivia (2018), en la tesis; Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas – Cajamarca, 2018. Logró identificar que los parámetros analizados varían de acuerdo al tiempo de retención, en el caso de la turbiedad, sólidos disueltos totales y conductividad fue de manera decreciente, el pH tuvo un pequeño aumento y la temperatura disminuyó, en los sólidos suspendidos totales fue de manera irregular, puesto que los humedales 1 y 3 aumentaron en las 24 y 48 horas, pero disminuyeron en las 72 y 96 horas, por otro lado en el humedal 2 se incrementó la concentración; en el caso de la demanda bioquímica de oxígeno hay un incremento hasta las 72 horas y a las 96 horas disminuyó; para la demanda química de oxígeno en el humedal 1 y 2 aumentó hasta las 72 horas y luego empieza a disminuir, en el humedal 3 se incrementó hasta las 48 horas pero disminuyó en las 72 y 96 horas.

Según Sifuentes (2018), en la tesis; 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. Menciona que 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%, conductividad eléctrica (CE)= 61.8%, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) =34.7% y Ntotal= 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.

Según Raymundo (2017), en su tesis; Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta – Sapallanga. Concluye que los parámetros físicos, químicos y biológicos inciden favorablemente en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el barrio de Mallqui. La temperatura promedio del barrio de Mallqui es de 20.4 °C. Temperatura que interviene favorablemente en la degradación biológica (remoción de DBO_5 , nitrificación y desnitrificación), asimismo interviene favorablemente en el desarrollo del vegetal totora (*Typha*).

Según Huamán y Rumaja (2017), Se caracterizó la morfología interna de raíz y parte aérea (tallos y hojas) de las especies vegetales *Nasturtium officinale* (Berro) e *Hydrocotyle ranunculoides* (Matecillo) antes y después de la experimentación, mediante cortes histológicos, encontrándose alteraciones 101 a nivel de la pared celular y organización de tejidos a medida que la concentración de mercurio incrementa, hasta llegar a una senescencia celular. También se evaluó también la morfometría de las especies vegetales *Nasturtium officinale* (Berro) e *Hydrocotyle ranunculoides* (Matecillo), encontrándose que la longitud de raíz, tallo y hojas disminuyeron significativamente. La presencia o ausencia de estos síntomas visuales dependen del tiempo de exposición y de la concentración de mercurio.

Según Tito (2015), en la tesis; Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie paraguaitas *Cyperus alternifolius* en humedales artificiales, urbanización Zárate –San Juan de Lurigancho 2015. El agua residual luego de ser tratada en el humedal artificial con la especie *Cyperus alternifolius*, cumple con los parámetros DQO y SST exigidos por la legislación ambiental peruana para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Según Lapa (2014), En la tesis; Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria- UNSCH- 2014, menciona que la especie acuática a usarse es la totora, la misma que se adopta a la zona y contribuirá en el aporte de oxígeno y tratamiento de nutrientes como el Nitrógeno y otros y además tendrá una eficiencia de depuración en metales pesados de 85% y en coliformes y bacterias de 99.90%). La especie mencionada son plantas de climas templadas que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4 a 9). La temperatura medía óptima para su desarrollo está dentro del intervalo de 16°C a 27°C.

Según Baca (2012), en la tesis; Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona. La DBO₅ removida de los efluentes domésticos en el humedal piloto de Flujo Subsuperficial, alcanzó el 90.71%, (entre el rango: entrada 140 mg/l y salida 13 mg/l), siempre para un residual por debajo de los límites de la clase III, (15 mg/l). Los SST removidos de los efluentes domésticos en el humedal piloto de Flujo Subsuperficial, alcanzó el 90.90 %, (entre el rango: entrada 110 mg/l y salida 10.7 mg/l), limite ajustado para el diseño del humedal (10 mg/l), mientras el LMP de la clase III se encuentra en el rango de 10 a 20 mg/l. El sistema de tratamiento de humedales artificiales del tipo Subsuperficial es una tecnología viable para la depuración de las aguas residuales domésticas.

Según García (2012), en la tesis; Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. La DBO₅ removida de los efluentes domésticos en el humedal piloto de Flujo Subsuperficial, alcanzó el 90.71%, (entre el rango: entrada 140 mg/l 120 y salida 13 mg/l), siempre para un residual por debajo de los límites de la clase III, (15 mg/l).

Según el artículo científico planteado por Lovera *et al.* (2006), Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash-Perú, usando tecnologías de humedales artificiales. Se evaluó los parámetros del afluente y efluente del sistema como: sólidos suspendidos, bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total y coliformes fecales, para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas residuales del sistema de humedales. a eficiencia del tratamiento de aguas residuales por medio de humedales artificiales se determina realizando análisis periódicos de los parámetros.

En el trabajo doctoral planteado por Villarroel (2005), tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial. La planta de tratamiento de aguas residuales El Cortijo se encuentra ubicada en el Distrito Metropolitano de Trujillo. Se logró altos rendimientos de remoción: 92,49 % de DBO₅, 83,33 % de SST, 99,999 % de coliformes fecales, 99,998 % de coliformes totales y 76,52 % de cromo total las concentraciones finales: 6,88 mg/l de DBO₅, 40 mg/l de SST, 230 NMP/100 ml de coliformes fecales y 1,083 mg/l de cromo total.

2.2. Bases teóricas

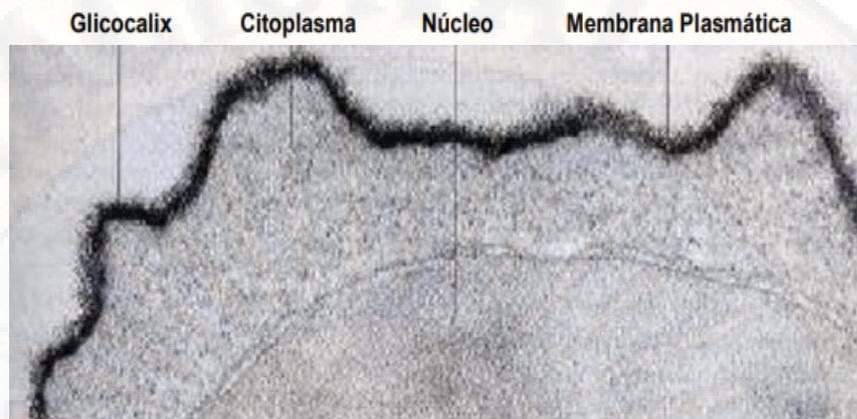
2.2.1 Teoría de la biopelícula

Teoría de la biopelícula propuesto por Marshall, Stout en 1971. Resalta que la adhesión es un proceso que ocurre en dos fases:

- a.** Primera fase es reversible en función del proceso de adhesión de los microorganismos a la superficie que ocurre por fuerzas Van der Waals y atracciones electrostáticas.
- b.** La segunda fase, ocurre con la interacción física de las células a la superficie por medio del material extracelular de naturaleza polisacáridica o proteica producida por bacterias, se denomina matriz de glicocálix, es producido después del proceso de adhesión superficial, y va a favorecer las condiciones de adhesión de los peptidoglicanos de las bacterias Gram positivas.

Figura 2

Glicocálix (biopelícula)



Fuente. Marchal, (1971).

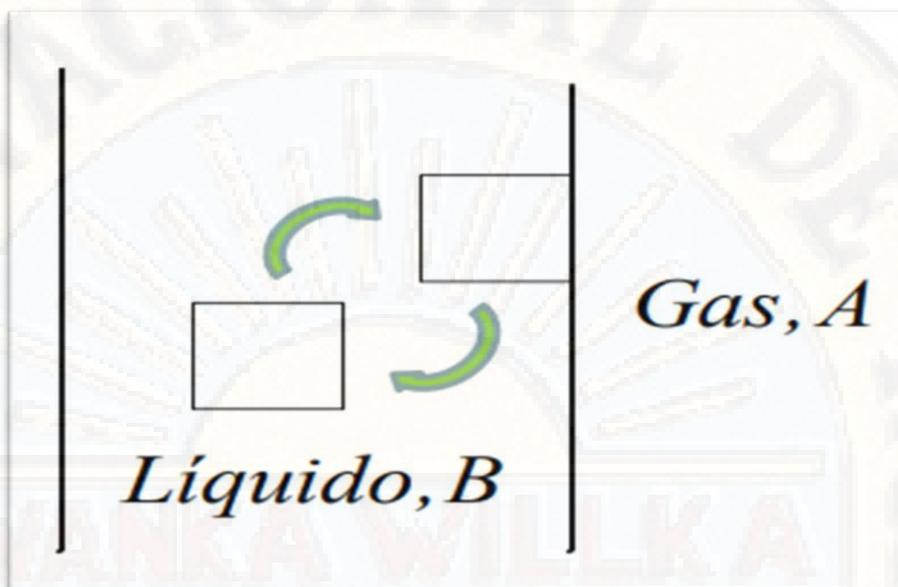
2.2.2 Teoría de la penetración.

Pretende tomar en cuenta la inestabilidad que existe en la interfase de sistemas fluido-fluido (no lo puede hacer el modelo de la película estacada). Sea el caso de un sistema gas-líquido.

El modelo consiste en considerar que en el líquido B hay paquetes de fluido que se ponen en contacto con el gas durante un tiempo que es suficiente para que ocurra el transporte de las especies de interés A (hacia o desde la fase gas); después de lo cual dichos paquetes se mueven hacia el seno del líquido, y son reemplazados por otros. En este sentido, este modelo supone el transporte del soluto A dentro de una capa de líquido de espesor infinito en estado no-estacionario (Thomson y Prentice, 1649).

Figura 3

Modelo de la teoría de la penetración



Fuente. Thomson, Prentice (1649).

El modelo matemático de *Higbie* tiene las siguientes restricciones:

- 1) Transporte por difusión;
- 2) Unidireccional: x ;
- 3) Estado no-estacionario;
- 4) Isotérmico
- 5) Espesor de la capa de líquido es infinito

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Remoción de contaminante

Existen varias rutas de eliminación que pueden ocurrir en un sistema de humedales artificiales definió los procesos de volatilización, oxidación fotoquímica, sedimentación, absorción y degradación biológica como los principales que afectan a las cargas de compuestos orgánicos en los humedales. En general, los mecanismos involucrados en la remoción de contaminantes son de tres tipos: físicos (sedimentación, filtración, adsorción, volatilización), químicos (precipitación, hidrólisis, reacciones

de óxido-reducción o fotoquímicas) y biológicos (resultado del metabolismo microbiano, del metabolismo de plantas o de procesos de bio absorción) (Caballero, 2013).

La capacidad del medio natural para descontaminar el recurso hídrico y el potencial de reutilización del agua residual, nos da una expectativa positiva de tratamientos naturales como una alternativa tecnológica enfocada especialmente a pequeñas y medianas poblaciones y sus tipos de producción, para esto es evidente el apoyo de entidades y políticas del Estado que promuevan su aplicación y estrategias de gestión (Romero *et al.* 2015).

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su composición física y química. Algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la ley de acción de masas y la ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles (Barrenechea, 1998).

La oxidación biológica es la conversión bacteriana de los elementos de su forma orgánica a su forma inorgánica. Toda oxidación supone la transferencia de electrones de una sustancia reducida o donante de electrones a una sustancia oxidante o aceptor de electrones. La materia orgánica es el alimento o donante de electrones para organismos vivos. Sin embargo, algunos materiales inorgánicos reducidos como el amoníaco, los sulfuros, el hierro ferroso y el hidrógeno molecular pueden servir para algunas bacterias, como donantes de electrones, alimento o fuentes de energía (Correa, 2012).

2.3.2. Procesos no destructivos

La reducción de la concentración de contaminantes dentro de la fase acuosa vía no destructiva dividiendo procesos, tales como absorción/adsorción y volatilización puede solamente relocalizar la contaminación. La masa se transfiere de contaminantes de la fase acuosa a

otros como el suelo o atmosfera, por tanto, se tiene que evaluar, las amenazas o peligros potenciales de contaminación.

Volatilización y Fito volatilización: La emisión directa de contaminantes de la fase acuosa a la atmosfera (Volatilización), algunas plantas de los humedales asimilan contaminantes a través de los sistemas de raíces y la transfieren a la atmosfera vía transpiración, en un proceso referido tal como Fito volatilización. La Fito volatilización puede ser de particular relevancia en sistemas de flujo subsuperficial. La volatilización directa es contenida o frenada debido a los lentos porcentajes de difusión de contaminantes a través de las zonas insaturadas, y debida al flujo laminar en zonas del suelo saturado de agua provocando unas transferencias de masa relativamente más bajas (Caballero, 2013).

Asimilación de la planta y fito acumulación: La foto acumulación ocurre cuando los contaminantes secuestrados no son rápidamente y completamente degradados, resultando una acumulación en el tejido de la planta (Caballero, 2013).

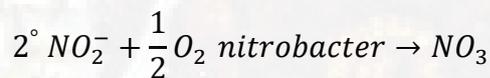
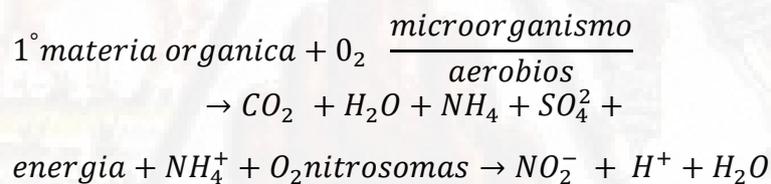
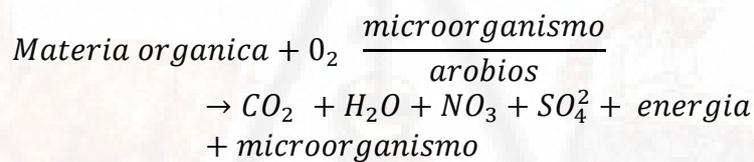
Absorción y sedimentación: la adsorción de un compuesto químico al suelo o sedimento puede resultar de una adhesión química o física e moléculas a la superficie del cuerpo solido o de la división de moléculas disueltas entre la fase acuosa y materia orgánica del suelo. Durante las primeras etapas de la operación de los humedales artificiales, la adsorción sobre el sustrato del suelo naturalmente será más alto debido a la alta capacidad de adsorción del material previamente sin usar (Caballero, 2013).

2.3.3. Características físicas

Las características físicas del agua, llamadas así porque se detecta por los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran los siguientes: turbiedad; sólidos solubles e insolubles; color; olor y sabor; temperatura, y pH (Barrenechea, 1998).

2.3.4. Proceso aerobio

El proceso aerobio, es un proceso de respiración en el cual el oxígeno libre es el único aceptor final de electrones; el oxígeno es reducido y el carbono es oxidado al igual que la materia orgánica o inorgánica. Usualmente las bacterias son los organismos más importantes en el tratamiento aerobio de las aguas residuales, porque son excelentes oxidadoras de materia orgánica y crecen bien en aguas residuales, siendo capaces de formar una capa floculante gelatinosa de muy buenas características para la remoción de materia orgánica. La digestión anaerobia es otro proceso microbiológico de descomposición de la materia orgánica, en este caso, en presencia de oxígeno. El sistema es equivalente al compostaje, pero se puede partir directamente de la fracción líquida. Su principal objetivo es cambiar la forma en que se presenta el nitrógeno en el purín, pasando de nitrógeno amoniacal a nitrógeno orgánica y nítrico (Caballero, 2013).



Que constituye el 60 al 65 % de los microorganismos existentes en el agua residual, caracterizándose por captar en forma directa el oxígeno disuelto (Baca, 2012).

2.3.5. Proceso anaerobio

Es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y el mantenimiento de los organismos anaerobios. El proceso

anaerobio es menos eficiente en la producción de energía que en el aerobio, puesto que la mayoría de energía liberada en el catabolismo anaerobio proveniente de la sustancia descompuesta, y aún permanece en los productos finales orgánicos reducidos, como el metano, generándose una cantidad de biomasa mucho menor que la producida en el proceso aerobio. En el tratamiento anaerobio se puede considerar, por lo tanto, que ocurren procesos básicos de la descomposición anaerobia, es decir, desnitrificación, respiración de sulfatos, hidrólisis y fermentación acetogénica y metanogénica (Correa, 2012).

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico de descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno que comprende las siguientes etapas: hidrólisis de la materia orgánica, acidogénesis y acetogénesis, donde los productos del hidrólisis se transforman en ácidos grasos volátiles. La principal desventaja de este tratamiento es que no elimina el nitrógeno, por lo que en las explotaciones o zonas con excedentes de este elemento no se resuelve el problema (Caballero, 2013).

Que constituye del 10 al 25% de los microorganismos existentes en el agua residual, obtiene oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por tres o más elementos (C, H, O, N, S, P, K) (Baca, 2012).

2.3.6. Temperatura

La temperatura en un humedal es un factor determinante para el desarrollo de muchas actividades físicas y biológicas, si se da un aumento considerable en la temperatura se produce un incremento en la producción del nitrógeno amoniacal, acelera muchas reacciones químicas y biológicas, disminuye el oxígeno soluble, además de proporcionar una mayor tensión de vapor de saturación, y se generan olores desagradables en el humedal, por la producción de metano, ácido sulfúrico y materia orgánica parcialmente oxidada (Duque y Ardila, 2014).

La determinación de temperatura es un parámetro importante en el tratamiento de aguas residuales, porque es el factor que influye en el desarrollo de la actividad bacteriana, influyendo en el metabolismo, productividad, respiración y descomposición de la materia orgánica (Toledo Verdezoto y Duchicela Goyes 2014).

La temperatura es un factor muy importante en la evaluación del rendimiento global de un proceso de tratamiento biológico, pues altera la actividad metabólica de los microorganismos, las tasas de transferencia de oxígeno y las características de sedimentación de los lodos (Jhon J. Arévalo 2010).

La temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, esta influye de forma muy significativa en las especies acuáticas influyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica (García, 2012).

2.3.7. Conductividad eléctrica

Se define a la conductividad eléctrica como la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. La corriente eléctrica es transportada por iones en solución, por lo tanto, el aumento de la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. El valor de la conductividad eléctrica es usado como un parámetro sustituto de la concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT). Con la siguiente ecuación es posible determinar los SDT (Delgadillo *et al.* 2010):

$$SDT \left(\frac{mg}{L} \right) = CE * (550 - 700)$$

2.3.8. Potencial hidrógeno (pH)

El pH constituye un parámetro primordial en el análisis de aguas residuales, considerando como rango óptimo de 6,5 y 8,5, valores en los que se favorece al crecimiento de microorganismos, caso contrario valores menores a 6 y mayores a 9 dificultan el tratamiento mediante procesos biológicos (Verdezoto y Duchicela, 2014).

El pH es un parámetro que brinda información pertinente de las cualidades acidas o alcalinas que son provocadas por procesos bióticos, abióticos y bioquímicos (Duque y Ardila, 2014).

En la naturaleza, así como en los vertidos urbanos se encuentran ácidos y bases que modifican ampliamente el pH de las aguas. Las aguas urbanas tienen un pH próximo al valor de 7, es decir son adecuadas para

los microorganismos neutrófilos. Es necesario controlar el pH para garantizar los procesos biológicos, debiendo encontrarse entre valores de 6,2 y 8,3 para que no se generen problemas de inhibición (Baca, 2012).

2.3.9. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20 °C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/l (Montoya y Ramírez, 2010).

La demanda bioquímica de oxígeno es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios (principalmente por bacterias y protozoarios) (Abarca 2007).

Su medición se basa en el diferencial del oxígeno disuelto antes y después del tiempo necesario o de incubación que demande la prueba (por lo general la prueba se realiza en 5 días donde la población bacteriana ha llegado a más del 70% de su capacidad) (Duque y Ardila, 2014).

Los diferentes estudios realizados en cuanto a la DBO determinan que este parámetro se ve afectado por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media (Toledo y Duchicela, 2014).

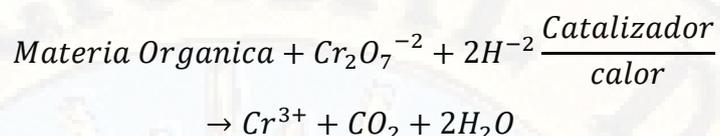
Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por el agua residual durante la oxidación (vía biológica) de la materia orgánica Biodegradable presente en el agua residual (Baca, 2012).

2.3.10. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente

mediante un agente oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura (Romero *et al.* 2015).

La reacción principal puede representarse de la manera siguiente:



Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales (Abarca 2007).

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por el agua residual (por vía química) provocada por un agente químico, fuertemente oxidante. La oxidación es activa sobre las sales minerales oxidables, así como sobre la materia orgánica biodegradable, que existe en el agua analizada (Baca, 2012).

2.3.11. Oxígeno disuelto

Es el índice fundamental para la definición y control de las aguas residuales. La cantidad de Oxígeno puede disminuir por la respiración de los microorganismos, algas y organismos macroscópicos, elevación de la temperatura, reacciones químicas y por la reacción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimática (Baca, 2012).

La presencia oxígeno disuelto en el agua es indispensable para la vida de peces y otros seres acuáticos, el problema es la baja solubilidad de este gas en el agua, además la cantidad de oxígeno en el agua depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión (García, 2012).

2.3.12. Humedales artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de fito depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas,

químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Delgadillo *et al.* 2010).

Las plantas acuáticas, denominadas también macrófitas, cumplen un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos. Brindan directa o indirectamente alimento, protección y un gran número de hábitats para muchos organismos de estos ecosistemas. Se usan en procesos de Biorremediación, ya que pueden absorber algunas sustancias disueltas y brindar oxígeno mediante la fotosíntesis (Romero *et al.* 2015)

Los humedales artificiales son ecosistemas que imitan a los humedales naturales con el objeto de utilizar los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma natural para la depuración pasiva del agua residual. Generalmente los humedales artificiales están constituidos por canales de profundidad inferior a 1 m excavados en el terreno, impermeabilizados y rellenos total o parcialmente de material filtrante en el que son plantados macrófitas acuáticas, especies vegetales propias de zonas húmedas o encharcadas. Una ligera pendiente permite el flujo del agua residual a través del lecho, que actúa como un reactor en el que tienen lugar los procesos de depuración (Blanco, 2014).

Los humedales artificiales son ecosistemas conocidos por proveer y/o ser una zona buffer de mucho valor para mejorar la calidad del agua principalmente proveniente de escurrimientos superficiales. En los humedales se llevan a cabo una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas complejas para el tratamiento (De la Mora *et al.* 2014).

2.3.13. Clasificación de los humedales artificiales.

Se clasifican según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres (Delgadillo *et al.* 2010)

2.3.13.1. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes.

Principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El Jacinto de agua

(*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna sp.*) son las especies más utilizadas para este sistema (Delgadillo *et al.* 2010).

Macrófitos flotantes, los cuales pueden estar enraizados al sustrato como el nenúfar blanco (*Nymphaea alba*) o libres como la lenteja de agua (*Lemna minor*) (Blanco, 2014).

2.3.13.2. *Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas.*

Comprenden algunos helechos, numerosos musgos y macrófitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10 m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos (Blanco, 2014).

2.3.13.3. *Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes.*

Los macrófitas emergentes están morfológicamente adaptados a crecer en sustratos saturados de agua o completamente sumergidos. Poseen un extenso sistema de raíces y rizomas que se desarrolla en el sedimento, mientras que la parte vegetativa se desarrolla sobre la superficie del agua. Este es el caso de especies tales como enea (*Typhalatifolia*), junco (*Scirpus lacustris*) o carrizo (*Phragmites australis*) (Blanco, 2014).

Se encuentran en suelos inundados permanente o temporalmente que son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. Los humedales basados en macrófitas enraizadas emergentes pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee (Delgadillo *et al.* 2010).

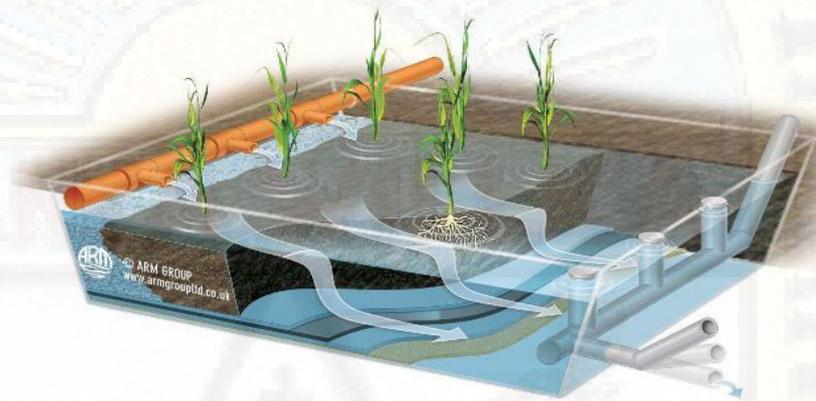
2.3.13.4. *Humedales de flujo superficial*

Consiste en celdas con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por un medio granular, vegetación emergente y niveles de agua poco profundos (Mora *et al.* 2014).

