

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUAL DOMÉSTICA
MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACRÓFITAS
(Lemna minor y Eleocharis palustris) EN LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE UCAYALI OCTUBRE 2018-SETIEMBRE 2019”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIA AMBIENTAL**

TESISTA

Bach. Alessandra Gisvel, TORRES TORRES

ASESOR

Bach. Simeon Edmundo, CALIXTO VARGAS

HUÁNUCO-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:35 horas del día 05 del mes de DICIEMBRE del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. JOHNNY PRUDENCIO JACHA RETAS (Presidente)
Ing. MARCO ANTONIO TORRES MARQUEANO (Secretario)
Bjgo. ALEJANDRO ROLANDO DURAN NIEVA (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1398 - 2019 - D - FI - UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada:

" TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACRÓFITAS (Lemna minor y Elodea acicularis) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI OCTUBRE 2018 - SETIEMBRE 2019

.....", presentada por el (la) Bachiller ALESSANDRA GISVEL, TORRES TORRES, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

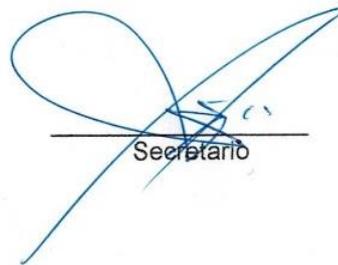
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:39 horas del día 05 del mes de DICIEMBRE del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, sino para lo que compete a la vida y mi futuro.

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi madre Xiomara Torres, mi hermana Aldana Nelly y mi abuelita Marina Arevalo, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi amado hijo Flavio, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mi familia por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi institución y a mis maestros por sus esfuerzos para que finalmente pudiera graduarme como una feliz profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRAFICAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	14
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7.1 Económico.....	17
1.7.2 Social.....	18
1.7.3 Ambiental.....	18
CAPÍTULO II	19
2 MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	23
2.1.3 Antecedentes regionales.....	27
2.2 BASES TEÓRICAS.....	28
2.2.1 Aguas residuales.....	28
2.2.2 Aguas residuales doméstica.....	28

2.2.3	Características de aguas residuales domésticas.....	29
2.2.3.1	Características físicas.....	30
2.2.3.2	Características químicas.	33
2.2.3.3	Nitrógeno amoniacal.....	37
2.2.4	Características microbiológicas.	37
2.2.4.1	Coliformes fecales.	37
2.2.5	Límites máximos permisibles de agua residuales.	38
2.2.6	Tratamiento del agua residual doméstica.	39
2.2.6.1	Generalidades del tratamiento.	39
2.2.6.2	Niveles del tratamiento.	40
2.2.7	Fito depuración.....	45
2.2.7.1	Macrófitas.	47
2.2.7.2	Clasificación según su forma de vida.	47
2.2.7.3	Macrófitas según sus funciones.	48
2.2.7.4	Remoción de contaminantes mediante sistemas naturales.	51
2.2.7.5	Humedales.	53
2.2.7.6	Humedales con macrófitas enraizadas.....	55
2.2.8	Criterios de diseño y parámetros de diseño de humedales.....	62
2.2.8.1	Tiempo de retención.	62
2.2.8.2	Profundidad.....	63
2.2.8.3	Relación largo- ancho.	63
2.2.9	Junco de Agua (Eleocharis Palustris).....	63
2.1.1.2.	Características generales:	64
2.1.2.	Lenteja de agua (Lemna minor)	66
2.2.9.1	Características generales:.....	66
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	68
2.4	HIPÓTESIS.....	69
2.4.1	Hipótesis general.....	69
2.4.2	Hipótesis específica.....	69
2.5	VARIABLES	70
2.5.1	Variable independiente.....	70
2.5.2	Variable dependiente.....	70
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	71
CAPÍTULO III.....		72

3	MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	72
3.1.1	Enfoque.	72
3.1.2	Alcance o nivel.....	72
3.1.3	Diseño.	72
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	73
3.2.1	Población.....	73
3.2.2	Muestra:.....	73
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	74
3.3.1	Técnicas de recolección de datos	74
3.3.1.1	Construcción de estanques artificiales para las macrófitas.....	74
3.3.1.2	Recolección de muestras.....	76
3.3.1.3	Método de ensayo.	81
3.4	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.	81
3.4.1	Procesamiento de datos.	82
	CAPÍTULO IV	83
4	RESULTADOS	83
4.1	Procesamiento de datos.....	83
4.1.1	Análisis De Varianza.....	83
4.1.2	Análisis Descriptivo	93
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	102
4.2.1	Hipótesis general.....	103
4.2.2	Hipótesis específica.....	108
	CAPÍTULO V	111
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	111
5.1	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	111
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	114
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
	ANEXO.....	126

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Coordenadas Del Área De Estudio.....	18
Tabla N° 2	Valores Máximos Y Mínimos Permitidos En Parámetros Convencionales De Las Aguas Residuales Domésticas.	30
Tabla N° 3	Límites máximos permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	39
Tabla N° 4	Tratamiento Terciario Según Contaminante A Eliminar.....	44
Tabla N° 5	49
Tabla N° 6	Requisitos Para Toma De Muestra De Agua Residual Y Preservación De Las Muestras.....	80
Tabla N° 7	Métodos De Análisis De Agua Según El SMEWW-2012	81
Tabla N° 8	Distribución de tratamientos y repeticiones según el diseño completamente al azar.....	82
Tabla N° 9	Resumen del % de eficiencia de los tratamientos y control.	83
Tabla N° 10	Resumen de eficiencia de los tratamientos y control.	84
Tabla N° 11	Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples.....	84
Tabla N° 12	Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples	85
Tabla N° 13	Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD) Comparaciones múltiples.....	86
Tabla N° 14	Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD): Comparaciones Múltiples ..	87
Tabla N° 15	Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples	88
Tabla N° 16	Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)	89
Tabla N° 17	Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO):	90
Tabla N° 18	91
Tabla N° 19	Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes: Comparaciones Múltiples	92
Tabla N° 20	Evolución Del Ph.....	93
Tabla N° 21	Evolución de la Conductividad	94

Tabla N° 22 Evolución De Sólidos Totales Disueltos (STD).....	95
Tabla N° 23 Evolución De Oxígeno Disuelto.....	96
Tabla N° 24 Evolución de la Turbiedad.....	97
Tabla N° 25 Evolución De La Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO5)	98
Tabla N° 26 Evolución De La Demanda Química De Oxígeno (DQO)	99
Tabla N° 27 Evolución Del Amonio.....	100
Tabla N° 28 Evolución de los Coliformes Termofecales	101
Tabla N° 29 Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples.....	103
Tabla N° 30 Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples	104
Tabla N° 31 Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD).....	104
Tabla N° 32 Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD):	105
Tabla N° 33 Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples	105
Tabla N° 34 Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO):	106
Tabla N° 35 Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO)	106
Tabla N° 36 Análisis de Varianza Del Amonio : Comparaciones Múltiples.....	107
Tabla N° 37 Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes:.....	107
Tabla N° 38 Comparación de los resultados fisicoquimicos con el d.s n°003-2010-minam	109
Tabla N° 39 Comparación de los resultados microbiologicos con el d.s n°003-2010-minam	110

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica	
01:.....	89
Gráfica 02:	
.....	90
Gráfica 03:	
.....	91
Gráfica 04:	
.....	92
Gráfica 05:	
.....	93
Gráfica 06:	
.....	94
Gráfica 07:	
.....	95
Gráfica 08:	
.....	96
Gráfica 09:	
.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Macrófitas de un humedal, (Hernández, J, & Rangel J. O. , 2009)</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 2 Tipos de macrófitas acuática, (PERMACULTURE)</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 3 Zonas de la planta con su respectivo proceso, (Frers, 2008)</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 4 Procesos de depuración de los humedales artificiales, (García, 2003)</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 5 Humedal de flujo superficial, (Fernández, 2005)</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 6 Humedal de flujo sub superficial, (Fernández, 2005)</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 7 Humedal con macrofitas flotantes, (Fernández, 2005)</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 8 Filtro de macrófitas en flotación, (Fernández, 2005).</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 9: Sistema de Flujo Sub superficial Horizontal, (García, 2003)</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 10: Sistema de Flujo Superficial Horizontal, (García, 2003)</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 11: Junco de Agua (Eleocharis Palustris). Fuente : (Fischer, 2007)</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 12: Lemna minor (Lenteja de Agua), (Mulca, 2013)</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 13: Estanques artificiales vista horizontal para pruebas del sistema con macrófitas.</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 14: Estanques artificiales vista vertical para pruebas del sistema con macrófitas</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 15: Diagrama de flujo del procesamiento para la recolección de datos de la investigación.</i>	<i>81</i>

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tuvo por objetivo determinar la influencia del sistema de depuración con macrófitas en el tratamiento de agua residual en la Universidad Nacional de Ucayali. El efluente fue tomado del agua utilizado de la ciudad universitaria antes mencionada y en paralelo se analizaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

La investigación fue de tipo aplicada y diseño experimental con enfoque cuantitativo, la muestra se tomó considerando los criterios previamente evaluados por los tipos de análisis realizados y el tratamiento planteado.

Se realizó tres tipos de tratamientos el primero con lenteja de agua, el segundo con el junco de agua y el tercero un control con grava; manteniendo constante el tiempo de retención de 6 semanas que fueron analizados semanalmente.

Los resultados indican que en cuanto a los parámetros que determinan la contaminación orgánica; se logró disminuir con la lenteja de agua el pH en (6.5) %; la conductividad (28.1) %; los STD (24.7) %; el OD (52.8) %; la turbiedad (79.1) %; la DBO5 (64.3) %; la DQO (62.9) %; el amonio (49.7) %; y los Coliformes termofecales (99.2) % mientras que con el junco se logró disminuir en: el pH (6.9) %; la conductividad (29.2) %; los STD (24.1) %; el OD (58.8) %; la turbiedad (77.3) %; la DBO5 (51.7) %; la DQO (54.4) %; el amonio (43.1) %; y los Coliformes termofecales (98.9) %.

El procesamiento de los resultados obtenidos y los análisis de datos indican que, respecto al objetivo general y en respuesta a la hipótesis general, se concluye que el uso de *Lemna minor* y *Eleocharis palustris* influyen en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali. El análisis ANOVA de dos factores indica que existe diferencia significativa y se corrobora con la prueba HSD Tukey con un nivel de significancia del 5 %.

Palabras claves: *Lemna minor* y *Eleocharis palustris*, agua residual, macrófitas.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the influence of the purification system with macrophytes in the treatment of wastewater at the National University of Ucayali. The effluent was taken from the water used in the aforementioned university city and, in parallel, the physical, chemical and microbiological parameters were analyzed.

The research was of applied type and experimental design with a quantitative approach, the sample was taken considering the convenience and criteria previously evaluated by the types of analyzes performed and the treatment proposed.

Three types of treatments were carried out, the first with lentils, the second with the water reed and the third with gravel only; keeping the retention time of 6 weeks that were analyzed weekly constant.

The results indicate that in terms of the parameters that determine organic contamination; it was possible to reduce the pH in (6.5)% with the duckweed; the conductivity (28.1)%; the STD (24.7)%; the OD (52.8)%; turbidity (79.1)%; BOD5 (64.3)%; the COD (62.9)%; Ammonium (49.7)%; and the thermo-fecal Coliforms (99.2)% while with the reed it was possible to decrease in: the pH (6.9)%; the conductivity (29.2)%; the STD (24.1)%; the OD (58.8)%; turbidity (77.3)%; BOD5 (51.7)%; the COD (54.4)%; Ammonium (43.1)%; and the thermal-friendly coliforms (98.9)%.

The processing of the obtained results and the data analysis indicate that, with respect to the general objective and in response to the general hypothesis, it is concluded that the use of *Lemna minor* and *Eleocharis palustris* influence the wastewater treatment of the National University of Ucayali. The ANOVA analysis of two factors indicates that there is a significant difference and is corroborated with the Tukey HSD test with a level of significance of 5%.

Keywords: *Lemna minor*, *Eleocharis palustris*, residual water, macrophytes.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es una actividad fundamental que coadyuva al cuidado de la salud humana y medio ambiente. En particular, hoy en día, el tema del reúso cobra vigencia por la posibilidad de usar agua en sistemas de riego para zonas áridas y áreas afectadas por el fenómeno del cambio climático, por lo que se requiere contar con tecnologías de depuración eficientes y de bajo costo para cumplir con los estándares requeridos para remoción de materia orgánica, nutrientes y microorganismos para reúso.

Las tecnologías de tratamiento tradicionales incluyen principalmente sistemas biológicos y fisicoquímicos, siendo los primeros de menor costo en operación y mantenimiento. Los humedales construidos, por ejemplo, conforman un método de tratamiento biológico natural que consiste en áreas saturadas por aguas residuales superficiales o subterráneas, con vegetación enraizada o flotante, donde la actividad microbiana facilita la degradación de los contaminantes con costos de operación y mantenimiento relativamente bajo. Este es el caso de las llamadas lagunas de macrófitas, en las cuales se emplean plantas acuáticas como la lenteja de agua y el junco de agua, poseedores de una gran capacidad de absorción de nutrientes, que cuenta con una alta predominancia en condiciones naturales adversas; convirtiéndolas en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales (Zirscky y Reed, 1988; Skillicorn et al., 1993; Oron, 1994). La investigación buscó determinar la viabilidad de la lenteja de agua y el junco palustre como pos tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad universitaria de Ucayali.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas ambientales en la actualidad es la contaminación del recurso hídrico, debido a que rompe la armonía entre el hombre y su medio, no solo de forma inmediata sino también a mediano y largo plazo. Este está relacionado directamente con los cambios demográficos en las últimas décadas, ya que a medida que las poblaciones humanas crecen se utiliza más el agua para llevar a cabo sus actividades cotidianas y productivas, originando que su composición física, química y biológica sea vea notablemente alterada.

Los problemas causados no son sólo de índole física o estética, sino que trascienden al campo de la sanidad, ya que las comunidades humanas necesitan recurrir a diversos recursos de aguas superficiales para su abastecimiento de agua de bebida, y si éstos están contaminados con los productos de desechos humanos o industriales, pueden dar lugar a problemas epidemiológicos graves (García E. , 1985)

Los países en desarrollo en general se ubican en regiones de clima tropical y subtropical y son las que presentan las más bajas coberturas en recolección y tratamiento adecuado de aguas residuales domésticas (ARD), siendo las principales causas aspectos financieros y el desconocimiento o falta de reconocimiento de tecnologías alternativas de bajo costo, lo que compromete la sostenibilidad de los sistemas (Torres, 2012)

En la región el acceso al saneamiento está limitada por el pequeño alcance que la Empresa Prestadora de Servicios (EPS), siendo un problema para el cumplimiento de este requisito básico, viéndose afectado los abundantes cuerpos

de aguas que además de servir como cloaca, sirven como fuente primaria de captación para el agua de consumo humano, generándose un problema que puede llegar a magnitudes insospechadas en el efecto de la salud de la población.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general.

- ¿En qué medida influye el sistema de depuración con macrófitas en el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿Cuál será la influencia del sistema de depuración con macrófitas, en el tratamiento de los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019?
- ¿Cuál será la influencia del sistema de depuración con macrófitas, en el tratamiento de los parámetros microbiológicos de aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019?

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del sistema de depuración con macrófitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la influencia del sistema de depuración con macrófitas para los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019.
- Evaluar la influencia del sistema de depuración con macrófitas para los parámetros microbiológicos de aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La necesidad de la protección de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos, nos conlleva a tratar las aguas residuales, entre ellas la de mayor generación las aguas residuales domésticas, la gran parte de la población no cuenta con sistemas de saneamiento completo, entre ellos el tratamiento de las aguas residuales que afectan los cuerpos de agua que muchas veces es utilizada para consumo humano de la población aledaña.

Es necesario tratar las aguas residuales domesticas antes de ser vertida a cuerpos de agua, pero en zonas alejadas que no cuentan con recursos del estado para implementar sistemas complejos de alta capacidad y eficiencia, es necesario evaluar propuestas para cubrir las necesidades de cumplir el saneamiento para reducir el impacto colateral de contaminación de las aguas.

Es de necesidad general evaluar un sistema natural de fácil manejo e instalación para zonas sin saneamiento, para esto se utilizó una fuente de agua sin tratar como el de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), que sirvió como base de la investigación.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación está en etapa experimental es por lo cual se estudió más a fondo los criterios de su diseño, además de ver la capacidad aplicada en campo y en pruebas reales. Es de vital importancia investigar la relación que tiene la aplicación del sistema de tratamiento por macrófitas con sistemas funcionales y a diferentes cargas de contaminantes y condiciones ambientales.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación es viable ya que:

1.7.1 Económico.

- El bajo costo de aplicación para el desarrollo de la investigación.
- El bajo costo de instalación o replica.
- Las actividades de campo y laboratorio del proyecto de investigación, se realizó en la E.A.P de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).

Tabla N° 1
Coordenadas Del Área De Estudio

<u>ID</u>	<u>Este</u>	<u>Norte</u>
Afluyente	546610	9071738
Sistema 1	546619	9071741
Sistema 2	546619	9071740
Sistema 3	546620	9071738

Fuente: Elaboración propia

Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

1.7.2 Social.

- La población contaría con un sistema de saneamiento básico, que ayudara a mantener las condiciones sanitarias dentro de los parámetros compatibles con la salud.

1.7.3 Ambiental.

- Gran cantidad de información acerca de las plantas macrófitas y en ciertos casos su aplicación en sistema de tratamiento.
- Eficaz capacidad depuradora de aguas residuales.
- La reducción de aguas residuales vertidas a cuerpos naturales.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Gualán (Chicaña-Ecuador, 2016). En su investigación titulada “Evaluación del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe” cuyo objetivo fue evaluar el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña. En esta investigación en primera instancia se procedió a caracterizar el grado de contaminación de las aguas residuales provenientes de la ciudad de Chicaña, donde se tomó la cantidad de 2200ml para la determinación de grasas y aceites, sólidos, Aniones DBO, coliformes, sustancias tenso activos, DQO. En conclusión se recomienda utilizar la lenteja de agua (*Lemna minor*), durante 21 días para el tratamiento de aguas residuales domésticas, específicamente para la descontaminación de los parámetros (SAAM, coliformes totales y fecales), cabe resaltar que durante este tiempo el agua debe permanecer en reposo, pero para la disminución de la concentración de ciertos parámetros presentes en altas concentraciones, se recomienda el tratamiento de aguas residuales con pasto alemán (*Echinochloa polystachya*).

Pérez-López (Chihuahua-México, 2015). Realizó un estudio titulado “Tolerancia de macrófitas acuáticas a aguas residuales domésticas y su eficiencia en humedales artificiales en condiciones de invernadero”, se

clasificaron las especies de plantas acuáticas y semi-acuáticas de tres calidades de agua: dos provenientes del río El Tunal y otra de uno de sus tributarios, considerando su contenido de oxígeno disuelto, fosfato soluble, nitrato, amoníaco, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y sus valores en pH y conductividad eléctrica. Se identificaron veintiocho especies de plantas con diferentes tolerancias, de las cuales se seleccionaron *Schoenoplectus americanus*, *S. tabernaemontani*, y *Eleocharis Palustis*. Las tres especies se propagaron satisfactoriamente bajo condiciones de invernadero. Su adaptación al agua residual de la localidad fue evaluada en 5 micro-unidades: un control con agua residual (WW), otro con grava (G) y tres humedales de flujo sub-superficial, uno para cada una de las tres especies de plantas seleccionadas, todas por duplicado. Para amoníaco y fosfatos, los sistemas con grava y plantas removieron entre 96 y 98% y entre 99 y 100%, respectivamente. Los contenidos de coliformes fecales disminuyeron uniformemente en todos los sistemas, entre 98.5 y 98.7%. El soporte (grava triturada) fue el principal responsable de la remoción de amoníaco y fosfatos (98% en 48 horas), debido a su capacidad de intercambio iónico. Se considera que las tres especies son apropiadas para la construcción de humedales porque tienen facilidad para propagarse y establecerse, son nativas, abundantes y tolerantes a las condiciones locales y al agua residual de la región.

Sierra, Ramírez y Rodríguez (Valledupar-Colombia, 2018). En su estudio titulado “Evaluación del post tratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrófitas como las lentejas de agua (*lemma minor*) en lagunas de estabilización” cuyo objetivo fue determinar la utilidad de la lenteja de agua (*Lemna minor*) como pos tratamiento en lagunas

de estabilización que tratan aguas residuales domésticas. Los materiales y métodos que se emplearon, se tomó como unidad experimental el efluente de las lagunas anaerobias del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales “El Salguero” en Valledupar- Cesar. Como unidad de observación se utilizaron cuatro recipientes plásticos de 14 L de capacidad con un área superficial de 987,5 cm² y 14 cm de altura. La muestra fue inoculada con las lentejas de agua, las cuales fueron tomadas de reservorios ubicados en las afueras del Municipio en mención. Se realizó el montaje empleando un sistema tipo batch a escala laboratorio con tres replicas y dos controles los parámetros analizados fueron nutrientes (nitrógeno y fósforo). En conclusión, la remoción de nutrientes fue: 72% P y 95% N. Se pudo establecer que las lentejas de agua presentan una buena eficiencia en relación a la remoción de nutrientes.

Sarango y Sánchez (Riobamba-Ecuador, 2016). En su estudio titulado “Diseño y construcción de 2 biofiltros con eichhornia crassipes y Lemna minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora río Manso Exa S.A. “planta la comuna”, Quinindé”, cuyo objetivo del estudio fue Diseñar y construir 2 biofiltros con Eichhornia crassipes y Lemna minor para evaluar la degradación de contaminantes en aguas residuales de la Extractora Río Manso EXA SA. “Planta La Comuna”. Los materiales empleados fueron que se construyeron dos biofiltros con Eichhornia crassipes y Lemna minor utilizando arena, gravilla, grava y piedra pómez como lecho de soporte para tratar aguas residuales provenientes de la extractora Río Manso. La metodología se realizó la caracterización inicial física, química y microbiológica del agua, se realizaron análisis en cada semana de tratamiento para determinar las concentraciones y porcentajes de remoción

en ambos tratamientos para parámetros como: Demanda química de oxígeno DQO, Demanda bioquímica de oxígeno DBO 5 , Aceites y grasas, Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Nitrógeno total, Hierro, Fósforo total tomando en cuenta que estos son los parámetros con los que la empresa tiene problemas en su tratamiento. La operación se inició con un tiempo de retención de 28,5 horas Se realizó un ajuste de pH en el agua para la adaptación de las plantas. Los resultados se calcularon en porcentajes de degradación usando Eichhornia crassipes para DQO 89,24 %, DBO 5 91,96 %, Aceites y grasas 91,58 %, Sólidos totales 95,87 %, Sólidos suspendidos 96,72 %, Fosforo total 96,34 %, Hierro 89,30 %, Nitrógeno total 95,68 %. Lemna minor para DQO 72,57 %, DBO 5 73,36 %, Aceites y grasas 92,33 %, Sólidos totales 75,21 %. Se aplicó la prueba t - Student para determinar si existen diferencias significativas entre los porcentajes de degradación de Eichhornia crassipes y Lemna minor. En conclusión, se concluye que no existen diferencias significativas en los parámetros analizados, se recomienda probar otras especies vegetales para determinar su eficiencia de remoción de estos contaminantes.