Los humedales artificiales de flujo superficial están diseñados de modo que la superficie del agua entre en contacto directo con la atmósfera. Son sistemas de poca profundidad, con una capa inferior de sustrato, generalmente suelo o grava, de unos 20-30 cm de espesor sobre la que fluye la columna de agua, de unos 40 cm de altura(Blanco,2014).

Figura 4

Esquema de un humedal de flujo superficial (HFS)



Fuente: Blanco, (2014)

2.3.13.5. Humedales de flujo subsuperficial

Este tipo de sistemas con macrófitas emergentes que consiste en un filtro biológico relleno de un medio poroso (por ejemplo, piedra volcánica, grava), en el cual las plantas macrófitas se siembran en la superficie del lecho filtrante y las aguas residuales pre tratadas atraviesan de forma horizontal o vertical el lecho filtrante, en estos sistemas el nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie del medio granular (Martínez *et al.* 2010).

Consiste en una celda donde el flujo del agua residual circula a través del medio granular (subterráneo), las plantas macrófitas se siembran en este lecho y el agua está en contacto directo con las raíces de las plantas. De acuerdo a la dirección del flujo este tipo de humedales se clasifica en lo siguiente (De la Mora *et al.* 2014).

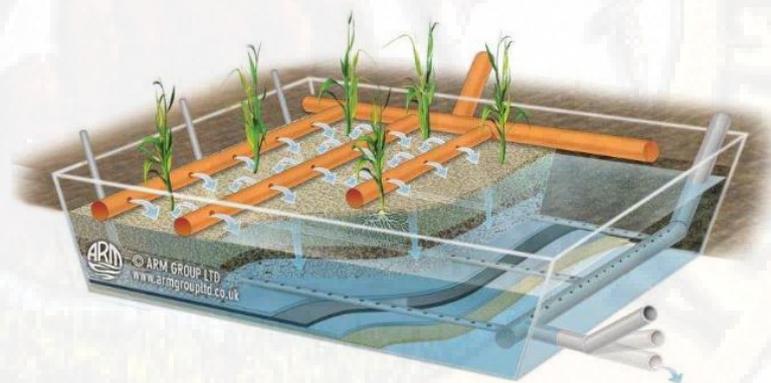
2.3.13.5.1. Humedal subsuperficial de flujo vertical

Son por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxígeno conocidos también como filtros intermitentes, reciben aguas residuales de arriba hacia abajo, por un sistema de tuberías, las aguas infiltran a través de un sustrato inerte (arena, gravas) también se planta en este medio granular, para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar sistema de aireación con chimeneas, son tuberías cribadas con salida al exterior. A diferencia del humedal subsuperficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo (Delgadillo *et al.* 2010).

Aquí las aguas pre tratadas se distribuyen de manera uniforme e intermitente sobre la superficie del lecho filtrante y luego percolan hacia la zona de recolección (Martínez *et al.* 2010).

Figura 5

Esquema de un humedal de flujo subsuperficial vertical (HFSV)



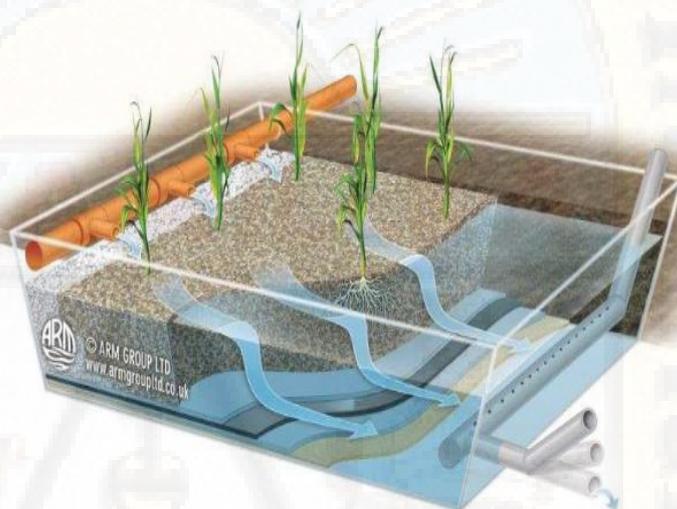
Fuente: Blanco, (2014).

2.3.13.5.2. *Humedal subsuperficial de flujo horizontal.*

En este tipo de humedal las aguas residuales fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, en una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta la superficie de recolección del efluente (Martínez *et al.* 2010)

Figura 6

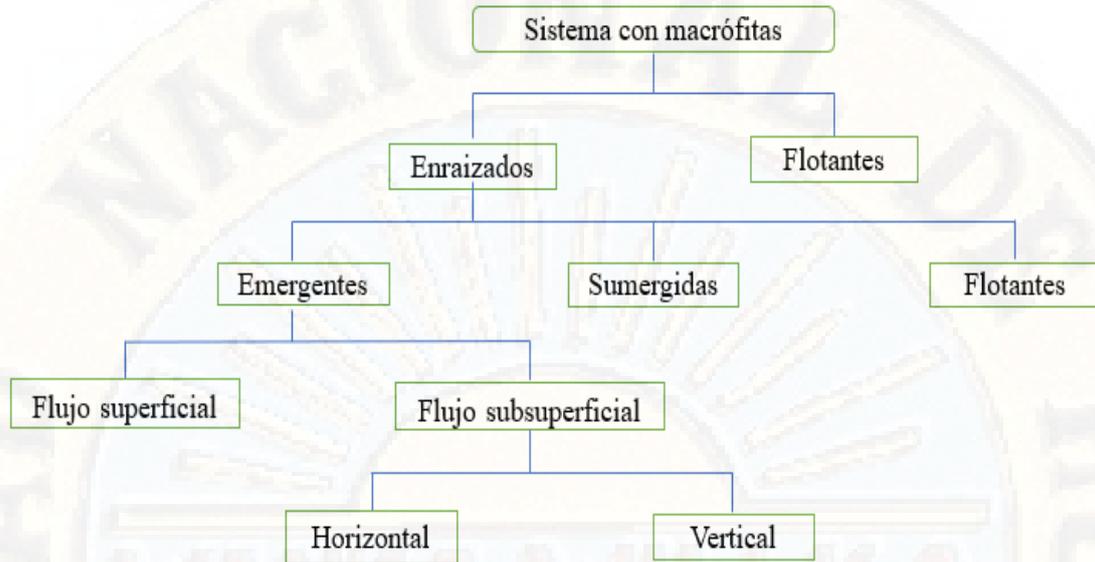
Esquema de un Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal (HFSH)



Fuente: Blanco, (2014)

Figura 7

Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con micrófitos



Fuente: Delgadillo, (2010).

2.3.14. Componentes del humedal

Los principales componentes del humedal que influyen sobre el proceso depurador que se lleva a efecto en los humedales construidos son los siguientes:

2.3.14.1 Plantas

En los humedales construidos se han utilizado una variedad de plantas emergentes semejantes a las encontradas en los humedales naturales. Las plantas presentan varias propiedades que las hacen ser un componente indispensable en los humedales construidos. La función de mayor importancia de las macrófitas en relación con el proceso de tratamiento de las aguas residuales es el efecto físico que ellas producen en la estabilización de la superficie del lecho, proporcionando buenas condiciones para la filtración, y en el caso de los sistemas con flujo vertical previniendo las obstrucciones, además de proporcionar área superficial para el crecimiento de los microorganismos adheridos (Baca, 2012).

2.3.14.2 Totora

El período de rebrotamiento, es cuando los totorales han cumplido su estado de lactancia. Los rizomas empiezan a emitir nuevos brotes que conforman los tallos nuevos y verde de los totorales. Todo este proceso ocurre en los meses de septiembre a diciembre, en este período las plántulas que fueron extraídas para plantación, ha dado resultado satisfactorio, existe un porcentaje de mortandad debido fundamentalmente al medio de transporte utilizado por deterioro de los brotes (Autoridad binacional del lago Titicaca, 2000).

La totora es una planta acuática que crece en muchos lugares húmedos, pantanosos, lagos y lagunas, se la encuentra en América desde California hasta Chile. Los científicos la conocen como *Schoenoplectus californicus* totora. La totora existe desde tiempos muy antiguos. Nuestros antepasados la utilizaban para hacer esteras que servían como cama y como mantel para poner comida (Huanacuni, 2012).

2.3.14.3 Berros

El Berro se desarrolla mejor en climas templados, pero a su vez tolera una amplia gama de temperaturas que van desde los 5° hasta los 23° C, desarrollándose en perfectas condiciones. Prefiere crecer a plena exposición solar. La parte sumergida de la planta soporta bien las heladas, debido a que la temperatura del agua es siempre superior. Así en días fríos, la temperatura del agua determina la temperatura de la capa de aire situada inmediatamente encima, la cual es la zona donde se produce el desarrollo vegetativo del berro, de manera que cuanto más alta sea ésta, mejor condición de protección se da en el cultivo (Saavedra, *et al.* 2011).

El berro (*Nasturtium officinale*) es una planta herbácea, perenne, perteneciente a la familia de las crucíferas. Es común en Oriente, Europa y en América; es conocido ya desde la antigüedad, creciendo espontáneamente en las cercanías de casi todos los cursos de agua (Cruz *et al.* 2008).

2.3.14.4 El suelo y el medio soporte

Los suelos con algún contenido de arcilla son muy efectivos en la remoción de fósforo, ocurriendo el proceso de remoción en la matriz del suelo; sin embargo, se considera que este proceso tiende a un equilibrio después del primer año de funcionamiento del humedal. Se encuentra en contacto bajo el agua y las condiciones son anaerobias (Baca, 2012).

2.3.14.5 Microorganismos

En los humedales se desarrollan una gran variedad de organismos que abarcan desde microorganismos como bacterias y protozoos hasta pequeños animales; siendo las bacterias el grupo fundamental en el proceso depurador de las aguas residuales (Baca, 2012).

2.3.15. Consideraciones en el diseño del proceso

Dentro de los criterios importantes del diseño están el tiempo de retención, el área superficial requerida, las tasas de carga de DBO y sólidos y, la profundidad del medio. En la Tabla 1 “Criterios usuales de diseño y de la calidad del efluente esperado en humedales artificiales de Flujo Subsuperficial (Baca, 2012).

2.3.15.1. Tiempo de retención para la remoción de la (DBO₅)

El tiempo de retención se determina usando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\ln * C/C_0}{K_{\text{aparente}}}$$

El valor de la constante evidente de remoción a 20° C es de cerca de 1.1 d⁻¹. La carga global de DBO en los humedales de FS no debe exceder aproximadamente 100 lb/ac-d (112 kg/ha.d). Estas tasas no deben excederse en la práctica con efluentes primarios aplicados a 2 pulg/d (50 mm/d) (Baca, 2012).

2.3.15.2. Área superficial requerida

Ya calculado el tiempo de retención se puede hallar el área neta se puede determinar a partir de:

$$A = \frac{((Q_{prom}) \times (t) \times (3.07))}{((n) \times (d_w))}$$

Donde:

Q prom: Caudal promedio diario a través del humedal, M gal/d.

As: Área superficial.

H: Relación de espacio vacío respecto al número de plantas, en general 0.65 a 0.75.

dW: Profundidad en metros.

t: Tiempo de retención en días.

El flujo promedio a través del humedal puede calcularse usando la ecuación:

$$Q_{prom} = \left(\frac{Q_{entrante} + Q_{saliente}}{2} \right)$$

2.3.15.3. Relación de aspecto

Las dimensiones de la superficie de un humedal de FS se pueden determinar usando la ecuación:

$$w = \left(\frac{A}{R_A} \right)^{1/2}$$

Donde:

W: Ancho del humedal de flujo libre, (pies) m

A: Área del humedal.

RA: Relación de aspecto, largo/ancho

$$A = (d_w \times W) = \frac{Q}{KS}$$

Donde:

A: Área de la sección transversal de la zona de entrada (m).

DW: Profundidad del líquido en el lecho (m).

W: Ancho del lecho (m).

Q: Caudal hacia el sistema, (m³/d).

K: Conductividad hidráulica, (m/d)

S: Pendiente

2.3.15.4. Carga de Sólidos Suspendidos en la zona de entrada

Si se utiliza una relación de aspecto mayor que 4:1, la carga de sólidos del afluente puede ser motivo de preocupación. Para evitar el atascamiento de la zona de entrada con sólidos suspendidos, los valores de la carga de sólidos en entrada deben verificarse. La tasa de carga orgánica de la zona de entrada se puede calcular de la siguiente manera:

$$L_{SST} = \frac{\text{Carga masica del constituyente, lb/d}}{\text{Área de la seccion transversal de la zona de entrada, (W.d_m.pie^2)}}$$

2.3.15.5. Profundidad del medio

La profundidad de medio puede variar de 8 a 30 pulgadas (450 a 750 mm). Las profundidades características a las que las plantas echan raíces van de 6 a 12 pulgadas. Para obtener profundidades de enraizamiento de 12 pulgadas o más, la profundidad del agua debe reducirse sistemáticamente durante varias estaciones de crecimiento para obligar a las raíces a penetrar con más profundidad. El nivel del agua se mantiene de 3 a 6 pulgadas (75 a 150 mm) por debajo de la parte superior del medio (Máximo F. Baca 2012).

2.3.15.6. Tiempo de retención del nitrógeno

Sobre la base de estudios piloto en Australia, se desarrolló la siguiente relación entre el tiempo de retención y la remoción de amonio de la siguiente manera.

$$A = \frac{Q(\ln N_0 - \ln N_e)}{K(dw)nF}$$

Donde:

A: Área de la sección transversal de la zona de entrada, perpendicular al recorrido del flujo, (m)

Q: Caudal promedio a través del humedal (m³/d)

N₀: Concentración de DBO en el afluente ml/l.

N_e: Concentración de DBO efluente ml/l.

K: Constante de velocidad de primer orden dependiente de la temperatura, d⁻¹.

dw: Profundidad del líquido en el lecho (m).

$$\frac{k_2}{k_1} = \theta^{(t_2 - t_1)} \text{ y un valor de } \theta = 0.15$$

2.3.15.7. Consideraciones hidráulicas

La pérdida de cabeza a través de los humedales de FS puede calcularse a partir de la ley de Darcy:

$$A = (d_w \times W) = \frac{Q}{KS}$$

Donde:

A: Área de la sección (m).

dw: Profundidad del líquido en el lecho (m).

Q: Caudal hacia el sistema (m³/d)

Ks: Conductividad hidráulica.

S: pendiente, expresada como decimal.

2.3.15.8. *Implantación de vegetales*

En los sistemas muy pequeños la vegetación puede a menudo trasplantarse de fuentes cercanas u obtenerse de forma comercial. La raíz debe colocarse a 2 pulgadas (50 mm) por debajo de la superficie del medio. Luego, el lecho debe inundarse con agua hasta la superficie o rociarse con frecuencia. Si se utiliza la inundación, el nivel de agua debe mantenerse cuidadosamente durante este periodo de manera que los brotes de las plantas no estén sumergidos. Las densidades de siembra para las especies de uso más común son cada 3 pies (1 por metro) para las enneas y cada 1.5 pies (0.5 m²) para juncos y carrizos. Para lechos de más de 2 acres (0.8 ha) puede ser más económica la siembra hidráulica (Baca, 2012) .

2.3.15.9. *Características físicas de los humedales de FS*

Dentro de las características físicas importantes de los humedales están las estructuras de entrada y salida, la recirculación y los recubrimientos de los lechos. Para brindar flexibilidad en la operación, cada sistema debe tener celdas múltiples, al menos 2 tipos.

2.3.15.10. *Estructura de entrada y salida*

El sistema de entrada debe estar diseñado de manera que el flujo afluyente fluya uniformemente distribuido a lo largo de la zona de entrada. El equipo característico que se usa para la distribución del afluyente consta de tuberías de entrada, tuberías perforadas, o vertederos en V. Los primeros 10 pies (3 m) de la entrada están generalmente llenos con rocas grandes (2 a 4 pulg. o 50 a 100 mm) para reducir la obstrucción. Si se desea operar con alimentación escalonada, se debe colocar un segundo distribuidor de afluyente paralelo a la zona de entrada a cierta distancia (50 pies o 15 m o más) en la dirección del flujo. El

equipo de salida consta de tuberías perforadas y sumergidas en el fondo del lecho con válvulas tuberías de salida de nivel ajustable para controlar la profundidad del agua (Baca, 2012).

2.3.15.11. Recirculación

En los sistemas FS se puede incorporar la capacidad de recircular el efluente tratado con el fin de diluir la concentración del afluente, mejorar el tratamiento y evitar la sobrecarga si se usan bombas para recirculación y cañerías. Si el efluente del FS debe bombearse hacia el punto final de reutilización o descarga, se recomienda el uso de cañerías de recirculación, las cuales no son caras (Baca, 2012).

2.3.15.12. Recubrimientos de los lechos

Si el suelo es permeable, se necesitará un recubrimiento para el lecho con el objeto de prevenir la pérdida de agua hacia las corrientes subterráneas. El recubrimiento puede ser de arcilla nativa, bentonita, asfalto o geo membrana. Es común el uso de una membrana de superficie suave de plástico de 30 milésimas de pulgada (Baca, 2012).

2.3.15.13. Memoria de calculo

DATOS

Dotación	: 100 l/hab/d
Contribución	: 80 %
DBO5 final	: 200 mg/l
DBO5 inicial	: 2273.57 mg/l
Número de animales	: 2
Porosidad (n)	: 38%
Temperatura promedio del lugar	: 12 °C
Eficiencia	: 80%
Temperatura promedio del agua	: 14.5 °C
Profundidad media del agua en el lecho asumimos	: 0.60 m
Conductividad eléctrica	: 10000 m ³ /m ² /d
Pendiente (s) rango	: 10%, 30%

- Procedimiento de diseño

$$Qp = D \times N^\circ \text{ hab}$$

$$Qp = 0.16 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

- Hallando área superficial

$$A_s = L \times W = \frac{Qp \cdot \left[\ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right) \right]}{K_T \cdot d \cdot n} \dots \dots \dots \text{ecc. (I)}$$

- Hallando coeficiente cinético de la temperatura "KT"

Asumiendo:

$$K_{20} = 1.104$$

$$\theta = 1.06$$

$$K_t = K_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

$$K_{t=0.801}$$

- Reemplazamos los datos en la ecuación (I)

$$A_s = \frac{0.16 \times \left[\ln\left(\frac{2273.57}{200}\right) \right]}{0.801 \times 0.6 \times 0.38}$$

$$A_s = 2.128 \text{ m}^2$$

- Hallando tiempo de retención hidráulica

Asumiendo la relación larga (L) y ancho(W), 2 y 1 respectivamente.

Por lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Relacion } \frac{L}{W} = 2$$

$$W = \frac{2.128}{2} = 1.032m$$

$$L = 3w$$

$$L = 3 \times 1.032 = 2.063 \text{ m}$$

- Hallando tiempo de retención hidráulica

$$T = \frac{V}{Q}$$

$$T = \frac{2.128 \times 0.6 \times 0.38}{0.16} = 3.034 \cong 3 \text{ dias}$$

- Verificando del flujo a través del humedal

$$Q = K_s \times A \times S \dots \dots \dots \text{ecc. (II)}$$

- Hallando el área transversal

$$A = W \times H$$

$$A = 1.032 \times 0.6 = 0.619m^2$$

- Reemplazando en la ecuación (II) con S=10%

$$Q = 10000 \times 0.619 \times 0.1 = 619.03 \frac{l}{d}$$

- Reemplazando en la ecuación (II) con S=30%

$$Q = 10000 \times 0.619 \times 0.3 = 1857.079 \frac{l}{d}$$

2.4. Hipótesis

La eficiencia del humedal artificial *Schoenoplectus californicus* (totora) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

La eficiencia del humedal artificial *Nasturtion officinale* (berros) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

2.5. Definición de Términos.

- **Adsorción:** Transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido (Arévalo, 2010).

- **Afluente:** Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento (Jhon J. Arévalo 2010). Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) 2013).
- **Aguas residuales:** Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).
- **Biodegradación:** Es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos (Arévalo, 2010).
- **Carga orgánica:** La demanda biológica de oxígeno medida a los cinco días (DBO5) cuantifica la cantidad de oxígeno que se precisaría para oxidar mediante procesos biológicos aerobios la materia orgánica carbonada presente en la muestra, en nuestro caso ésta se expresa como mg O₂/L (Figuroa, 2014).
- **Concentración:** Denomínese concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene (Arévalo, 2010).
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBOs):** Es la cantidad de OD (en mg/l) que se requiere para estabilizar (degradar) la materia orgánica de una muestra por la acción bioquímica aeróbica de microorganismos en condiciones determinadas: 5 días, 20°C. Esta demanda de OD ejercen tres clases de materiales: carbonados, nitrogenados y ciertos compuestos químicos reductores (Lerman y Eliggi, 1998).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas (Arévalo, 2010).

- **Efluente:** Agua residual que sale de una planta o un proceso de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) 2013).
- **Estiércol líquido:** Es el orín de los animales que tiene un contenido de sólidos de menos de 3%. El orín se “lava” utilizando agua fresca o reciclada. Estos residuos también pueden utilizarse para la obtención de biogás en climas cálidos (Arévalo, 2010).
- **Estiércol:** Son las heces fecales de los animales. En general el estiércol posee un contenido de sólidos de 8% a 25%, dependiendo del tipo de animal. Este puede ser mezclado con agua para ser alimentado al digestor en relación de 10 a 1 (Arévalo, 2010).
- **Hidrólisis:** El concepto de hidrólisis que se maneja en Química Orgánica se refiere generalmente al rompimiento de un enlace por la incorporación de uno de los iones del agua o bien de los dos en los productos del hidrólisis (Marco Antonio Moreira 2008).
- **Lixiviación:** Fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas de suelo pierdan sus componentes nutritivos, se vuelvan más ácidos (Arévalo, 2010).
- **Muestra simple o puntual:** Es la que se toma en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual. Representa la composición del agua residual para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) 2013).
- **Macrofauna:** Los humedales construidos proveen un hábitat para una rica diversidad de invertebrados y vertebrados. Los animales invertebrados, como insectos y gusanos, contribuye al proceso de tratamiento fragmentado el detritus al consumir materia orgánica (Duque y Ardila, 2014).
- **Oxígeno disuelto:** Concentración de oxígeno en el agua que depende de la temperatura y la presión atmosférica, condicionante para el desarrollo de la vida acuática (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) 2013).

- **pH:** La acidez o alcalinidad de una solución están determinadas por la concentración de H^+ . En la mayor parte de las sustancias naturales comunes, estas concentraciones son muy bajas y expresarlas en forma decimal o exponencial resulta engorroso, y con frecuencia es fuente de errores (Velázquez, 2009).
- **Tiempo de retención hidráulico:** tiempo medio que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil (Arévalo, 2010).

2.6. Definición operativa de Variables.

2.6.1. Variable Independiente

Tipos de especies de los humedales artificiales.

- *Schoenoplectus californicus* (totora)
- *Nasturtion officinale* (berros).

2.6.2. Variable dependiente.

Remoción de demanda química de oxígeno (DQO)

Variables de control.

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Conductividad
- pH
- Tiempo de retención hidráulico (TRH).
- Caudal de ingreso

2.6.3. Operacionalización de variable.

Tabla 1

Operacionalización de variable estudiado

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Variables de control	Unidad de medida	Instrumentos
<i>Schoenoplectus californicus</i> (tatora) <i>Nasturtium officinale</i> (berros).	En los humedales se llevan a una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas complejas para el tratamiento. Fuente: De la Mora <i>et al</i> (2014).	Los parámetros de la variable se midieron con el multiparámetro portátil hach HQ40, el cual fue calibrado a diario con los buffer, ácido, base y alcalino así tener resultados más exactos.	Parámetro físico	Temperatura	°C	Multiparámetro portátil
			Parámetro físico	Oxígeno disuelto	mg/L	Multiparámetro portátil
			Parámetro físico	Conductividad	us/cm2	Multiparámetro portátil
			Parámetro físico	pH	pH	Multiparámetro portátil
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
Remoción de demanda química de oxígeno (DQO).	La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica oxidable presente en un agua residual fuente: Martínez <i>et al</i> (2015).	La demanda química de oxígeno se midió en el laboratorio central área de microbiología con los siguientes instrumentos, el digestor DBR 200 el cual se calienta a 150 °C durante 2 horas las muestras con los viales respectivos, Colorímetro portátil DR 900 el cual se mide después de la digestión con ello se determinó cuanto de DQO se tiene al ingreso y salida del sistema.	Unidad de fluido Unidad de volumen	<ul style="list-style-type: none"> Tiempos de retención hidráulico (TRH). Caudal de ingreso 	hr l/s	Digestor y colorímetro Hach-DR900

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito temporal y espacial.**

3.1.1. **Ámbito temporal**

La toma de datos y el procesamiento del trabajo de investigación comprende los meses de diciembre del 2018 al mes de diciembre del 2019

Tabla 2

Cronograma de actividades para toma de muestras

N°	ACTIVIDADES PRELIMINARES	2018-2019																			
		Meses																			
		Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Diciembre			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Adaptación del sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
2	Funcionamiento del sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
3	Monitoreo <i>In-Situ</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
4	Análisis en laboratorio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
5	Procesamiento de datos				X				X				X			X	X				
6	Presentación para su evolución y aprobación															X		X			
7	Solicitud de sustentación del proyecto																			X	
8	Publicación de revista científica																				X

3.1.2. Ámbito espacial

3.1.2.1. Ubicación geopolítica

El lugar de estudio abarcará la Ciudad Universitaria de Paturpampa.

Departamento : Huancavelica.

Provincia : Huancavelica.

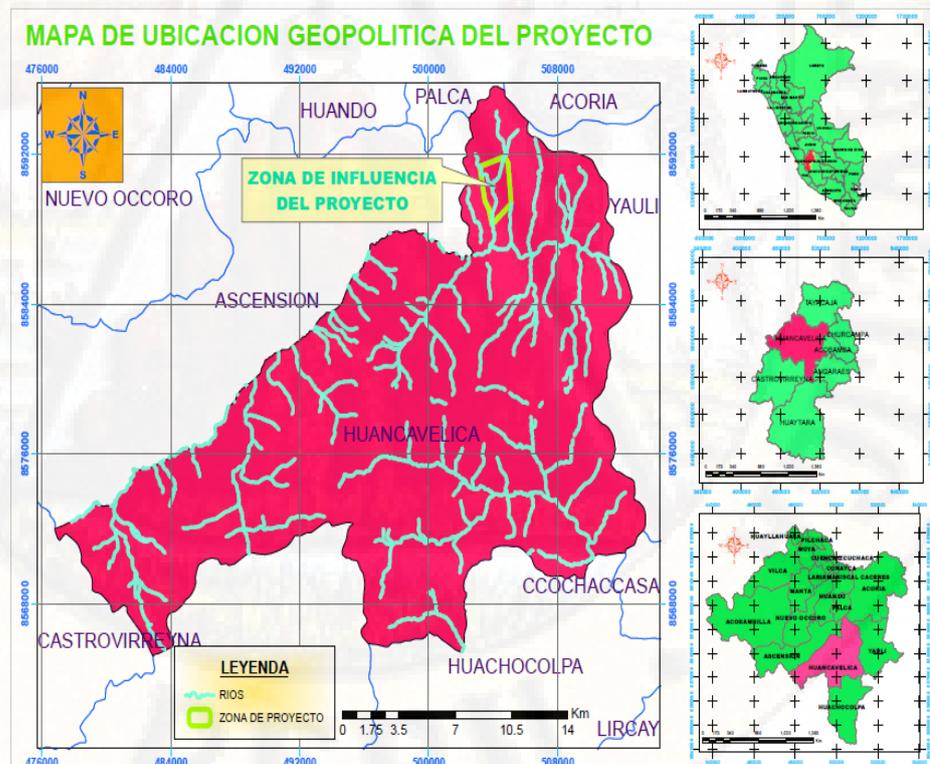
Distrito : Huancavelica.

Elevación : 3737 msnm.

Lugar de estudio : Granja experimental de porcinos de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Figura 8

Mapa de ubicación geopolítica del proyecto



Fuente. Elaboración propia.

3.1.2.2. Ubicación geográfica

La ciudad universitaria se encuentra a 2 kilómetros de la ciudad de Huancavelica con una altitud de 3737 msnm, con las siguientes coordenadas UTM: Longitud 504149.77 y Latitud: 8587619.55 en la Zona 18 Sur Baena, (2014).

3.1.2.3. Clima.

El clima de la región es variado de templado a frío característico de la sierra central peruana, durante el día se registran temperaturas medias de 18 a 21°C máximo (día) y -3°C (noche); la época de verano está comprendida entre los meses de junio – octubre, así mismo se tiene fuertes heladas entre los meses de junio – septiembre; la época de invierno se inicia en el mes de noviembre y se prolonga hasta el mes de abril, en donde se aprecia fuertes precipitaciones pluviales Garrido, (2012).

3.1.2.4. Relieve.

El relieve del área urbana está definido por la conformación geomorfológica ubicado al pie del cerro San Cristóbal del tipo accidentado se aprecia pendientes fuertes del orden de 50% de sur a norte, los mismos que culminan en la quebrada del río Taccanapampa Baena, (2014).

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Como el trabajo de investigación es del tipo aplicada, tipología que se deduce a partir de las variables en la que la variable independiente incidirá sobre la variable dependiente (manipulada), la que fuera medida a través de sus indicadores, para ello se sometieron la muestra problema (aguas residuales porcícola), al humedal artificial de totora y berros.

La investigación aplicada puede aportar hechos nuevos si proyectamos suficientemente bien nuestra investigación aplicada, de modo que podamos confiar en los hechos puestos al descubierto, la nueva información puede ser

útil y estimable para la teoría, esta investigación se da por la necesidad de solucionar los problemas de contaminación por las aguas residuales porcícola de la graja experimental de porcinos de Paturpampa, la investigación aplicada, por su parte, concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destinan sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres Baena, (2014).

3.2.2. Nivel de investigación.

El nivel de investigación es explicativo. Tienen la finalidad de explicar el comportamiento de una variable en función de otra u otras.

Pretenden señalar que la ocurrencia de un fenómeno depende de otro; es decir establecer relación causa-efecto. Se apoyan en criterios de causalidad y requieren de control metodológico y estadístico. Por tanto, se llevan a cabo por medio de estudios experimentales y su estadística es multivariada. Se la aplica para descartar asociaciones casuales, aleatorias, espurias entre variables Martínez, (2015).

3.3. Método de investigación

3.3.1. Método general.

Se utilizará el método científico, ya que se recopilarán datos cuidadosamente autenticados, se buscará alguna relación en común entre estos hechos, se deducirá por los métodos tanto de la lógica formal como de la matemática y se sacarán conclusiones que aún no se han dado, y se contrastaron con otras para verificar si estas conclusiones son correctas Sarford, (1899).

El método científico no es una guía que uno debe seguir para cumplir un objetivo el método no se comporta de esa forma, sino que se adquiere por expresar en forma abierta los pensamientos, prestos para cualquier crítica y solucionar los errores realizando un análisis Sabino, (1992).

La obtención de nuevos conocimientos se realizó siguiendo procedimientos sistematizados y ordenados de manera puntual de obtención de conocimientos

está avalada por el método científico este método está formado por una serie de fases que el investigador debe seguir para la creación de nuevas ideas Alesina, (2011).

Un investigador propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. En primer caso la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente Atagua *et al.* (2010).

3.3.2. Método específico

- **Método analítico**

Según Bernal, (2010). Este proceso cognoscitivo consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual.

- **Método deductivo**

Según Bernal, (2010). Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

3.3.3. Diseño de investigación

El diseño que se ajusta al trabajo de investigación es el diseño completamente al azar (DCA) con dos tipos de tratamiento de humedales artificiales de (Totora y berros)

Tabla 3*Cantidad de recolección de datos según el mes*

CANTIDAD DE DATOS SEGÚN EL MES				
Tipo de agua residual	Aguas residuales sin tratamiento	Efluente del humedal artificial de berros	Efluente del humedal artificial de totora	
Diciembre	Temperatura	22	22	22
	pH	22	22	22
	Oxígeno disuelto	22	22	22
	Conductividad eléctrica	22	22	22
	Demanda química de oxígeno	22	22	22
	Temperatura	22	22	22
Enero	pH	22	22	22
	Oxígeno disuelto	22	22	22
	Conductividad eléctrica	22	22	22
	Demanda química de oxígeno	16	16	16
Febrero	Temperatura	12	12	12
	pH	12	12	12
	Oxígeno disuelto	12	12	12
	Conductividad eléctrica	12	12	12
	Demanda química de oxígeno	6	6	6

Los valores de los resultados de monitoreo, que se recolectaron fueron de acuerdo al siguiente al modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + E_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Remoción de demanda química de oxígeno (DQO) contaminantes mediante el tratamiento del sistema.

μ = Es la media experimental;

E_i = Es el efecto del tratamiento de (Totora y Berros)

e_{ij} = Es el error experimental.

Todos los resultados son sometidos a análisis de varianza y la prueba de normalidad de datos, utilizando el *Statistical Analysis System* (SAS, 9.4).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población son los efluentes generados un volumen de 450 l/d de la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica.

3.4.2. Muestra

El tipo de muestra considerado es una muestra puntual porque son puntos específicos y el caudal de ingreso es constante durante las 24 horas.

La muestra se sacará 0.16m³/d para el funcionamiento del sistema de los humedales artificiales de totora y berros.

3.4.3. Muestreo

El tipo de muestreo es aleatorio, el cual garantiza que todos los individuos que componen la población blanca tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. Esta significa que la probabilidad de selección de un sujeto a estudio “x” es independiente de la probabilidad que tienen el resto de los sujetos que integran forman parte de la población blanco, Otzen y Manterola (2017).

El muestro es de tipo aleatorio que se realizó mediante un monitoreo de muestras puntuales en puntos específicos de entrada y salida a los dos tipos de humedales siguiendo el protocolo nacional de la calidad de los recursos hídricos superficiales donde se realizará diario 3 muestras de 250 ml en un envase de pírrex resistentes a altas temperaturas para su respectiva esterilización a la entrada y salida de los humedales artificiales durante 4 meses desde el funcionamiento del sistema.

Figura 9

Muestras para el monitoreo



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos basadas en la observación y participación, practicadas en entornos convencionales, consisten en la observación que realiza el investigador de la situación social en estudio, procurando para ello un análisis de forma directa, entera y en el momento en que dicha situación se lleva a cabo, y en donde su participación varía según el propósito y el diseño de investigación previstos López (2006).

Las técnicas utilizado en la investigación fue en base a datos obtenidos durante la investigación, y donde hubo participación para analizar la muestra en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Huancavelica.

El primer paso se realizó una caracterización de las aguas residuales porcícola generados por la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica en su aspecto de caudal y de calidad (físico-químicas).

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron adquiridos por la Universidad Nacional de Huancavelica los cuales vienen con su certificado de calibración respectivo para realizar los análisis correspondientes por tanto es confiable y que a diario se realiza la calibración del multiparámetro portátil con los Buffer respectivamente.

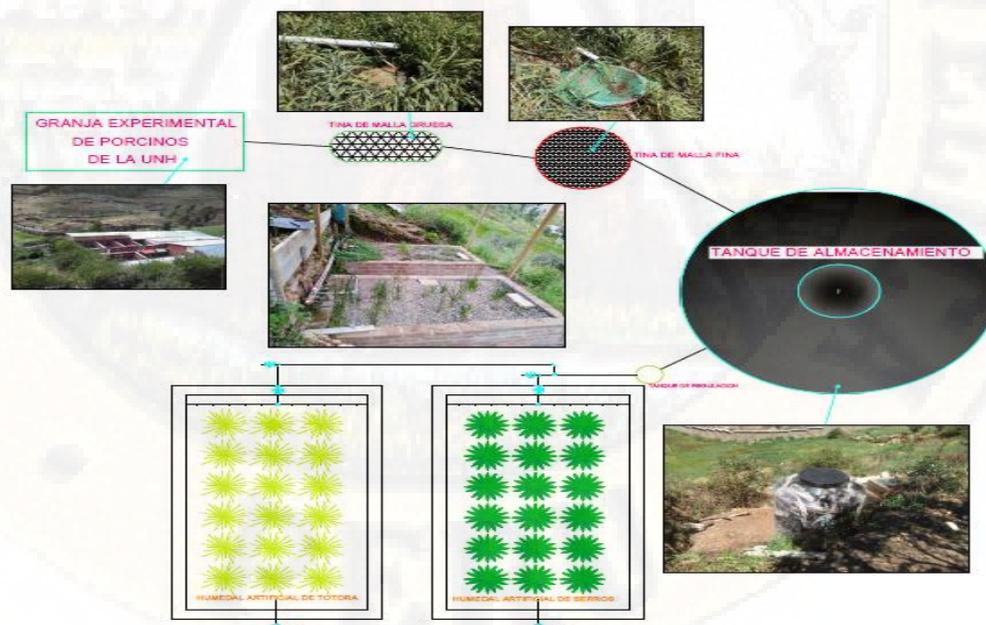
- Multiparámetro portátil Hach modelo HQ40 para toma de parámetros como; conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y potencial de hidrogeno (pH).
- Digestor DBR 200 y colorímetro Hach-DR900 estos 2 equipos son utilizados para determinar la demanda química de oxígeno.

Para tener mayor información se adjunta el acta de capacitación y conformidad de los equipos con certificado de calibración siguiente: 249-250-OP. M-2017 en el apéndice 7.

3.5.3. Procedimiento de recolección de datos en campo.

Figura 10

Esquema del sistema de tratamiento de los humedales artificiales



3.5.3.1. Construcción de los humedales artificiales piloto del tipo de Flujo Sub superficial, (FSS).

- **Materiales.**

Para la construcción de los humedales lo primero que se realizó es un deshierbado de la zona, la conformación de la plataforma, traslado de materiales de construcción (Confitillo, arena fina, cemento, impermeabilizante, ladrillos, grava de 1/2" de diámetro, herramientas de trabajo, etc.), vaciado de sobre cemento, y la construcción de las pozas de los humedales artificiales con las siguientes medidas.

- **Dimensiones.**

- Ancho=1.10m
- Largo=2.15m
- Alto=0.60m

Junto a ello se dejaron las mechas correspondientes para las llaves de salida de los efluentes y la válvula de purga que es de suma importancia para la operación y mantenimiento de la planta piloto.

3.5.3.2. Componentes del humedal artificial piloto.

- **Cámara de reja gruesa.**

La cámara de rejas gruesa se ubica a 5 metros de la puerta de la granja porcícola es conducido por un canal de limpieza hasta afuera de la granja el ingreso hacia la tina en con una tubería de 2" el cual se adaptó a una tina de plástico cocinando una malla de pescar para impedir el ingreso de los sólidos como; heces, plásticos, etc.

- **Cámara de reja fina.**

La cámara de rejas finas está ubicada a 1 metro de la cámara de rejas gruesa conducido con una tubería de 2", adaptado de igual manera en una tina con una malla Rachel para impedir el ingreso de los sólidos de menor tamaño como (arenas, etc.)

- Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento que se instaló tiene una capacidad de 1100 litros ello se encuentra a 20 metros, de las cámaras de rejillas finas conducido por una tubería de 2", lo cual nos ayuda como un sedimentador y la continuidad del flujo del caudal durante las 24 horas del día utilizando 619 l/d en los sistemas.

- Tanque de regulación.

Se instaló una galonera de 4 gl. se encuentra a 0.50 metros del tanque de almacenamiento después de las válvulas de salida y de purga del tanque de almacenamiento, adaptando una válvula flotante para poder regular el ingreso de las aguas residuales hacia los humedales ello es de suma importancia para el funcionamiento del sistema.

Figura 11

Tanque de regulación



*

- Pozas de los humedales artificiales.

Las pozas de los humedales artificiales se construyeron con concreto y ladrillo con las siguientes dimensiones, largo de 2.15m, ancho de 1.10m, y una altura de 0.60m los cuales fueron tarrajeados el interior de las pozas con cemento, arena fina, impermeabilizante,

luego de la construcción se realizó la prueba hidráulica lo cual es muy importante para saber si hay fisuras o fugas por donde se desperdicie agua y la eficiencia de tiempo de retención disminuye.

- Sustrato.

El sustrato utilizado como cama de las especies fue grava fina menor a ½ pulgada con una porosidad de 35 – 38 %, y se utilizó 1.39 m³ aproximadamente por cada poza.

- Adaptación de las plantas.

Las plantas se recolectaron el 10 de octubre de 2018, del lugar denominado totoral Callqui Chico – Huancavelica, y se extrajo en baldes de 18 litros para evitar el daño de las plántulas.

En una primera etapa se realizó la adaptación de plantas durante 3 semanas en los mismos baldes agregando el agua residual inter diario para que puedan asimilar en el tipo de aguas residuales que absorberán durante el tiempo del proyecto.

- Distribución de plantas en las pozas.

Las plantaciones se distribuyeron con un espaciamiento de 0.35m por planta y en total se sembraron 12 plantones de totora y berros en cada poza por tanto aun siendo adaptados cuando empezó a funcionar murieron algunos plantones.

Y una segunda etapa se instalaron en las pozas durante 1 mes para que las raíces se fijen al lecho filtrante.

- Techo de los humedales.

Se hizo el techado para poder aislar las precipitaciones en época de avenida si no se tiene el techo aumentaría el caudal y afectaría al tiempo de retención hidráulico de los sistemas.

3.5.4. Técnicas e instrumentos de laboratorio.

3.5.4.1 Técnicas de caracterización del agua residual porcicola

Para caracterizar los efluentes domésticos generados en los efluentes de la granja experimental de porcinos, se desarrolló un programa de muestreo de mediciones y análisis basado en el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2013-VIVIENDA-VMCS-OMA y W 002-2013-VIVIENDANMCS-OMA-UGIIA-RBC del 24 de octubre del 2013. Este programa de monitoreo consideró:

- **Objetivos.** Estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada (efluente), de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR), además es aplicable al agua residual cruda (afluente) que ingresa a la PTAR.
- **Parámetros a medir.** Los parámetros a medir son indicadores más importantes, como: Temperatura, Conductividad Eléctrica (CE), Potencial de Hidrógeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

3.5.4.2 Actividades de pre-muestreo.

- **Equipos e instrumentos.**

Los equipos e instrumentos como el multiparámetro portátil con lo cual se hizo la medición *in situ* cumple con las normas establecidas en el protocolo de monitoreo, el cual establece que estos deben encontrarse limpios y calibrados antes de ir a campo y quedar en las mismas condiciones al final del trabajo.

Equipos: multiparámetro, sistema medidor completo para DQO y Cooler con refrigerante para muestras recolectadas en los cuatro puntos de muestreo.

- Tipos de recipientes de muestreo.

Los envases utilizados para la toma de muestra y su posterior análisis son de vidrio de una capacidad de 250 ml por tanto se utilizó 4 de estos envases y fueron previamente esterilizados a diario en el laboratorio de microbiología – laboratorio central UNH.

Figura 12

Recipiente de muestra



- Tiempo máximo de almacenamiento.

El tiempo de almacenamiento fue lo menos posible para tener un resultado más real ya que no pierde sus propiedades físicas, químicas y biológica del agua residual y todos los criterios están mencionados en el protocolo de monitoreo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) 2013).

- Equipo de seguridad para el muestreo.

Los análisis en el laboratorio se contaron con los implementos de seguridad, para evitar tener contacto directo con la muestra y los productos químicos. Entre ellos tenemos:

- 01 guardapolvo blanco
- 01 par de lente de laboratorio
- Mascarillas desechables simples
- Guantes quirúrgicos 7 ½ desechables

Figura 13

Equipo multiparámetro para medir (Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto)



Figura 14

Equipos para determinar la demanda química de oxígeno (DQO)



Figura 15

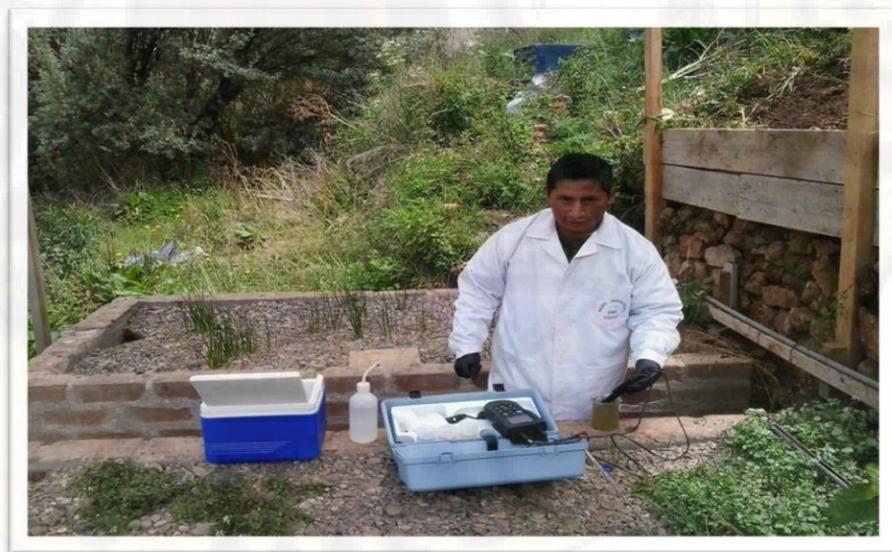
Equipos Para determinar la demanda química de oxígeno (DQO)



- Selección de los puntos de muestreo. - La selección de los puntos de muestreo se ubicó en la entrada de afluente de los dos humedales y a la salida de los humedales en total se tuvo cuatro puntos de muestreo en la investigación.
- Toma de muestra, mediciones *in situ*, laboratorio y su frecuencia. - La recolección y manipulación de muestras es una de las etapas más importantes en el monitoreo, porque permitió garantizar resultados satisfactorios de los análisis correspondientes tales como: Temperatura, Conductividad Eléctrica (CE), potencial hidrógeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Química de Oxígeno (DQO). Las muestras procedentes de los afluentes y efluentes considerados en cada punto de monitoreo la frecuencia que se hizo el monitoreo fue a diario durante 3 meses ya que se tuvo los equipos necesarios para realizar los muestreos.

Figura 16

Toma de muestra In Situ con el multiparámetro portátil



3.5.5. Técnicas para las pruebas experimentales

Con el fin de efectuar las pruebas experimentales necesarias para demostrar la hipótesis planteada se realizó el diseño y construcción de un humedal artificial piloto del tipo Flujo Subsuperficial, (FSS), utilizando para dicho diseño la teoría precisada en el marco teórico el humedal piloto se construyó y se operó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Huancavelica, la pruebas son valederas desde el punto de vista experimental dado que los efluentes porcicola generados de la granja experimental y las características del humedal piloto.

Para recolectar los datos se utilizó como instrumento una ficha de registro de datos.

3.5.6. Métodos de análisis de parámetros físico – químico

Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y temperatura

- Instrumento: multiparámetro portátil Hach modelo HQ40d
- Procedimiento de medición:
 - Calibramos el multiparámetro portátil con tres soluciones buffer (ácida, neutra y alcalina).
 - Se enjuaga las sondas con agua destilada y se seca con papel toalla los residuos del agua.
 - Colocamos las sondas en los frascos que contiene la muestra a analizar.
 - Se enciende y se presiona la tecla medición del multiparámetro y automáticamente empieza medir y dejar hasta que se ponga un candado del parámetro correspondiente.
 - Se vuelve a enjuagar la sonda para su respectiva medición de otro punto o se guarde la sonda.

Figura 17

Calibración del multiparámetro portátil



3.5.7. Demanda química de oxígeno (DQO).

- Para la determinación de este parámetro se utilizó los siguientes equipos y materiales; colorímetro portátil modelo DR-900 y digestor Hach Modelo DBR 200, pipetas, micropipetas, viales de alto rango, papel tisú, vaso precipitado.
- Para la determinación se sigue el siguiente procedimiento:
- Traer las muestras del afluente y los efluentes de la planta piloto.
- Calentar el equipo para que llegue a una temperatura de 150 °C.
- Agregar las muestras de 2.5 ml por cada vial a digestar y rotular de cada punto.
- Tapar con mucho cuidado cada vial y agitar delicadamente para homogenizar la muestra con el reactivo.
- Colocar en el digestor a la temperatura de 150°C y dejar digestar durante 2 horas.
- Apagué el digestor y sacar los viales a una gradilla para que enfríe por lo menos 10 minutos.