Onofre (San José-Costa Rica, 2017). En su estudio titulado “Tratamiento de aguas residuales agropecuarias plantas acuáticas Azolla pinnata, Lemna minor y Salvinia minima” cuyo objetivo de este trabajo fue evaluar la remoción de contaminantes a través de micro-ensayos de humedal artificial utilizando el efluente del biodigestor e implementando plantas acuáticas Azolla pinnata, Lemna minor y Salvinia mínima. La metodología empleada fue que el efluente fue diluido a concentraciones de 0 % (agua), 25 %, 50 %, 75 % y 100 %; y tuvo un tiempo de retención hidráulica de 10 días. Se analizaron el aumento de biomasa fresca y la reducción de parámetros

fisicoquímicas al inicio y final del experimento. Los resultados y conclusiones fueron que en remoción de fósforo *Azolla pinnata* fue la más eficiente con un 82.65 % en tratamiento de 50% de concentración y también fue la más eficiente reduciendo DBO5, DQO y PO4 con un 80.97 % y 49.77 %, respectivamente, pero tuvo alta mortalidad en los tratamientos más contaminados. La especie *Lemna minor* logra incrementar su biomasa a concentraciones altas de contaminantes por la cual es apta para tratamientos de aguas residuales en primera fase. En nitrógeno y sólidos totales indican que *Lemna minor* fue la más eficiente alcanzando a remover 100 % sin presentar diferencias significativas entre las concentraciones, y un máximo de 44.6 % en sólidos totales entre las concentraciones de efluente de 25 % y 75 %. *Salvinia mínima* es apta para tratamiento de segunda fase ya que su incremento de biomasa en concentraciones de 50 % tuvo un crecimiento de 41.7g, pero en concentraciones de 100 % de efluente hubo mortalidad.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Saavedra (Piura-Perú, 2017). En su estudio titulado “Aplicación de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP”, cuyo objetivo de la presente investigación fue conocer la influencia de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP. Para el muestreo se identificaron tres puntos, el primero punto se encontraba ubicado en la estructura de interconexión para conocer la calidad del afluente de la laguna secundaria, mientras que el punto de muestreo número dos estaba ubicado a la salida del sector convencional, para conocer la calidad actual del afluente de la laguna, finalmente el punto tres

se encontraba ubicado a la salida del sector con el FMF para conocer la calidad del efluente de la laguna con la aplicación del sistema. Finalmente se indicó que el sistema filtro de macrófitas en flotación (FMF), es capaz de mejorar el tratamiento convencional de una laguna facultativa. En relación al sector de laguna convencional, el sector con el sistema FMF presento mayor eficiencia de remoción en los parámetros analizados de STS (72.78% vs -10.18%), DBO5 (65.18% vs 33.79%), DQO (57.18% vs 21.28%), coliformes fecales (95.52% vs 75.01 %), N total (30.56% vs 17.50%) y P total (6.18% vs 0.74%). Asimismo, mostro un comportamiento más resiliente frente a las variaciones de carga que se presentaron en la entrada de la laguna.

Villanueva y Yance (Huancayo-Perú, 2017). En su estudio titulado “Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca”, cuyo objetivo del presente estudio fue mejorar la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca. El tipo de estudio fue experimental, descriptivo. Como resultado se calculó que la eficiencia de remoción de DBO, DQO y Coliformes termotolerantes, siendo un valor de 23%, 25,61% y 27,78%, respectivamente.

Garay (Lima-Perú, 2017). Realizó un estudio titulado “Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemma minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas, 2015”, cuyo objetivo del estudio fue determinar la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de

la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El agua residual, el cual fue anticipadamente tratada en un filtro de grava para atrapar los residuos sólidos existentes se depositaron en tres estanques de vidrio con *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y un control de agua residual sin planta acuática. El tiempo que duró el agua residual en los estanques fue de diez días, y se cambió de efluente por cuatro veces. Para decretar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo un promedio de remoción del 81,24%.

Garay (Chilca-Perú, 2017). En su estudio titulado Eficacia de las macrófitas Jacinto y lenteja de agua para disminuir la concentración de Boro en las aguas minerotermales de la "laguna la milagrosa", cuyo objetivo del presente estudio fue determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, para poder determinar si lograrían disminuir la concentración del Boro, usando las aguas de la laguna "La Milagrosa" ubicada en Chilca, mediante el tratamiento en peceras, y así poder llegar a cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para las aguas superficiales destinadas para recreación ubicadas en la Subcategoría: B. la metodología empleada fue un diseño del desarrollo de la investigación, se construyó 3 peceras con las siguientes medidas: ancho 20cm, largo 39cm y altura 19cm, se

extrajo una muestra de 30 litros de agua de la laguna. En cada pecera de las cuales se les codifico de la siguiente manera; M1 (Jacinto de agua), M2 (Lenteja de agua) y M3 (Jacinto y Lenteja de agua) se colocó 10 litros de estas aguas, a su vez en la M1 se introdujo 7 Jacintos de agua, en la M2 30 gr de Lenteja de agua y en la M3 se colocó 3 Jacintos de agua y 15 gramos de Lenteja de agua, teniendo una duración de 3 semanas de muestreo. La concentración inicial del Boro (B) fue >25 mg/L, evidenciando que excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Se concluyó que en el tratamiento M1 se logró disminuir hasta 6.88 mg/L, en el M2; 26.93 mg/L y en el M3; 27.41 mg/L, en un periodo de 3 semanas. Los resultados que se obtuvieron fueron introducidos al programa MINITAB para obtener los datos estadísticos.

Tuesta (Tarapoto- Perú, 2016). En su estudio titulado “Evaluación de las especies *Lemna minor* L. (lenteja de agua) y *eichhornia crassipes* M. (Jacinto de agua) en remoción de materia orgánica, cuyo objetivo del estudio es mejorar la calidad del efluente utilizando las plantas acuáticas, realizando un tratamiento previo antes de ser vertido a un cuerpo receptor (Quebrada), cumpliendo con límites Máximos Permisibles de descarga de agua. La metodología empleada se realizó un estudio utilizando plantas acuáticas flotantes (*Lemna minor* L. y *Eichharnia crassipes* M) para remover la materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas teniendo una planta piloto con dos sistemas de tratamiento: Un sistema por Tandas y un sistema Continuo. Los resultados obtenidos que el sistema continuo es mucho más eficiente en la remoción de materia orgánica al 50% que el sistema por tandas, siendo más eficiente el reactor 04 con plantas acuáticas *Lemna minor* L. y *Eichhorna crassipes* M ya que sus raíces tienen la capacidad de remover los sólidos

suspendidos totales del efluente de aguas de las piscigranjas y logrando reproducirse las plantas al 100% del espacio de los reactores. Debido a que existe movimiento continuo del agua y eso hace que las plantas tengan un mejor desarrollo y exista una mayor remoción de materia orgánica en los efluentes de las piscigranjas. Concluyendo así que las plantas acuáticas *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M cumplen con la función de remover la materia orgánica biodegradable significativamente " en los reactores intervenidos en el sistema por tandas y en el sistema continuo.

2.1.3 Antecedentes regionales.

Montes, Salas y Trujillo (Huánuco –Perú 2018). Realizo el estudio titulado, “Diseñar un sistema de tratamiento mediante fitorremediación para aguas procedentes del lavado de vehículos en el puente Tingo, Distrito, Provincia y Departamento de Huánuco 2018”, cuyo objetivo del estudio fue diseñar un sistema de tratamiento mediante fitorremediación para aguas procedentes del lavado de vehículos en el puente Tingo distrito, provincia y departamento de Huánuco 2018. Para el presente trabajo se utilizó *Scirpus holoschoenus* (junco) y *Lemna* sp. (Lenteja de agua), el diseño del estudio es de tipo experimental. Se concluyó en el estudio a que con la utilización de *scirpus holoschoenus* “junco” y de *Lemna* sp. “lenteja de agua”, se puede tratar el agua residual proveniente de lavaderos de vehículos, vertidas en las aguas superficiales mediante el proceso de fitorremediación.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Aguas residuales.

Son desechos líquidos derivados de la actividad doméstica, edificios e instituciones; principalmente por el metabolismo humano, llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas; por lo tanto, las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural o artificial que pueden ser más o menos dañinas para el hombre, los animales y el ambiente. Es así que surgen como un líquido turbio, de color gris o amarillento, color séptico, en el cual van suspendidas partículas de sedimentos, heces, residuos vegetales, tiras de papel y materiales sintéticos. Cuanto más largo sea el colector que los conduce y más turbulento el flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes en el agua residual (Carmen, 2005).

Las aguas residuales como aquellas cuyas características originales han sido transformadas por actividades humanas y que por su calidad demandan un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Se clasifican en aguas residuales industriales, municipales y domésticas. (OEFA, 2014).

2.2.2 Aguas residuales doméstica.

Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas (Garcia E. , 1985)

Las aguas residuales domésticas son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, resultantes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014).

2.2.3 Características de aguas residuales domésticas.

Según (García E. , 1985) las aguas residuales domésticas tienen características físicas, químicas y biológicas. Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas cuyo conocimiento es de importancia en el tratamiento de las aguas residuales. Estas características varían según el origen de las aguas residuales. Asimismo, la determinación de estas características es notable para definir aspectos tales como el origen del agua residual, la concentración de los constituyentes, el tratamiento requerido, la buena manipulación del tratamiento, así como los efectos adversos según sea la disposición final del efluente.

Tabla N° 2
Valores Máximos Y Mínimos Permitidos En Parámetros Convencionales De Las
Aguas Residuales Domésticas.

Parámetro	Concentración		Unidades
	Mínima	Máximo	
Sólidos totales	1132	13075	ml/L
Sólidos Volátiles totales	353	71402	ml/L
Sólidos suspendidos totales	310	93378	ml/L
Sólidos suspendidos volátiles	95	21500	ml/L
Demanda bioquímica de oxígeno	440	78600	mg/L
Demanda química de oxígeno	1500	70300	mg/L
Nitrógeno total	66	1060	mg/L
Nitrógeno amoniacal	3	116	mg/L
Fosforo Total	20	760	mg/L
Alcalinidad	522	4190	mg/L
Grasas	208	23369	mg/L
Ph	1.5	12.6	Unidades
Coliformes totales	107/100	109/100	ml
Coliformes Fecales	108/100	108/100	ml

Fuente: (Metcalf & Eddy , 1985)

2.2.3.1 Características físicas.

➤ Sólidos.

Todos los contaminantes del agua, a excepción de los gases disueltos, forman parte de la materia sólida. Según su asociación con el medio líquido, esta se encuentra en forma suspendida, en dispersión coloidal y en solución total. Asimismo, según determinadas características de interés, analíticamente, la materia sólida se clasifica en tres grupos. Según su tamaño y condición en sólidos suspendidos y sólidos disueltos, según sus características químicas en sólidos volátiles y sólidos fijos, y según su

capacidad de sedimentación en sólidos sedimentables y no sedimentables. A continuación, se detallan los diferentes parámetros de los sólidos.

Sólidos totales: Es el residuo que persiste al evaporar una muestra de agua a una determinada temperatura.

Sólidos suspendidos y sólidos disueltos: Los sólidos que perduran después de filtrar una muestra de agua se denominan sólidos suspendidos, y los sólidos que filtran se llaman sólidos disueltos. Los sólidos suspendidos representan a la materia en suspensión y los sólidos disueltos a la materia disuelta. La materia coloidal se encuentra en una fase intermedia, la mayor parte se encuentra en los sólidos disueltos (Sperling, 2007).

Sólidos volátiles y sólidos fijos: Los sólidos que se pierden al calentar una muestra de agua a una determinada temperatura (temperatura mayor a la que se someten los sólidos totales) se denominan sólidos volátiles. Los que permanecen en la muestra se denominan sólidos fijos. Los sólidos volátiles simbolizan a los sólidos orgánicos y los sólidos fijos a los sólidos inorgánicos (Romero, 1999)

Sólidos sedimentables: Son los sólidos que sedimentan por gravedad en una muestra de agua a un tiempo determinado. Comprenden una fracción de la materia suspendida de partículas $> 101\mu\text{m}$. Los sólidos que no sedimentan alcanzan a la materia disuelta y coloidal, y también a una fracción de la materia suspendida de partículas $< 101\mu\text{m}$ (Romero, 1999).

➤ **Turbiedad.**

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. La turbiedad es causada por la materia en suspensión y coloidal. Estas partículas hacen que la luz sea remitida y no transmitida (Romero, 1999). “Este parámetro puede ser un factor importante en cuanto al control de calidad de los efluentes respecto a las partículas coloides” (Metcalf & Eddy, 1985).

➤ **Conductividad.**

La conductividad es la propiedad que presentan las soluciones para trasladar el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición. La conductancia de una solución es el recíproco de su resistencia y se expresa en unidades mhos (recíproco de ohms). La mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas son mejores conductores de la electricidad, que las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas y por lo tanto conducen muy poco la corriente. (Londoño, 2010)

El agua destilada y fresca tiene una conductividad de 0,5 a 2 micromhos/cm, incrementándose después de unas cuantas semanas de almacenamiento, de 2 a 4 microhos/cm, esto es debido a la absorción de CO₂ de la atmósfera. La conductividad del agua potable en las unidades SI, tiene un rango de 50 a 1.500 micromhos. La conductividad de las aguas residuales domésticas y algunas industriales puede estar por encima de 10.000 micromhos/cm.

➤ **Color y olor.**

Estos parámetros muestran la condición del agua residual del desagüe: fresca o séptica. El agua residual reciente es de color gris con un olor comparativamente desagradable. A medida que los niveles de oxígeno se reducen por descomposición de la materia orgánica, el agua se vuelve negra y el olor se vuelve ofensivo, generalmente a huevos podridos por el ácido sulfhídrico (H₂S) que se genera. El color y el olor pueden evidenciar la presencia de vertidos industriales a través de sustancias coloreadas u olores atípicos a los desechos domésticos (Metcalf & Eddy , 1985)

2.2.3.2 Características químicas.

➤ **DBO**

Según (Duncan, 2004) la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de aguas residuales por bacterias. Por lo tanto, es una medida de la concentración de materia orgánica en un residuo que puede ser oxidado por bacterias ('bio-oxidado' o 'biodegradado'). DBO es comúnmente expresado en 5 días, a 20°C, es decir, la cantidad de oxígeno consumido durante la oxidación de las aguas residuales durante 5 días a 20°C. Esto es porque la DBO de 5 días (generalmente escrita 'DBO₅') se mide más fácilmente.

➤ **DQO**

Es la cantidad de oxígeno disuelto que requiere la materia orgánica para ser oxidada por un agente químico fuertemente oxidante. La ventaja del ensayo de la DQO es que se puede obtener muy rápido (en 3 horas); sin

embargo, tiene la desventaja de no dar información sobre la proporción de materia orgánica que puede ser oxidada por los microorganismos (Mara, 2003).

La DQO es por lo general mayor que la DBO porque es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológicamente (Metcalf & Eddy, 1985). El valor de DQO es usado extensivamente en el análisis de aguas residuales, junto con la DBO, para determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas de la muestra (Romero, 1999)

No hay una relación estricta entre la DBO y la DQO. Sin embargo, para el agua residual doméstica sin tratar, varias medidas indican que la relación DBO₅/DQO es igual a 0.5 (Mara, 2003). Otra relación entre estos dos parámetros que pueden presentar las aguas residuales domésticas crudas oscila entre 0.4 y 0.8 (Metcalf & Eddy, 1985). “La presencia de vertidos industriales puede alterar esta relación considerablemente” (Mara, 2003). “En el caso del efluente de una PTAR, el valor de DBO/DQO puede ser menor, desde 1/3 hasta menos” (Romero, 1999).

➤ pH

Es la medida de la concentración del ión hidrógeno (H^+) en el agua, o, más puntualmente, la actividad del ión hidrógeno, expresada como el logaritmo negativo de su concentración molar. En general se emplea para enunciar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total. Cuando el pH es menor a 7 (concentración alta de iones hidrógeno) se dice que la

solución es ácida, y cuando es mayor a 7 (concentración baja de iones hidrógeno), básica o alcalina (Romero, 1999).

Un aspecto importante de este parámetro es la sensibilidad que tienen los organismos vivos a la concentración del ión hidrógeno. Aguas residuales muy alcalinas son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo, sin embargo, generalmente es de 6.5 a 8.5. Para descarga de efluentes de tratamiento, generalmente se estipula de 6.0 a 9.0 (Romero, 1999).

➤ **Oxígeno disuelto**

Todos los organismos vivos dependen del oxígeno, en una u otra forma, para mantener el proceso metabólico que produce la energía necesaria para su crecimiento y reproducción. El oxígeno libre es de principal interés en los procesos aeróbicos. La solubilidad varía directamente con la presión atmosférica y es inversamente proporcional a la temperatura, la solubilidad del oxígeno a la presión atmosférica en aguas naturales, varía desde 14 mg/L a 0°C hasta cerca de 7 mg/L a 35°C. Esta es una consideración muy significativa porque las plantas de oxidación biológicas se extienden con la temperatura y por consiguiente la demanda bioquímica de oxígeno también se va a extender. Por consiguiente, la mayoría de las condiciones críticas relacionadas con la deficiencia de OD ocurren durante los meses de verano,

cuando las temperaturas son altas y la solubilidad del oxígeno es mínima. (Londoño, 2010).

El oxígeno disuelto (OD) es un gas de baja solubilidad y requerido para la vida acuática aerobia. La determinación del OD es el apoyo del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. El suministro de oxígeno y las concentraciones de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de la mayor importancia en el diseño, operación y evaluación del tratamiento (Romero, 1999).

➤ Sulfatos

El ión sulfato es uno de los aniones que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas naturales. La unión de sulfatos es de importante consideración debido que a menudo se presentan problemas con el tratamiento de aguas residuales, como el olor y corrosión de las alcantarillas, resultados de la reducción de los sulfatos a sulfuros de hidrógeno, bajo condiciones anaeróbicas. (Londoño, 2010).

En ausencia de oxígeno disuelto y nitratos, los sulfatos sirven como fuente de oxígeno para las oxidaciones bioquímicas producidas por bacteria anaeróbicas. Bajo condiciones anaeróbicas el ión sulfato es reducido a ión sulfuro, el cual establece un equilibrio con el hidrógeno y el ácido sulfhídrico. A valores de pH por encima de 8 la mayoría de los sulfuros existen en solución como HS^- y S^{2-} y la cantidad de H_2S libre es tan pequeña que la presión parcial es insignificante y los problemas por el olor no ocurren. A pH por debajo de 8 el equilibrio se desplaza rápidamente hacia la formación de H_2S no ionizado y se completa cerca del 80% a un pH de 7. Bajo tales

condiciones la presión parcial del H₂S es lo suficientemente grande para causar problemas de olor, siempre que la reducción del ión sulfato produzca una cantidad apreciable de sulfuras. (Londoño, 2010)

2.2.3.3 Nitrógeno amoniacal

En aguas residuales el nitrógeno puede hallarse en cuatro estados de oxidación: nitratos, nitritos, amonio y nitrógeno orgánico. Todas estas formas de nitrógeno, además del nitrógeno gaseoso, son biológicamente interconvertibles y forman parte de su ciclo. La química del nitrógeno es confusa debido a los varios estados de oxidación que puede asumir el nitrógeno y el factor que cambia el estado de oxidación. Las heces fecales de los animales contienen apreciables cantidades de proteínas no asimilables, la cual es convertida a amonio por la acción de las bacterias saprofitas bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas. El amonio liberado por la acción de las bacterias sobre la urea y la proteína puede ser usado por las plantas directamente para producir proteínas, si este es liberado en exceso de los requerimientos de las plantas el exceso es oxidado por las bacterias nitrificantes. El grupo nitrosomonas conocido como los formadores de nitritos, convierten el amonio bajo condiciones anaeróbicas a nitritos. (Londoño, 2010).

2.2.4 Características microbiológicas.

2.2.4.1 Coliformes fecales.

Debido a la dificultad en determinar los diferentes patógenos de origen fecal y a la necesidad de hacer una evaluación rápida y fiable de la presencia de éstos, se suele trabajar con microorganismos indicadores de contaminación

fecal. Éstos indicadores microbiológicos son más rápidos, económicos y fáciles de identificar. A través de ellos se puede deducir que los patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a otros factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes, tiempo de retención hidráulica o sistemas de desinfección es similar (Díaz, 2003).

Uno de estos microorganismos indicadores son las bacterias del grupo coliformes. Estos microorganismos se encuentran en los excrementos humanos en proporciones muy grandes. Su aparición en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos (Romero, 1999).

2.2.5 Límites máximos permisibles de agua residuales.

Los Límite Máximo Permissible (LMP) es un instrumento de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Se establece los límites según el (MINAM, 2010).

Tabla N° 3**Límites máximos permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

Límites máximos permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales		
Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Agua
Aceite y Grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100m/l	10,000
Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
Ph	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	ml/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (MINAM, 2010)

2.2.6 Tratamiento del agua residual doméstica.

2.2.6.1 Generalidades del tratamiento.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el re-uso (MINAM, 2009) . La complejidad del sistema está en función del grado necesario de depuración, éste último dependiente del método de disposición final del efluente, así como de la “fuerza” del agua residual afluente.