- La lectura de los viales se realiza con el colorímetro teniendo dentro de ello varios parámetros y se escoge DQO de rango alto (20-1500 mg/l).

Figura 18

Digestor para las muestras



Figura 19

Toma de lectura con el colorímetro portátil



3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.6.1. Técnica de análisis de datos

La técnica utilizada en el presente trabajo de investigación se utilizó las siguientes:

- a. Se utilizó la ficha de toma de información, con la finalidad de obtener datos en una cantidad considerable para obtener un resultado uniforme asimismo determinar los parámetros físico químicos como, demanda química de oxígeno (DQO), Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, pH.
- b. Se realizó un muestreo de agua residual *in-situ* por un muestreo simple por que se extrajo las muestras en puntos específicos y por cada día, con la finalidad de realizar un análisis físico-químico de las aguas residuales porcícolas.
- c. A si mismo se realizó un análisis en Laboratorio Central de Microbiología el parámetro de demanda química de oxígeno lo cual es un importante parámetro en nuestra investigación.

3.6.2. Procesamiento de análisis de datos

La información resultante del monitoreo de los efluentes se procesó mediante el paquete estadístico (SAS 2009 versión 9,4) y las comparaciones de medias fueron hechas mediante la prueba de *Shapiro wilk*, y la prueba de hipótesis se realizó mediante la prueba *z* proporción, con nivel de significación de 5% de probabilidad, para la normalidad de varianzas se utilizó las pruebas de *Shapiro wilk*.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de la información

Se presenta los resultados para el objetivo específico en determinar el nivel de concentración de la demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

4.1.1 Eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 4

Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO)

N°	Fecha	DQO entrada	DQO salida totora	Eficiencia totora (%)
1	09/12/2018	195	27	86.15
2	10/12/2018	564	58	89.72
3	11/12/2018	964	67	93.05
4	12/12/2018	975	75	92.31
5	13/12/2018	645	105	83.72
6	14/12/2018	526	130	75.29
7	15/12/2018	520	125	75.96
8	16/12/2018	281	156	44.48
9	17/12/2018	498	115	76.91
10	18/12/2018	698	95	86.39

<i>N°</i>	<i>Fecha</i>	<i>DQO entrada</i>	<i>DQO salida totora</i>	<i>Eficiencia totora (%)</i>
11	19/12/2018	831	87	89.53
12	20/12/2018	920	91	90.11
13	21/12/2018	875	82	90.63
14	22/12/2018	1085	73	93.27
15	23/12/2018	344	37	89.24
16	24/12/2018	268	28	89.55
17	26/12/2018	1021	73	92.85
18	27/12/2018	645	85	86.82
19	28/12/2018	578	95	83.56
20	29/12/2018	982	93	90.53
21	30/12/2018	646	67	89.63
22	31/12/2018	1332	125	90.62
23	07/01/2019	262	178	32.06
24	08/01/2019	283	170	39.93
25	09/01/2019	325	280	13.85
26	10/01/2019	395	215	45.57
27	11/01/2019	375	245	34.67
28	12/01/2019	498	235	52.81
29	13/01/2019	346	173	50.00
30	14/01/2019	177	72	59.32
31	15/01/2019	276	87	68.48
32	16/01/2019	149	65	56.38
33	17/01/2019	256	97	62.11
34	18/01/2019	429	76	82.28
35	20/01/2019	735	125	82.99
36	21/01/2019	111	44	60.36
37	22/01/2019	602	120	80.07
38	23/01/2019	157	44	71.97
39	24/01/2019	351	92	73.79
40	25/01/2019	375	173	53.87
41	26/01/2019	480	145	69.79
42	29/01/2019	440	210	52.27
43	30/01/2019	1084	155	85.70
44	31/01/2019	1117	309	72.34
<i>Promedio</i>		559.45	118.15	78.88

En la tabla 4 se observa los resultados de demanda química de oxígeno para el humedal de totora donde se observa que disminuye la cantidad de DQO, esto se debe a una mayor oxigenación del medio filtrante, la porosidad y a una mayor retención hidráulica.

El experimento con humedal artificial de totora tuvo una duración de 44 días para poder observar una mayor eficiencia de degradación de la materia orgánica del humedal artificial.

La planta piloto que se instaló en un medio de agua residual de la granja de porcinos tuvo una mayor carga orgánica, motivo por el cual disminuye el DQO. La planta piloto del humedal artificial de flujo subsuperficial de totora se obtuvo una eficiencia de 78.88% superando la eficiencia propuesta en la hipótesis.

4.1.2 Eficiencia de los humedales artificiales de *Nasturtion officinale* (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 5

Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO)

N°	Fecha	DQO entrada	DQO salida berros	Eficiencia totora (%)
1	09/12/2018	195	46	76.41
2	10/12/2018	564	96	82.98
3	11/12/2018	964	102	89.42
4	12/12/2018	975	88	90.97
5	13/12/2018	645	78	87.91
6	14/12/2018	526	97	81.56
7	15/12/2018	520	73	85.96
8	16/12/2018	281	59	79.00
9	17/12/2018	498	48	90.36
10	18/12/2018	698	86	87.68
11	19/12/2018	831	79	90.49
12	20/12/2018	920	112	87.83
13	21/12/2018	875	103	88.23
14	22/12/2018	1085	91	91.61
15	23/12/2018	344	38	88.95
16	24/12/2018	268	47	82.46
17	26/12/2018	1021	68	93.34
18	27/12/2018	645	89	86.20
19	28/12/2018	578	83	85.64
20	29/12/2018	982	57	94.20

N°	Fecha	DQO Entrada	DQO salida Berros	Eficiencia totora (%)
21	30/12/2018	646	48	92.57
22	31/12/2018	1332	36	97.30
23	07/01/2019	262	201	23.28
24	08/01/2019	283	216	23.67
25	09/01/2019	325	235	27.69
26	10/01/2019	395	274	30.63
27	11/01/2019	375	344	8.27
28	12/01/2019	498	141	71.69
29	13/01/2019	346	102	70.52
30	14/01/2019	177	99	44.07
31	15/01/2019	276	85	69.20
32	16/01/2019	149	82	44.97
33	17/01/2019	256	74	71.09
34	18/01/2019	429	77	82.05
35	20/01/2019	735	106	85.58
36	21/01/2019	111	44	60.36
37	22/01/2019	602	66	89.04
38	23/01/2019	157	42	73.25
39	24/01/2019	351	161	54.13
40	25/01/2019	375	187	50.13
41	26/01/2019	480	198	58.75
42	29/01/2019	440	188	57.27
43	30/01/2019	1084	209	80.72
44	31/01/2019	1117	437	60.88
<i>Promedio</i>		559.45	118.00	78.91

En la tabla 5 se observa los resultados de demanda química de oxígeno para el humedal de totora donde se observa que disminuye la cantidad de DQO, esto se debe a una mayor oxigenación del medio filtrante, la porosidad y a una mayor retención hidráulica.

El experimento con humedal artificial de totora tuvo una duración de 44 días para poder observar una mayor eficiencia de degradación de la materia orgánica del humedal artificial.

La planta piloto se instaló en un medio de agua residual de la granja de porcinos tuvo una mayor carga orgánica, motivo por el cual disminuye la demanda química de oxígeno (DQO).

La planta piloto del humedal artificial de flujo subsuperficial de berros se obtuvo una eficiencia de 78.91% superando la eficiencia propuesta en la hipótesis.

Se puede decir de la tabla 4 y tabla 5 que el berro tuvo un porcentaje mayor en la degradación de la materia orgánica esto se debe a que tiene mejor propiedad de absorción de nutrientes esto se ve reflejado en el porcentaje de eficiencia de 78.91%.

4.1.3 Concentración de demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH) del humedal de *Schoenoplectus californicus* (totora), de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 6

Estadística descriptiva de los parámetros químicos en los puntos de monitoreo

Humedal de <i>Schoenoplectus Californicus</i> (Totora)							
Evaluación de Parámetros Químicos	Und.	fi	MediasPunto de Afluente	MediasPunto de Efluente	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Eficiencia (%)
DQO	mg/l	44	559.45	118.15	8.76	1.83	78.88
OD	ml/l	56	1.11	8.25	1.1	6.12	-
Conductividad eléctrica	us/cm ²	56	843.19	534.98	9.56	3.32	-
Temperatura	°C	55	13.49	13.49	1.25	9.38	-
pH	Escala	56	6.74	7.36	0.24	3.35	-

Nota: Und = Unidad de medida; fi= Numero de datos procesados.

En la práctica, el CV puede tomar cualquier valor por encima de 0, ahora bien, tal como señalan Solanas et al. (2005), es habitual que no pase de 100 y valores por encima pondrían de manifiesto una dispersión excepcionalmente alta en los datos. En ese caso, se aconseja indagar las fuentes de variabilidad de los datos, pues podría existir algún tipo de error o sesgo en la recogida de los datos que diera lugar a una dispersión tan elevada Molina y Rodrigo (2010)

En las Tabla 5 se puede verificar la eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO) con una eficiencia, 559.45 media del afluente y 118.15 del efluente de salida se puede decir estadísticamente que existe una eficiencia del humedal de totora por tanto que el sistema degrada la materia orgánica y ello es un antecedente para futuros investigaciones en la zona.

En relación al oxígeno disuelto se observó que aumento la cantidad de (OD) se debe a una liberación de la saturación de la carga orgánica esto beneficia a la recuperación del agua residual de la granja de porcinos en el afluente se tuvo una media de 1.11 ml/l y a comparación del efluente tuvo un aumento de 8.25 ml/l. el cual es muy bueno el aumento de oxigenación en el sistema así poder disponer las aguas residuales porcícolas al cuerpo receptor.

En relación a la conductividad eléctrica se observó que hay una disminución considerable esto se debe a que las plantas neutralizan este indicador el cual es muy beneficioso para el efluente del sistema donde se obtuvo en el afluente una media de 843.19 us/cm² y a comparación del efluente tuvo una disminución a 534.98 us/cm² ello indica muy significativo este indicador de campo.

En relación al potencial de hidrogeno (pH), se observó que hay un aumento esto siendo considerado de 6.74 que se encontraba el agua acida subiendo a 7.36 que se encuentra en la zona neutra el cual es el pH adecuado para cualquier tipo de agua residual y es un indicador que hay una eficiencia del sistema utilizado.

4.1.4 Concentración de oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH), del humedal de *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 7

Estadística descriptiva de los parámetros químicos en los puntos de monitoreo

Humedal de <i>Nasturtion officinale</i> (Berros)							
Evaluación de Parámetros Químicos	Und.	Fi	Medias Punto de Afluente	Medias Punto de Efluente	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Eficiencia (%)
DQO	mg/l	44	559.45	118.00	3.75	3.83	78.91
OD	ml/l	56	1.11	3.07	0.23	0.75	-
Conductividad eléctrica	us/cm ²	56	843.19	642.48	4.99	6.84	-
Temperatura	°C	55	13.49	13.32	2.15	1.59	-
pH	escala	56	6.74	7.29	6.45	0.44	-

Nota: Und = Unidad de medida; fi= Numero de datos procesados.

En la práctica, el CV puede tomar cualquier valor por encima de 0, ahora bien, tal como señalan Solanas et al. (2005), es habitual que no pase de 100 y valores por encima pondrían de manifiesto una dispersión excepcionalmente alta en los datos. En ese caso, se aconseja indagar las fuentes de variabilidad de los datos, pues podría existir algún tipo de error o sesgo en la recogida de los datos que diera lugar a una dispersión tan elevada Molina y Rodrigo (2010)

En las Tabla 6 se puede verificar la eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO) con una eficiencia, 559.45 de media para el afluente y 118 del efluente de salida se puede decir estadísticamente que existe una eficiencia del humedal

de totora por tanto que el sistema degrada la materia orgánica y ello es un antecedente para futuras investigaciones en la zona.

En relación al oxígeno disuelto se observó que aumentó la cantidad de (OD) se debe a una liberación de la saturación de la carga orgánica esto beneficia a la recuperación del agua residual de la granja de porcinos en el afluente se tuvo una media de 1.11 ml/l y a comparación del efluente tuvo un aumento de 3.7 ml/l. el cual es muy bueno el aumento de oxigenación en el sistema así poder disponer las aguas residuales porcícolas al cuerpo receptor, también podemos decir que el humedal de totora tiene mayor aumento de oxígeno disuelto.

En relación a la conductividad eléctrica se observó que hay una disminución considerable esto se debe a que las plantas neutralizan este indicador el cual es muy beneficioso para el efluente del sistema donde se obtuvo en el afluente una media de 843.19 us/cm² y a comparación del efluente tuvo una disminución a 642.48 us/cm² ello indica muy significativo este indicador de campo.

En relación al potencial de hidrogeno (pH), se observó que hay un aumento esto siendo considerado de 6.74 que se encontraba el agua acida subiendo a 7.29 que se encuentra en la zona neutra el cual es el pH adecuado para cualquier tipo de agua residual y es un indicador que en campo te indica que el sistema está funcionando.

4.2 Prueba de hipótesis

A. Principios de la investigación

A través de la historia se ha tratado de encontrar un método confiable y eficaz, es por ello que la investigación científica tiene principios básicos para poder garantizar un correcto muestreo y un adecuado análisis de los datos obtenidos.

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ($n < 50$).

a) Test de normalidad para el objetivo.

Test de normalidad para demanda química de oxígeno (DQO), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

Tabla 8

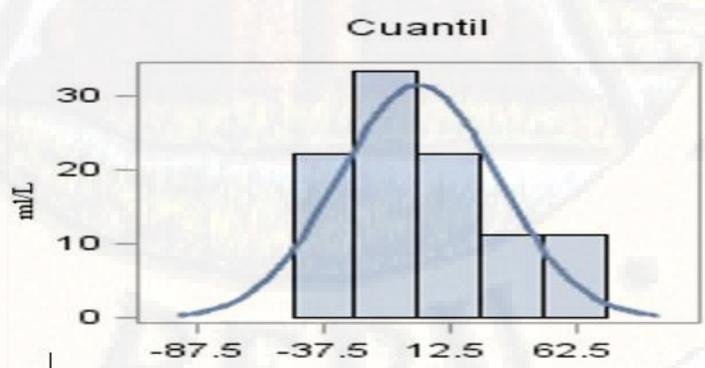
Test de normalidad para demanda química de oxígeno (DQO) de los humedales de Schoenoplectus Californicus (Totora) y Nasturtion Officinale (Berros)

Test Para Normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro-Wilk	W	0.59989	Pr < W	0.0900

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resultado que los datos de demanda química de oxígeno (DQO) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017, muestran un comportamiento normal, debido a que Pr < W resultado 0.0900 el cual es mayor a 0.05 (error de 5 %), por lo que presenta una distribución normal en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 20

Test de normalidad de la demanda química de oxígeno (dco) presenta cuantiles normales



b) Test de normalidad para el objetivo.

Test de normalidad para oxígeno disuelto (OD), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

Tabla 9

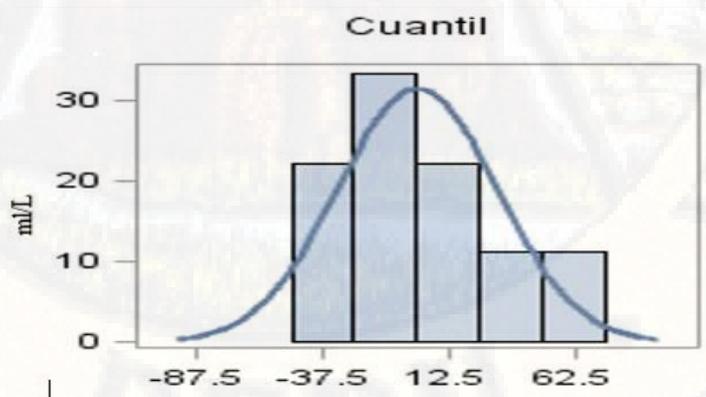
Test de normalidad para oxígeno disuelto (OD) de los humedales de Schoenoplectus Californicus (Totora) y Nasturtion Officinale (Berros)

Test	Test para normalidad		
	Estadístico		p valor
Shapiro-Wilk	W	0.455689	Pr < W 0.78900

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resulta que los datos de oxígeno disuelto (OD) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017, muestran un comportamiento normal, debido a que $Pr < W$ con 0.78900 el cual es mayor a 0.05 (error de 5 %), por lo que presenta normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 21

Test de normalidad del oxígeno disuelto (OD) presenta cuantiles normales



c) Test de normalidad para el objetivo.

Test de normalidad para conductividad eléctrica (CE), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

Tabla 10

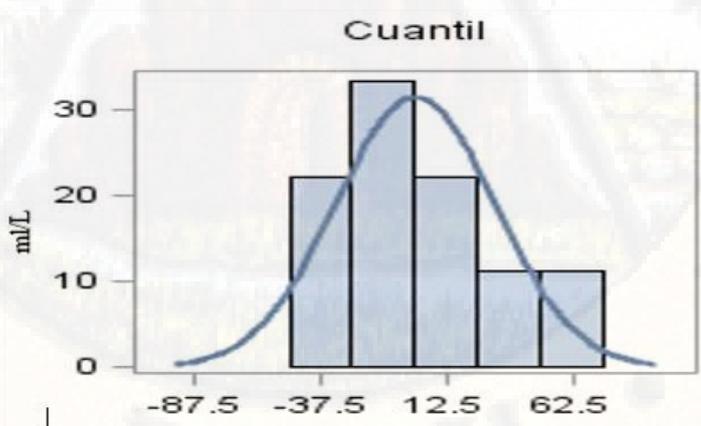
Test de normalidad para conductividad eléctrica (CE) de los humedales de Schoenoplectus Californicus (Totora) y Nasturtion Officinale (Berros)

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro-Wilk	W	0.325634	Pr < W	0.99900

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resulta que los datos de conductividad eléctrica (CE) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017, muestran un comportamiento normal, debido a que $Pr < W$ resultado 0.99900 el cual es mayor a 0.05 (error de 5 %), por lo que presenta normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 22

Test de normalidad de conductividad eléctrica (CE) presenta cuantiles normales



d) Test de normalidad para el objetivo.

Test de normalidad para temperatura (T), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

Tabla 11

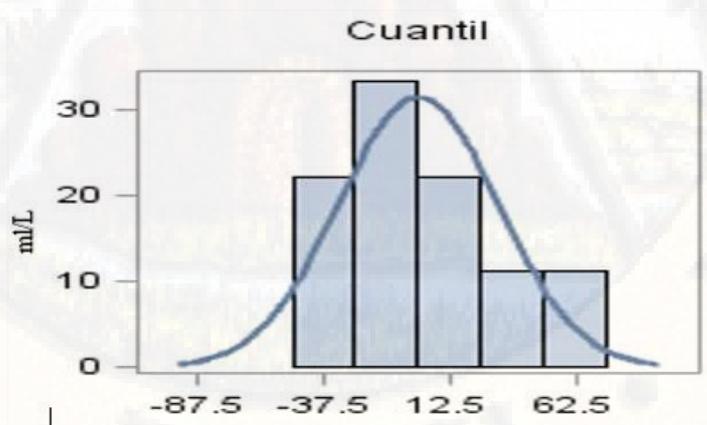
Test de normalidad para temperatura (T) de los humedales de Schoenoplectus Californicus (Totora) Y Nasturtion Officinale (Berros)

Test	Test para normalidad		
	Estadístico		p valor
Shapiro-Wilk	W	0.89878	Pr < W 0.77700

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resultado que los datos de temperatura (T) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017, muestran un comportamiento normal, debido a que $Pr < W$ resultado 77700 el cual es mayor a 0.05 (error de 5 %), por lo que presenta normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 23

Test de normalidad de temperatura (T) presenta cuantiles normales



e) Test de normalidad para el objetivo.

Test de normalidad para potencial de hidrogeno (pH), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros).

Tabla 12

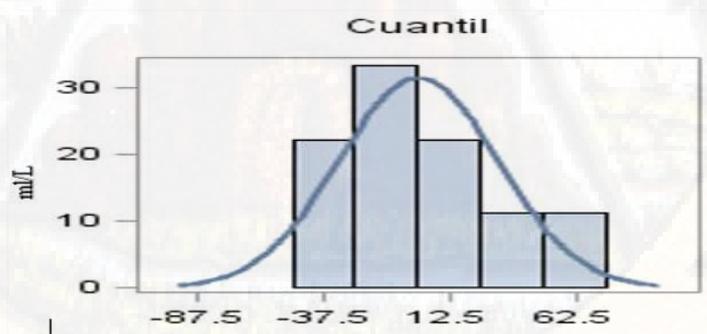
Test de normalidad para potencial de hidrogeno (pH) de los Humedales de Schoenoplectus Californicus (Totora) y Nasturtion Officinale (Berros)

Test	Test Para Normalidad		
	Estadístico		p valor
Shapiro-Wilk	W	0.89878	Pr < W 0.78800

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resulto que los datos de potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017, muestran un comportamiento normal, debido a que $Pr < W$ resultado 78800 el cual es mayor a 0.05 (error de 5 %), por lo que presenta normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 24

Test de normalidad de potencial de hidrogeno (pH) presenta cuantiles normales



B. Prueba de hipótesis

Como señala (Hernández et al. 2014), la contrastación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento,

que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo “ α ”.
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n”.
6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula (H_0) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

1. Formulación de la hipótesis nula y alterna

La hipótesis se planteó de acuerdo a la siguiente fórmula para corroborar la eficiencia de los humedales artificiales de totora y berros.

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{(\text{DQO antes del tratamiento} - \text{DQO después del tratamiento}) \times 100}{\text{DQO antes de tratamiento}}$$

Ha: La eficiencia del humedal artificial *Schoenoplectus californicus* (totora) será mayor a 50% de remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

Ha: $P > 50\%$

Ho: La eficiencia del humedal artificial *Schoenoplectus californicus* (totora) será menor a 50% de remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Ho: $P < 50\%$

Ha: La eficiencia del humedal artificial *Nasturtion officinale* (berros) será mayor a 50% de remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Ha: $P > 50\%$

Ho: La eficiencia del humedal artificial *Nasturtion officinale* (berros) será menor a 50% de remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Ho: $P < 50\%$

2. Nivel de significación

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir: $\alpha = 0.05$, por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con $1 - \alpha = 0.95$.

3. Estadístico de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba de Z debido a que los datos analizados son mayores a 30 datos y se encuentran en porcentajes, por cada parámetro para analizar el comportamiento de los datos (Sampieri, 2010).

4. Valor crítico y regla de decisión

A partir de la hipótesis planteada la $H_a (>)$, indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando $H_o (<)$, indica que tendrá una cola hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error $\alpha = 0.05$ en la tabla de Z tenemos los valores críticos de Z de tabla y α error.

$Z_{\text{calculado}} = 1.645$

$Z_{\text{cal}} < =$ que el valor Z_p de la tabla se acepta la hipótesis nula

$Z_{\text{cal}} > =$ que el valor Z_p de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

5. Cálculo de los estadígrafos de prueba

a. Prueba de Z para el objetivo

Resumen de la prueba de la prueba de Z del humedal artificial *Schoenoplectus californicus* (totorá) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 13

Prueba de Z-demanda química de oxígeno (DQO)

Nivel de Significancia		0.05
Nivel de confianza		0.95
Valor crítico	vc	1.64
Proporción teórica	p	50
Tamaño de muestra	n	44
Proporción de muestra	p'	78.88
Complemento	q	50
Zc	Zc	5.67

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de Z calculado para proporciones se obtiene:

$$Z_c = \frac{p' - p}{\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}}$$

Donde:

Zc = Z calculado

P' = Proporción de muestra

P = Proporción teórica

q = Complemento

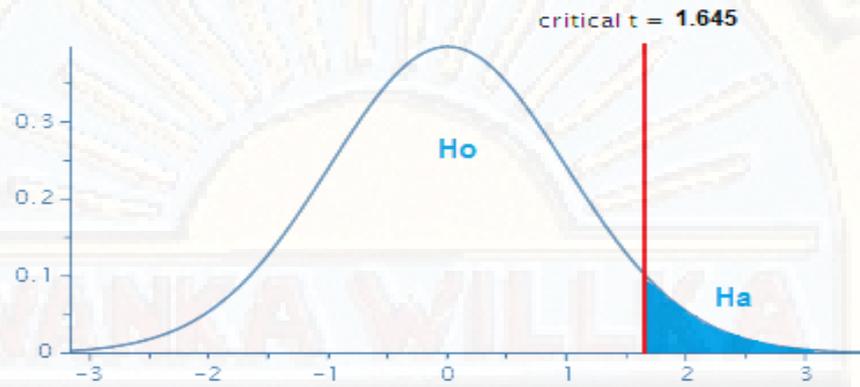
n = Tamaño de muestra

Obteniendo que el Zc es = 5.67

Z crítico = 1.645

Figura 25

Valores Críticos "Z" para aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), en términos de demanda química de oxígeno (DQO)



El valor Z calculado es $5.67 >$ que el valor de Z crítico es igual a 1.645, para demanda química de oxígeno (DQO) para totora, se observa que hay una diferencia entre los valores de Z calculado y valor de Z crítico, por lo que se encuentra en la región de rechazo de H_0 .

b. Prueba de Z para el objetivo

Resumen de la prueba de la prueba de Z de los humedales artificiales y *Nasturtion officinale* (berros) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Tabla 14*Prueba de Z-demanda química de oxígeno (DQO)*

Nivel de Significancia		0.05
Nivel de confianza		0.95
Valor critico	vc	1.64
Proporción teórica	p	50
Tamaño de muestra	n	44
Proporción de muestra	p'	78.91
Complemento	q	50
Zc	Zc	4.51

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de Z calculado para proporciones se obtiene:

$$Z_c = \frac{p' - p}{\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}}$$

Donde:

Zc = Z calculado

P' = Proporción de muestra

P = Proporción teórica

q = Complemento

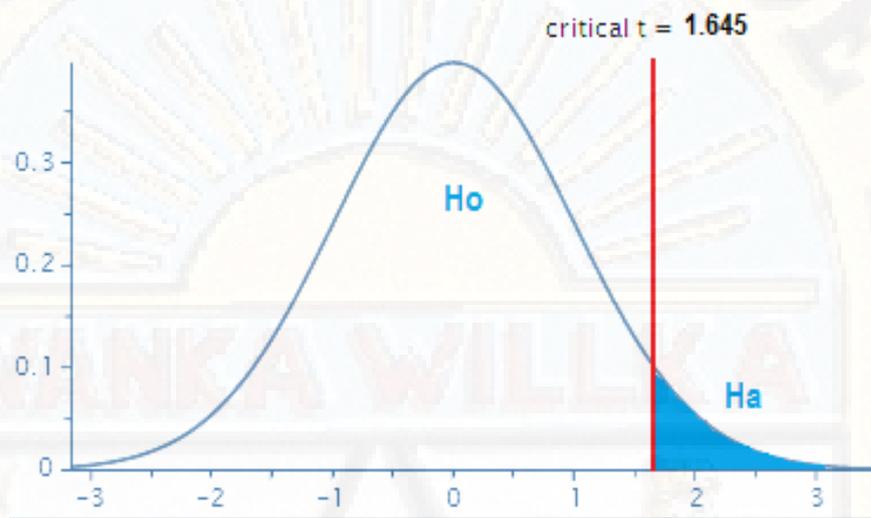
n = Tamaño de muestra

Obteniendo que el Zc es = 4.51

Z critico = 1.645

Figura 26

Valores Críticos "Z" para aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), en términos de demanda química de oxígeno (DQO)



Mi valor Z calculado es $4.51 >$ que el valor de Z crítico es igual a 1.645, para demanda química de oxígeno (DQO) para berros, se observa que hay una diferencia entre los valores de Z calculado y valor de Z crítico, por lo que se encuentra en la región de rechazo de H_0 .

a) Decisión estadística para el primer objetivo específico

✓ Decisión estadística para la demanda química de oxígeno (DQO) del humedal de totora.

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Z calculado es $5.67 >$ que el valor de Z crítico 1.645 lo que indica que el valor del estadístico muestra (Z para proporción), se encuentra en la región de rechazo de H_0 , por lo que aceptamos la hipótesis alterna (H_a) y concluimos que: la eficiencia de los humedales artificiales *Schoenoplectus californicus* (totora) es mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

b) Decisión estadística para el segundo objetivo específico

- ✓ Decisión estadística para la demanda química de oxígeno (DQO) del humedal de berros.

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Z calculado es $4.51 >$ que el valor de Z crítico 1.645 lo que indica que el valor del estadístico muestra (Z para proporción), se encuentra en la región de rechazo de H_0 , por lo que aceptamos la hipótesis alterna (H_a) y concluimos que: la eficiencia de los humedales artificiales *Nasturtion officinale* (berros) es mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

4.3 Discusión de resultados

4.3.1. Eficiencia de los humedales artificiales *Schoenoplectus Californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica 2017.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación con los dos tipos de plantas en los sistemas de los humedales artificiales de totora y berros con el tiempo de retención hidráulica de 3 días y el sustrato con una porosidad de 38%, han logrado una remoción de materia orgánica en un porcentaje de 78.88% en el humedal de totora y 78.91 % en el humedal de berros, se puede evidenciar que el humedal de berros es más eficiente para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. En relación a De la Mora *et al.* (2014), obtuvo un porcentaje de remoción de 74.9% con un humedal de flujo subsuperficial de totora con sustrato de primera capa 15 cm una mezcla arena y arcilla, segunda capa de 15cm de piedra volcánica y otra capa de arena y arcilla de 20 cm, con ello se puede indicar que los resultados varían por el tipo de sustrato, el tipo de planta existente en los sistemas. Según Blanco (2014), obtuvo medias de 380,1 mg/l del afluente a 123,1 1mg/l del efluente con humedales de flujo superficial, flujo subsuperficial con micrófitos *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*, con ello

se puede indicar que tiene una diferencia significativa con respecto a nuestra investigación por que en la investigación tiene un mayor porcentaje de remoción de materia orgánica. En relación Duque y Ardila (2014), obtuvo medias de 1256 mg/l del afluente a 389 mg/l del efluente con humedal híbrido convencional y 1256 mg/l a 400mg/l con humedal híbrido modificado, los dos sistemas de tratamiento funcionaron en paralelo, el cual es de suma importancia para nuestra investigación por que se asimila el tipo de sistema empleado y por nuestra parte tenemos un mayor porcentaje de eficiencia. En relación a Caballero (2013), en los humedales observaron que ha producido un aumento de 75% de DQO por tanto, el uso de humedales ha permitido eliminar especialmente DQO y otros parámetros que son los siguientes tratamientos: separación de fases, espesado, decantación y los humedales los cuales siempre influyen en el porcentaje de remoción de la materia orgánica, ello indica que nuestro tratamiento es de mayor eficiencia ya que tenemos con el humedal de totora un 78.88% y humedal de berros un 78.91% de eficiencia. Según Martínez *et al.* (2015), determino que el DQO, tuvo una disminución menor o igual al 20%, al realizar el análisis comparativo de entrada vs salida nos muestra una disminución de un 67 % en la carga química de oxígeno, esto probablemente se debe la alta carga contaminante que producen este tipo de aguas residuales además de la magnitud en el espacio empleado para el sistema que intervino directamente en la demanda de oxígeno, en esta investigación se coincide que la carga orgánica de este tipo de agua residual es muy alta. Según Arévalo (2010), obtuvo medias de 2878 mg/l del afluente a 1396 mg/l de efluente con una remoción de 51% con humedal de flujo subsuperficial con una planta de junco, con este resultado también se puede mencionar que el tipo de tratamiento de nuestra investigación es superior en el porcentaje de remoción de materia orgánica. Según Sifuentes (2018), con la edad de 2 meses en humedales artificiales en el parámetro de DQO tiene una variación en su concentración y su máxima reducción de la concentración en la semana 3 al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas con un 68.3% de eficiencia, por tanto también según este antecedente que nuestra investigación es más eficiente superando con los tipos de plantas para la remoción de materia

orgánica. Según Raymundo (2017) pudieron observar que el humedal natural de Sapallanga redujo un 46.67% los niveles de contaminación de DQO cuyo vegetal predominante fue el berros (*Nasturtium Officinale*); el humedal natural de la Ribera redujo un 31.71% los niveles de contaminación de DQO cuyo vegetal predominante fue el berros (*Nasturtium Officinale*), con estos antecedentes se puede indicar que en la investigación realizado por nuestra parte la eficiencia es superior y para el humedal natural de Chupaca redujo un 35.71% los niveles de contaminación de DQO cuyo vegetal predominante fue la totora (*Typha*) y con el tipo de humedal de totora también fue superior en nuestra investigación. Tito (2015) obtuvo 76.81% ello con el tipo de humedal de flujo subsuperficial con una planta de *Cyperus alternifolius*, de este antecedente también es superior el tratamiento en nuestra investigación por tanto es eficiente los humedales de totora y berros en nuestra región de Huancavelica.

4.3.2. Concentración de oxígeno disuelto (OD), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtium officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación con los dos tipos de plantas en los sistemas de los humedales artificiales de tipo flujo subsuperficial, con el tiempo de retención hidráulica de 3 días y el sustrato con un 38% de porosidad, han logrado un aumento del oxígeno disuelto y se tiene un promedio de media de ingreso de 1.11mg/l, las salidas humedal de totora, 8.25mg/l y humedal de berros, 3.07mg/ se puede evidenciar que el humedal de totora es más eficiente mejorando una aireación para el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Blanco (2014) obtuvo medias de (5mg/l a 1.7 mg/l) con humedales de flujo superficial, flujo subsuperficial con micrófitos *Typha latifolia* y *Salix atrocinnerea*, para García (2012) obtuvo medias de (11.58 mg/l a 15.61 mg/l) con humedal de sistemas por tandas con una planta de lenteja de agua tiene un porcentaje de remoción 17.6 mg/l del

afluente a 4.75 mg/l en el efluente con humedal de sistemas por tandas con una planta de Jacinto de agua también tiene un porcentaje de remoción, con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de lenteja de agua obtuvo medias de 4.2 mg/l del afluente a 5.5 mg/l del efluente, también obtuvieron un valor promedio de 4.2 mg/l del afluente a 4.6 del efluente con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua, con los antecedentes mencionados se puede evidenciar que hay una mejora en el aumento de oxígeno disuelto en la investigación.

4.3.3. Concentración de conductividad eléctrica (CE), de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación con los dos tipos de plantas en los sistemas de los humedales artificiales, el tiempo de retención hidráulica de 3 días y el sustrato utilizado con una porosidad de 38% han logrado disminuir la conductividad eléctrica en un promedio de porcentaje de 36.55% en el humedal de totora, 23.80% en el humedal de berros, se puede evidenciar que el humedal de totora es más eficiente para el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Sifuentes (2018), la conductividad eléctrica a medida que pasan las semanas disminuye con TRH de 36 horas con un porcentaje bueno, esto debe ser a que se trabajó a una altura de 3101msnm y con respecto al sustrato se utilizó la grava en la investigación, Toledo y Duchicela (2014) obtuvo medias de 164.1 us/cm² del afluente a 67.4 us/cm² del efluente en la cuarta semana de monitoreo con humedales de sistemas por tandas con la planta de achira, con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de lenteja de agua obtuvo medias de 567.6 us/cm² del afluente a 582.7 us/cm² del efluente, con un valor promedio y 583.3 us/cm² del afluente a 484.2 del efluente con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua también tiene un valor promedio, por tanto en nuestra investigación se obtuvo disminución de conductividad eléctrica con el tipo de tratamiento realizado.

4.3.4. Concentración de temperatura, de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación con los dos tipos de plantas en los sistemas de los humedales artificiales, el tiempo de retención hidráulica de 3 días y el sustrato utilizado con una porosidad de 38% han logrado un resultado de la temperatura con un promedio de media de afluente de 13.49°C, con humedal de totora, 13.49°C con humedal de berros, 13.32°C se puede evidenciar que el humedal de berros disminuye en un porcentaje mínimo mejorando el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Toledo y Duchicela (2014) obtuvo medias de (16.3 a 16.2) en la cuarta semana de monitoreo, con humedales de flujo subsuperficial con planta de totora los cuales tampoco son significativos en sus resultados obtenidos, Ávalos (2005) obtuvo medias de (20.93 a 20.60) con humedales de flujo superficial con planta de totora. Toledo y Duchicela (2014) obtuvo medias de (13.3 a 13.7) en la cuarta semana de monitoreo con humedales de sistemas por tantas con planta de achira, García (2012) obtuvo medias de (31.2 a 32.1) con humedal de flujo superficial con una planta de lenteja de agua y (32 a 28.2) con humedal de sistemas por tantas con una planta de Jacinto de agua, con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de lenteja de agua obtuvo medias de (26.6 a 25.4) tiene un valor promedio y (20.3 a 20) con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua también tiene valor promedio.

4.3.5. Concentración de potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación con los dos tipos de plantas en los sistemas de los humedales artificiales, con un tiempo de

retención hidráulica de 3 días y el sustrato utilizado con una porosidad de 38% han logrado un aumento de pH y se tiene un promedio de media de ingreso de 6.74, en afluente hacia los humedales, 7.36 en el efluente del humedal de totora, 7.29 en el efluente del humedal de berros, se puede evidenciar que el humedal de totora aumenta en un porcentaje cercano a un agua neutro mejorando el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Sifuentes (2018), Utilizando el berro de 2 meses en humedales artificiales se obtuvo que los parámetros de pH se mantuvieron constantes, Blanco (2014) obtuvo medias de (7.5 a 7) con humedales de flujo superficial, flujo subsuperficial con macrófitos *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*, (Toledo y Duchicela (2014) obtuvo medias de (5.6 a 6.36) en la cuarta semana de monitoreo con humedales de flujo subsuperficial con planta de totora, (Ávalos 2005) obtuvo medias de (7.07 a 7.10) con humedales de flujo superficial con planta de totora, Toledo y Duchicela, (2014) obtuvo medias de (5.96 a 6.25) en la cuarta semana de monitoreo con humedales de flujo subsuperficial con planta de achira, García (2012) obtuvo medias de (10.4 a 9.8) con humedal de sistemas por tandas con una planta de lenteja de agua y (10.42 a 6.86) con humedal de sistemas por tandas con una planta de Jacinto de agua, con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de lenteja de agua obtuvo medias de (8.7 a 8.4) tiene un valor promedio y (8.1 a 7.6) con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua, con los antecedentes verificados se puede decir que también en nuestra investigación hay una mejora de pH lo cual es esencial en los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residual.

Conclusiones

- Se comprobó la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) con una eficiencia de 78.88 % y *Nasturtion officinale* (berros) con 78.91% de eficiencia en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.
- Se determinó el nivel de concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) de 559.45 mg/l al ingreso y a la salida 118.15 mg/l , oxígeno disuelto (OD) con 1.11 a 8.25 ml/l, conductividad eléctrica (CE) de 843.19 a 531.98 us/cm², temperatura de 13.49 a 13.49 °C, potencial de hidrogeno (pH) de 6.74 a 7.36 del humedal de *Schoenoplectus californicus* (totora), de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.
- Se determinó el nivel de concentración de demanda química de oxígeno (DQO) de 559.45 mg/l al ingreso y a la salida 118.00 mg/l , oxígeno disuelto (OD) con 1.11 a 3.07 ml/l, conductividad eléctrica (CE) de 843.19 a 642.48 us/cm², temperatura de 13.49 a 13.32 °C, potencial de hidrogeno (pH) de 6.74 a 7.29 del humedal de *Nasturtion officinale* (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.

Recomendaciones

- Que se implemente una cámara de rejillas gruesa y fina para poder eliminar los residuos sólidos.
- Que para futuras investigaciones en el tema de investigación se recomienda la implementación de un desarenador para poder sedimentar los sólidos y las arenas el cual colmata el tanque de almacenamiento.
- Realizar una capacitación a los encargados de la granja para que puedan separar los residuos sólidos que viene en los desperdicios de la comida que se recolecta en los restaurantes para que no pueda afectar al sistema colmatando.
- Que se realiza una adaptación de 15 días mínimas antes de plantar las plantas en el sistema para una mejor eficiencia dentro de los humedales.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar una trampa de aceites y grasa por tanto realizar sus respectivos análisis para su credibilidad.
- Se recomienda realizar cada día la respectiva limpieza de los corrales de los porcinos para tener un caudal constante y uniforme en el sistema.
- Para futuras investigaciones se recomienda hacer plantaciones con diferentes densidades de plantas y en tiempos de 3 a 4 meses.
- Se debe realizar la medida de caudal de ingreso por lo menos 2 veces al día por las obstrucciones en las tuberías perforadas el cual disminuye a un mínimo caudal y tener mucho cuidado para el buen funcionamiento de los humedales artificiales.
- Se recomienda continuar con la investigación y medir los parámetros faltantes ya que se tiene instalado el sistema en su totalidad y se encuentra dentro de la Universidad lo cual es más trabajable por los mismos estudiantes de pregrado por los cursos correspondientes.

Referencia bibliográfica

- Abarca FJ. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. *Perspect Sobre Conserv Ecosistemas Acuát En México* Inst Nac Ecol INE-Semarnat Pág. 2007;113–144.
- Ada Barrenechea. Calidad del Agua. Muestreo Manejo Conserv Muestras Quito [Internet]. 1998 [citado 6 de julio de 2016]; Disponible en: http://www.academia.edu/download/39562116/CONTAMINACION_DEL_AGUA.docx
- Ana M^a Caballero Lajarín. Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero. Humedales artificiales. [Internet]. 2013 [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3891/amcl.pdf;jsessionid=D BCA2650B6A9430B10A4B3CB0D0955FB?sequence=1>
- Angela Duque, Juan G. Ardila P. Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una porcícola. 2014 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4607>
- Arévalo Peña JJ, Zambrano Malagón LG. Implementación de un sistema autosostenible en la Granja Agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas. 2007;173.
- Arias Martínez SA, Betancur Toro FM, Gómez Rojas G, Salazar Giraldo JP, Hernández Ángel ML. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Inf Téc* [Internet]. 28 de diciembre de 2010 [citado 6 de noviembre de 2020];74. Disponible en: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/5
- Arnaldo Martínez M. Niveles de investigación - niveles_de_investigacion.pdf [Internet]. [citado 5 de agosto de 2016]. Disponible en: http://www.arnaldomartinez.net/enfermeria/niveles_de_investigacion.pdf
- Atagua Marlyn ect al. Conceptos basicos de la Metodolgia de la Investigacion. [Internet]. 2010 [citado 5 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://metodologia02.blogspot.pe/p/metodos-de-la-investigacion.html>
- Autoridad binacional del lago titicaca. Identificación de Técnicas de Reimplante de Totora [Internet]. 2000 [citado 30 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.03%20P1.pdf
- Ávalos MCMV. Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el Cortijo para uso agrícola con Humedales construidos de flujo

superficial. 2005 [citado 16 de mayo de 2017]; Disponible en: http://www.ciiq.org/variados/peru_2005/Trabajos/III/3/3.3.15.pdf

Caballero Lajarín AM. Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero. Humedales artificiales [Internet]. Universidad Politécnica de Cartagena; 2013 [citado 28 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/3891>

Camilo A. Correa SAO. Análisis comparativo de la eficiencia de remoción de materia orgánica y fenoles, entre dos reactores de flujo a pistón con soporte fijo únicamente (PUF) y otro con soporte fijo y macrófitas. 2012 [citado 6 de julio de 2016]; Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/14021>

Celia De la Mora, Saucedo Terán RA, Barrientos Juárez E, Gómez Rosales S, González Acuña IJ, Domínguez Araujo G. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. 2014 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4262>

Cruz ARN, Velazco ALP, Márquez RMD. Evaluación de la Actividad Antioxidante del Berro. 2008;6.

Elena Jeaneth Díaz Vera, Iris Andrea Valdivia Odiaga. Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas – Cajamarca, 2018. 2018;135.

de Evaluación PO, Ambiental–OEFA F. Fiscalización ambiental en aguas residuales. 2014 [citado 29 de junio de 2016]; Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/1572>

Gabriel Saavedra Del R, Carlos Blanco M., María Teresa Pino Q, Cristián Aspe Di L. Hortalizas saludables [Internet]. 2011 [citado 2 de junio de 2019]. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38086.pdf>

Garrido ÁGC. Estudio Tematico Clima del Departamento de Huancavelica. 2012;23.

Guillermina Baena. Metodología de la Investigación [Internet]. Metodologia de la Investigacion. 2014 [citado 16 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>

Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. Sexta. México; 2014.

Iván Blanco. Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas. 2014 [citado 6 de julio de 2016]; Disponible en: <http://buleria.unileon.es/handle/10612/3669>

Jackeline Z. Huamán T, Abigail Rumaja S. Evaluación De La Capacidad Fitorremediadora de las Especies Vegetales Nasturtium Officinale W. T. Aiton

(Berro) E Hydrocotyle Ranunculoides L. F. (Matecillo) En Relación A la Contaminación Con Mercurio A Diferentes Concentraciones. 2017.

Jhon J. Arévalo P. Implementación de un sistema autosostenible en la granja agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas. 2010 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/13963>

K.Sifuentes R. 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. 2018;111.

Lerman de Abramovich MCG, Maria Susana Eliggi. Demanda Bioquímica de Oxígeno [Internet]. 1998 [citado 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/GIR-TecnicasAnaliticas-DemandaBiologicodeOxigeno.pdf

López DMO. Técnicas de Recolección de Datos en Entornos Virtuales Más Usadas en la Investigación Cualitativa. 2006;24:19.