La selección de las diferentes tecnologías disponibles a emplear en el tratamiento de las aguas residuales depende de varios factores. Generalmente, cuando las poblaciones son muy grandes y no hay disponibilidad de terreno, como es el caso de las mega-ciudades, las tecnologías más sofisticadas se visualizan como una buena opción a pesar de sus costes de ejecución, así como de su consumo energético eléctrico. Por otra parte, las tecnologías cuyos procesos son netamente naturales y sólo requieren de energía solar, si bien sus costes en aspectos como construcción, operación y mantenimiento son reducidos, requieren de grandes extensiones de terreno. En muchos de los países en vías de desarrollo estas últimas tecnologías se presentan como la mejor opción en la mayoría de los casos, debido a que la disponibilidad de terreno en estos lugares es mayor. Además, en estas zonas las condiciones climáticas que estos sistemas requieren son generalmente muy favorables (Mara, 2003).

2.2.6.2 Niveles del tratamiento.

El tratamiento preliminar o pretratamiento tiene como finalidad proteger las instalaciones y el funcionamiento de los procesos del tratamiento. Esta etapa se encarga de preparar y organizar el agua residual a través de la retención de sólidos gruesos, plásticos, grasas y de la sedimentación de elementos de alta densidad como gravas y arenas.

Debido al gran número de operaciones y procesos involucrados en el tratamiento de las aguas residuales se suele hablar del tratamiento

según el grado de depuración. Estos niveles son: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. En este último nivel del tratamiento, algunas veces se incluye el proceso de desinfección y otras veces no. En este apartado, la desinfección se desarrolla como un nivel más. Por otra parte, si bien la disposición de lodos no pertenece en sí al tratamiento de las aguas residuales sino más bien a una operación de mantenimiento, en este apartado se desarrolla como complemento a los niveles del tratamiento.

➤ **Tratamiento preliminar o pretratamiento.**

El pretratamiento no se considera como un nivel del tratamiento propiamente dicho porque las operaciones que se realizan reducen escasamente la DBO soluble, retirando básicamente el material fácilmente removible. Entre las unidades más empleadas están los canales con rejas gruesas y finas, también conocidas como cribas, y los desarenadores. En casos especiales se emplean tamices. Toda PTAR debe tener como mínimo una cámara de rejas y un desarenado para el buen trabajo del sistema (MINAM, 2009).

➤ **Tratamiento primario.**

El objetivo del tratamiento primario es la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Este nivel de tratamiento reduce una parte importante de los

contaminantes y puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos (Rojas, 2002).

Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario. En cuanto a las PTAR de desagüe, la principal unidad empleada, es el tanque de sedimentación primaria (también conocido como decantador o clarificador). La configuración de esta unidad ha sido adaptada según diferentes necesidades, en tamaño y forma. En la actualidad, existen sedimentadores de tipo circular, alternativos a los tradicionalmente empleados, que eran de forma rectangular. Asimismo, también se emplean tanques Imhoff y tanques de flotación (MINAM, 2009).

➤ **Tratamiento secundario.**

El objetivo del tratamiento es la introducción de procesos biológicos donde las reacciones bioquímicas que generan los microorganismos permiten reducir considerablemente la materia orgánica. Estos procesos eliminan gran parte de coloides y sustancias disueltas no sedimentables. El tratamiento secundario puede llegar a remover un 90% de la DBO y un 90% de sólidos suspendidos. (Masters, 2008). Todos los procesos biológicos involucrados en el tratamiento de aguas residuales son procesos derivados de los que ocurren en la naturaleza misma. Mediante el control del medio ambiente se pretende acelerar y optimizar el proceso natural de los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica (Romero, 1999). Estos microorganismos, en especial las bacterias, se alimentan

de ella, desintegrándola en sustancias orgánicas e inorgánicas más simples.

➤ **Tratamiento terciario o avanzado.**

“El tratamiento terciario se implementa para eliminar contaminantes no removidos por el tratamiento primario o secundario. Ambos niveles no son suficientes para extraer nutrientes, inorgánicos disueltos (sales, metales), o sustancias orgánicas biológicamente resistentes (refractarias)” (Masters, 2008).

“Los procesos involucrados en este nivel del tratamiento son variados y especializados, pueden ser físicos, químicos o biológicos dependiendo de la naturaleza de los contaminantes que deben ser eliminados” (Masters, 2008).

Tabla N° 4
Tratamiento Terciario Según Contaminante A Eliminar

Tratamiento Terciario Según Contaminante A Eliminar	
Contaminante	Proceso
Sólidos en suspensión	Microbiano
	Clarificación química
	Filtración
Complejos orgánicos disueltos	Absorción
	Oxidación química
Compuestos inorgánicos	Destilación
	Electrodialisis
	Intercambio iónico
	Ósmosis inversa
	Precipitación química
Nutrientes	Nitrificación-desnitrificación
	Desgasificación del amoníaco
	Precipitación química
	Asimilación
Fuente. (Masters, 2008).	

➤ **Desinfección.**

“La desinfección consiste en la pérdida selectiva de los organismos causantes de enfermedades. Se emplea para reducir principalmente el contenido de bacterias, virus y quistes de protozoos presentes en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final” (Rojas, 2002). Cuando una PTAR no dispone de unidades de desinfección difícilmente puede lograr efluentes con menos de 1000 coliformes fecales/100 ml. Los tres principales métodos de desinfección en aguas residuales son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV) (MINAM, 2009).

2.2.7 Fito depuración

Según (Fernández, 2005) desde un punto de vista estricto, el concepto de fitodepuración puede aplicarse cuando existe la intervención de cualquier tipo de organismo fotosintético, ya sean plantas acuáticas superiores (macrófitas) o vegetales microscópicos; pero que, sin embargo, el concepto más completo del término fitodepuración lleva actualmente implícito la intervención de macrófitas. Los procedimientos de tratamiento de aguas por lagunas de estabilización, en los que hay intervención de microalgas, no serían objeto de la fitodepuración. La fitodepuración, por tanto, se refiere a la depuración de aguas contaminadas por medio de macrófitas.

Tradicionalmente, las macrófitas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida propagación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se cree que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra (López, 2004).

Las macrófitas se desarrollan por naturaleza en los denominados humedales. Estos ecosistemas son una transformación entre un sistema acuático y un sistema terrestre. La superficie de un humedal se encuentra frecuentemente inundada o saturada de agua por lo que la vegetación que se desarrolla está adaptada a vivir en esas condiciones de inundación o saturación. En la siguiente Ilustración se

observan diferentes tipos de macrófitas presentes en un humedal. Una de las características de las macrófitas que desarrollan sus raíces en el suelo de este ecosistema es su adaptación a vivir con una fuerte limitación de la disponibilidad del oxígeno en el suelo, es decir, en condiciones de anaerobiosis que normalmente no soportarían las plantas terrestres (Fernández, 2005).

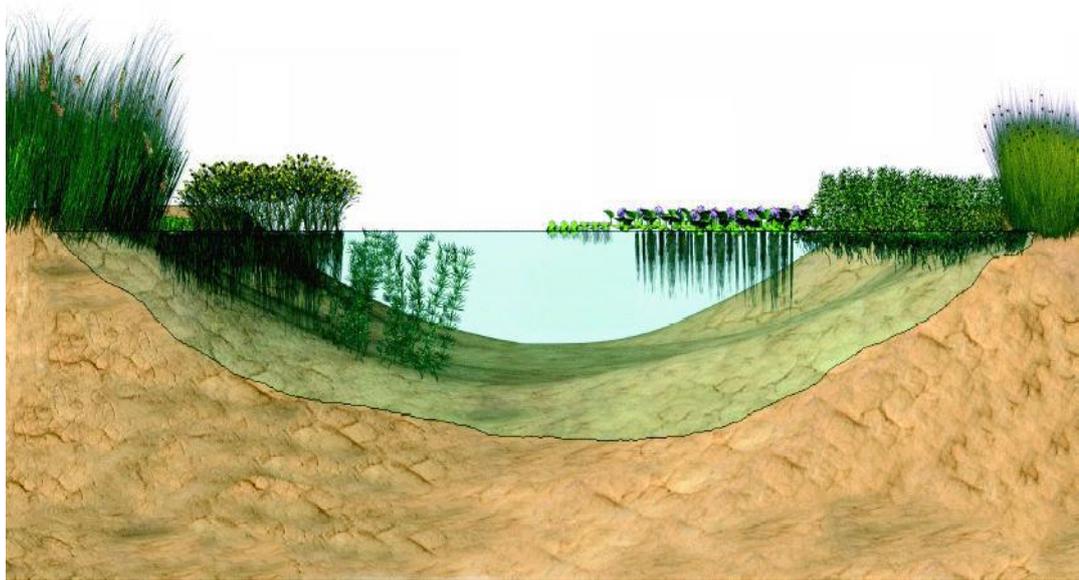


Ilustración 1 *Macrófitas de un humedal*, (Hernández, J, & Rangel J. O. , 2009)

A diferencia de los humedales naturales, los humedales artificiales, también conocidos como humedales construidos o en inglés “Constructed Wetlands”, son humedales diseñados por el hombre donde se realizan monocultivos o policultivos de la vegetación acuática con el objetivo principal de depurar las aguas residuales. Estos sistemas vienen a ser el apoyo de la fitodepuración, o, en otras palabras, son los denominados sistemas de fitodepuración. Según (López, 2004) , los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas acuáticas se implementaron en los países

Europeos a principios de 1960, utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, estos sistemas se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor.

2.2.7.1 Macrófitas.

De entre todos los diversos grupos de macrófitas, las de mayor grado en la fitodepuración son las plantas emergentes o halófitas. Entre ellas se encuentran los carrizos (*Phragmites* spp.), los esparganios (*Sparganium* spp.), las espadañas (*Typha* spp.), el lirio de agua (*Iris pseudacorus* L.), entre otras (Fernandez, 2006). También tienen importancia las plantas flotantes, específicamente las de flotación libre. Entre ellas destacan el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia* Spp.), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y algunas especies de lentejas de agua (*Lemna* Spp., *Spirodella* Spp.) (Martelo, 2012).

➤ Clasificación de las macrófitas.

2.2.7.2 Clasificación según su forma de vida.

Los diversos tipos de macrófitas se clasifican según sus formas de vida. Están las plantas emergentes (A), las plantas flotantes (entre ellas las de flotación libre (B1) y las flotantes arraigadas (B2) y las plantas sumergidas (C).

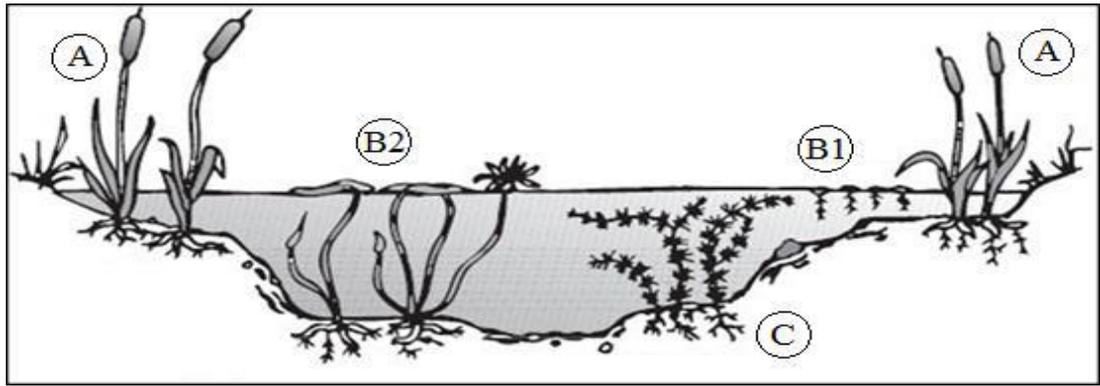


Ilustración 2 Tipos de macrófitas acuática, (PERMACULTURE, s.f.)

Plantas emergentes: La raíz de estas plantas está enterrada en los sedimentos y su parte superior se extiende hacia arriba de la superficie del agua. Sus estructuras reproductoras se encuentran en la porción aérea (López, 2004). Estas plantas son las denominadas halófitas o plantas anfibias.

Plantas flotantes: En las de libre flotación los tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Sin embargo, sus raíces no están fijadas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Sus estructuras vegetativas y reproductivas se mantienen emergentes. En contraste, las arraigadas tienen sus hojas flotando sobre la superficie del agua, pero sus raíces están fijadas en los sedimentos (López, 2004).

Plantas sumergidas: Estas plantas se desarrollan debajo de la superficie del agua o completamente sumergidas. Sus órganos reproductores pueden presentarse sumergidos, emerger o quedar por encima de la superficie del agua (López, 2004).

2.2.7.3 Macrófitas según sus funciones.

Por otro lado, independientemente del tipo de macrófitas, según los órganos de la planta que se encuentren sumergidos en el agua o

emergentes a ella, estos cumplen una función en la fitodepuración. En se presenta un resumen de estas funciones.

Tabla N° 5
Función de Las Macrófitas En El Tratamiento De Las Aguas Residuales

Función de Las Macrófitas En El Tratamiento De Las Aguas Residuales	
Parte de la planta	Función
Raíces o tallos sumergidos	<ul style="list-style-type: none"> - Sustrato para el crecimiento bacteriano - Medio para la filtración y adsorción de sólidos - Bioadsorción y acumulación de contaminantes
Tallos u hojas emergentes	<ul style="list-style-type: none"> -Mitigan la luz del sol y así pueden evitar el crecimiento de algas suspendidas - Reducen los efectos del viento sobre el agua - Reducen transferencia de gases y calor entre la atmósfera y el agua - Transfieren oxígeno desde las hojas a la raíz - Transfieren y acumulan contaminantes

Fuente: (López, 2004)

A continuación, se describen los principales mecanismos de remoción de los contaminantes de las aguas residuales que actúan en un humedal artificial (Fernandez, 2006)

Sólidos en suspensión: Se eliminan por sedimentación, decantación, filtración y degradación a través del conjunto que forma el sustrato del humedal con las raíces y rizomas de las plantas.

Materia orgánica: Se elimina por los microorganismos que viven pegados al sistema radicular de las plantas y que reciben el oxígeno a través del sistema de aireación que presentan las plantas. Una parte de la aireación del agua también se realiza por difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua. También se elimina una parte de la materia orgánica por sedimentación.

Nitrógeno: Se elimina por diversos procesos: absorción directa por las plantas y, en menor medida, por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias.

Fósforo: Se elimina por absorción por las plantas, adsorción sobre las partículas de arcilla y precipitación de fosfatos insolubles, principalmente con aluminio (Al) y hierro (Fe), en suelos ácidos y con calcio (Ca) en suelos básicos.

Microorganismos patógenos: Por filtración y adsorción en partículas de arcilla, acción predatoria de otros organismos (bacteriófagos y protozoos), toxicidad por antibióticos producidos por las raíces y por radiación UV comprendida en las radiaciones solares.

Metales traza: Tienen una alta afinidad por adsorción y formación de complejos con la materia orgánica y pueden ser almacenados en los humedales. También existen transformaciones microbianas y asimilación por las plantas.

➤ Tipos de proceso llevados a cabo en las plantas por zonas (Frers, 2008).

Fito extracción: se utiliza para reunir metales en las partes cosechables como las hojas y las raíces y sirve para metales como cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, zinc.

Rizo filtración: las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos. Se puede tratar cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, zinc, isotopos radioactivos y compuestos fenólicos.

Fito estabilización: las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a suelos subterráneos o al aire. Se puede tratar lagunas de desecho de yacimientos mineros.

Fito estimulación: se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos). Se pueden tratar algunos hidrocarburos derivados del petróleo y poli aromáticos, benceno, tolueno, antrazina, etc.

Fito volatilización: Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera por transpiración. Se tratan mercurio, selenio y solventes clorados.

Fitodegradación: Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos. Se tratan antrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosforados, fenoles y nitritos, etc.

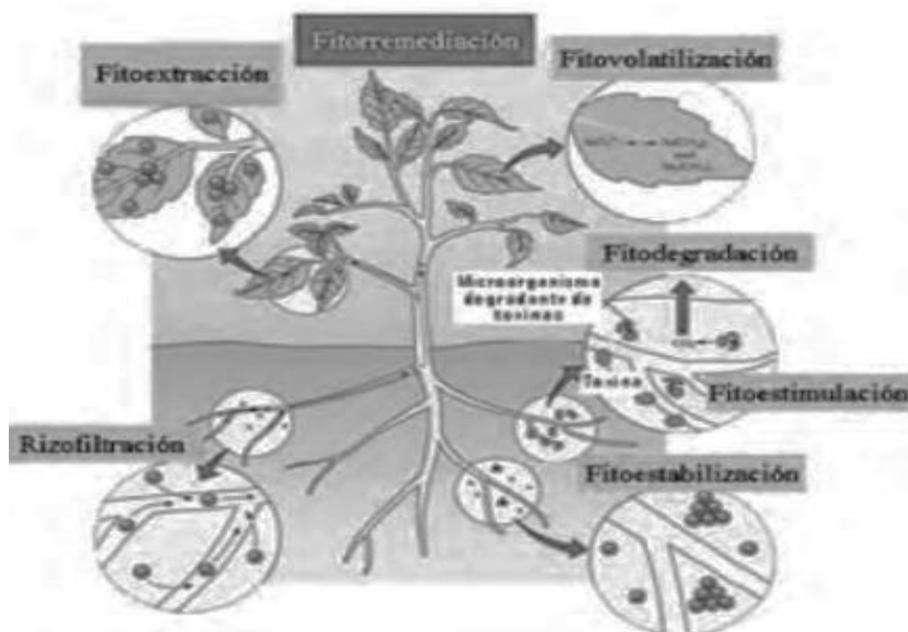


Ilustración 3 Zonas de la planta con su respectivo proceso, (Frers, 2008)

2.2.7.4 Remoción de contaminantes mediante sistemas naturales.

Los humedales proveen sumideros efectivos para nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos que

son en los que nos centraremos. Esta capacidad es el mecanismo que permite remover metales pesados de las aguas residuales sin una alta demanda de recursos tanto económicos como energéticos. Este fenómeno se da mediante algunos procesos de remoción que lleva a cabo la planta en sus diferentes zonas.

➤ **Procesos de remoción físicos.**

Los humedales son capaces de brindar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociados con material particulado. El agua superficial se mueve muy lentamente a través de ellos, debido al flujo laminar característico y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes. La sedimentación de los sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad de flujo y por el hecho de que el flujo es con frecuencia laminar en los humedales. Las esteras de plantas en los humedales pueden servir como trampas de sedimentos, pero su rol primario es la remoción de sólidos suspendidos para limitar la re-suspensión de material (Frers, 2008).

➤ **Procesos de remoción biológicos.**

El proceso de remoción biológica es quizá el más importante para la remoción de contaminantes. Estos que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas del humedal. Sin embargo, muchas especies de plantas de los humedales, son capaces de captar, e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo. La velocidad de remoción varía dependiendo de la capacidad de crecimiento de la planta y concentración del contaminante en el tejido de la planta.

En los humedales, el material de la planta muerta, conocido como detritus o basura, se acumula en la superficie del suelo. Algunos de los nutrientes, metales u otros elementos eliminados previamente del agua por captación de la planta son pérdidas del detritus de la planta por la lixiviación y descomposición, y reciclados nuevamente dentro del agua y del suelo. La lixiviación de contaminantes solubles en agua puede ocurrir rápidamente en la muerte de la planta o del tejido de planta, mientras que una pérdida más gradual de contaminantes ocurre durante la descomposición del detritus por las bacterias y otros organismos. (Frers, 2008).

➤ **Procesos de remoción químicos.**

El proceso químico en la remoción química de contaminantes es la absorción que da como resultado la detención a corto plazo o la paralización a largo plazo de varias clases de contaminantes. La absorción significa la transferencia de iones a partir de la fase de la solución contaminada (efluente) a la fase sólida que es el suelo del humedal. (Frers, 2008)

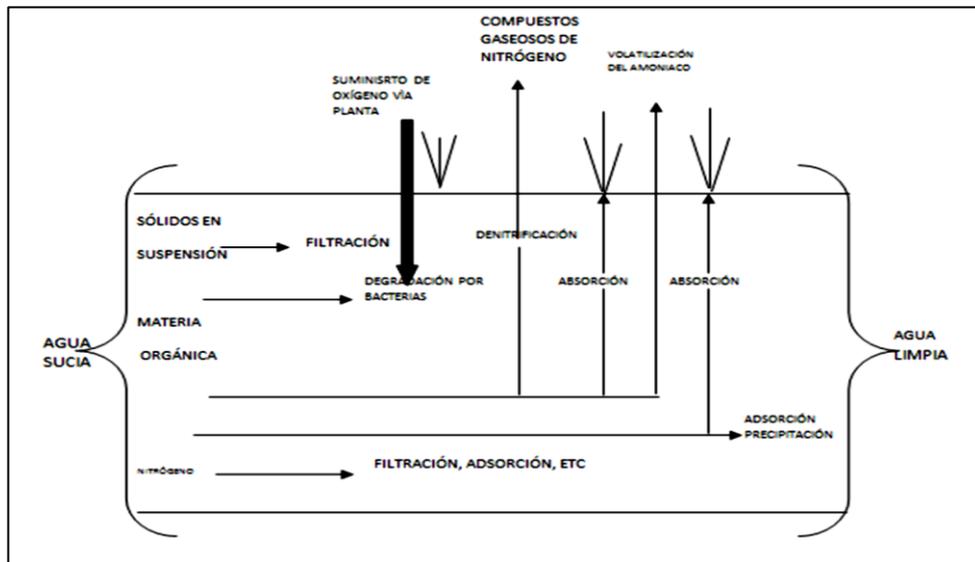
2.2.7.5 Humedales.

Los sistemas naturales de depuración son usados para ambos niveles de tratamiento, secundarios y terciarios. Los que presentan FS se configuran en canales cubiertos por una fina capa de suelo donde las plantas están sembradas; ocurriendo el tratamiento al fluir el agua lentamente, con una profundidad de 0.1 m a 0.6 m, a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Los que presentan SFS son similares a los de flujo superficial excepto que el estanque se llena con algún substrato (medio poroso) como piedra picada (grava, gravilla) a

una profundidad aproximada de 0.2 m a 1m que sirve de soporte a las plantas emergentes y a través del cual el agua residual fluye siendo no visible su flujo superficial (Metcalf & Eddy , 1985).

Esta tecnología natural requiere de limitados recursos en comparación con los beneficios que produce a los ecosistemas en los cuales se implementa.