Lovera D, Quipuzco L, Laureano G, Becerra CBM, Valencia ND. Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash-Perú, usando tecnologías de humedales artificiales. 2006 [citado 16 de mayo de 2017]; Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2768>

Marco Antonio Moreira JF. Una interpretación aproximativa del concepto de Hidrólisis en estructuras peptídicas en un Curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud [Internet]. 2008 [citado 17 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2670642.pdf>

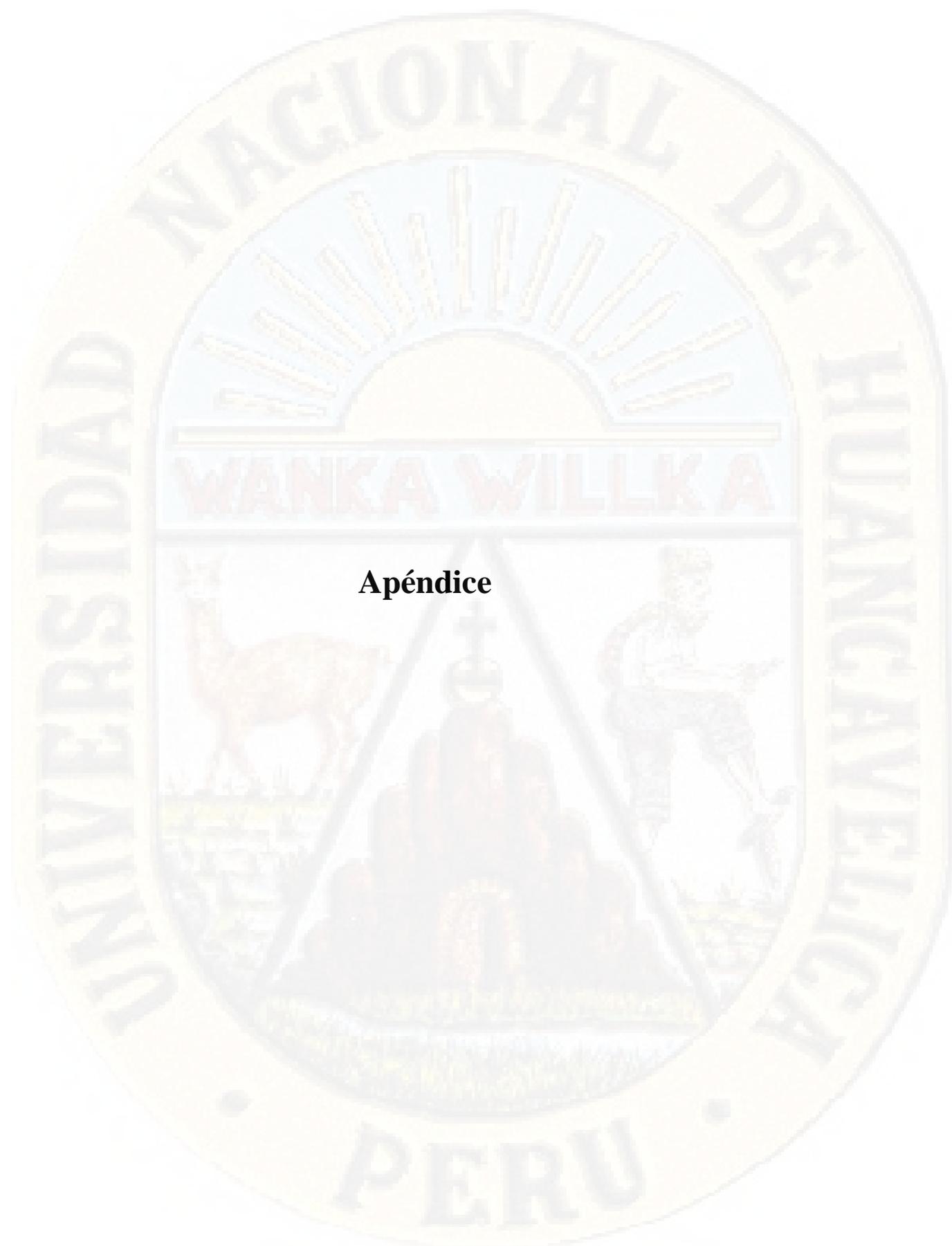
María De La Luz Velázquez Monroy MÁOV. Ácidos, Bases, pH y Soluciones Reguladoras [Internet]. 2009 [citado 17 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.bioquimica.dogsleep.net/Teoria/archivos/Unidad24.pdf>

Marín Montoya JP, Correa Ramírez JC. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas Residuales en humedales artificiales utilizando la Guadua *Angustifolia* Kunth. 2010 [citado 6 de julio de 2016]; Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1801>

Martinez Romero MK, Murcia Igua DA, Suarez Boyacá YH, others. Evaluación de un sistema de biorremediación de aguas residuales porcícolas en la finca El Porvenir, vereda Suncunchoque, sector la laja, Ubaté-Cundinamarca, y su reutilización con fines agroambientales [Internet]. Corporación Universitaria Minuto de Dios; 2015 [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://repository.uniminuto.edu:8080/jspui/handle/10656/3339>

- Martínez SAA, Toro FMB, Rojas GG, Giraldo JPS, Ángel MLH. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Rev Inf Téc [Internet]. 2010 [citado 29 de junio de 2016];(74). Disponible en: http://www.metarevistas.org/index.php/inf_tec/article/view/5
- Máximo F. Baca. Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el Distrito de San Juan de Marcona. 2012 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/unac/185>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). “Propuesta de protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento- anexo-rm-273-2013-vivienda. [Internet]. 2013 [citado 2 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>
- Molina JG, Rodrigo MF. Estadísticos de dispersión. :20.
- Murueta Figueroa LN. Efecto de la carga orgánica y de nutrientes y su biorremediación en sedimentos de ecosistemas acuáticos con distintas características ecológicas. 2014 [citado 16 de mayo de 2017]; Disponible en: <http://roderic.uv.es/handle/10550/33660>
- Oscar Delgadillo, Alan Camacho LFP, Mauricio Andrade. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales [Internet]. Nelson Antequera; 2010 [citado 5 de julio de 2016]. Disponible en: [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=1kO2J5aDljQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22libro+es+el+resultado+de+la+experiencia+de+un+proyecto+de+investigaci%C3%B3n+denominado+%E2%80%9CZonas%22+%22la+Universidad+de+Barcelona+\(UB\):+Miquel+Salgot,+Jose%EF%AC%81na+Tapias,+Montserrat+Folch+y+Antonina+Torrens+y%22+%22&ots=Khk7z1yY4f&sig=R8k8mP2nDmTz536-P6psm23GGFk](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=1kO2J5aDljQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22libro+es+el+resultado+de+la+experiencia+de+un+proyecto+de+investigaci%C3%B3n+denominado+%E2%80%9CZonas%22+%22la+Universidad+de+Barcelona+(UB):+Miquel+Salgot,+Jose%EF%AC%81na+Tapias,+Montserrat+Folch+y+Antonina+Torrens+y%22+%22&ots=Khk7z1yY4f&sig=R8k8mP2nDmTz536-P6psm23GGFk)
- Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. Int J Morphol. marzo de 2017;35(1):227-32.
- Raymundo JR, Joel. Modelo De Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Humedal Artificial de Flujo Superficial en el Centro Poblado la Punta - Sapallanga. 2017;
- Rubén Lapa I. Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria- UNSCH- 2014 [Internet]. 2014 [citado 3 de junio de 2019]. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1201/Tesis%20IAG46_Lap.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Thomson y Prentice. Transferencia de Masa [Internet]. 1649 [citado 16 de noviembre de 2019]. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TM2013-10-2915a_25718.pdf
- Tito Cantoral R. Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie paraguaitas *Cyperus alternifolius* en humedales artificiales, urbanización Zárate–San Juan de Lurigancho 2015. 2015 [citado 16 de mayo de 2017]; Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/118>
- Toledo Verdezoto MK, Duchicela Goyes VN. Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totora-Achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín 2013. 2014 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3402>
- Victor C. Huanacuni. "Restauración de ecosistema del lago Titicaca con técnicas del trasplante de totora" [Internet]. 2012 [citado 31 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/251/EPG708-00708-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villarroel Ávalos CM. tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial. 2005;52.
- Zarela M. García. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. 2012 [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
- Ordenanza regional n° 217-gob.reg-hvca/cr. [Internet]. 2014 [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-15_10-47-20107072.pdf



Apéndice

Apéndice 1

Matriz de consistencia

TITULO: EFICIENCIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE *Schoenoplectus californicus* (TOTORA) y *Nasturtion officinale* (BERROS) SOBRE LOS CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE PORCINOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PATURPAMPA-HUANCAVELICA-2017.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
¿Cuál será la eficiencia de los humedales artificiales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017?	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la eficiencia de los humedales artificiales de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.</p> <p>Objetivo específico:</p> <p>a) Determinar nivel de concentración de la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH) del humedal de <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora), de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica - 2017.</p> <p>b) Determinar nivel de concentración de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura, potencial de hidrogeno (pH), del humedal de <i>Nasturtion officinale</i> (berros) de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.</p>	<p>La eficiencia del humedal artificial <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.</p> <p>La eficiencia del humedal artificial <i>Nasturtion officinale</i> (berros) será mayor a 50% en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental de porcinos de la ciudad universitaria de Paturpampa-Huancavelica-2017.</p>	<p>Variable independiente.</p> <p><i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Nasturtion officinale</i> (berros)</p> <p>Indicadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Oxígeno disuelto • Conductividad • pH <p>Variable dependiente.</p> <p>Remoción de demanda química de oxígeno (DQO).</p> <p>Indicadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de retención hidráulico (TRH). • Caudal de ingreso 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo.</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental.</p> <p>Población</p> <p>- son los efluentes generados por la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica</p> <p>Muestra</p> <p>- Volumen de agua residual del tanque de almacenamiento.</p>

Apéndice 2. Base de datos.

Tabla 15

Base de datos de parámetros físico – químico Ingreso hacia el tanque de almacenamiento

DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO (INGRESO HACIA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO)						
Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERARURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÈCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
09/12/2018	1	16.2	7.02	0.8	483	226
10/12/2018	2	16.5	6.8	0.15	560	385
11/12/2018	3	16.3	7.08	0.98	680	395
12/12/2018	4	15.4	6.8	0.4	750	420
13/12/2018	5	15.8	6.3	0.56	489	455
14/12/2018	6	14.3	7.06	0.63	573	496
15/12/2018	7	13.5	6.4	0.84	456	385
16/12/2018	8	14.6	7.27	3.75	1775	1099
17/12/2018	9	15.6	6.33	1.02	968	985
18/12/2018	10	17.5	6.74	1.3	945	962
19/12/2018	11	16.3	6.41	0.89	1120	845
20/12/2018	12	14.3	7.2	0.87	1095	1235
21/12/2018	13	15.9	6.5	0.69	1054	1264
22/12/2018	14	15.03	7.05	0.85	1745	1024
23/12/2018	15	14.5	7.59	0.4	1783	1184
24/12/2018	16	13.8	7.59	0.13	1641	1084
25/12/2018	17	13.5	6.68	2.12	954	1148
26/12/2018	18	13.63	6.25	1.54	897	965
27/12/2018	19	13.55	7.12	1.12	1125	872
28/12/2018	20	13.45	7.32	1.31	1025	993
29/12/2018	21	14.65	7.42	0.95	1052	1225
30/12/2018	22	13.8	6.85	1.65	1096	1345
31/12/2018	23	13.4	6.94	2.26	1185	1332
07/01/2019	24	17	7.06	0.16	2710	1056
08/01/2019	25	17.8	7	0.87	692	1131
09/01/2019	26	16.2	7.01	1.95	869	802
10/01/2019	27	15.8	6.85	1.03	1184	964
11/01/2019	28	15.7	6.48	0.35	699	1250
14/01/2019	29	12.6	7.19	1.05	623	636
15/01/2019	30	16.9	6.99	3.7	427	432
16/01/2019	31	13.4	7.29	4.64	374	933
17/01/2019	32	13.1	7.16	3.89	345	768
18/01/2019	33	11	7.1	4.35	469	634
19/01/2019	34	12.3	7.3	3.25	538	1350
20/01/2019	35	14.1	6.98	0	4650	1230

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16*Base de datos de parámetros físico – químico (ingreso del tanque de almacenamiento hacia los humedales)*

DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO (INGRESO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO HACIA LOS HUMEDALES)						
Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERATURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
09/12/2018	1	16.3	6.98	0.8	483	195
10/12/2018	2	15.42	6.42	0.95	645	564
11/12/2018	3	16.2	6.45	0.35	785	964
12/12/2018	4	14.8	6.35	0.56	745	975
13/12/2018	5	15.3	6.8	0.85	945	645
14/12/2018	6	14.85	7.25	0.75	864	526
15/12/2018	7	12.56	6.52	1.02	964	520
16/12/2018	8	13.7	6.87	1.24	584	281
17/12/2018	9	15.2	6.8	0.85	689	498
18/12/2018	10	14.23	7.03	0.75	845	698
19/12/2018	11	15.03	6.52	0.89	965	831
20/12/2018	12	12.42	6.37	0.45	862	920
21/12/2018	13	13.05	6.4	0.51	965	875
22/12/2018	14	15.03	6.14	0.35	987	1085
23/12/2018	15	14.5	6.85	0.64	416	344
24/12/2018	16	13.2	6.84	1.55	524	268
26/12/2018	17	13.2	6.2	0.23	851	1021
27/12/2018	18	12.5	6.56	0.55	543	645
28/12/2018	19	13.42	6.83	0.61	423	578
29/12/2018	20	16.5	6.25	0.93	751	982
30/12/2018	21	13.45	6.32	0.98	465	646
31/12/2018	22	13.9	7.28	1.83	1185	1332
07/01/2019	23	16	7.78	0.18	662	262
08/01/2019	24	16.1	6.63	1.44	701	283
09/01/2019	25	14.7	6.74	1.49	598	325
10/01/2019	26	13.45	6.45	0.95	689	395
11/01/2019	27	15.2	6.79	0.43	744	375
12/01/2019	28	15.63	6.87	0.96	524	498
13/01/2019	29	14.56	6.78	1.85	472	346
14/01/2019	30	12.6	6.88	2.04	499	177
15/01/2019	31	16.1	6.9	1.58	507	276
16/01/2019	32	12.3	6.91	1.52	505	149
17/01/2019	33	12.2	7.24	1.88	106	256
18/01/2019	34	10.8	7.22	1.16	437	429
20/01/2019	35	12.9	7.14	0.42	691	735
21/01/2019	36	12.1	7.34	0.31	349	

Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERARURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
23/01/2019	38	13.1	7.06	1.63	374	
24/01/2019	39	13.6	7.01	1.05	485	
25/01/2019	40	12.6	4.49	2.05	724	602
26/01/2019	41	11.3	6.27	4.35	672	
29/01/2019	42	12.6	6.98	1.49	434	157
30/01/2019	43	12.1	6.97	1.68	499	
31/01/2019	44	12.1	6.97	1.68	556	
01/02/2019	45	10.2	7.01	2.39	548	351
04/02/2019	46	12.3	6.93	2.97	1284	
05/02/2019	47	12.9	6.88	2.16	687	375
06/02/2019	48	13.1	6.74	1.16	1118	
07/02/2019	49	11.5	6.84	0.98	882	480
08/02/2019	50		6.68	0.7	927	
11/02/2019	51	11.8	6.64	1.02	975	440
12/02/2019	52	10.6	6.79	1.23	1626	
13/02/2019	53	13.4	6.74	0.41	2550	1084
14/02/2019	54	11	6.75	0.62	2560	
15/02/2019	55	13.3	6.45	0.23	4430	
26/02/2019	56	12.8	6.92	0.26	1543	1117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Base de datos de parámetros físico – químico (salida del humedal de berros)

DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO (SALIDA DEL HUMEDAL DE BERROS)						
Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERARURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
09/12/2018	1	15.5	7.5	5.25	440	46
10/12/2018	2	12.5	6.45	3.29	532	96
11/12/2018	3	14.85	7.32	4.32	394	102
12/12/2018	4	12.42	6.97	3.63	326	88
13/12/2018	5	14.52	7.35	4.2	349	78
14/12/2018	6	15.94	7.29	3.23	458	97
15/12/2018	7	13.4	7.33	4.51	569	73
16/12/2018	8	13.9	7.28	4.62	770	59
17/12/2018	9	14.85	7.56	3.59	527	48
18/12/2018	10	14.65	7.31	2.95	548	86
19/12/2018	11	12	7.25	3.74	412	79
20/12/2018	12	12.7	7.4	2.64	391	112
22/12/2018	14	13.6	7.43	3.7	455	91

Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERATURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
23/12/2018	15	13.7	7.63	4.75	471	38
24/12/2018	16	13.2	7.62	4.21	436	47
26/12/2018	17	12.8	7.25	3.41	375	68
27/12/2018	18	11.9	7.12	3.85	435	89
28/12/2018	19	13.05	7.23	2.82	432	83
29/12/2018	20	12.71	6.24	3.64	459	57
30/12/2018	21	14.36	7.68	4.8	472	48
31/12/2018	22	13	7.62	4.18	524	36
07/01/2019	23	15	7.21	4.01	764	201
08/01/2019	24	15.9	7.17	4.11	803	216
09/01/2019	25	15.2	7.16	4.31	754	235
10/01/2019	26	15.3	7.27	2.87	584	274
11/01/2019	27	15.2	7.23	2.42	906	344
12/01/2019	28	14.1	7.28	2.33	568	141
13/01/2019	29	13.08	7.38	2.49	571	102
14/01/2019	30	13	7.33	2.76	614	99
15/01/2019	31	16.4	7.35	3.39	524	85
16/01/2019	32	12.5	7.29	3.42	552	82
17/01/2019	33	12.4	7.27	2.95	520	74
18/01/2019	34	11.6	7.33	2.17	468	77
20/01/2019	35	13	7.42	3.65	437	106
21/01/2019	36	12.6	7.38	2.08	450	
22/01/2019	37	13.3	7.5	4.02	404	44
23/01/2019	38	13.8	7.39	3.24	416	
24/01/2019	39	13.02	7.6	1.23	562	
25/01/2019	40	12.8	7.3	3.51	462	66
26/01/2019	41	12.1	7.3	2.3	549	
29/01/2019	42	14.1	7.67	4.18	422	42
30/01/2019	43	12.2	7.24	1.14	452	
31/01/2019	44	13	7.47	1.68	487	
01/02/2019	45	10.6	7.33	2.49	520	161
04/02/2019	46	12.6	7.43	2.51	566	
05/02/2019	47	12.9	7.5	4.18	537	187
06/02/2019	48	12.7	7.24	2.38	864	
07/02/2019	49	12.1	7.2	2.19	664	198
08/02/2019	50	12	7.17	1.11	873	
11/02/2019	51	12.1	7.16	1.47	850	188
12/02/2019	52	11.5	7.16	1.83	855	
13/02/2019	53	13.2	7.21	2.2	861	209
14/02/2019	54	12	7.16	1.76	927	
15/02/2019	55	12.9	7.08	1.03	1101	
26/02/2019	56	13.2	7.05	0.35	4860	437

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

base de datos de parámetros físico – químico (salida del humedal de totora)

DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO (SALIDA DEL HUMEDAL DE TOTORA)						
Fecha	N°	PARAMETROS				
		TEMPERARURA (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD ELÈCTRICA(u/cm2)	DQO (mg/l)
09/12/2018	1	15.21	7.6	5.01	411	27
10/12/2018	2	15.3	7.52	4.35	364	58
11/12/2018	3	14.25	7.14	4.06	321	67
12/12/2018	4	14.85	7.65	4.36	378	75
13/12/2018	5	14.13	7.21	4.09	312	105
14/12/2018	6	13.71	7.36	4.31	431	130
15/12/2018	7	14.4	7.39	4.42	607	125
16/12/2018	8	14.1	7.31	4.45	740	156
17/12/2018	9	13.6	7.45	4.13	527	115
18/12/2018	10	15.2	6.87	4.09	429	95
19/12/2018	11	14.5	7.48	4.29	432	87
20/12/2018	12	14.23	7.21	4.18	462	91
21/12/2018	13	12.37	7.28	4.32	425	82
22/12/2018	14	13.95	7.49	4.54	423	73
23/12/2018	15	13.8	7.53	4.89	437	37
24/12/2018	16	13.4	7.6	4.97	455	28
26/12/2018	17	13.5	7.16	4.26	375	73
27/12/2018	18	13.13	7.25	3.48	347	85
28/12/2018	19	13.05	7.36	3.4	386	95
29/12/2018	20	13.3	7.52	3.8	409	93
30/12/2018	21	12.9	7.45	2.9	435	67
31/12/2018	22	12.8	7.57	4.23	511	125
07/01/2019	23	14.8	7.29	4.07	697	178
08/01/2019	24	16.1	7.37	4.36	752	170
09/01/2019	25	15.2	7.25	4.23	825	280
10/01/2019	26	15.3	7.35	4.31	605	215
11/01/2019	27	15.4	7.3	3.76	805	245
12/01/2019	28	14.5	7.22	3.96	791	235
13/01/2019	29	13.02	7.36	2.98	534	173
14/01/2019	30	13	7.3	1.79	513	72

<i>Fecha</i>	<i>N°</i>	<i>PARAMETROS</i>				
		<i>TEMPERARURA</i> (°C)	<i>pH</i>	<i>OXÍGENO</i> <i>DISUELTO</i> (mg/l)	<i>CONDUCTIVIDAD</i> <i>ELÈCTRICA</i> (u/cm2)	<i>DQO</i> (mg/l)
16/01/2019	32	12.7	7.31	2.4	534	65
17/01/2019	33	12.7	7.35	4.72	535	97
18/01/2019	34	11.6	7.37	2.85	542	76
20/01/2019	35	13	7.32	2.92	558	125
21/01/2019	36	12.8	7.41	2.5	488	
22/01/2019	37	13.2	7.42	2.48	446	44
23/01/2019	38	13.8	7.48	2.23	404	
24/01/2019	39	12.85	7.45	2.85	512	
25/01/2019	40	12.9	7.51	3.09	506	120
26/01/2019	41	12.2	7.44	3.17	517	
29/01/2019	42	13.9	7.57	2.53	461	44
30/01/2019	43	12.4	7.42	279	432	
31/01/2019	44	12.9	7.46	1.49	519	
01/02/2019	45	10.7	7.44	1.91	528	92
04/02/2019	46	12.6	7.48	1.71	537	
05/02/2019	47	13.2	7.59	4.58	602	173
06/02/2019	48	13.3	7.34	2.99	731	
07/02/2019	49	12.2	7.26	2.26	631	145
08/02/2019	50	12.1	7.34	1.27	7.35	
11/02/2019	51	12.5	7.17	1.51	770	210
12/02/2019	52	12	7.2	2.03	795	
13/02/2019	53	13.3	7.33	2.05	811	155
14/02/2019	54	12.1	7.22	2.12	927	
15/02/2019	55	13	7.16	1.63	960	
26/02/2019	56	13.2	7.1	1.65	562	309

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3. Figuras de comparación de medias por cada parámetro del humedal subsuperficial de totora

Figura 27

Comparación de la media del antes y después del parámetro demanda química de oxígeno del humedal de totora

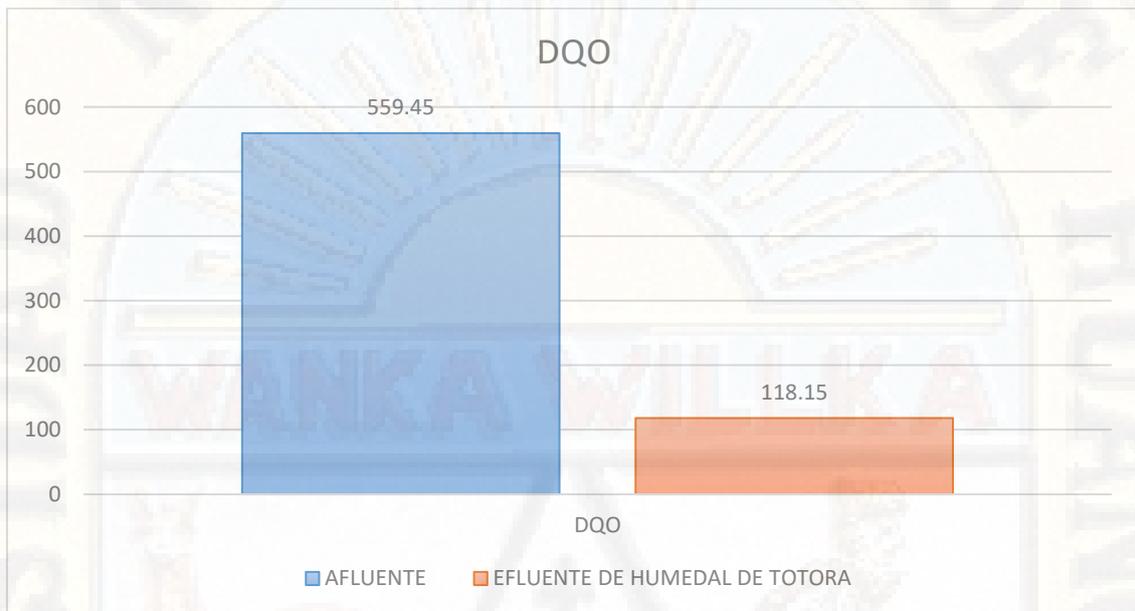


Figura 28

Comparación de la media del antes y después del parámetro oxígeno disuelto del humedal de totora

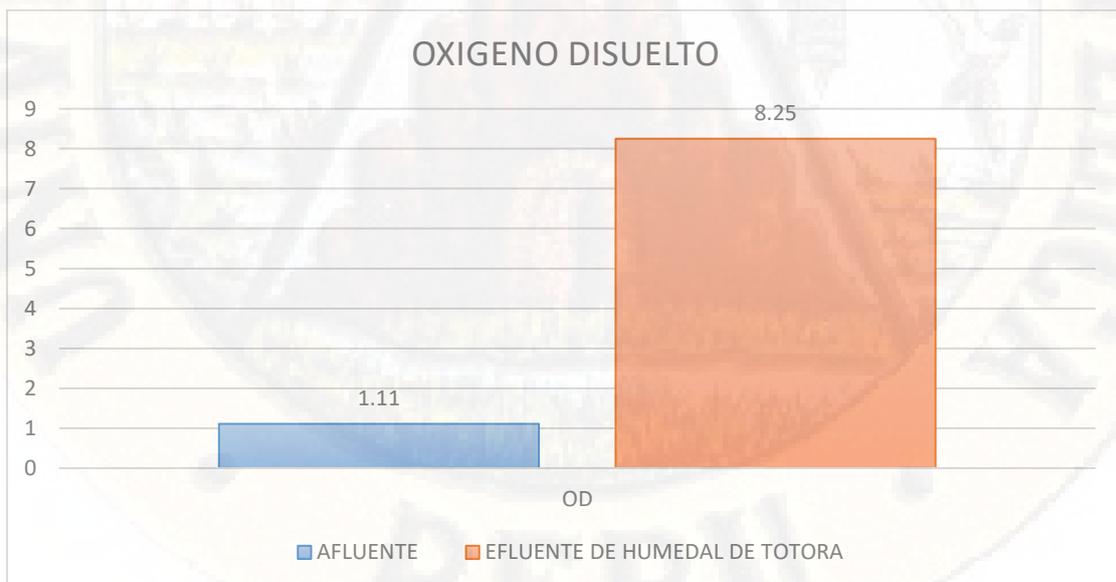


Figura 29

Comparación de la media del antes y después del parámetro conductividad eléctrica del humedal de totora