En la siguiente ilustración se esquematizan los principales procesos que se llevan a cabo en un humedal y que permitan la



depuración del agua residual.

Ilustración 4 Procesos de depuración de los humedales artificiales, (García, 2003)

➤ **Tipos de humedales artificiales.**

Los humedales artificiales consisten en estanques o canales de poca profundidad (normalmente <1m). Su diseño es muy variado, pero siempre incluye canalizaciones, aislamiento del suelo para evitar el paso de la contaminación a los ecosistemas naturales circundantes y el control del flujo del efluente en cuanto a su dirección, flujo, tiempo de retención, y nivel del

agua. Las variables de diferenciación pueden hacer referencia al sistema de flujo del agua residual, sustrato o lecho utilizado, vegetación cultivada y sucesión de unidades de tratamiento (Fernández, 2005).

En base al desarrollo del sistema radicular de las macrófitas en el humedal, en este apartado se describen los sistemas más distinguidos en 2 grupos: los humedales con macrófitas cuyo sistema radicular se encuentra enraizado en un sustrato y los humedales con macrófitas cuyo sistema radicular se mantiene en flotación.

2.2.7.6 Humedales con macrófitas enraizadas.

Estos humedales son los sistemas clásicos de fitodepuración y en los que la literatura centra su atención por ser los más conocidos y estudiados. Estos sistemas emplean macrófitas emergentes las cuales son enraizadas en un sustrato que puede ser el mismo suelo del humedal (humedales de flujo superficial) o un relleno por el cual se hace circular el agua a modo de filtro (humedales de flujo subsuperficial). Estos últimos sistemas también referenciados con el nombre de biofiltros.

➤ Humedales de flujo superficial.

Los humedales de flujo superficial (en inglés, Surface Flow Wetlands o Free Water Surface wetlands, FWS) mantienen un flujo de agua de tipo horizontal superficial. El agua se hace circular por la superficie del canal o estanque que contiene una capa de agua no muy profunda, generalmente de unos 30 cm, aunque puede llegar a ser más de 1 m. Estos sistemas se configuran con una apariencia similar a los humedales naturales donde hay una combinación de espacios con

lámina de agua a la vista y otros con cobertura total por vegetación acuática (Fernández, 2005)

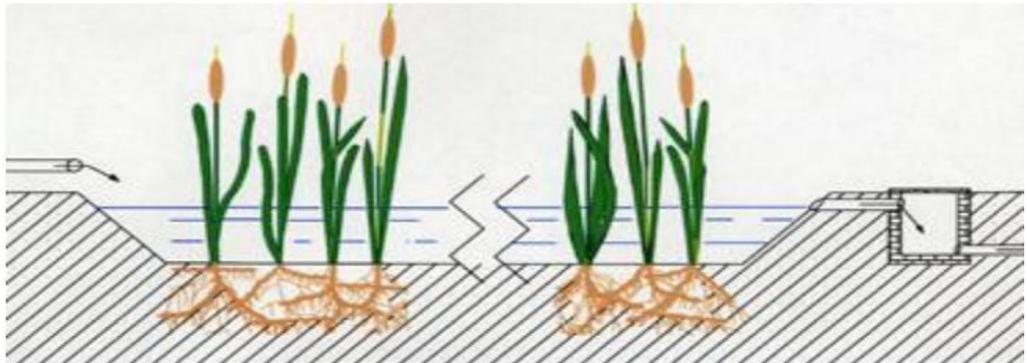


Ilustración 5 Humedal de flujo superficial, (Fernández, 2005)

En los humedales de flujo superficial las plantas están enraizadas en el suelo del sistema el cual consiste en un material impermeable. Este sustrato tiene una baja conductividad y no permite un flujo significativo a través de la zona radicular, por lo que la eliminación de contaminantes se produce a través de reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior del sustrato. Debido a esto, su potencial de remoción se ve fuertemente restringido (Fernández, 2005).

➤ Humedales de flujo sub superficial.

En los humedales de flujo subsuperficial (en inglés, Sub-surface Flow Wetlands o Vegetated Submerged Bed, VSB, o también Subsurface Flow, SsF) el flujo del influente es de tipo horizontal sub-superficial, es decir, que el agua se hace circular por debajo de la superficie del sistema. Lo que realmente caracteriza a este sistema es que no hay, como tal, una columna de agua continua, sino que el influente circula a través de un medio inerte, que consiste en un lecho de arena y/o grava de grosor variable, que sostiene la vegetación ver la siguiente ilustración (Fernández, 2005).

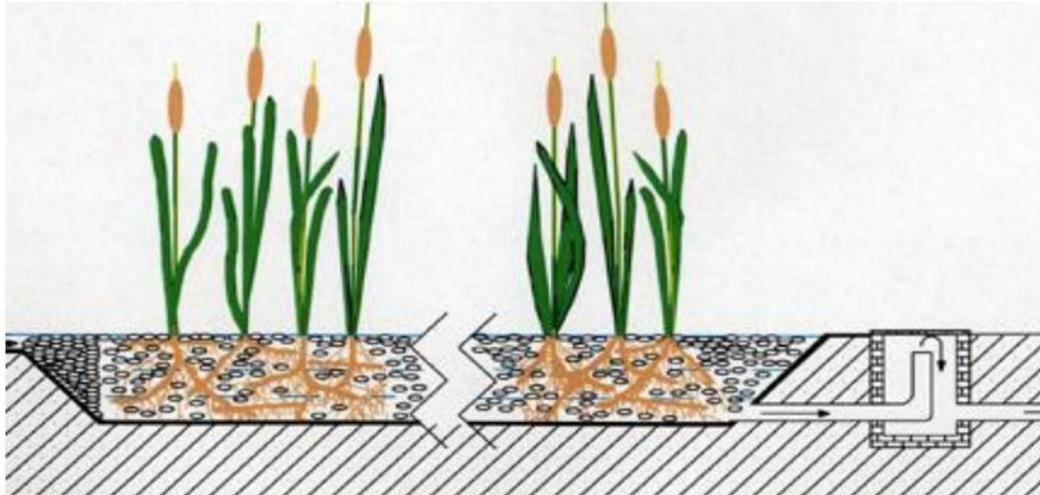


Ilustración 6 Humedal de flujo sub superficial, (Fernández, 2005)

El lecho del sistema se diseña de modo que acceda la circulación del agua residual a través del sistema radicular de las plantas acuáticas. El agua se puede mover tanto de forma horizontal como verticalmente a través de la zona radicular de las macrófitas. En definitiva, en estos humedales no existe lámina de agua a la vista del observador, y el conjunto sólo recuerda vagamente a los humedales naturales (Fernández, 2005).

➤ **Humedales con macrófitas en flotación.**

En este tipo de humedales el sistema radicular de las macrófitas se encuentra flotando en la masa de agua, a su vez, estos sistemas operan como humedales de flujo superficial. Pueden ser sistemas que emplean especies propiamente flotantes, específicamente las de flotación libre, o aquellos que emplean macrófitas emergentes que a través de diversos mecanismos se conservan artificialmente en flotación. Según (Fernández, 2005), algunos autores se reservan de asignar a estos sistemas el término de humedal, denominándolos simplemente con el nombre de

sistemas acuáticos de tratamiento de aguas residuales (en inglés, Aquatic Plant Systems).

A diferencia de los humedales que emplean macrófitas enraizadas, estos sistemas muestran mayores ventajas como mayor economía en la implantación debido a que no necesitan de relleno de grava o arena, mayor capacidad de depuración al estar todo el sistema radicular bañado por el agua (necesita menos superficie de plantación), no hay colmatación del lecho y por tanto no existen caminos preferenciales en el movimiento del agua residual, y finalmente hay facilidad de cosechar la totalidad de la biomasa formada (incluidas las raíces y rizomas) para eliminar los elementos minerales fijados por las plantas o aprovechar la biomasa para nutrición animal, fabricación de compost o usos industriales (Fernández, 2005)

➤ **Humedales con macrófitas propiamente flotantes.**

Estos sistemas de fitodepuración utilizan macrófitas de flotación libre y la profundidad con la que se diseñan es variable (0.4 a 1.5 m). Entre las especies más utilizadas se encuentran el jacinto de agua y la lenteja de agua. Cabe indicar, que estos sistemas son semejantes a las lagunas de estabilización, pero con la gran diferencia de la presencia de macrófitas en lugar de microalgas, además de las profundidades superficiales que presentan ver la siguiente Ilustración (Martelo, 2012)

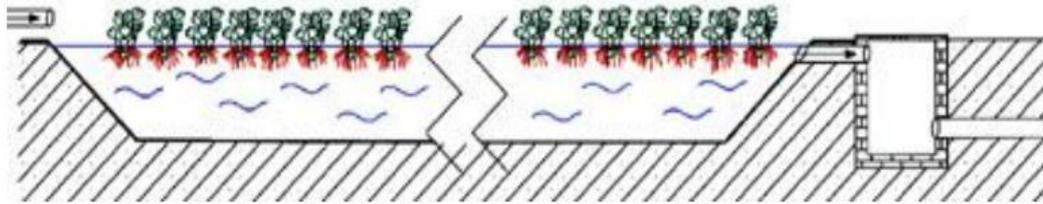


Ilustración 7 Humedal con macrófitas flotantes, (Fernández, 2005)

Como inconveniente primordial de estos sistemas está la capacidad limitada que tienen de acumular biomasa, ya que los cuerpos de las plantas no llegan a obtener una altura significativa, permaneciendo normalmente próximos a la superficie del agua. Debido a esto, la cantidad de biomasa que llegan a almacenar las plantas por unidad de superficie es relativamente pequeña, siendo necesario efectuar retiradas periódicas de la biomasa para que las plantas puedan seguir creciendo, lo que encarece el proceso en lo que al empleo de mano de obra se refiere (Fernández, 2005)

➤ Humedales con macrófitas emergentes en flotación.

Dentro de las tecnologías de fitodepuración que utilizan plantas emergentes en flotación, el sistema más extendido es el denominado Filtro de macrófitas en Flotación (FM F) cuya implementación se dio por primera vez en España y posteriormente se ha extendido en África, Estados Unidos y varios países de Europa. En estos filtros las macrófitas emergentes están soportadas en una estructura flotante que permite el entrelazado de sus raíces y órganos sumergidos, de manera que se forma un tapiz filtrante que perdura bañado por el agua residual (Martelo, 2012).

Además de la ventaja de tener siempre el sistema radicular bañado por el agua residual sin posibilidad de colmatación, propio de los sistemas que utilizan

plantas flotantes, la ventaja de utilizar plantas macrófitas de gran porte hace que se produzca una gran cantidad de biomasa, de manera que posibilita el funcionamiento del sistema sin necesidad de retirar la biomasa durante períodos de tiempo mucho más largos como en el caso de las plantas flotantes (Fernández, 2005).

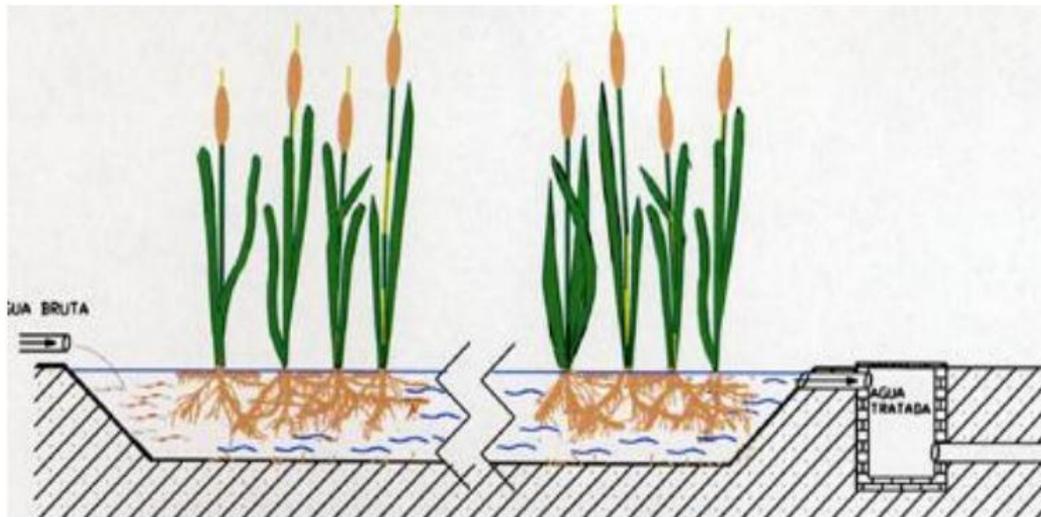


Ilustración 8 Filtro de macrófitas en flotación, (Fernández, 2005).

- Tipos o regímenes de flujo imperante en los humedales.
- Flujo sub superficial (SFS).

La circulación del agua a través del suelo o material de soporte parece ser siempre más efectiva que la circulación de superficie para muchos de los mecanismos de degradación de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Hay que tener en cuenta que los microorganismos que degradan la materia orgánica se encuentran principalmente en la zona alrededor de las raíces de las plantas (Martin, 1989) (Breen, 1990). Durante el paso del agua residual se prevé un contacto con las zonas aeróbicas, anóxicas y anaeróbicas. La zona aerobia se encuentra alrededor de las raíces y rizomas de las plantas. La planta hidrófila

(verde) más usada es la *Phragmites australis*; estas plantas trasladan el oxígeno en forma descendente desde las hojas y la estructura hasta los rizomas y las raíces (Brix, H., 1994) . Ha sido indicado que en el área alrededor de los rizomas las poblaciones bacterianas son mayores.

En la figura a continuación véase la siguiente ilustración se muestra un esquema típico de un sistema de flujo sub superficial horizontal.

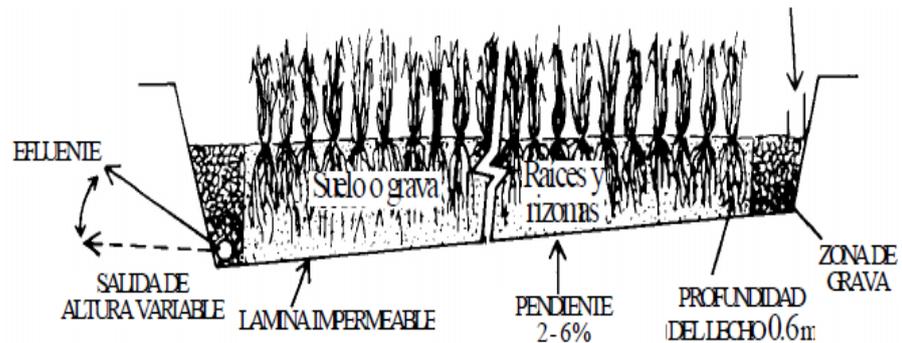


Ilustración 9: Sistema de Flujo Sub superficial Horizontal, (García, 2003)

➤ **Flujo superficial (F.S.).**

En el flujo superficial el agua fluye sobre la superficie del terreno, un ejemplo de esto son las lagunas o zanjas vegetadas, lagunas en balsa y pantanos artificiales, existiendo siempre una superficie de agua libre. El crecimiento de la vegetación es físicamente importante ya que ayuda a la mejor distribución del flujo, amortigua la velocidad del afluente, sirve como filtro para los sólidos suspendidos y como estructura de soporte para el crecimiento microbiano que se desarrolla alrededor de las raíces (García, 2003). A continuación, se expondrán algunos de los parámetros más importantes a tener en cuenta en el estudio y el diseño de los sistemas de tratamiento.

En la figura a continuación se muestra un esquema típico de un sistema de flujo superficial horizontal.

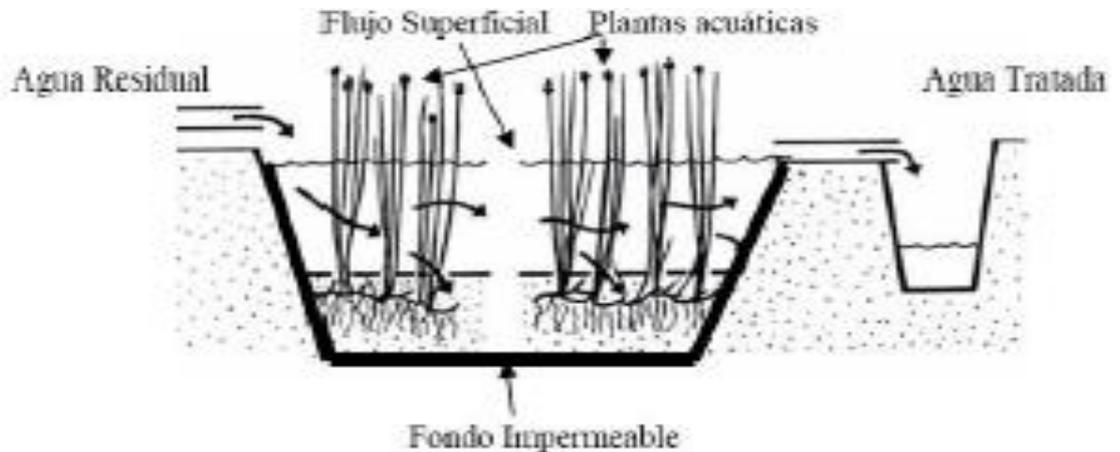


Ilustración 10: Sistema de Flujo Superficial Horizontal, (García, 2003)

2.2.8 Criterios de diseño y parámetros de diseño de humedales

Los siguientes criterios son un compendio de lo planteado en las normas europeas y norteamericanas en cuanto a los parámetros a utilizar en los SFS y FS.

2.2.8.1 Tiempo de retención.

El tiempo de retención depende del tipo de flujo. En el caso en que el agua se mueve a través de un medio soporte como en los Humedales de flujo subsuperficial, el tiempo de retención es función del gasto y de la permeabilidad del medio, sobre todo en los sistemas muy pequeños. (USEPA, 1998) . Otros factores a tener en cuenta son: la configuración del humedal, los dispositivos de entrada y salida (una deficiente concepción de éstos, puede provocar corto circuitos y zonas muertas), y el área superficial.

2.2.8.2 Profundidad.

(Cooper, The Use of Phragmites for Wastewater Treatment by the Root Zone Method: The UK Approach. In Aquatic plants for Water Treatment and Resource Recovery, 1987) y (Tchobanoglous, 1987), “plantean que se debe usar una profundidad de diseño entre 0.6 y 0.9 m”. Por su parte la Agencia Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 1998), “plantea que la misma profundidad debe hacerse coincidir con la penetración de los rizomas en el medio, y puede oscilar entre 0.3 y 0.75 m”. Por su parte, la European Water Pollution Control Association (E.C./E.W.P.C.A., 1990), “recomienda que la profundidad de estos sistemas no sea mayor de 0.6 m debido a que es la máxima longitud vertical que pueden alcanzar los rizomas de las plantas emergentes”.

2.2.8.3 Relación largo- ancho.

La relación larga/ancho debe estar entre 3:1 y 10:1 en dependencia de las cargas a tratar, de los contaminantes que se desean remover y del tipo de flujo. La superficie del lecho debe ser llana y el fondo se recomienda que tenga una pendiente no mayor del 3% que permita que el residual fluya a través del substrato venciendo las fuerzas de fricción del medio (Steiner, 1993) .

2.2.9 Junco de Agua (*Eleocharis Palustris*).

Eleocharis palustris es el nombre botánico de esta especie perteneciente a la familia **Cyperaceae** y es conocida de forma común como: *bayunquillo*, *junco borde*, *junquillo* y *junco palustre*. Sus sinonimias son las siguientes: **Bulbostylis palustris**, **Chlorocharis palustris**, **Clavula**

palustris, Cyperus palustris, Eleocharis palustris, Megadenus palustris, Schoenus palustris, Scirpus palustris y Trichophyllum palustre (Perez, 2013)

2.1.1.2. Características generales:

Los tallos pueden ser de sección circular o triangular. Las hojas pueden ser basales o caulinares (a lo largo del tallo), y están envainadas. En algunas especies las hojas están muy reducidas, e incluso llegan a carecer de limbo. Las flores son hermafroditas y están muy reducidas; se componen de 0-6 pequeñas piezas escamosas estériles (corresponderían a las piezas del cáliz y la corola), 1-3 estambres, y gineceo con 2-3 estigmas. Se organizan en ‘espiguillas’ muy pequeñas (. <4 mm diámetro) dispuestas en espiral, en donde cada flor lleva una única escama (gluma).

A su vez, las espiguillas se agrupan en complejas inflorescencias terminales o axilares sobre 1-3 hojas situadas en el extremo del tallo, en donde cada inflorescencia puede llevar de 50-500 espiguillas. El fruto es un aquenio, generalmente trígono, que contiene una única semilla. (Fernández Gonzáles, Beascochea, Curt Fernandez de la Mora, & Muñoz, 2005)



Ilustración 11: Junco de Agua (*Eleocharis Palustris*).
Fuente: (Fischer, 2007)

Distribución geográfica: *Eleocharis Palustris*, se puede localizar esparcida por América del Norte en Alaska, Canadá, EE. UU, y México. También se encuentra en América del Sur, Asia, África y Europa (*Eleocharis Palustris*, s.f)

Características del hábitat: Según (Fernández Gonzáles, Beascochea, Curt Fernandez de la Mora, & Muñoz, 2005) “Corresponde esencialmente a zonas húmedas, o encharcadas, siendo muy frecuente en turberas y suelos pantanosos”.

Requerimientos ecológicos: Son plantas de climas templados, que prosperan en posiciones soleadas. La temperatura media óptima para su desarrollo está dentro del intervalo 16-27°C.

2.1.2. Lenteja de agua (*Lemna minor*)

2.2.9.1 Características generales:

La lenteja de agua (*Lemna minor*), también conocida como lentejuela de río o hierba de agua, es una planta de agua dulce del género *Lemna* resistente y de rápida dispersión. La lenteja de agua es una planta flotante con una, dos o tres hojas que tienen cada una una raíz que cuelga en el agua. La raíz puede medir de 1 a 2 centímetros de largo. Las hojas son ovales, de 1 a 8 milímetros de largo y 0,6 a 5 milímetros de ancho, de color verde claro, con tres venas y cinco pequeños espacios de aire para ayudar a la flotación. Esta especie tolera niveles de pH por debajo de 4 y temperatura de van desde 15° C a 32°C (Flor de planta , 2017).

Lemna minor es una planta angiosperma (planta con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnáceas. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencia el tallo de las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco.



(Arroyave, 2004).

Ilustración 12: *Lemna minor* (Lenteja de Agua), (Mulca, 2013)

Distribución geográfica: Según (Arroyave, 2004) “Es una planta con distribución universal. Se ha encontrado en varias regiones de los hemisferios norte y sur, incluyendo América, Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda”.

Según (Roldan Pérez & Ramirez Restrepo, 2008) , “*Lemna minor* L. es una planta acuática flotante de rápido crecimiento y amplia distribución tropical y subtropical. Se desarrolla principalmente en pequeños lagos, asociados a otros tipos de vegetación acuática”.

Características del hábitat: *Lemna minor* es particularmente común en lagos, estanques, canales, arrozales y sistemas de zanjas, pero ocurrirá en la mayoría de los tipos de cuerpos de agua de flujo lento o inmóvil en la mayoría de las condiciones, excepto en aguas muy oligotróficas o ácidas. Incluso es capaz de crecer en un chorrito de agua sobre superficies verticales, como las compuertas del canal o las filtraciones en los acantilados. (Encyclopedia of Life, 2013)

Temperatura: Según (Orozco Montúa, 2012). “Se adaptan a todos los climas menos a los fríos. La T° influye en la toma de nutrientes, transporte y asimilación de los mismos por parte de la planta, tasa de fotosíntesis y respiración”

Iluminación: Según (Mulca, 2013) “Alta- muy alta, pero se adapta a condiciones de iluminación bajas mucho mejor que otras plantas flotantes”.

Formas de propagación: Se reproducen vegetativamente con rapidez porque las hojas simples forman yemas que desarrollan raíces y se separan. Se multiplica rápidamente en la superficie. Deseada por algunos y odiada por otros, ya que se extiende con tal rapidez y constancia que llega a ser considerada como una plaga difícil de erradicar. (Mulca, 2013)

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Aguas Residuales. - Aguas utilizadas en las viviendas, industria y agricultura que se canalizan en el alcantarillado junto con el agua de lluvia y la que discurre por las calles.

Afluentes. - Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

Contaminación.-Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana

Efluentes. - Corriente que drena un área dada, por ejemplo, en una ciudad se produce efluentes domésticos, industriales y comerciales.

Humedal Artificial. - Son construidos por el hombre para el tratamiento de aguas residuales. Consisten en estanques o canales de poca profundidad (aproximadamente <1m) en los que se implantan especies vegetales adaptadas a la vida acuática.

Plantas anfibias (emergentes). - son aquellas plantas que tiene parte de su estructura vegetativa dentro del agua y otra parte fuera de esta.

Plantas flotantes. -Son plantas en las que sus órganos asimiladores están flotando en la superficie de agua.

Plantas sumergidas. -Son aquellas que se desarrollan en la columna de agua, manteniendo todos sus órganos vegetativos por debajo de la lámina de agua.

Tratamiento de Aguas Residuales.- Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis general.

Hi: El sistema de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional Ucayali, influye positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Ho: El sistema de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional Ucayali, influye negativamente en calidad de las aguas residuales.

2.4.2 Hipótesis específica.

Hi La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.

Ho La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.

Hi La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.

Ho La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.

2.5 VARIABLES

2.5.1 Variable independiente.

Para el presente estudio las variables independientes corresponden a:

Influencia de las Plantas Macrófitas

2.5.2 Variable dependiente.

Para el presente estudio las variables dependientes corresponden a:

parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

(DIMENSIONES E INDICADORES)

Título de La Tesis: “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante sistemas de depuración con macrofitas (*Lemna minor* Y *Eleocharis palustris*) en la Universidad Nacional de Ucayali Octubre 2018-Setiembre 2019”

Tesista: Bach. Torres Torres Alessandra Gisvel.

<u>VARIABLES</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Unidad</u>	<u>Análisis estadístico</u>
VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros de Calidad	Físico-Químico	<ul style="list-style-type: none"> - DBO5 - DQO - STD - CE - T° - pH - Turbiedad - Amonio 	<ul style="list-style-type: none"> - mg/l - mg/l - mg/l - uS/cm - °C - Unidad de pH - NTU mg/l 	Los resultados fueron sometidos a las pruebas estadísticas de Tukey – ANOVA y el modelo Estadístico es la siguiente: $Y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$
	Microbiológico	<ul style="list-style-type: none"> - COLIFORMES TERMOTOLERANTES 	<ul style="list-style-type: none"> - NMP/100 ml 	
VARIABLE INDEPENDIENTE: Eficiencia de las Plantas Macrófitas	Macrófitas	ESPECIE: <ul style="list-style-type: none"> - Lenteja de agua - Junco de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad / Especies 	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3 MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Enfoque.

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, el método empleado es el hipotético deductivo. Es secuencial y probatorio. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño), se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de las hipótesis. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.4).

3.1.2 Alcance o nivel.

El alcance o nivel del presente estudio fue de tipo descriptivo, ya que describe los fenómenos como son y cómo se manifiestan y correlacional, ya que explican y cuantifican la relación entre las variables.

3.1.3 Diseño.

Esta investigación tuvo un diseño experimental, ya que se estudió 2 especies de macrófitas y estas constaron cada una con 3 repeticiones del tratamiento incluyendo al testigo, haciendo un total de 9 unidades experimentales. Donde se manipularon la variable dependiente (especies macrófitas), se midió la variable independiente (parámetros de calidad), y se realizó comparaciones entre los tratamientos las cuales son: lenteja de agua, junco de agua y testigo (sin macrófitas)

Los resultados fueron sometidos a las pruebas estadísticas de Tukey – ANOVA y el modelo Estadístico adoptado para la investigación es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = es la observación de la j-ésima u.e. del i-ésimo tratamiento,

μ_i = es la media del i-ésimo tratamiento,

ϵ_{ij} = es el error experimental de la unidad ij.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).

3.2.2 Muestra:

La muestra fue considerada por conveniencia, siendo no probabilística. Fue tomada del agua residual doméstica proveniente del sistema residual de la Universidad Nacional de Ucayali. Las cuales servirán para las réplicas de cada tratamiento con las macrófitas.

La caracterización del efluente ha sido tomada en cuenta según los parámetros establecidos en el DS.001-2015 Vivienda.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Técnicas de recolección de datos

Para este estudio se utilizó como instrumento de recolección de información: la observación directa, pruebas estadísticas y fotografías. En este caso se analizó las características de las aguas residuales antes y después del tratamiento en el sistema. Se fotografió cada actividad, para posteriormente realizar el procesamiento de los datos y así poder comparar los resultados con normativas y la influencia que tiene el uso de las macrófitas en el tratamiento de aguas residuales.

Todo ello se llevará a cabo con los siguientes instrumentos:

- Observación directa
- Pruebas estadísticas
- Fotografías
- Ficha de campo

3.3.1.1 Construcción de estanques artificiales para las macrófitas.

El sistema está compuesto por 3 estanques de concreto armado, cada estanque mide externamente 3.60 metros de largo, 1.2 metros de alto y 1.3 metros de ancho, cada estanque está dividido en 3 con dimensiones internas de 1 m de alto, 1m de ancho y 1m de largo. Las tuberías de ingreso del agua residual está a 0.9m de altura de la base, en la conexión entre espacios internos va de 0.85m y 0.8m se ubican las conexiones internas, para a salida esta se encuentra a 0.7m de la base generándose una pendiente de aproximadamente 2 a 5 grados, para que el agua residual tenga un desnivel y fluya cuando hay carga. Las tuberías de conexión son de 2 pulgadas y estas se reducen a ½ pulgada para ingresar el lecho de grava y así generar presión.

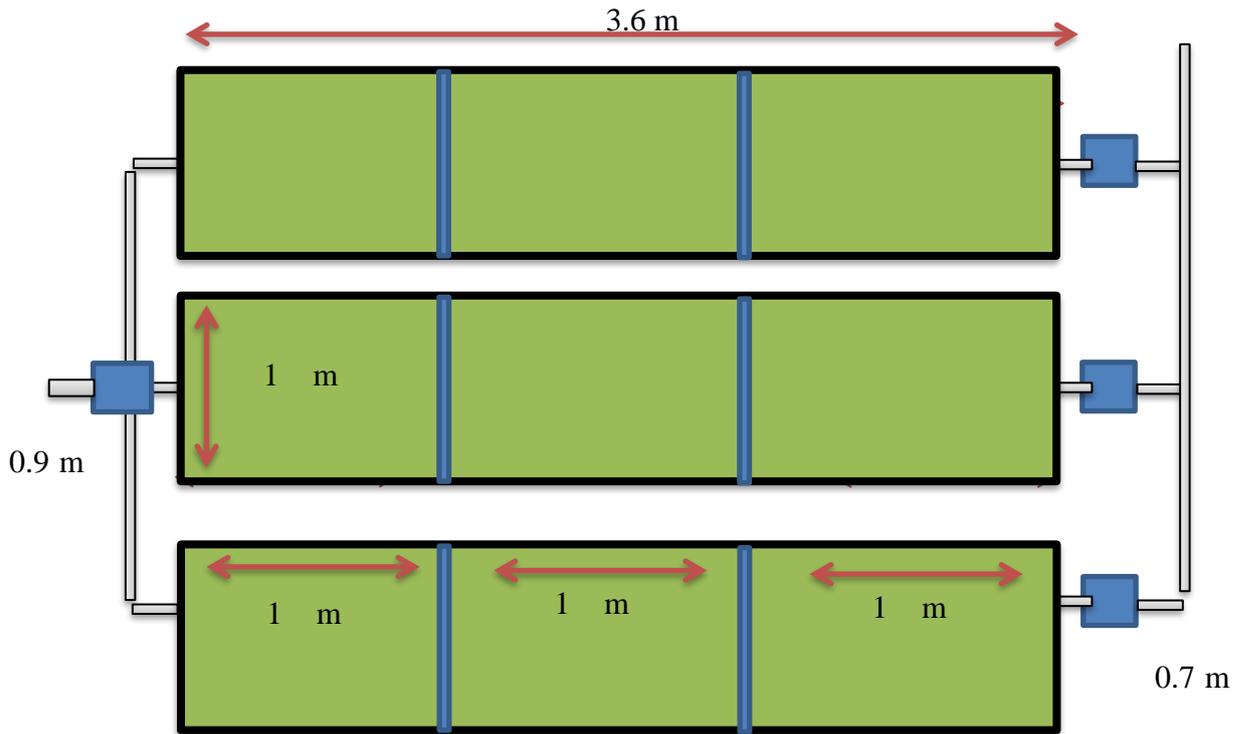


Ilustración 13: Estanques artificiales vista horizontal para pruebas del sistema con macrofitas.

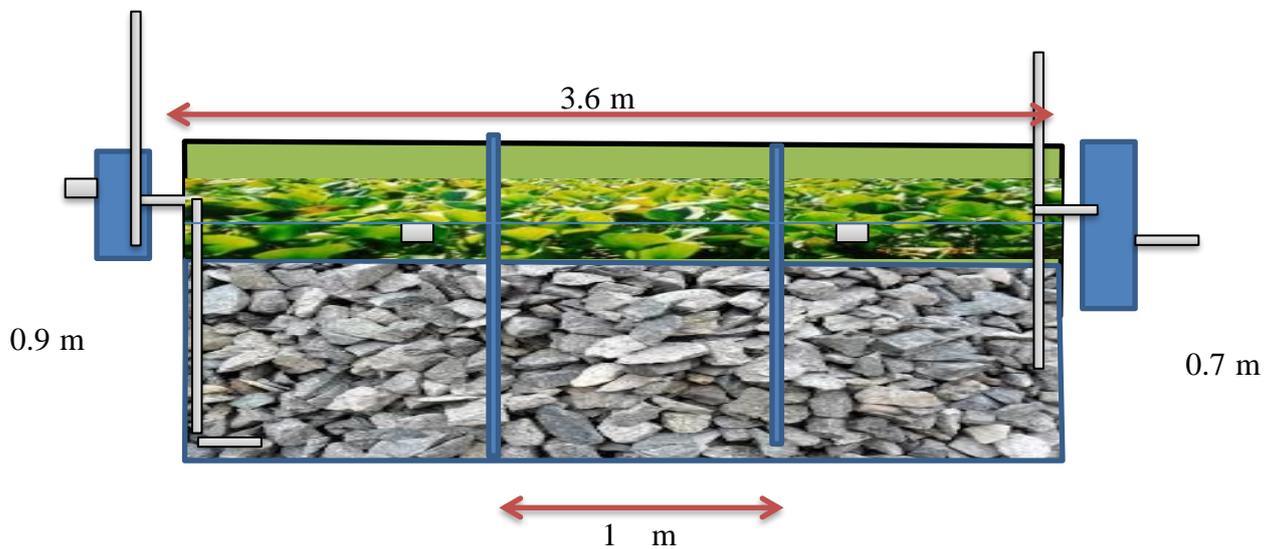


Ilustración 14: Estanques artificiales vista vertical para pruebas del sistema con macrofitas.

3.3.1.2 Recolección de muestras.

Para la toma de muestras se siguieron los lineamientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales aprobado bajo R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

➤ Puntos de monitoreo.

Los puntos de monitoreo deben guardar relación, respecto a la evaluación del efluente residual, según lo especificado en el instrumento de gestión ambiental. Los puntos de monitoreo serán dos: en la entrada de la PTAR y en el dispositivo de salida de la PTAR, pudiendo agregar un punto adicional, entre el dispositivo de la salida de la PTAR y el punto de vertido ante la posibilidad de la incorporación o conexión de otras descargas.

➤ Preparación de materiales y equipos.

Tiene como objetivo cubrir todos los elementos necesarios para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, por lo que es importante preparar con anticipación los materiales de trabajo, solución amortiguadora de pH, formatos (registro de datos de campo, etiquetas para las muestras de agua residual y cadena de custodia). Asimismo, se debe contar, sin carácter limitante, con los materiales y equipos de muestreo operativo y debidamente calibrado, que se señalan a continuación.

a. Materiales

- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Papel secante
- Cinta adhesiva

- Plumón indeleble
- Frascos debidamente etiquetados
- Cajas térmicas (pequeña y grande)
- Hielo u otro refrigerante
- Bolsas de poli burbujas u otro material de embalaje adecuado
- Pizeta
- Agua destilada y/o desionizada
- Solución amortiguadora de pH
- Pipeta
- Cronómetro
- Reloj
- Cinta métrica
- Vaso o probeta graduado de 1 L
- Papel aluminio
- Cuerda de nylon de 0,5 a 1 cm de diámetro de longitud suficiente para manipular los baldes de muestreo en los puntos de monitoreo.

b. Equipos

- GPS para la identificación inicial del punto de monitoreo
- pH-metro con función de registro de temperatura
- Cámara fotográfica

c. Indumentaria de protección

- Botines de seguridad
- Gafas de seguridad
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo
- Guantes de látex descartables
- Casco
- Arnés para profundidades mayores a 1,50 metros
- Respirador con cartucho para gases y polvo
- Mascarilla descartable

➤ **Ubicación del punto de monitoreo**

La toma de muestras se realizará solamente en los puntos de monitoreo debidamente marcados con las placas de identificación.

Los puntos de monitoreo, deben ser identificados y reconocidos claramente, de manera que permita su ubicación exacta en los muestreos. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que se registrará en coordenadas UTM y en el sistema WGS84. Una vez establecidos los puntos de monitoreo se debe colocar una placa de identificación para el reconocimiento de su ubicación.

➤ **Medición de parámetros en campo y registro de información**

Los parámetros de campo son: pH y temperatura. A fin de obtener la confiabilidad de los datos se requiere:

- Equipo portátil calibrado (pH-metro), con registro de la calibración y mantenimiento. Debe realizarse la verificación del equipo antes del inicio del trabajo de campo y calibrar el equipo, de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.

- Las mediciones no deben ser realizadas directamente en el flujo de aguas residuales, se debe tomar una muestra simple en un recipiente apropiado y limpio.

- La determinación de pH y temperatura, debe realizarse en forma inmediata a la toma de muestra.

- La información obtenida de la medición de parámetros de campo se debe ingresar en el formato de Registro de Datos de Campo.

- Esta información puede complementarse con una foto.

➤ **Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte.**

- Según (Ministerio de Vivienda, 2013).Las muestras serán recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. En este caso seguir las instrucciones generales de preservación, embalaje y transporte de las muestras, mostradas en la tabla 6.

- Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo, así como las instrucciones de etiquetado. Se recomienda etiquetar o rotular los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua.

- El personal responsable deberá colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual y desecharlos luego de culminado el muestreo en cada punto; es importante los cuidados en el manejo de los reactivos de preservación por tratarse de sustancias peligrosas.

- En todo momento evitar tomar la muestra tomando el frasco por la boca.

Tabla N° 6 Requisitos Para Toma De Muestra De Agua Residual Y Preservación De Las Muestras

<u>Determinación/ Parámetro</u>	<u>Recipiente</u>	<u>Volumen mínimo de muestra (1)</u>	<u>Preservación y concentración</u>	<u>Tiempo máximo de duración</u>
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000mL	No es posible	15 min
pH(2)		50 0mL	Noes posible	15min
DBO5(3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO(3)	P,V	100	Analizar lo más pronto posible o agregar H2SO4 hasta Ph<2; refrigerar a 4°C.	28 días
ACEITES Y GRASAS	V, AMBAR BOCA ANCHA CALIBRADO	1000	Refrigerar a 4°C	28 días
SOLIDOS SUSPENDIO TOTALES (SST)	P,V	100 mL		7 días
MICROBIOLICO			Refrigerar a 4°C	
COLIFORMES TERMOFECALES	V, ESTERELIZADO	250 mL		6 Horas

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2013)

men máximo de la muestra.

ilización, la medición del efluente debe realizarse entre las 10:00 y las 11:00 horas para evitar la interferencia del desequilibrio del sistema carbonatado por alta actividad fotosintética que se da en las horas de mayor radiación solar.

(3) En caso de lagunas de estabilización, filtrar las muestras de los efluentes (filtro no mayor a 1 micra de porosidad, lo cual debe ser reportado con los resultados del ensayo) para eliminar la interferencia de algas, determinando de este modo la DBO y DQO, soluble o filtrada. No se debe filtrar las muestras si los efluentes son vertidos en cuerpos de agua lenticos (lagunas, lagos, bahías, etc.).

Leyenda:

P = frasco de plástico o equivalente;

V = frasco de vidrio

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2013)

3.3.1.3 Método de ensayo.

Tabla N° 7
Métodos De Análisis De Agua Según El SMEWW-2012

Métodos De Análisis De Agua Según El SMEWW-2012		
Parámetro	Unidad	Metodologías de análisis
Temperatura	°C	SMEWW Part.2550-B, 22nd Ed 2012.
pH+	H+	SMEWW Part.4500-H+-B, 22nd Ed 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	SMEWW Part.5210-BOD+-B, 22nd Ed 2012.
Oxígeno disuelto(OD)	mg/l	SMEWW Part.4500-O-B, 22nd Ed 2012.
Solidos totales disueltos	mg/l	SMEWW Part.2540-C, 22nd Ed 2012.
Conductividad eléctrica	μS/cm	SMEWW Part.2510-B, 22nd Ed 2012.
Turbiedad	UNT	SMEWW Part.2130-B, 22nd Ed 2012.
Amonio	mg/l	SMEWW Part.4500-NH3-C, 22nd Ed 2012.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	SMEWW Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012

Fuente: DIGESA-MINSA

3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

Flujo de tratamiento de procesamiento de datos y análisis de la información

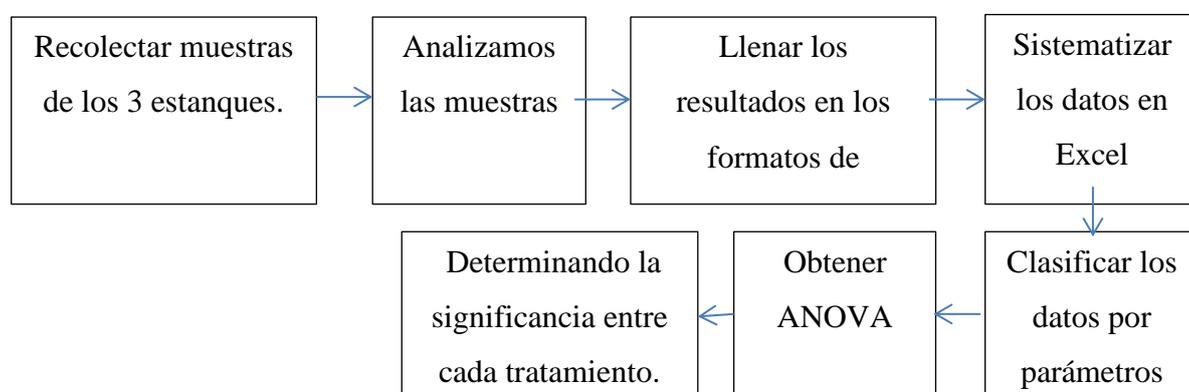


Ilustración 15: Diagrama de flujo del procesamiento para la recolección de datos de la investigación.

3.4.1 Procesamiento de datos.

Se aplicará el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de nueve unidades experimentales (UE) distribuidas al Azar, siguiendo la metodología estadística determinada por el Diseño experimental.

Los resultados fueron sometidos a las pruebas estadísticas de Tukey –ANOVA y el modelo Estadístico adoptado para la investigación es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = es la observación de la j-ésima u.e. del i-ésimo tratamiento,

μ_i = es la media del i-ésimo tratamiento,

ϵ_{ij} = es el error experimental de la unidad ij.

Tabla N° 8
Distribución de tratamientos y repeticiones según el diseño completamente al azar

<i>Distribución de tratamientos y repeticiones según el diseño completamente al azar</i>			
<u>Repeticiones</u>	<u>Tratamientos</u>		
	T1	T2	T3
R1	T1R1	T2R1	T3R1
R2	T1R2	T2R2	T3R2
R3	T1R3	T2R3	T3R3

FUENTE: *Elaboración propia*

T1, T2 y T3 los tratamientos de especies de macrófitas, estudiados en tres repeticiones R1, R2 y R3 que representan los estanques donde se depositó las aguas residuales domésticas. Los parámetros para aguas residuales domésticas fueron analizados interdiario de acuerdo a los parámetros establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM (Límites máximos Permisibles para aguas residuales Domésticas). La distribución de los tratamientos fueron los siguientes:

T1: agua servida tratada con la especie 1 (Lenteja de agua).

T2: agua servida tratada con la especie 2 (Junco de agua).