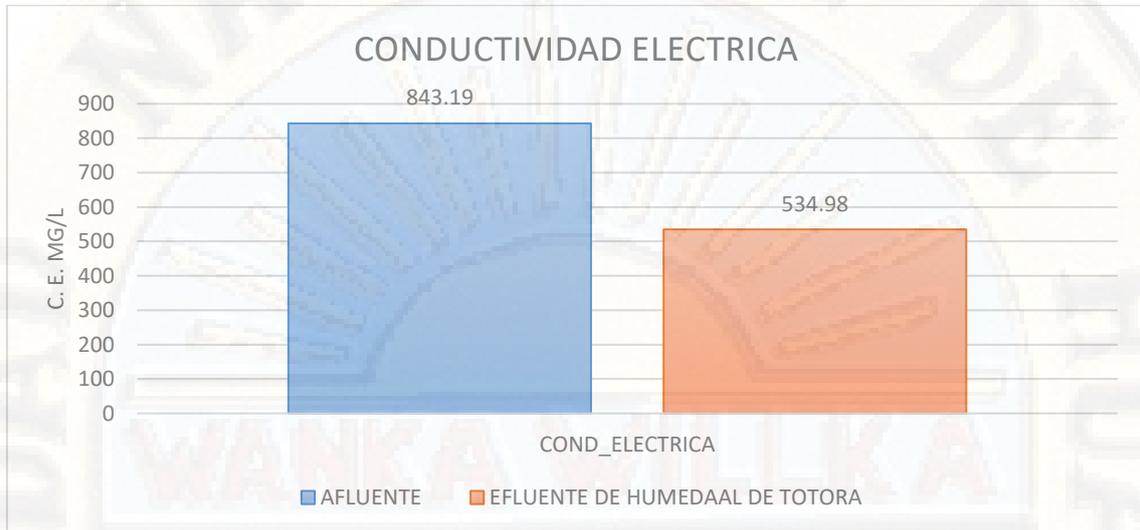


Figura 30

Comparación de la media del antes y después del parámetro temperatura del humedal de totora

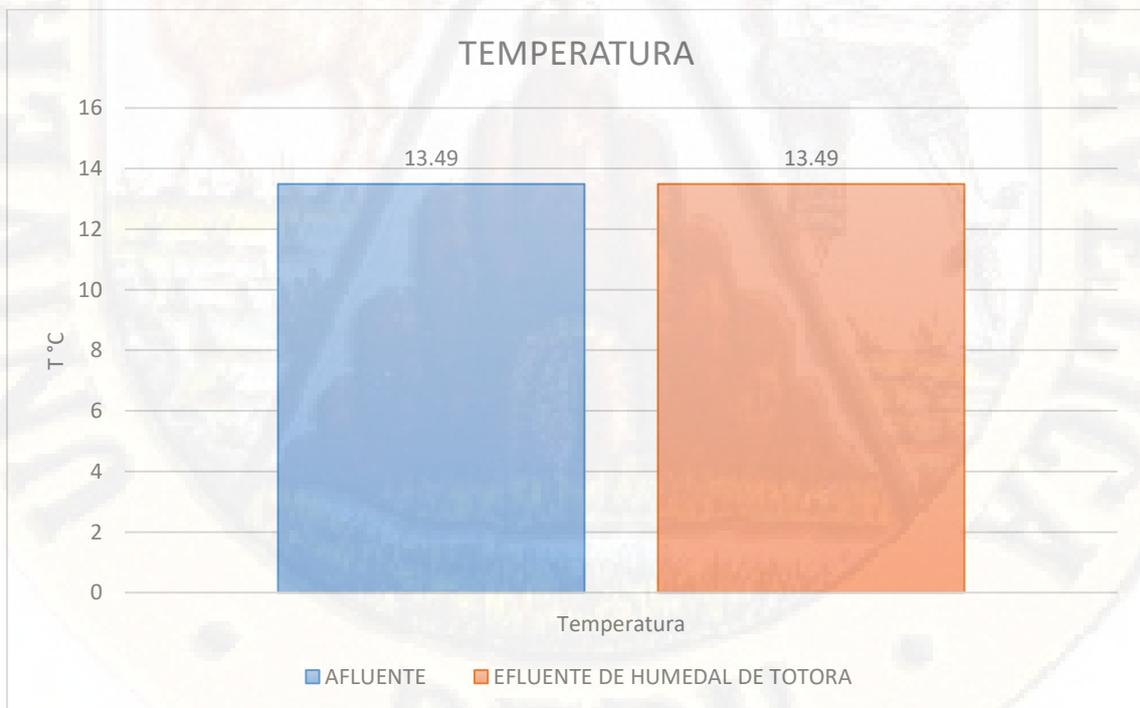
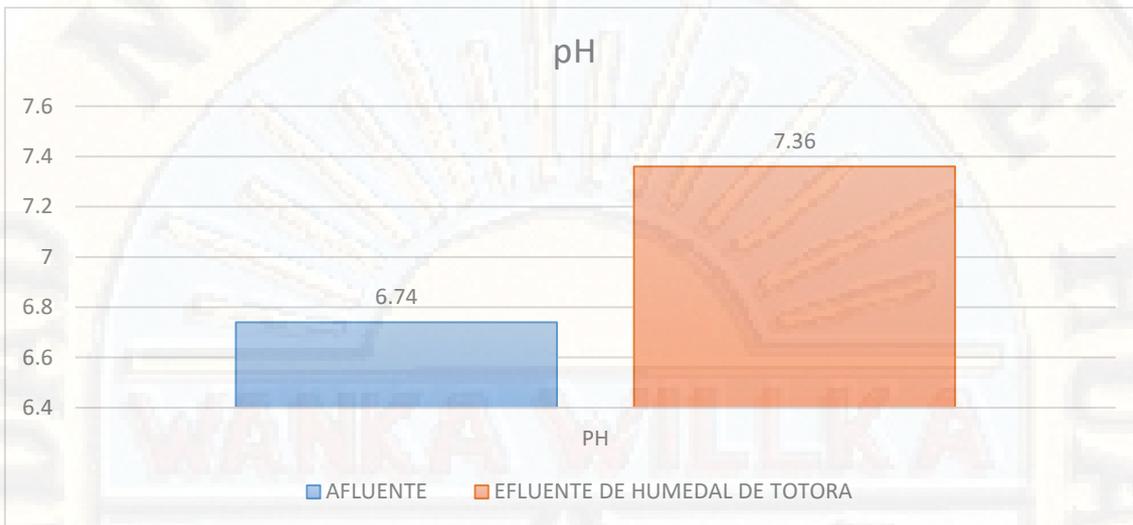


Figura 31

Comparación de la media del antes y después del parámetro pH del humedal de totora



Apéndice 4. Figuras de comparación de medias por cada parámetro del humedal subsuperficial de totora

Figura 32

Comparación de la media del antes y después del parámetro demanda química de oxígeno del humedal de berros

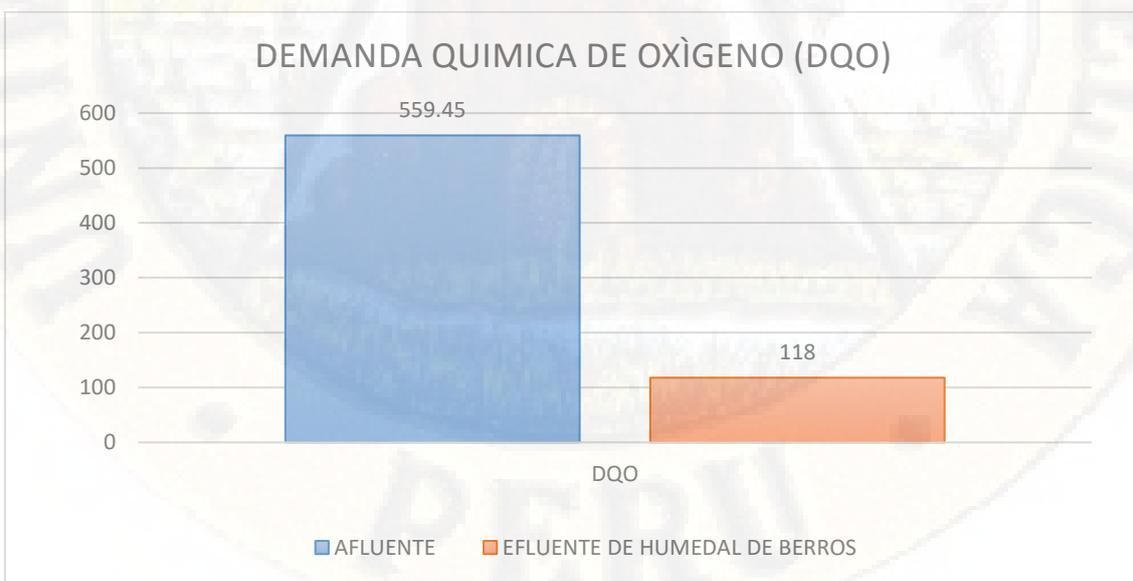


Figura 33

Comparación de la media del antes y después del parámetro oxígeno disuelto del humedal de berros

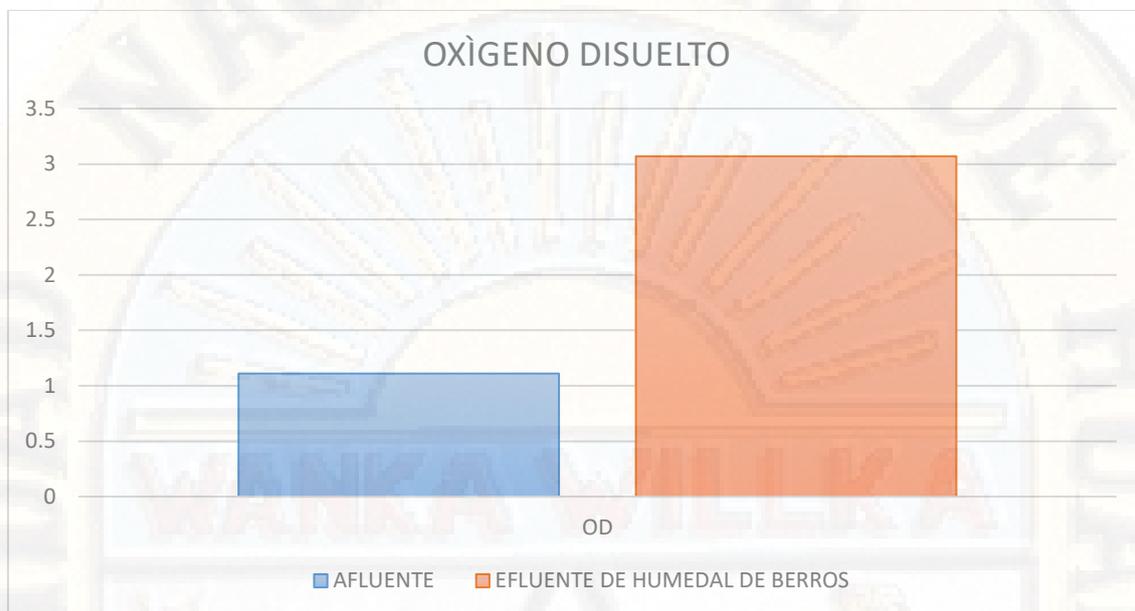


Figura 34

Comparación de la media del antes y después del parámetro conductividad eléctrica del humedal de berros

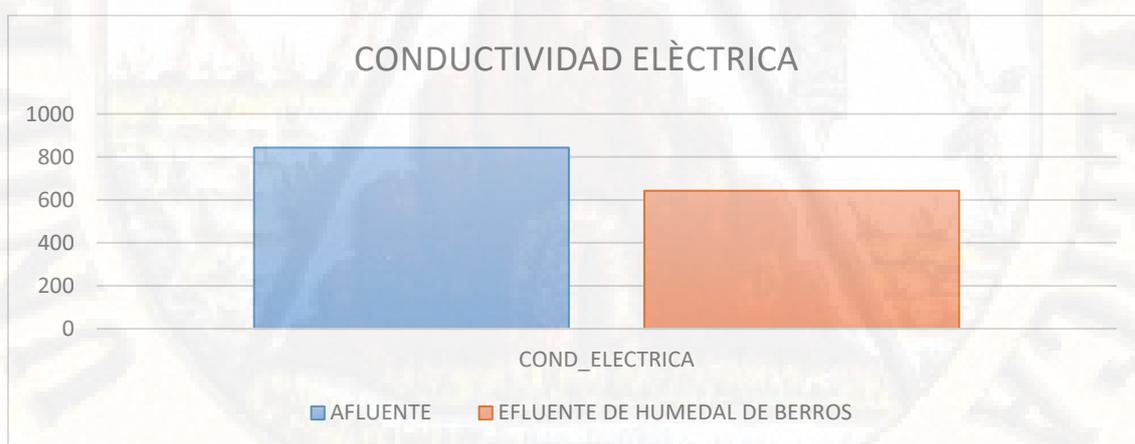


Figura 35

Comparación de la media del antes y después del parámetro temperatura del humedal de berros

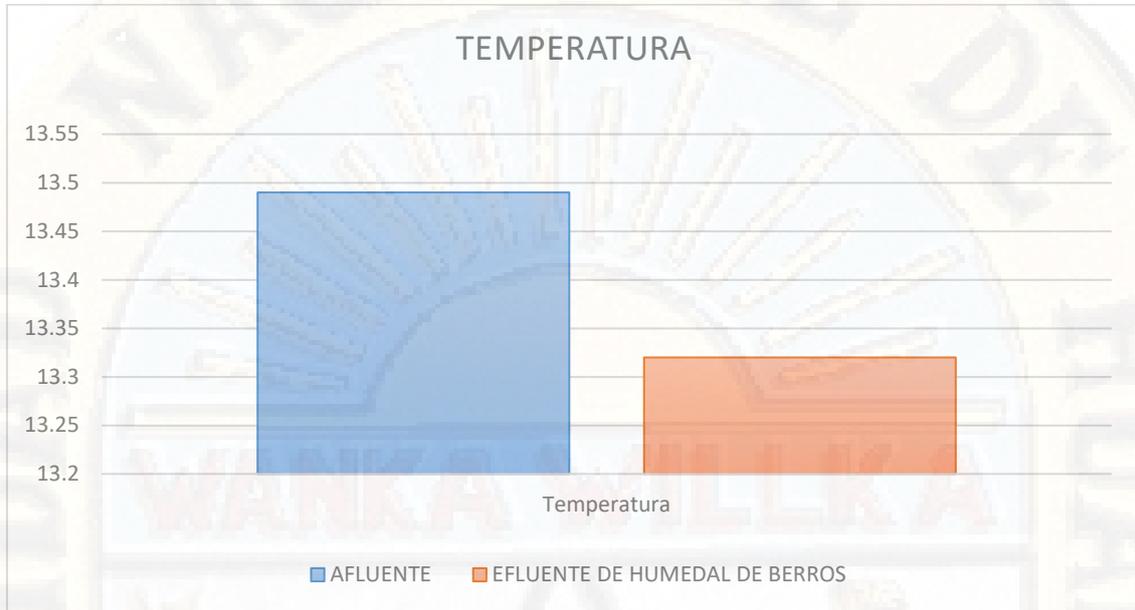
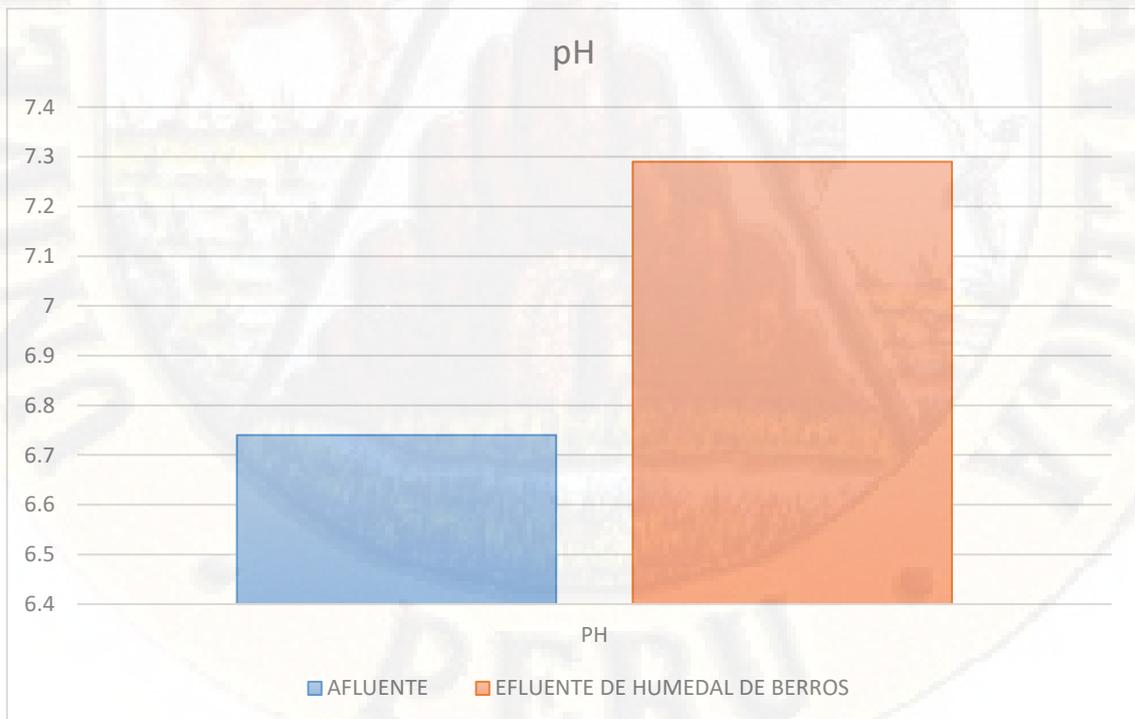


Figura 36

Comparación de la media del antes y después del parámetro de pH del humedal de berros



Apéndice 5. Distribución de los parámetros.

Figura 37

Distribución de la temperatura para la especie Nasturtion Officinale (Berros)

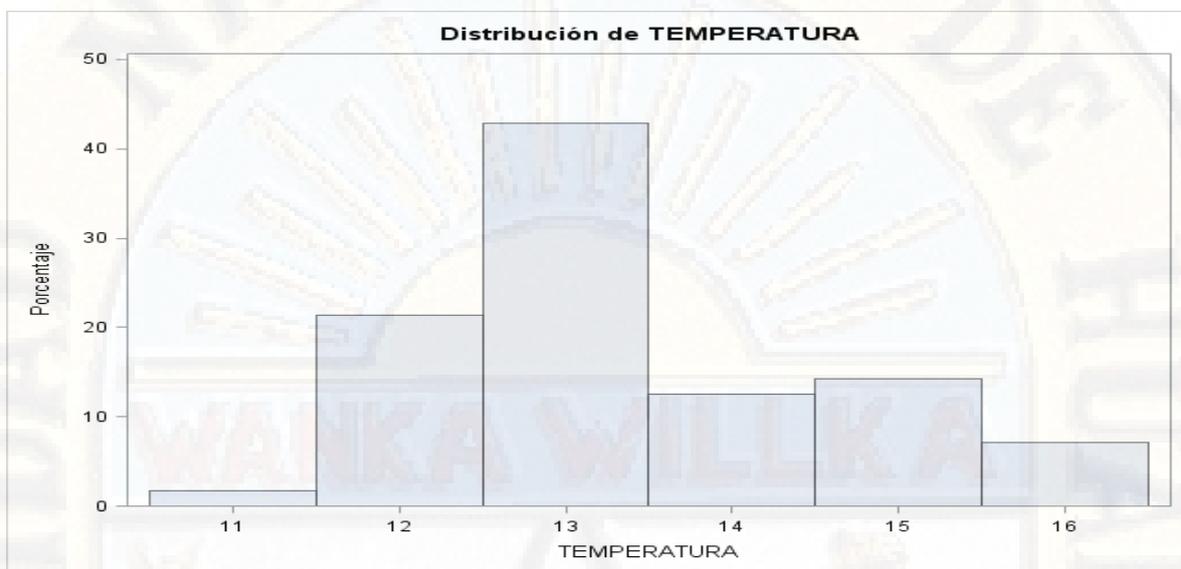


Figura 38

Distribución del pH para la especie Nasturtion Officinale (Berros)

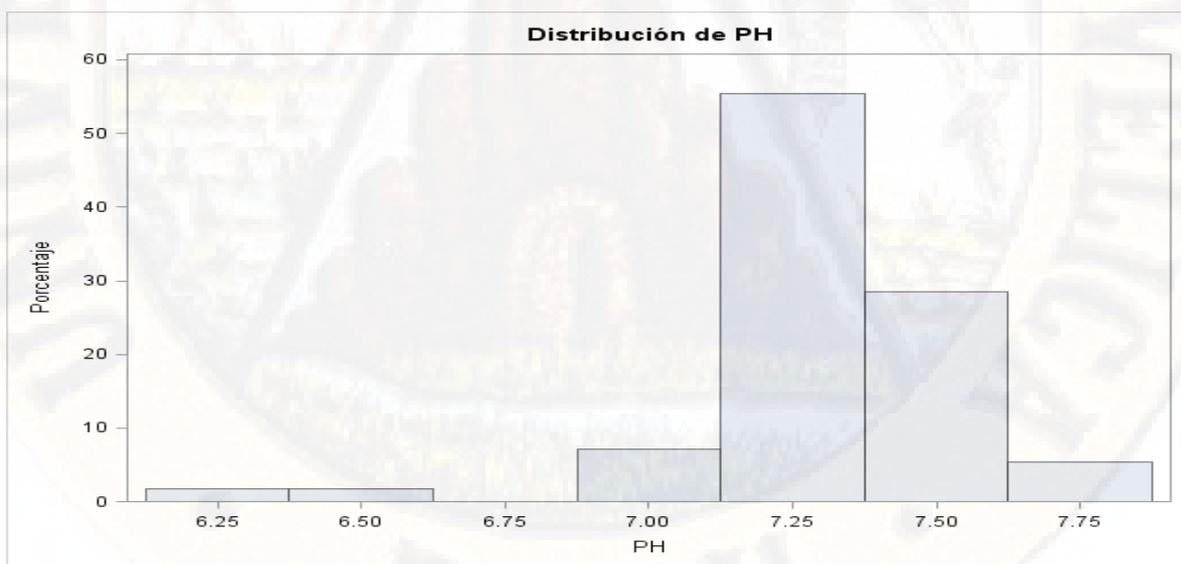


Figura 39

Distribución de oxígeno disuelto para la especie Nasturtion Officinale (Berros)

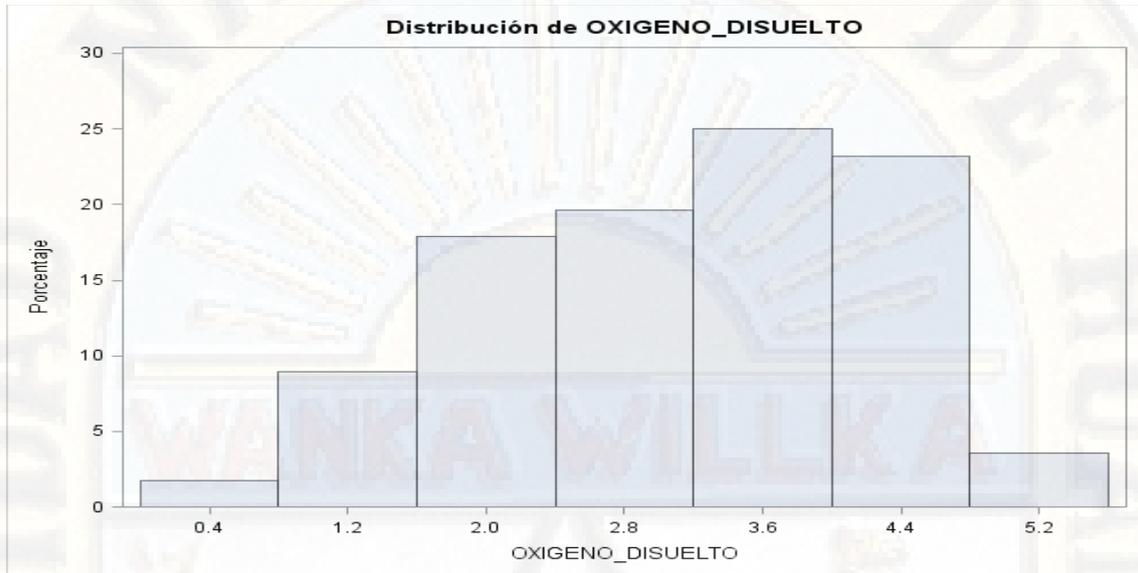


Figura 40

Distribución de la conductividad eléctrica para la especie Nasturtion Officinale (Berros)