T3: Control.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Procesamiento de datos.

4.1.1 Análisis De Varianza

Tabla N° 9

Resumen del % de eficiencia de los tratamientos y control.

Resumen del % de eficiencia de los tratamientos y control.			
	Lenteja	Junco	*Control
Ph	6.5	6.9	2.7
T°	2.7	2.4	0.8
Conductividad	28.1	29.2	6.1
STD	24.7	24.1	5.7
OD	52.8	58.8	55.5
Turbiedad	79.1	77.3	59.2
DBO5	64.3	51.7	18.0
DQO	62.9	54.4	15.2
Amonio	49.7	43.1	18.9
Coliformes fecales	99.2	98.9	42.1

NOTA: *Control: sin macrófitas

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10
Resumen de eficiencia de los tratamientos y control.

	Lenteja	Junco	*Control
pH	7.5	7.4	7.8
T°	27.5	27.2	28.1
Conductividad	462.7	457.7	606.7
STD	361.8	366.8	455.8
OD	2.1	1.4	1.4
Turbiedad	24.2	42.3	59.2
DBO5	73.3	97.8	169.2
DQO	103.3	124.7	234.2
Amonio	19.5	22.0	31.3
Coliformes fecales	22291.0	29371.5	1600000.0

Fuente: Elaboración propia

*Control: sin macrófitas

Tabla N° 11
Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples

Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples

	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar r	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
						HSD Tukey	Afluente
		Juncos	,45000*	,11462	,004	,1292	,7708
		Lentejas	,51667*	,11462	,001	,1958	,8375
	Control	Afluente	-,21667	,11462	,264	-,5375	,1042
		Juncos	,23333	,11462	,209	-,0875	,5542
		Lentejas	,30000	,11462	,072	-,0208	,6208
	Juncos	Afluente	-,45000*	,11462	,004	-,7708	-,1292
		Control	-,23333	,11462	,209	-,5542	,0875
		Lentejas	,06667	,11462	,936	-,2542	,3875
	Lentejas	Afluente	-,51667*	,11462	,001	-,8375	-,1958
		Control	-,30000	,11462	,072	-,6208	,0208
		Juncos	-,06667	,11462	,936	-,3875	,2542

Notas: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION:

En la tabla 11, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto al pH, como se puede apreciar la significancia en caso del tratamiento con juncos comparado con el afluente es menor de 0.05 lo cual indica que, si hay influencia, en el tratamiento con lentejas también es menor a 0.05 lo cual indica que si hay influencia y el control con el afluente la significancia es mayor a 0.05 lo cual nos indica que no hay influencia. Comparamos la significancia del tratamiento con juncos, el tratamiento con lentejas y con el afluente, el que tiene menor significancia es el tratamiento con lentejas, debido a que tiene una significancia de 0.01. Resultando que el tratamiento con lentejas es más eficiente en estabilizar el pH de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, según el ANOVA.

Tabla N° 12
Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples

<i>Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluente	Control	53,33333	37,25811	,495	-50,9497	157,6164
		Juncos	188,33333*	37,25811	,000	84,0503	292,6164
		Lentejas	182,33333*	37,25811	,000	78,0503	286,6164
	Control	Afluente	-53,33333	37,25811	,495	-157,6164	50,9497
		Juncos	135,00000*	37,25811	,008	30,7169	239,2831
		Lentejas	129,00000*	37,25811	,012	24,7169	233,2831
	Juncos	Afluente	-188,33333*	37,25811	,000	-292,6164	-84,0503
		Control	-135,00000*	37,25811	,008	-239,2831	-30,7169
		Lentejas	-6,00000	37,25811	,998	-110,2831	98,2831
	Lentejas	Afluente	-182,33333*	37,25811	,000	-286,6164	-78,0503
		Control	-129,00000*	37,25811	,012	-233,2831	-24,7169
		Juncos	6,00000	37,25811	,998	-98,2831	110,2831

Nota*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION:

En la tabla 12, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a la conductividad, como se puede apreciar la significancia en ambos casos del tratamiento con juncos y lentejas es menor de 0.05 lo cual indica que si hay influencia y el control con el afluente la significancia es mayor a 0.05 lo cual nos indica que no influye. Comparamos la significancia del tratamiento con juncos y el tratamiento con lentejas, tienen una significancia menor a 0.05, resultando que ambos tratamientos son eficientes en una proporción similar para reducir la conductividad de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, por lo cual no hay diferencia significativa del uso de ambos tratamientos para reducir la conductividad. Según ANOVA.

Tabla N° 13

Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD) Comparaciones múltiples

<i>Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD) Comparaciones múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluente	Control	27,66667	25,21970	,695	-42,9217	98,2550
		Juncos	116,66667*	25,21970	,001	46,0783	187,2550
		Lentejas	121,66667*	25,21970	,001	51,0783	192,2550
	Control	Afluente	-27,66667	25,21970	,695	-98,2550	42,9217
		Juncos	89,00000*	25,21970	,010	18,4117	159,5883
		Lentejas	94,00000*	25,21970	,007	23,4117	164,5883
	Juncos	Afluente	-116,66667*	25,21970	,001	-187,2550	-46,0783
		Control	-89,00000*	25,21970	,010	-159,5883	-18,4117
		Lentejas	5,00000	25,21970	,997	-65,5883	75,5883
	Lentejas	Afluente	-121,66667*	25,21970	,001	-192,2550	-51,0783
		Control	-94,00000*	25,21970	,007	-164,5883	-23,4117
		Juncos	-5,00000	25,21970	,997	-75,5883	65,5883

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACION:

En la tabla 13, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a los Solidos Totales Disueltos, como se puede apreciar la significancia en ambos casos del tratamiento con juncos y lentejas es menor a 0.05, lo cual indica que si existe influencia sobre los STD, mientras que la significancia del control con respecto al afluyente es mayor a 0.05 que indica que no influye sobre los STD. Comparamos la significancia del tratamiento de juncos y el tratamiento con lentejas, ambos tiene una significancia menor a 0.05, resultando que el tratamiento con lentejas y juncos son eficientes en una proporción similar para reducir los Solidos Totales Disueltos de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, no existiendo diferencia significativa del uso de ambos tratamientos para reducir los STS. Según ANOVA.

Tabla N° 14

Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD): Comparaciones Múltiples

<i>Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD): Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluyente	Control	-,50000	,29131	,342	-1,3154	,3154
		Juncos	-,43333	,29131	,463	-1,2487	,3820
		Lentejas	-1,18333*	,29131	,003	-1,9987	-,3680
	Control	Afluyente	,50000	,29131	,342	-,3154	1,3154
		Juncos	,06667	,29131	,996	-,7487	,8820
		Lentejas	-,68333	,29131	,121	-1,4987	,1320
	Juncos	Afluyente	,43333	,29131	,463	-,3820	1,2487
		Control	-,06667	,29131	,996	-,8820	,7487
		Lentejas	-,75000	,29131	,078	-1,5654	,0654
	Lentejas	Afluyente	1,18333*	,29131	,003	,3680	1,9987
		Control	,68333	,29131	,121	-,1320	1,4987
		Juncos	,75000	,29131	,078	-,0654	1,5654

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACION:

En la tabla 14, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto al Oxígeno Disuelto, como se puede apreciar la significancia del tratamiento con juncos comparado con el afluente es mayor a 0.05, lo que indica que este tratamiento no influye sobre el OD, a diferencia del tratamiento con lentejas comparado con el afluente la significancia es menor de 0.05, indicando este valor que si existe influencia sobre el OD, mientras que el estanque donde solo se realiza el control comparado con el afluente la significancia es mayor a 0.05 indicado que no influye sobre el OD . Resultando que el tratamiento con lentejas es eficiente para reducir el Oxígeno Disuelto de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali. Según ANOVA.

Tabla N° 15
Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples

<i>Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluente	Control	56,00000*	12,65295	,001	20,5852	91,4148
		Juncos	72,83333*	12,65295	,000	37,4185	108,2481
		Lentejas	91,00000*	12,65295	,000	55,5852	126,4148
	Control	Afluente	-56,00000*	12,65295	,001	-91,4148	-20,5852
		Juncos	16,83333	12,65295	,555	-18,5815	52,2481
		Lentejas	35,00000	12,65295	,053	-,4148	70,4148
	Juncos	Afluente	-72,83333*	12,65295	,000	-108,2481	-37,4185
		Control	-16,83333	12,65295	,555	-52,2481	18,5815
		Lentejas	18,16667	12,65295	,493	-17,2481	53,5815
	Lentejas	Afluente	-91,00000*	12,65295	,000	-126,4148	-55,5852
		Control	-35,00000	12,65295	,053	-70,4148	,4148
		Juncos	-18,16667	12,65295	,493	-53,5815	17,2481

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION:

Según la tabla 15, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a la turbiedad, como se puede apreciar la significancia en el caso del tratamiento con juncos, tratamiento con lentejas y el control es menor de 0.05 lo que indica que si hay influencia sobre la turbiedad. Resultando que el tratamiento con lentejas y juncos ambos son eficientes en una proporción similar para reducir la turbiedad de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali. Según ANOVA

Tabla N° 16

Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)

Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO₅): Comparaciones Múltiples

	<u>(I) Agua Residual</u>	<u>(J) Agua Residual</u>	<u>Diferencia de medias (I-J)</u>	<u>Error estándar</u>	<u>Sig.</u>	<u>Intervalo de confianza al 95%</u>	
						<u>Límite inferior</u>	<u>Límite superior</u>
HSD Tukey	Afluyente	Control	36,66667	15,54340	,118	-6,8383	80,1716
		Juncos	108,00000*	15,54340	,000	64,4950	151,5050
		Lentejas	132,50000*	15,54340	,000	88,9950	176,0050
	Control	Afluyente	-36,66667	15,54340	,118	-80,1716	6,8383
		Juncos	71,33333*	15,54340	,001	27,8284	114,8383
		Lentejas	95,83333*	15,54340	,000	52,3284	139,3383
	Juncos	Afluyente	-108,00000*	15,54340	,000	-151,5050	-64,4950
		Control	-71,33333*	15,54340	,001	-114,8383	-27,8284
		Lentejas	24,50000	15,54340	,414	-19,0050	68,0050
	Lentejas	Afluyente	-132,50000*	15,54340	,000	-176,0050	-88,9950
		Control	-95,83333*	15,54340	,000	-139,3383	-52,3284
		Juncos	-24,50000	15,54340	,414	-68,0050	19,0050

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION:

Según la tabla 16, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a la Demanda Bioquímica del Oxígeno, como se puede apreciar la significancia en ambos casos del tratamiento con juncos y lentejas comparado con el afluyente es menor de 0.05, lo que indica que si hay influencia sobre la **DBO**, mientras que el

control con el afluente la significancia es mayor a 0.05 lo que indica que no influye sobre **DBO₅**.

Resultando que el tratamiento con lentejas y juncos ambos son eficientes en una proporción similar para reducir la Demanda Bioquímica del Oxígeno de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, por lo que no existe diferencia significativa del uso de ambos tratamientos para reducir la Demanda Bioquímica del Oxígeno. Según ANOVA.

Tabla N° 17
Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO):

Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO): Comparaciones Múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluente	Control	41,66667	24,77510	,359	-27,6773	111,0106
		Juncos	151,16667*	24,77510	,000	81,8227	220,5106
		Lentejas	172,50000*	24,77510	,000	103,1561	241,8439
	Control	Afluente	-41,66667	24,77510	,359	-111,0106	27,6773
		Juncos	109,50000*	24,77510	,001	40,1561	178,8439
		Lentejas	130,83333*	24,77510	,000	61,4894	200,1773
	Juncos	Afluente	-151,16667*	24,77510	,000	-220,5106	-81,8227
		Control	-109,50000*	24,77510	,001	-178,8439	-40,1561
		Lentejas	21,33333	24,77510	,825	-48,0106	90,6773
	Lentejas	Afluente	-172,50000*	24,77510	,000	-241,8439	-103,1561
		Control	-130,83333*	24,77510	,000	-200,1773	-61,4894
		Juncos	-21,33333	24,77510	,825	-90,6773	48,0106

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACION:

Según la tabla 17, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a la Demanda Química del Oxígeno, como se puede apreciar la significancia en ambos casos del tratamiento con juncos y lentejas comparados con el afluente es menor de 0.05, indicando esto que existe influencia sobre la **DQO**, mientras que la comparación del control con el afluente la significancia es mayor a 0.05 que nos

indica que no influye sobre **DQO**. Las comparaciones del tratamiento con juncos y lentejas, nos indica que ambos son eficientes en una proporción similar para reducir la Demanda Química del Oxígeno de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, por lo que no hay diferencia significativa del uso de ambos tratamientos para reducir la Demanda Química del Oxígeno. Según ANOVA

Tabla N° 18
Análisis de Varianza Del Amonio : Comparaciones Múltiples

<i>Análisis de Varianza Del Amonio : Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Afluentes	Control	8,6667	3,65186	,115	-1,5547	18,8880
		Juncos	16,33333	3,65186	,001	6,1120	26,5547
		Lentejas	18,83333	3,65186	,000	8,6120	29,0547
	Control	Afluentes	-8,66667	3,65186	,115	-18,8880	1,5547
		Juncos	7,66667	3,65186	,187	-2,5547	17,8880
		Lentejas	10,16667	3,65186	,052	-,0547	20,3880
	Juncos	Afluentes	-16,33333	3,65186	,001	-26,5547	-6,1120
		Control	-7,66667	3,65186	,187	-17,8880	2,5547
		Lentejas	2,50000	3,65186	,902	-7,7213	12,7213
	Lentejas	Afluentes	-18,83333	3,65186	,000	-29,0547	-8,6120
		Control	-10,16667	3,65186	,052	-20,3880	,0547
		Juncos	-2,50000	3,65186	,902	-12,7213	7,7213

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACION:

Según la tabla 18, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto al amonio, como se puede apreciar la significancia en del tratamiento con juncos y lentejas es menor de 0.05, lo que indica que si hay influencia sobre el amonio. Resultando que el tratamiento con lentejas y juncos son eficientes en una proporción similar para reducir la cantidad de amonio de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, por lo que no hay una diferencia significativa del uso de ambos

Tratamientos para reducir la cantidad de amonio. Según ANOVA.

Tabla N° 19
Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes: Comparaciones Múltiples

<i>Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes: Comparaciones Múltiples</i>							
	<u>(I) Agua Residual</u>	<u>(J) Agua Residual</u>	<u>Diferencia de medias (I-J)</u>	<u>Error estándar</u>	<u>Sig.</u>	<u>Intervalo de confianza al 95%</u>	
						<u>Límite inferior</u>	<u>Límite superior</u>
HSD Tukey	Afluyente	Control	1250000,00000*	177053,58656	,000	754438,3039	1745561,6961
		Juncos	2820626,83333*	177053,58656	,000	2325065,1372	3316188,5295
		Lentejas	2827709,00000*	177053,58656	,000	2332147,3039	3323270,6961
	Control	Afluyente	-1250000,00000*	177053,58656	,000	-1745561,6961	-754438,3039
		Juncos	1570626,83333*	177053,58656	,000	1075065,1372	2066188,5295
		Lentejas	1577709,00000*	177053,58656	,000	1082147,3039	2073270,6961
	Juncos	Afluyente	-2820626,83333*	177053,58656	,000	-3316188,5295	-2325065,1372
		Control	-1570626,83333*	177053,58656	,000	-2066188,5295	-1075065,1372
		Lentejas	7082,16667	177053,58656	1,000	-488479,5295	502643,8628
	Lentejas	Afluyente	-2827709,00000*	177053,58656	,000	-3323270,6961	-2332147,3039
		Control	-1577709,00000*	177053,58656	,000	-2073270,6961	-1082147,3039
		Juncos	-7082,16667	177053,58656	1,000	-502643,8628	488479,5295

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACION:

Según la tabla 19, el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a los Coliformes Termotolerantes, como se puede apreciar la significancia en ambos casos del tratamiento con juncos y lentejas comparado con el afluyente es menor de 0.05, indicando que si hay influencia sobre los coliformes termotolerantes , mientras que el control con el afluyente la significancia es también menor a 0.05 lo que indica que influye sobre los Coliformes Termotolerantes. Resultando que el tratamiento con lentejas y juncos ambos son eficientes en una proporción similar para reducir la cantidad de los Coliformes Termotolerantes de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, indicando que no hay diferencia significativa del uso de ambos tratamientos para reducir la cantidad de Coliformes Termotolerantes. Según ANOVA.

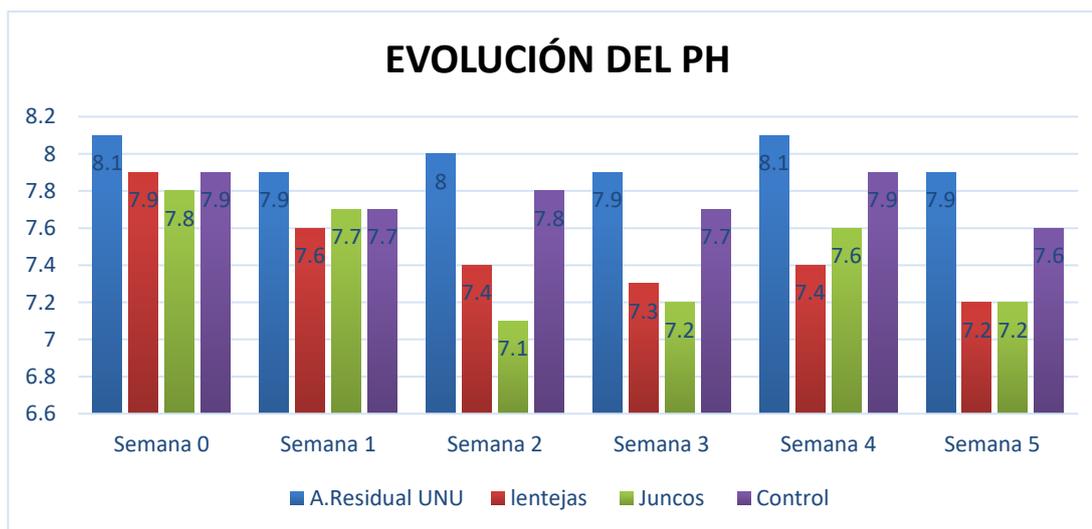
4.1.2 Análisis Descriptivo

Tabla N° 20
Evolución Del Ph

<i>Evolución Del Ph</i>				
TIEMPO	A. Residual UNU	lentejas	Juncos	Control
Semana 0	8.1	7.9	7.8	7.9
Semana 1	7.9	7.6	7.7	7.7
Semana 2	8	7.4	7.1	7.8
Semana 3	7.9	7.3	7.2	7.7
Semana 4	8.1	7.4	7.6	7.9
Semana 5	7.9	7.2	7.2	7.6

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 01: EVOLUCIÓN DEL PH



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

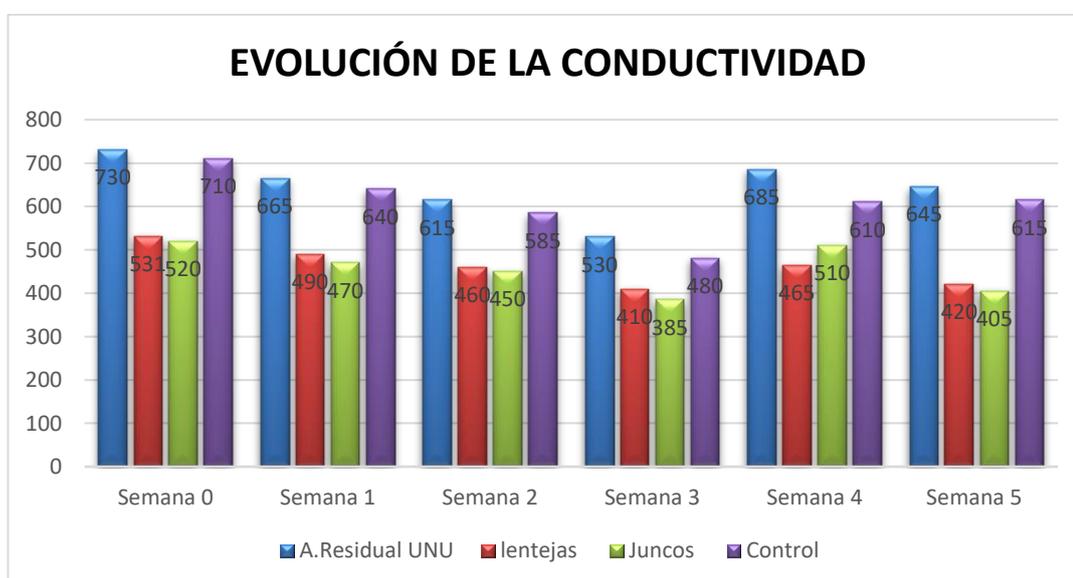
Según el gráfico 01, se puede apreciar que durante la semana 0 los tratamientos con lentejas de agua y junco de agua, no tienen una diferencia evidente en el pH, a partir de la semana 2 los tratamientos mejoran su estabilización del pH y se estabilizan en las siguientes semanas, llegando a estabilizarse en la semana 5, con un valor de 7.2, tanto para la lenteja y como para el junco.