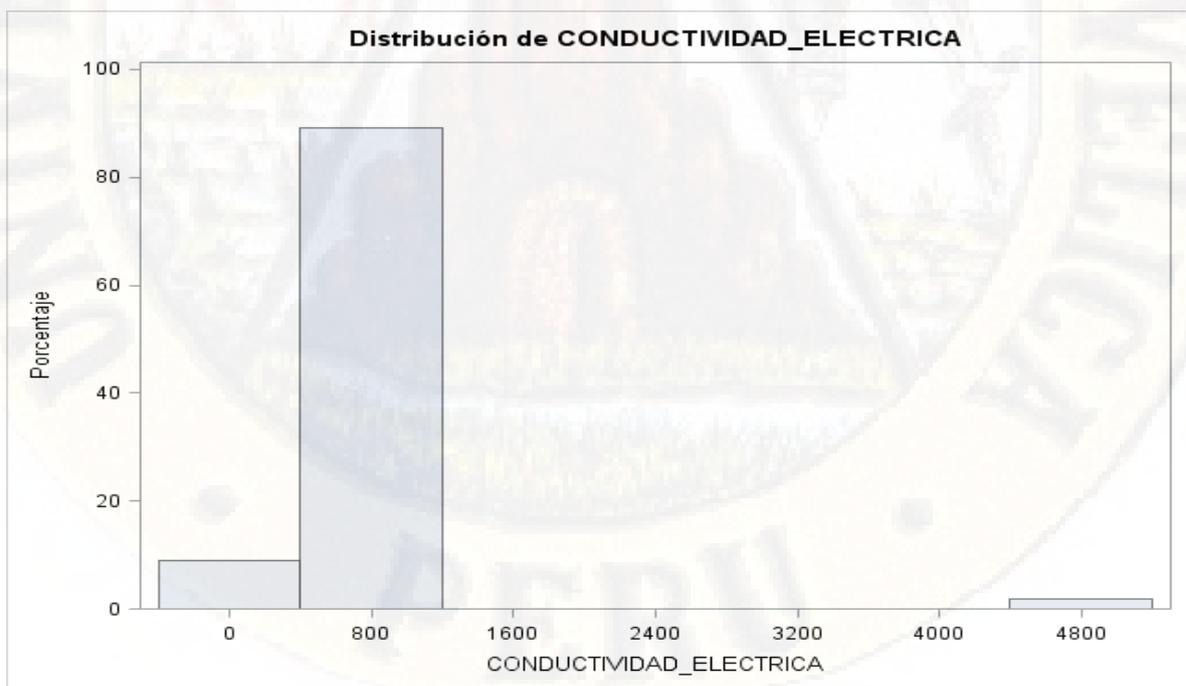


Figura 41

Distribución de DQO para la especie Nasturtion Officinale (Berros)

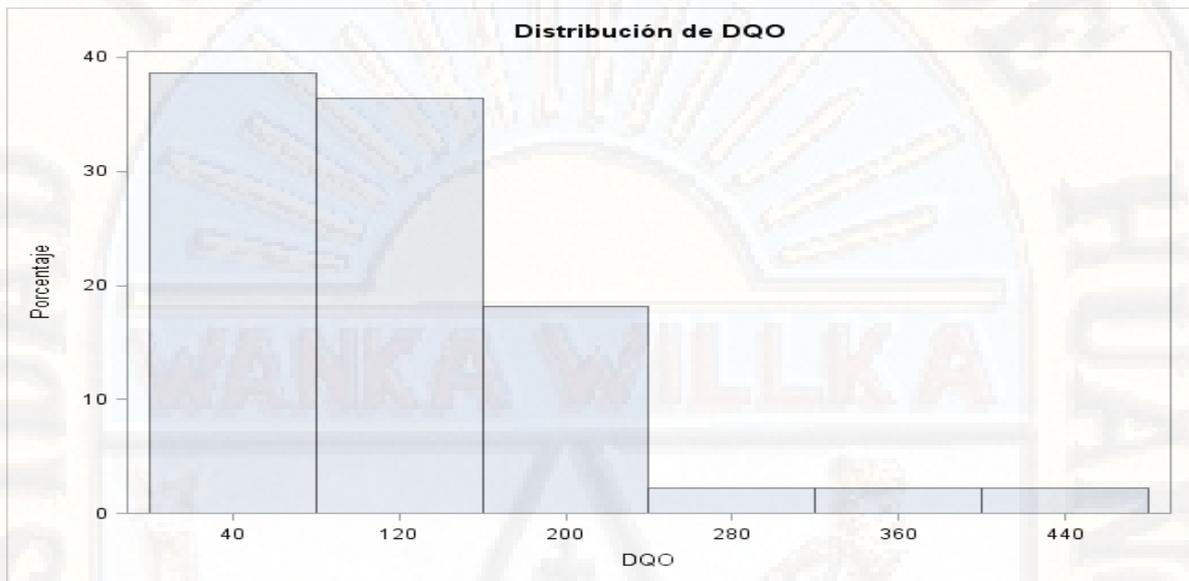


Figura 42

Distribución de la temperatura para la especie Shoenoplectus californicus (totora)

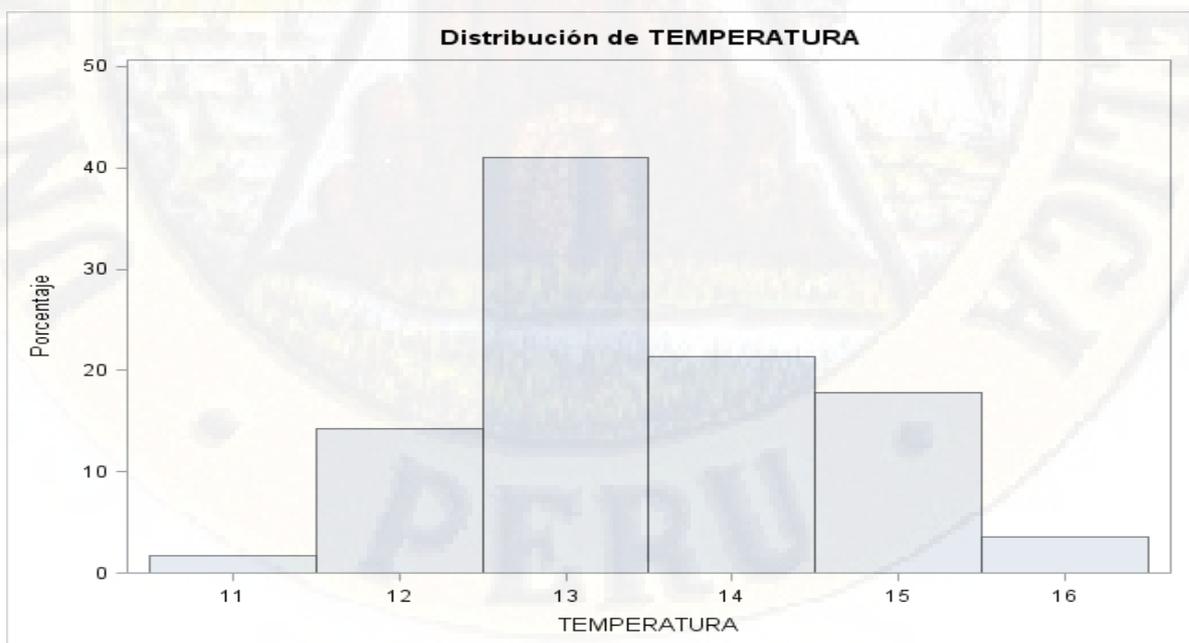


Figura 43

Distribución del pH para la especie Shoenoplectus Californicus (Totora)

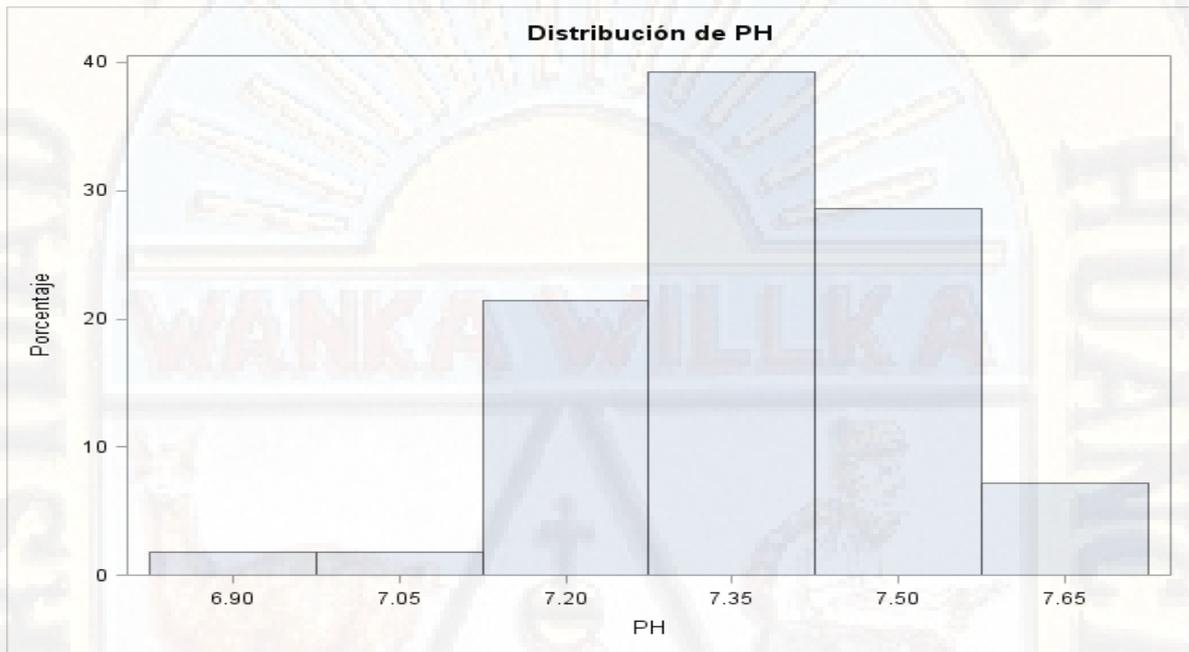


Figura 44

Distribución del oxígeno disuelto para la especie Shoenoplectus Californicus (Totora)

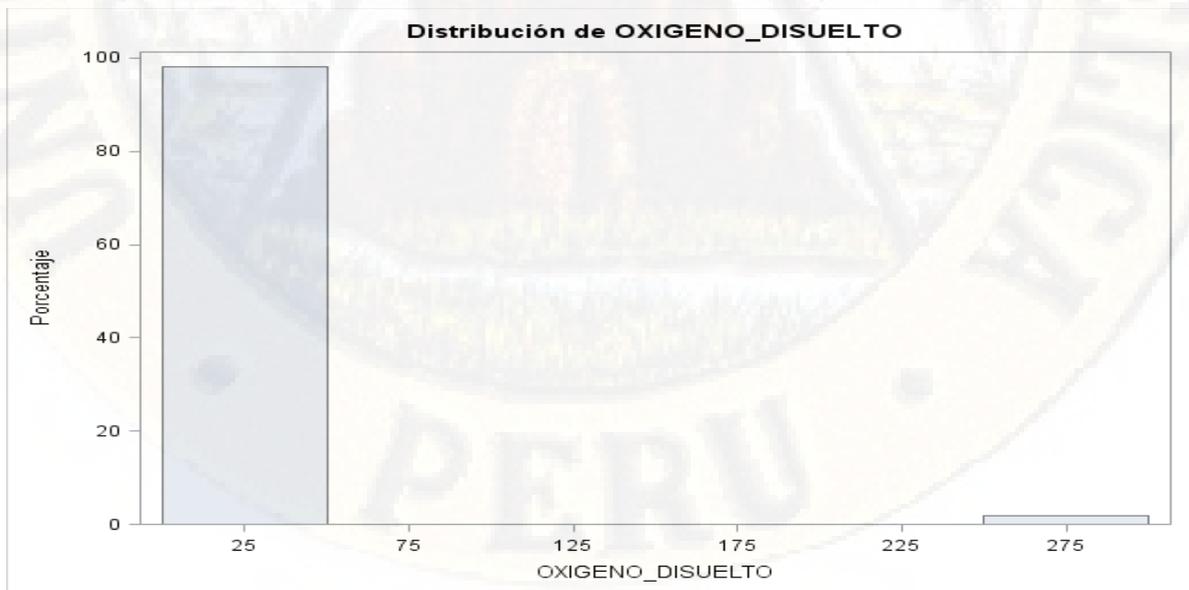


Figura 45

Distribución de la conductividad eléctrica para la especie Shoenoplectus californicus (totora)

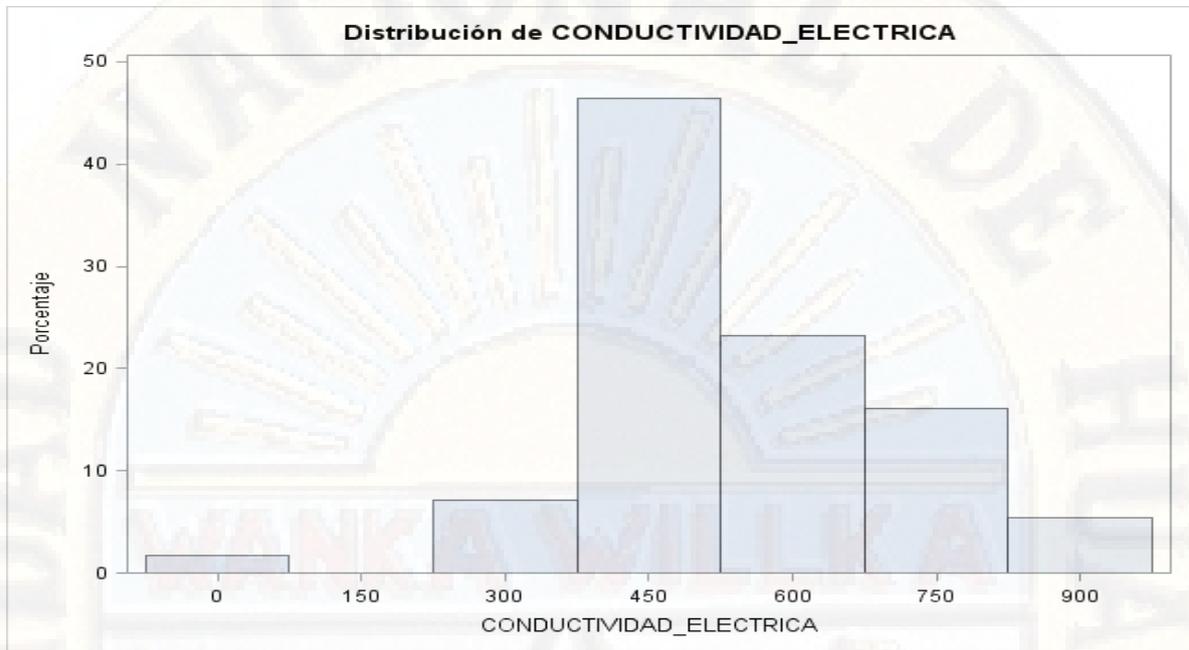
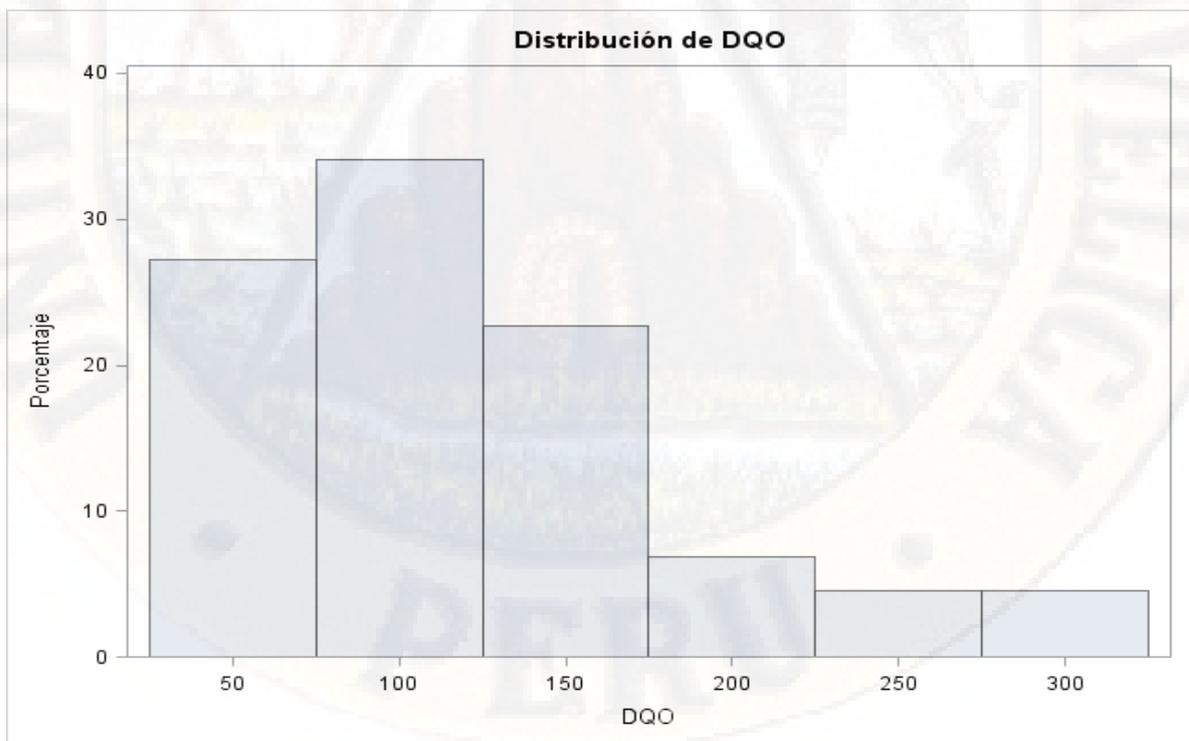


Figura 46

Distribución del DQO para la especie Shoenoplectus Californicus (Totora)



Apéndice 6 Panel fotográfico

Figura 47

Corte de malezas para la excavación de la plataforma



Figura 48

Habilitación de plataforma para la construcción de los humedales



Figura 49

Provisión de material para la construcción de los humedales



Figura 50

Acarreo de materiales de construcción



Figura 51

Vaciado del solado de los humedales



Figura 52

Proceso constructivo de las pozas de los humedales



Figura 53

Impermeabilización de las pozas



Figura 54

Traslado de grava con maquinaria para el lecho filtrante de los humedales



Figura 55

Llenado de agua para la prueba hidráulico de las pozas



Figura 56

Instalación del tanque de almacenamiento



Figura 57

Techado de los humedales



Figura 58

Cerdos al inicio del proyecto con los cuales se trabajó



Figura 59

Ingreso de las aguas residuales hacia la cámara de reja gruesa adaptado



Figura 60

Cámara de reja fina adecuado



Figura 61

Adaptación de los berros en el sistema

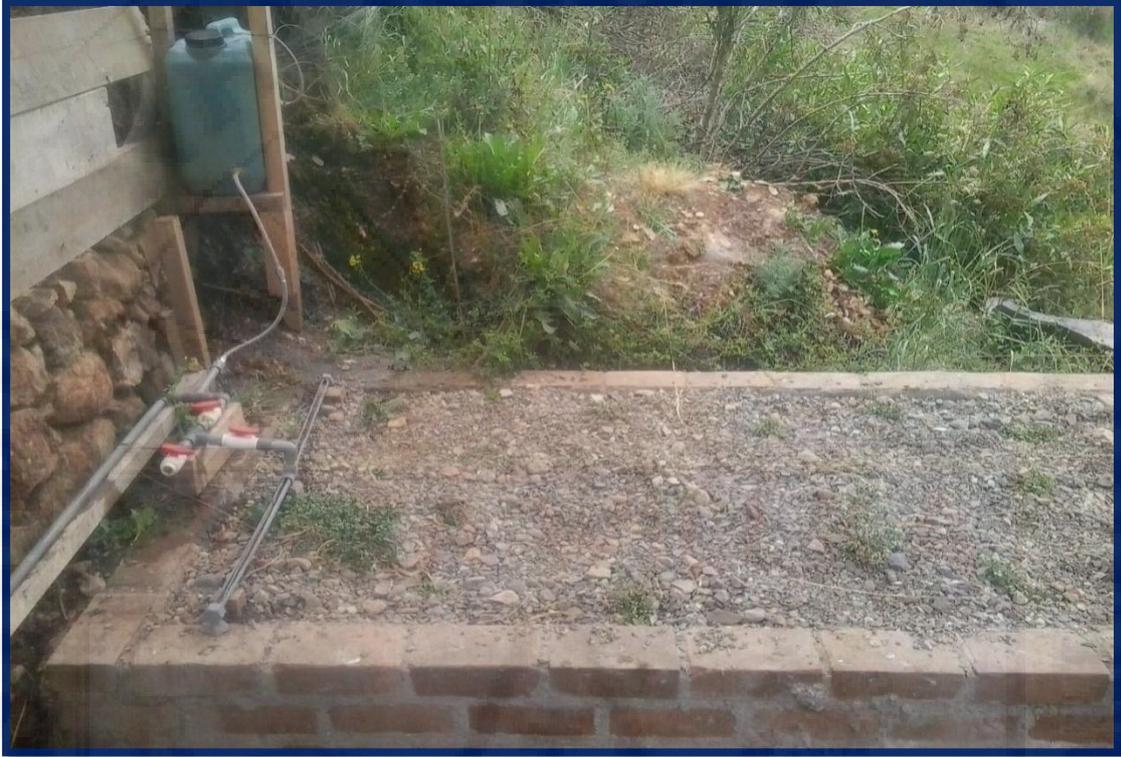


Figura 62

Adaptación de la totora en el sistema



Figura 63

Buffer Para el ajuste de la sonda del pH metro



Figura 64

Ajuste del multiparámetro portátil



Figura 65

Inicio de Monitoreo IN SITU al ingreso del afluente



Figura 66

Inicio de monitoreo a la salida del efluente



Figura 67

Verificación de los datos en el multiparámetro portátil



Figura 68

Medición de parámetros con multiparámetro en el laboratorio



Figura 69

Digestion de muestra para determinar DQO



Figura 70

Traslado del digestor hacia la gradilla para que enfríe y realizar la lectura



Figura 71

Muestras digeridas



Figura 72

Medición de DQO de las muestras en el colorímetro portátil



Figura 73

Mantenimiento de los humedales después de 3 meses de funcionamiento



Figura 74

Crecimiento de las plantas durante el funcionamiento del sistema



Apéndice 7 Documentos de instrumentos

UPESA
Experiencia y calidad a su servicio

ACTA DE CAPACITACION Y CONFORMIDAD

Mediante la presente se deja constancia que personal de la empresa OMEGA PERU S.A. se apersonó a las instalaciones del cliente según el siguiente detalle:

CLIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA		
ORDEN DE COMPRA N°	340		
FACTURA N°	FO03-0004041	GUIA DE REMISION N°	002-0065480

LUGAR DE EJECUCION	
DIRECCION	Campus Universitario Paturpampa s/n
REGION	Huancavelica
PROVINCIA	Huancavelica
DISTRITO	Huancavelica

PERIODO DE EJECUCION	
FECHA	24/09/2018
HORA INICIO	8:15 am
HORA TERMINO	12:15 pm
TIEMPO TOTAL (EN HORAS)	4 horas

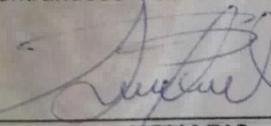
Equipos involucrados:

CANT	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	N° SERIE
1	9385100 Colónmetro digital	Hach	DR-900	180790001035
1	6912050 Multiparametro digital	Hach	HR 40d	170800007073

En este acto se pudo constatar:

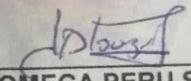
- Instalación
- Verificación de buen funcionamiento
- Capacitación de manejo del equipo
- Otros (detallar):

Encontrándose TODO CONFORME, se firma el acta:



USUARIO

Nombre ALFREDO PUMA SARMIENTO
DNI 72153318



OMEGA PERU S.A.

Nombre Jesús Touzet San Martín
DNI 47512239

Av. Mcal. Oscar R. Benavides 1593 – Int. A (antes Av. Colonial), Urb. Chacra Rios Norte, Lima
Telfs: 336-6523 • 657-6206
ventas@omegaperu.com.pe

Figura 75

Equipo con su respectiva etiqueta de calibración