Tabla N° 21
Evolución de la Conductividad

<i>Evolución de la Conductividad</i>				
<u>Tiempo</u>	<u>A. Residual UNU</u>	<u>Lentejas</u>	<u>Juncos</u>	<u>Control</u>
Semana 0	730	531	520	710
Semana 1	665	490	470	640
Semana 2	615	460	450	585
Semana 3	530	410	385	480
Semana 4	685	465	510	610
Semana 5	645	420	405	615

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 02: EVOLUCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

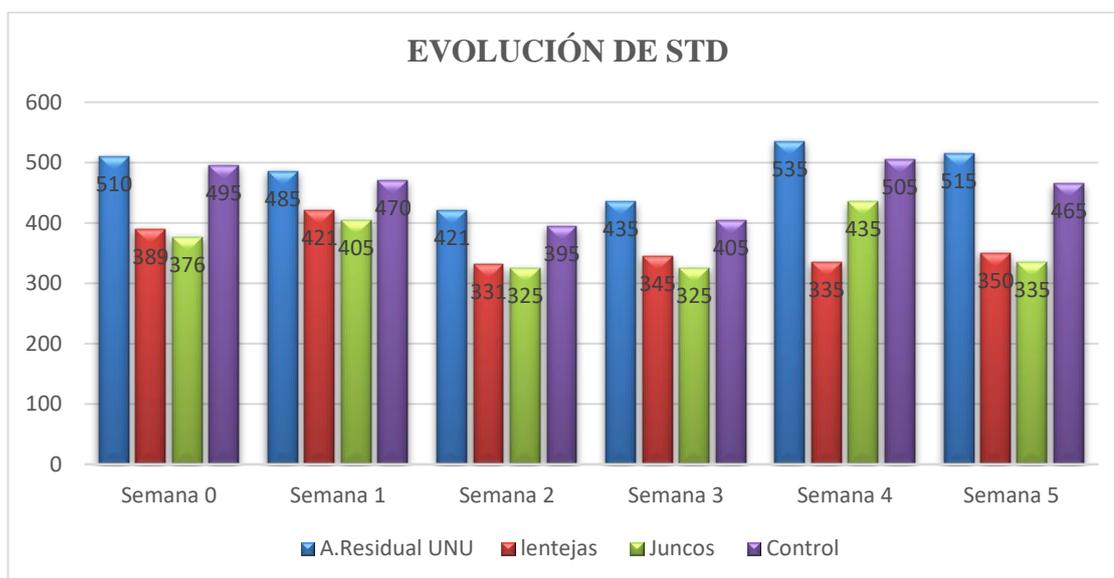
Como se puede apreciar en el gráfico 02, durante la semana 0 los tratamientos con lentejas de agua y junco de agua tienen una diferencia evidente en la conductividad, siempre mostrando una mejoría con respecto al efluente y el control, siendo consideración importante el lecho de grava, mostrándose levemente mejor el tratamiento con lentejas en la semana 4, siendo el valor de conductividad de 465.

Tabla N° 22
Evolución De Sólidos Totales Disueltos (STD)

<i>Evolución De Sólidos Totales Disueltos (STD)</i>				
Tiempo	A. <u>Residual</u> <u>UNU</u>	<u>Lentejas</u>	<u>Juncos</u>	<u>Control</u>
Semana 0	510	389	376	495
Semana 1	485	421	405	470
Semana 2	421	331	325	395
Semana 3	435	345	325	405
Semana 4	535	335	435	505
Semana 5	515	350	335	465

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 03: EVOLUCIÓN DE LOS SOLIDOS TOTALES DISUELTOS



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se puede apreciar en el gráfico 03, durante la semana 0 los tratamientos con lentejas de agua y junco de agua tienen una diferencia evidente en los sólidos totales disueltos, siempre mostrando una estabilidad con el tratamiento con lentejas de agua, respecto al afluente y el control, se muestra levemente mejor el tratamiento con lentejas en la semana 4 con un valor de 335 y el junco con un valor de 435.

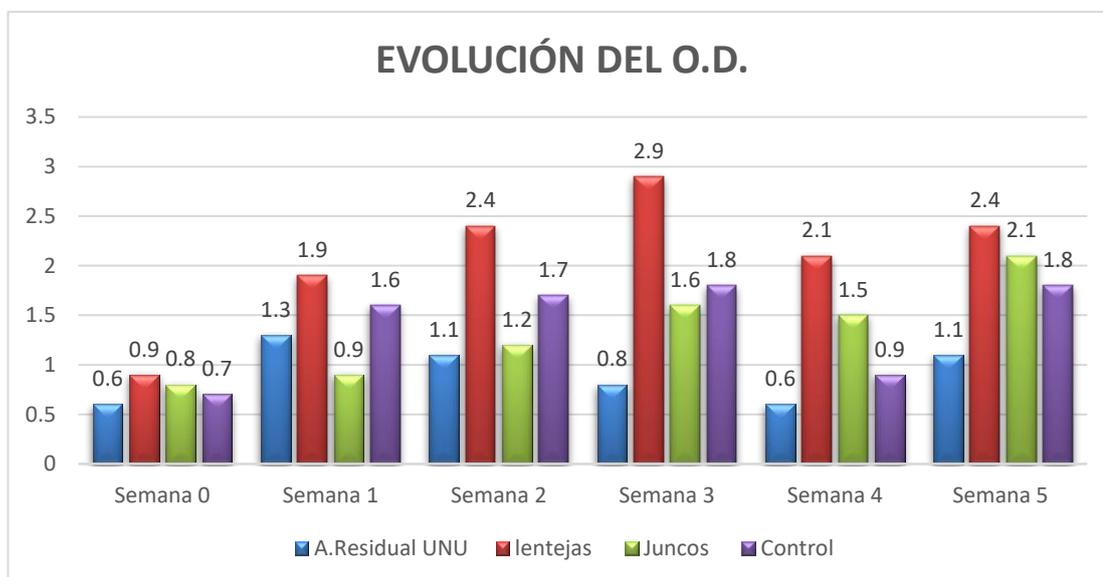
Tabla N° 23

Evolución De Oxígeno Disuelto

Evolución De Oxígeno Disuelto				
Tiempo	A. Residual UNU	Lentejas	Juncos	Control
Semana 0	0.6	0.9	0.8	0.7
Semana 1	1.3	1.9	0.9	1.6
Semana 2	1.1	2.4	1.2	1.7
Semana 3	0.8	2.9	1.6	1.8
Semana 4	0.6	2.1	1.5	0.9
Semana 5	1.1	2.4	2.1	1.8

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 04: EVOLUCIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

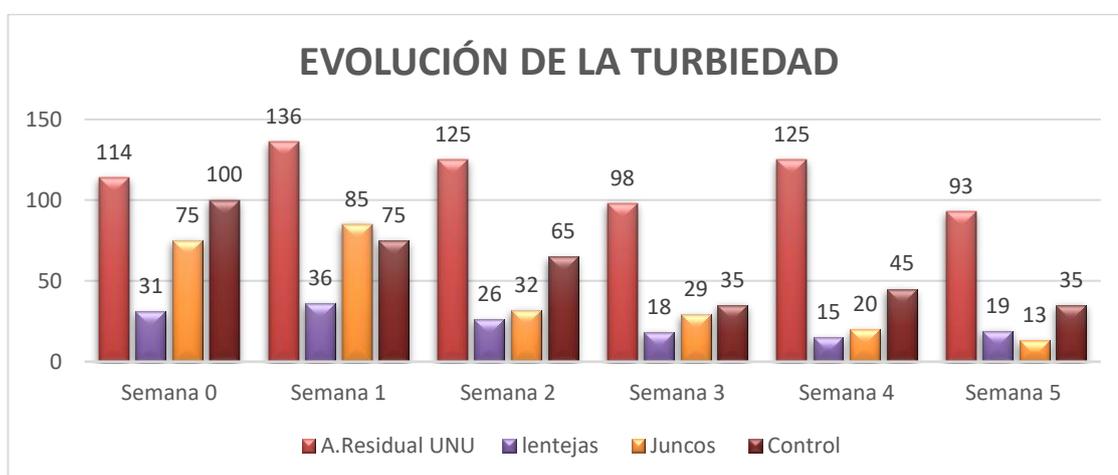
Como se puede apreciar en el grafico 04, durante la semana 0 los tratamientos no mostraron una diferencia evidente, pasado la semana 1 tanto los tratamientos, como el control mostraron una mejora en la concentración de oxígeno, predominando con mayor estabilidad en el aporte de oxígeno a la lenteja de agua hasta la semana 5 con un valor de 2.4 a diferencia del junco con un valor de 2.1.

Tabla N° 24
Evolución de la Turbiedad

Evolución de la Turbiedad				
<u>Tiempo</u>	<u>A. Residual UNU</u>	<u>Lentejas</u>	<u>Juncos</u>	<u>Control</u>
Semana 0	114	31	75	100
Semana 1	136	36	85	75
Semana 2	125	26	32	65
Semana 3	98	18	29	35
Semana 4	125	15	20	45
Semana 5	93	19	13	35

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 05: EVOLUCIÓN DE LA TURBIEDAD



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se puede apreciar en el gráfico 05, durante la semana 0 los tratamientos como la lenteja presento un valor de 31 y el junco de 75, pasado la semana 2, los tratamientos mostraron una mejora en la reducción de la turbiedad, a partir de la semana 3 la reducción de la turbiedad se estabilizo en los tratamientos, siendo en la semana 5 que el tratamiento con juncos con un valor de 13 mostro una mejoría diferencial respecto a la lenteja siendo con un valor de 19. Podemos decir que el tratamiento con junco influyo significativamente en la reducción de la turbiedad.

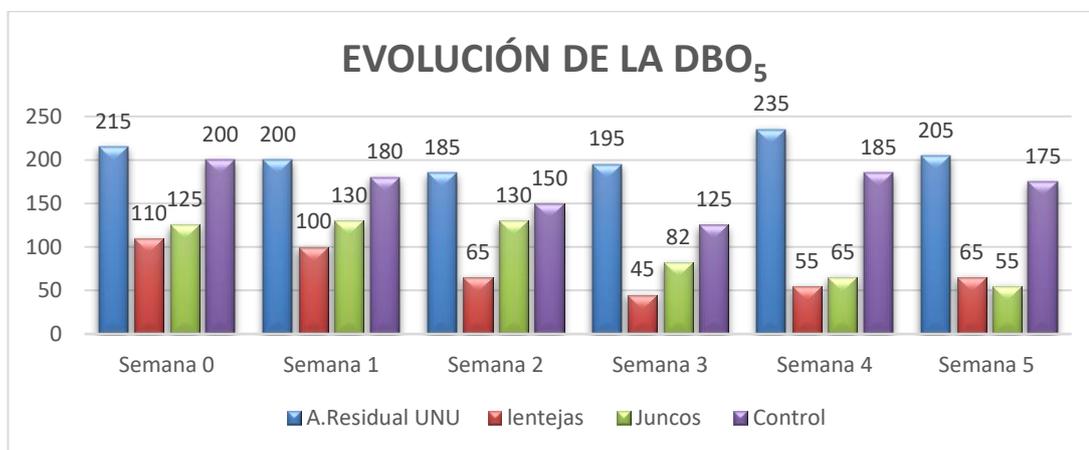
Tabla N° 25

Evolución De La Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅)

<i>Evolución De La Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅)</i>				
TIEMPO	A. Residual UNU	lentejas	Juncos	Control
Semana 0	215	110	125	200
Semana 1	200	100	130	180
Semana 2	185	65	130	150
Semana 3	195	45	82	125
Semana 4	235	55	65	185
Semana 5	205	65	55	175

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 06: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

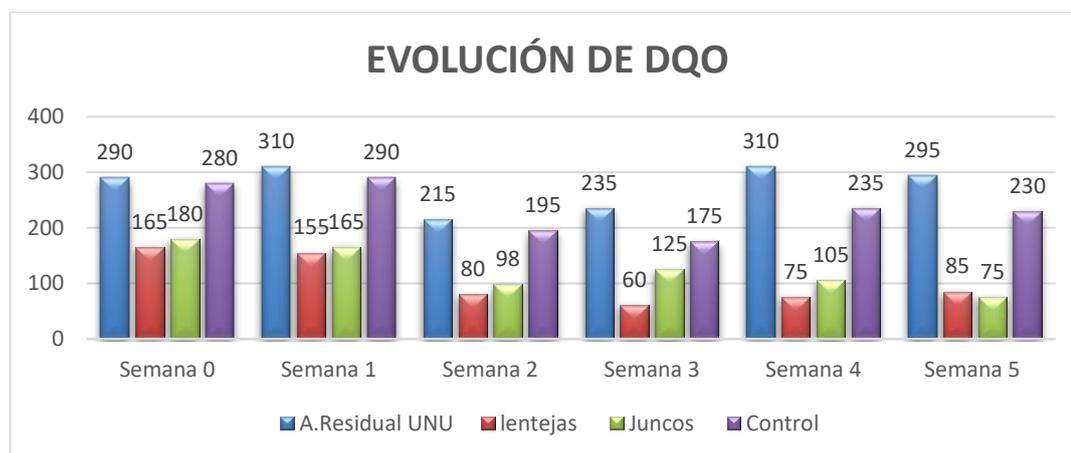
Como se puede apreciar en el gráfico 06, durante la semana 0 los tratamientos con lenteja y junto mostraron una leve diferencia respecto al control y al afluente. A partir de la semana 2 el tratamiento con junco influyó significativamente en reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno en un 65, llegando a la semana 3 con un valor de 45 a diferencia del junco que obtuvo un valor de 82.

Tabla N° 26
Evolución De La Demanda Química De Oxígeno (DQO)

<i>Evolución De La Demanda Química De Oxígeno (DQO)</i>				
<u>TIEMPO</u>	<u>A. Residual</u> <u>UNU</u>	<u>lentejas</u>	<u>Juncos</u>	<u>Control</u>
Semana 0	290	165	180	280
Semana 1	310	155	165	290
Semana 2	215	80	98	195
Semana 3	235	60	125	175
Semana 4	310	75	105	235
Semana 5	295	85	75	230

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 07: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

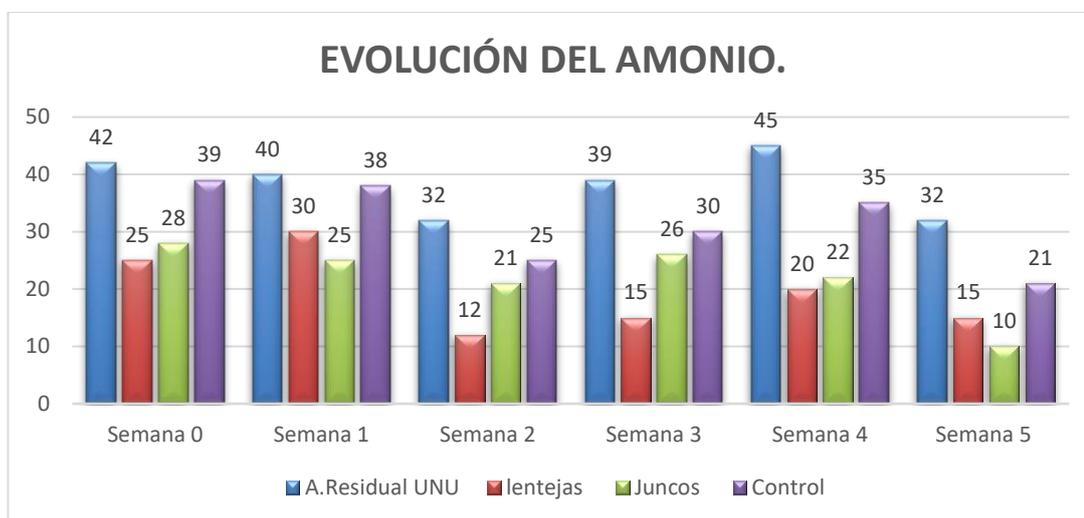
Como se puede apreciar en el gráfico 07, durante la semana 0 los tratamientos con la lenteja y el junco no mostraron diferencia significativa respecto al control y al afluente. Para la semana 2 la lenteja de agua logró reducir la Demanda Química de Oxígeno a un valor de 80 respecto al junco que solamente alcanzó un valor de 98. Para la semana 3 la lenteja siguió reduciendo la DQO a un valor de 60.

Tabla N° 27
Evolución Del Amonio

<i>Evolución Del Amonio</i>				
TIEMPO	A. Residual UNU	lentejas	Juncos	Control
Semana 0	42	25	28	39
Semana 1	40	30	25	38
Semana 2	32	12	21	25
Semana 3	39	15	26	30
Semana 4	45	20	22	35
Semana 5	32	15	10	21

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 08: EVOLUCIÓN DEL AMONIO



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

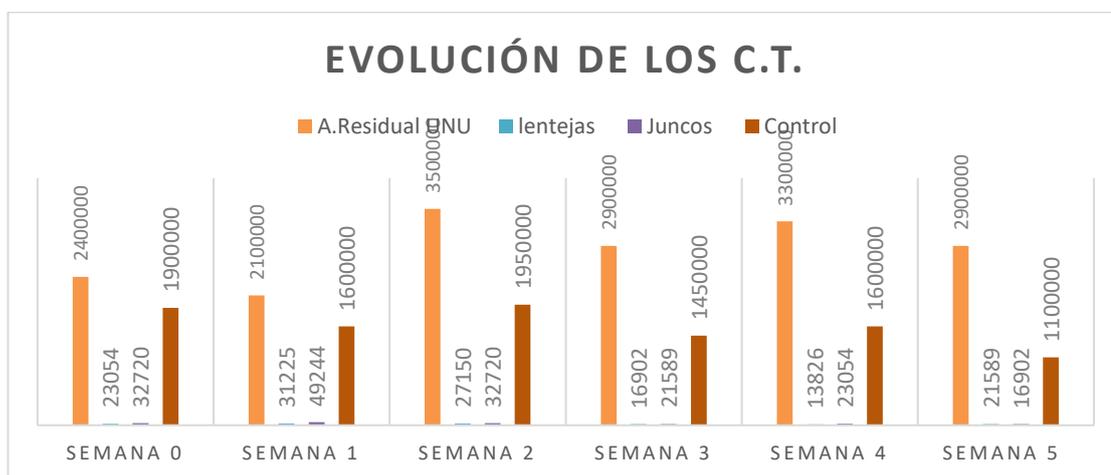
Como se puede apreciar en el gráfico 08, durante la semana 0 los tratamientos con la lenteja y el junco no mostraron diferencia Amonio a un valor de 25, mientras que el junco solamente alcanzó reducir a un 21. Al llegar a la semana 5 la lenteja de agua logró reducir el Amonio a un valor de 15, siendo el junco que redujo significativamente a un valor de 10.

Tabla N° 28
Evolución de los Coliformes Termofecales

<i>Evolución de los Coliformes Termofecales</i>				
TIEMPO	A. Residual UNU	lentejas	Juncos	Control
Semana 0	2400000	23054	32720	1900000
Semana 1	2100000	31225	49244	1600000
Semana 2	3500000	27150	32720	1950000
Semana 3	2900000	16902	21589	1450000
Semana 4	3300000	13826	23054	1600000
Semana 5	2900000	21589	16902	1100000

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 09: EVOLUCIÓN DE LOS COLIFORMES TERMOFECALES



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se puede apreciar en el gráfico 09, durante la semana 0 los tratamientos con la lenteja y el junco, mostraron diferencia significativa respecto al control y al afluente. Para la semana 3 la lenteja de agua encabezó la reducción de los Coliformes termofecales a un valor de 16902 mientras que el junco solo redujo a un 21589. Para la semana 4 la lenteja continuó reduciendo a un 13829 y en la semana 5 quien encabezó en reducir los Coliformes termofecales fue el junco con un valor de 16902.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Nivel Inferencial

En el nivel inferencial para la prueba de hipótesis se ha utilizado el análisis ANOVA y la prueba HSD Tukey. La investigación tiene como objetivo determinar la influencia del uso de Lemna minor (lenteja de agua) y Eleocharis palustris (junco de agua) en el tratamiento de la contaminación de agua residual de la Universidad de Ucayali (UNU). A sí mismo, se ha trabajado con un nivel de significación del 5%. En el análisis de resultados se utilizaron 2 tipos de métodos estadísticos:

1. Programa de Excel, herramienta para el análisis descriptivo.
2. Programa SPSS, que permite procesar en análisis de varianza ANOVA, y que proporciona la separación de medias y el nivel de significancia por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$).

Nivel de significancia

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

Regla de decisión

Rechazar hipótesis nula (H_0) cuando la significación observada “p” es menor que α .

No rechazar hipótesis nula (H_0) cuando la significación observada “p” es mayor que α .

4.2.1 Hipótesis general.

Ho: El sistema de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional Ucayali, influye negativamente en la calidad de las aguas residuales.

Hi: El sistema de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional Ucayali, influye positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Para responder y hacer la contratación de hipótesis revisaremos los parámetros uno por uno, y nos basaremos en el valor α menor o igual a 0.05.

Tabla N° 29

Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples

Análisis De Varianza Del Ph- Comparaciones Múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluente	-,45000*	,11462	,004	-,7708	-,1292
		Control	-,23333	,11462	,209	-,5542	,0875
		Lentejas	,06667	,11462	,936	-,2542	,3875
	Lentejas	Afluente	-,51667*	,11462	,001	-,8375	-,1958
		Control	-,30000	,11462	,072	-,6208	,0208
		Juncos	-,06667	,11462	,936	-,3875	,2542

Notas: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Fuente: elaboración propia

- Para el parámetro ph en la tabla 29, podemos observar que la lenteja y el junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos tratamientos influyen positivamente a mejorar la calidad del agua residual en la UNU.

Tabla N° 30

Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples

Análisis De Varianza De La Conductividad - Comparaciones Múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluente	-188,33333*	37,25811	,000	-292,6164	-84,0503
		Control	-135,00000*	37,25811	,008	-239,2831	-30,7169
		Lentejas	-6,00000	37,25811	,998	-110,2831	98,2831
	Lentejas	Afluente	-182,33333*	37,25811	,000	-286,6164	-78,0503
		Control	-129,00000*	37,25811	,012	-233,2831	-24,7169
		Juncos	6,00000	37,25811	,998	-98,2831	110,2831

Nota*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Fuente: elaboración propia

- Para el parámetro Conductividad se evidencia en la tabla 30, que la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos tratamientos influyen positivamente a mejorar la calidad del agua en la UNU.

Tabla N° 31

Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD)

Análisis de varianza de los Sólidos Totales Disueltos (STD) Comparaciones múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluente	-116,66667*	25,21970	,001	-187,2550	-46,0783
		Control	-89,00000*	25,21970	,010	-159,5883	-18,4117
		Lentejas	5,00000	25,21970	,997	-65,5883	75,5883
	Lentejas	Afluente	-121,66667*	25,21970	,001	-192,2550	-51,0783
		Control	-94,00000*	25,21970	,007	-164,5883	-23,4117
		Juncos	-5,00000	25,21970	,997	-75,5883	65,5883

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

- Para el parámetro STD, en la tabla 31, tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con

macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Tabla N° 32
Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD):

Análisis de varianza del Oxígeno Disuelto (OD): Comparaciones Múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
						HSD Tukey	Juncos
Control	-,06667	,29131	,996	-,8820	,7487		
Lentejas	-,75000	,29131	,078	-1,5654	,0654		
Lentejas	Afluente	1,18333*	,29131	,003	,3680		1,9987
	Control	,68333	,29131	,121	-,1320		1,4987
	Juncos	,75000	,29131	,078	-,0654		1,5654

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

- Para el parámetro OD, en la tabla 32 se observa que el tratamiento con lenteja de agua obtuvo un valor α menor a 0.05, esto nos indica que este tratamiento influye de manera positiva en la calidad de las aguas residuales de la UNU.

Tabla N° 33
Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples

Análisis de Varianza De La Turbiedad : Comparaciones Múltiples							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
						HSD Tukey	Juncos
Control	-16,83333	12,65295	,555	-52,2481	18,5815		
Lentejas	18,16667	12,65295	,493	-17,2481	53,5815		
Lentejas	Afluente	-91,00000*	12,65295	,000	-126,4148		-55,5852
	Control	-35,00000	12,65295	,053	-70,4148		,4148
	Juncos	-18,16667	12,65295	,493	-53,5815		17,2481

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: elaboración propia

- Para el parámetro Turbiedad, en la tabla 33 se evidencia que tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Tabla N° 34
Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO):

<i>Análisis De Varianza Demanda Química De Oxígeno (DQO): Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluente	-151,16667*	24,77510	,000	-220,5106	-81,8227
		Control	-109,50000*	24,77510	,001	-178,8439	-40,1561
		Lentejas	21,33333	24,77510	,825	-48,0106	90,6773
	Lentejas	Afluente	-172,50000*	24,77510	,000	-241,8439	-103,1561
		Control	-130,83333*	24,77510	,000	-200,1773	-61,4894
		Juncos	-21,33333	24,77510	,825	-90,6773	48,0106

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: elaboración propia

- Para el parámetro DBO₅, en la tabla 34 se evidencia que tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Tabla N° 35
Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO)

<i>Análisis de varianza Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO₅): Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluente	-108,00000*	15,54340	,000	-151,5050	-64,4950
		Control	-71,33333*	15,54340	,001	-114,8383	-27,8284
		Lentejas	24,50000	15,54340	,414	-19,0050	68,0050
	Lentejas	Afluente	-132,50000*	15,54340	,000	-176,0050	-88,9950
		Control	-95,83333*	15,54340	,000	-139,3383	-52,3284
		Juncos	-24,50000	15,54340	,414	-68,0050	19,0050

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

- Para el parámetro DQO, en la tabla 35 se observa que tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Tabla N° 36
Análisis de Varianza Del Amonio : Comparaciones Múltiples

<i>Análisis de Varianza Del Amonio : Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluyente	-16,33333	3,65186	,001	-26,5547	-6,1120
		Control	-7,66667	3,65186	,187	-17,8880	2,5547
		Lentejas	2,50000	3,65186	,902	-7,7213	12,7213
	Lentejas	Afluyente	-18,83333	3,65186	,000	-29,0547	-8,6120
		Control	-10,16667	3,65186	,052	-20,3880	,0547
		Juncos	-2,50000	3,65186	,902	-12,7213	7,7213

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

- Para el parámetro Amonio, en la tabla 36 se observa que tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α menor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

Tabla N° 37
Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes:

<i>Análisis de Varianza de Coliformes Termotolerantes: Comparaciones Múltiples</i>							
	(I) Agua Residual	(J) Agua Residual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Juncos	Afluyente	2820626,83333*	177053,58656	,070	3316188,5295	2325065,1372
		Control	1570626,83333*	177053,58656	,009	2066188,5295	1075065,1372
		Lentejas	7082,16667	177053,58656	,005	488479,5295	502643,8628
	Lentejas	Afluyente	2827709,00000*	177053,58656	,905	3323270,6961	2332147,3039
		Control	1577709,00000*	177053,58656	,008	2073270,6961	1082147,3039
		Juncos	7082,16667	177053,58656	,000	502643,8628	488479,5295

Nota: *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

- Para el parámetro de coliformes Termotolerantes, en la tabla 37 se observa que tanto la lenteja y junco de agua obtuvieron un valor α mayor a 0.05, esto nos indica que ambos sistemas de depuración con macrófitas en la Universidad Nacional de Ucayali, no influyen positivamente en la calidad de las aguas residuales.

En conclusión, aceptamos la hipótesis del investigador (H_i), ya que casi todos los parámetros fisicoquímicos, a excepción del parámetro microbiológico influyen positivamente en mejorar la calidad de agua residual de la Universidad Nacional de Ucayali, y rechazamos la Hipótesis Nula (H_0).

4.2.2 Hipótesis específica.

- **H_0** La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.
- **H_i** : La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.

Para responder dicha hipótesis realizamos la comparación de nuestros resultados obtenidos, con los LMP del D.S.003-2010-MINAM.

Tabla N° 38**Comparación de los resultados fisicoquímicos con el d.s n°003-2010-minam**

PARAMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO		D.S.N°003-2010-MINAM
		T. LENTEJAS	T. JUNCOS	
pH.	Unidad	7.6	7.7	6.5-8.5
Temperatura	°C	26.2	26.5	<35
Conductividad Eléctrica	mmho/cm	490	470	NO APLICA
Solidos Totales Disueltos	mg/l	490	470	NO APLICA
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.9	0.9	NO APLICA
Turbiedad	UNT	36	85	NO APLICA
DBO5	mg/l	100	130	100
DQO	mg/l	155	165	200
Amonio	mg/l	30	25	NO APLICA
Coliformes Termotolerantes	NMP/100m/l	31125	49244	10, 000

Como se observa, en la tabla 37, los parámetros pH, temperatura, DBO5, DQO, cumplen con lo establecido en el D.S.003-2010-MINAM. Ante ello aceptamos la Hipótesis del investigador (Hi) y rechazamos la Hipótesis nula (Ho).

- **Ho** La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.
- **Hi:** La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas permitirá cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.

Tabla N° 39**Comparación de los resultados microbiológicos con el d.s n°003-2010-minam**

PARAMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO		D.S.N°003-2010-MINAM
		T. LENTEJAS	T. JUNCOS	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100m/l	31,125	49,244	10, 000

Nuestra posición respecto a la hipótesis nula (**H₀**), es aceptar dicha hipótesis, ya que según la tabla N° 39, los parámetros microbiológicos no logran cumplir con lo establecido en el D.S.003-2010-MINAM.

CAPÍTULO V

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Los resultados de la investigación conducen a la conclusión que, si existe influencia del uso de *Lemna minor* y *Eleocharis palustris* en mejorar la calidad de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, se relacionan mediante la medida de los parámetros de: pH, Conductividad, STD, OD, Turbiedad, DBO5, DQO, Amonio y Coliformes Fecales; como se puede verificar con las investigaciones mencionadas en los antecedentes que confirman la presente investigación.

Según Gualan (2016). En su investigación titulada “Evaluación del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe” cuyo objetivo fue evaluar el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, donde se concluye que la lenteja de agua (*Lemna minor*) es efectivo para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Este estudio corrobora nuestro resultado con la lenteja de agua (*Lemna minor*).

Pérez-López (Chihuahua-México, 2015). Según su estudio titulado “Tolerancia de macrófitas acuáticas a aguas residuales domésticas y su eficiencia en humedales artificiales en condiciones de invernadero”, Se clasificaron las especies de plantas acuáticas y semi-acuáticas de tres calidades de agua: dos provenientes del río el Tunal y otra de uno de sus tributarios, considerando su

contenido de oxígeno disuelto, fosfato soluble, nitrato, amoníaco, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y sus valores en pH y conductividad eléctrica. Un MANOVA/ANOVA demostró diferencias significativas entre parámetros y sitios. Se identificaron veintiocho especies de plantas con diferentes tolerancias, de las cuales se seleccionaron *Schoenoplectus americanus*, *S. tabernaemontani*, y *Eleocharis Palustis*. Las tres especies se propagaron favorablemente bajo condiciones de invernadero. Su adaptación al agua residual de la localidad fue evaluada en 5 micro-unidades: un control con agua residual (WW), otro con grava (G) y tres humedales de flujo sub-superficial, uno para cada una de las tres especies de plantas seleccionadas, todas por duplicado. Para amoníaco y fosfatos, los sistemas con grava y plantas removieron entre 96 y 98% y entre 99 y 100%, respectivamente. Los contenidos de coliformes fecales disminuyeron uniformemente en todos los sistemas, entre 98.5 y 98.7%. El soporte (grava triturada) fue el principal responsable de la remoción de amoníaco y fosfatos (98% en 48 horas), debido a su capacidad de intercambio iónico. Se considera que las tres especies son apropiadas para la construcción de humedales porque tienen facilidad para propagarse y establecerse, son nativas, abundantes y tolerantes a las condiciones locales y al agua residual de la región. El humedal en el área representaría también un refugio para la vida silvestre.

Según este estudio podemos ver que el Junco de agua logró reducir en forma significativa la cantidad de Boro, en comparación con nuestro estudio, se corrobora que el junco de agua fue igual de efectivo en mejorar la calidad del agua residual de la Universidad Nacional de Ucayali.

CONCLUSIONES

Terminada la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

➤ Con respecto al objetivo general y en respuesta a la hipótesis general, se concluye que el uso de *Lemna minor* y *Eleocharis palustris* influyen en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, 2019, como se puede corroborar en el análisis ANOVA indica que existe diferencia significativa y se corrobora con la prueba HSD Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$, logrando el objetivo general.

➤ La medida en que influyó el sistema de depuración con macrófitas en el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali son los siguientes: en cuanto al pH la lenteja de agua tuvo una eficiencia de 6.5% mientras que el junco de agua 6.9%, respecto a la temperatura la lenteja obtuvo una eficiencia del 2.7% y el junco un 2.4%, la conductividad con respecto a la lenteja de agua obtuvo una eficiencia del 28.1% y el junco de agua 29.2%, los STD con respecto a la lenteja de agua obtuvo una eficiencia del 24.7% mientras que el junco de agua un 24.1%, el OD con respecto a la lenteja de agua obtuvo un 52.8% y el junco de agua un 58.8%, la turbiedad en cuanto a la lenteja de agua obtuvo 79.1% y el junco de agua 77.3%, la DBO5 en cuanto a la lenteja de agua obtuvo una eficiencia de 64.3% y el junco de agua un 51.7%, la DQO con respecto a la lenteja de agua obtuvo una eficiencia del 62.9% y con respecto al junco 54.4%, el amonio con respecto a la lenteja de agua obtuvo una eficiencia del 49.7% y el junco de agua un 43.1%, finalmente en cuanto a los coliformes fecales con respecto a la lenteja de agua se obtuvo una eficiencia del 99.2% y el junco de agua 98.9%. Concluyendo que ambas

especies de macrófitas influyeron significativamente en mejorar la calidad del agua residual de la Universidad Nacional de Ucayali.

➤ El sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas, logró influenciar sobre los parámetros fisicoquímicos, mejorando la calidad del agua de la Universidad de Ucayali, a su vez permitió cumplir con ciertos parámetros establecidos en el D.S.003-2010-MINAM, como son el pH, la Temperatura, DBO5 y DQO.

➤ El sistema de depuración de aguas residuales con macrófitas, no logró influenciar sobre los parámetros microbiológicos, tampoco permitió cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM.

RECOMENDACIONES

Dada las principales conclusiones de la presente investigación, se sugiere lo siguiente:

➤ Se recomienda que esta investigación sea replicada, con el propósito de establecer sistemas de tratamiento por humedales artificiales con otras especies de macrófitas, con la finalidad de realizar la remoción de diferentes tipos de contaminantes, como por ejemplo contaminantes resultantes de aguas residuales industriales o aguas originadas en el sector minero (remoción de metales), ya que se requiere de tecnologías económicas y eficientes que brinden la posibilidad de mitigar los impactos ambientales.

➤ Para poder cumplir con el LMP del D.S.003-2010-MINAM, respecto a los parámetros microbiológicos, se sugiere que para estudios posteriores de investigación, se lleve a cabo la implementación de un sistema de cloración y así poder mejorar el tratamiento de las aguas residuales.

➤ Se recomienda el uso *Lemna minor* y *Eleocharis palustris*, para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales, debido a los altos porcentajes de remoción obtenidos en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a fin de liberar importantes volúmenes de agua limpia, además, este sistema es menos costoso en cuanto a la operación y el mantenimiento. Por otro lado en dicho sistema no se requiere el uso de insumos y/o reactivos químicos para el tratamiento.

➤ Se recomienda a futuros proyectos de investigación, realizar el tema de control de crecimiento y limpieza de las macrófitas en forma periódica.

➤ Es importante tener en consideración las condiciones climáticas adecuadas, donde las especies a emplear para el tratamiento de las aguas residuales domesticas puedan desarrollarse y adecuarse de manera óptima. En el caso del *Lemna Minor* (*lenteja de agua*) y el *Eleocharis Palustris* (*junco de agua*), son plantas que pueden desarrollarse en climas templados y a temperaturas dentro del intervalo 15°C – 30°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrams, L. (1923). *Ferns to Birthworts*. Stanford.: Pacific States. Stanford University Press.
- Arroyave, M. (2004). *La Lenteja de Agua (Lemna minor L.: Una planta acuatica promisaria. REVISTA EIA (Escuela de Ingenieria de Antioquia), 7.*
- Breen, P. F. (1990). *A mass balance methods for assessing the potential of artificial wetlands for wastewater treatment*. WaterRes.
- Brix, H. (1994). *Functions of macrophytes in constructed Wetlands*. Risskov, Dinamarca : Pergamon .
- Carmen, O. B. (2005). *Contaminación Ambiental*. España, Madrid: Thomson.
- Castillo, B. S. (2017). *Aplicacion de Macrofitas en flotacion como ayuda e el tratamiento de aguas residuales en la lacuna UDEP*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas.
- Celia, R. P. (2010). *Accion depuradora de algunas plantas acuaticas sobre las aguas* . Cuba: ISPJAE.
- Cooper, P. F. & Boom, A. G. (1987). *The Use of Phragmites for Wastewater Treatment by the Root Zone Method*. Orlando, Florida: UK.
- Cooper, P. F. (1987). *The Use of Phragmites for Wastewater Treatment by the Root Zone Method: The UK Approach. In Aquatic plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Orlando, Florida: Magnolia Pub.
- Cruz. M. (2016). *Tratamiento de las aguas laguna "Mansión" mediante la especie Eichhorniacrassipes, para el riego de áreas verdes. UPU*

- Diaz Delgado, C. (2003). *Indicadores de contaminación fecal en aguas. En Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Buenos Aires, Argentina : CYTED.
- Diaz, C. (2003). *Indicadores de contaminación fecal en aguas. En Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Buenos Aires, Argentina: CYTED.
- Duncan, M. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in*. Londres.
- E. LANDOLT. (1980). *Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae)*. . Zurich Switzerland: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes.
- E.C./E.W.P.C.A. (1990). *Emergent Hydrophyte Treatment Systems Contact Group, European Design and Operations Guidelines for Reed Bed Treatment Systems. Presented at the International Conference "Use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control,"*. Cambridge, USA: UK.
- Espigares, M., & Perez , J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada: Universidad de Granada.
- Fernández. (2005). *Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación*. Madrid, España: Ayuntamiento de Lorca.
- Fernandez. (2006). *La fitodepuración mediante humedales artificiales*. Madrid, España: Maimasd.
- Fernández Gonzáles, J., Beascochea, E. M., Curt Fernandez de la Mora, M. D., & Muñoz, J. M. (2005). *Manual de fitodepuracion. Filtros de macrofitas en flotación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Fernández González, J. (2006). *La fitodepuración mediante humedales artificiales*. Madrid, España: Maimasd.

- Frers, C. (2008). *El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales*. Madrid: UCM.
- Garay, A. (2017). *Eficacia de las macrófitas Jacinto y lenteja de agua para disminuir la concentración de Boro en las aguas minerotermales de la "laguna la milagrosa", Chilca 2017*: UCV
- García, E. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada: Universidad de Granada.
- García, J. (. (2003). *Estudio de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (Tesis de diploma para Ingeniero Químico)*. La Habana, Cuba: CUJAE.
- Gualan Medina, S.D. (2016). *Evaluación del pasto alemán (echinochloa polystachya) y lenteja de agua (Lemna minor) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe*. Zamora-Ecuador: UNL
- Guerra, J. D. (2015). *Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante HumedalesArtificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies Cyperus Papyrus y Phragmites Australis, en Carapongo Lurigancho*. Lurigancho - Perú: UNI.
- Guerrero Santana, E. M. (2014). *Tratamiento de aguas residuales domesticas con la especie acuatica Eichhomla Crassipes en una laguna de oxidacion secundaria del sector 9, distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo , Ucayali 2014*. Pucallpa.
- Hernández, J, & Rangel J. O. . (2009). *La vegetación del humedal de Jaboque (Bogotá D.C.)*. Bogota, Colombia : Universidad Nacional de Colombia.

- Hernandez, S., Fernandez, R., & Baptista, L. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Londoño. (2010). *Metodos analiticos para la evaluacion de la calidad fisicoquimica del agua*. Maizales : Blanecolor Ltda.
- López, N. (2004). *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Ciencia.
- Mara, D. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. London: Earthscan.
- Margalef, R. (1991). *Ecología*. Barcelona: omega.
- Martelo. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte*. Colombia: Ingeniería y Ciencia, ing. cienc.
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. A. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte*. Colombia : Ingeniería y Ciencia, ing. cienc.
- Martin, M I. (1989). *Depuración de aguas con plantas emergentes*. Madrid , España: Ciudad Universitaria 28040.
- MMasters, G. M., & Ela, W. P. (2008). *Introducción a la ingeniería medioambiental*. Madrid, España: Pearson Educación S, A.
- Mertelo . (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revision del estado del arte*. Bogota - Colombia: Ingeniería y Ciencia.
- MINAM. (2009). *Manual para municipios ecoeficientes*. Lima, Perú: ENOTRIA S.A.
- MINAM. (2010). *LMP para PTAR*. Lima. Perú: Diario el Peruano .
- Ministerio de Vivienda, C. y. (s.f.). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas resdiduales domesticas o municipales* . Peru: OMA.

- Mulca, P. (04 de 11 de 2013). *Lemna minor (Lenteja de Agua)*. Recuperado el 26 de 06 de 2018, de PezAdicto.com: <http://www.pezadicto.com/lemna-minor-lenteja-de-agua/>
- Núñez López, R. A. (2004). *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Ciencia.
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima, Perú: Billy Víctor Odiaga Franco.
- Onofre Muñoz, D.Y. (2017). *Tratamiento de aguas residuales agropecuarias plantas acuáticas Azolla pinnata, Lemna minor y Salvinia minima*. (Tesis inédita de Maestría) Universidad EARTH, Costa Rica.
- Orozco Montúa, C. A. (11 de 11 de 2012). *Lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 26 de 06 de 2018, de <https://es.slideshare.net/carlosorozco68/lenteja-de-agua-para-el-tratamiento-de-aguas>
- Pérez, G. R. (1992). *Fundamentos de limnología tropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Perez, M. (07 de 01 de 2013). *Eleocharis palustris*. Recuperado el 26 de 06 de 2018, de Botanica y Jardines. com: <http://www.botanicayjardines.com/eleocharis-palustris/>
- PERMACULTURE, D. G. (s.f.). *DEEP GREEN PERMACULTURE*. Recuperado el 24 de ENERO de 2017, de <https://deepgreenpermaculture.com/diy-instructions/building-a-small-water-garden/>
- Rojas, R. (2002). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Curso internacional "Gestión integral de tratamiento de aguas residuales"*. Lima, Perú: OPS.

- Roldan Pérez, G., & Ramirez Restrepo, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia .
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Calidad del agua*. México, D.F: Alfaomega.
- Romero, R. (1999). *Calidad del agua*. México, D.F: Alfaomega.
- Eleocharis Palustris*. (s.f). Recuperado el 26 de 06 de 2018, de Plantasyestanques.es:
<https://www.plantasyestanques.es/typlas-y-juncos/530-eleocharis-palustris.html>
- Scirpus lacustris (junco de agua)*. (s.f). Recuperado el 26 de 06 de 2018, de Acuaestanques: <https://www.acuaestanques.com/%C3%ADndice-de-plantas-para-estanques/lista-de-plantas-por-orden-alfab%C3%A9tico/scirpus-lacustris-junco-de-agua/>
- Saavedra Castillo, B. (enero del 2017). *Aplicación de Macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de Aguas Residuales en la Laguna UDEP*. Piura-Perú. PIRHUA.
- Santana, E. M. (2014). Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Sanz Elorza, M. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Madrid: Lazaroa.
- Sarango Araujo, O. P., y Sánchez Ramírez, J. A. (2016). “*Diseño y construcción de 2 de biofiltros con eichhornia crassipes y lemna minor para la evaluación de la degradación contaminantes en aguas residuales de la extractora río Manso Exa S.A. “planta la comuna”, Quinindé*”. Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo

Sierra Cuello, L. F., Ramírez Hernández, L. Francisco., y Rodríguez Miranda, J. P. (2018).

Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrófitas como las lentejas de agua (*lemma minor*) en lagunas de estabilización. *Ciencia y Tecnología*. 10(2), 153-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v10i2.434>

Sperling, M. V. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. Londres: IWA Publishing.

Steiner, G. &. (1993). *Directrices generales de diseño, construcción y operación: sistemas de tratamiento de aguas residuales de pantanos construidos para usuarios pequeños, incluidas residencias individuales*. Tennessee , USA: Tennessee Valley Authority.

Suarez Jeirson, P. C. y Florez Tellez, D. (2017). *Evaluación In Vitro de la Taruya (Eichhornia Crassipes) como agente Biorremediador en aguas contaminadas con cromo*. Cartagena-Colombia. USBSC

Tchobanoglous, G. (1987). *Aquatic Plants Systems for Wastewater Treatment: Engineering Consideration. Presented at the Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Orlando, Florida: Magnolia Pub.

Torres, P. (2012). Perspectiva del tratamiento anaerobico de aguas residuales domesticas en paises desarrollados . *UAEM Redalyc.org*, 116.

Tuesta Flores, N.V. (2016). Evaluación de las especies *lemma minor* L. (lenteja de agua) y *eichhornia crassipes* M. (Jacinto de agua) en remoción de materia orgánica. Tarapoto-Perú. UNSM.

USEPA. (1998). *Subsurface flow constructed Wetlands for wastewater treatment: a technology assessment office of water*. USA: USEPA.

Villanueva Aliaga, L., y Yance Soto, J. (2017). “*Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca*”. Huancayo-Perú. UNCP

Zambrano, J. (1974). Las Malezas Acuáticas. *Revista de la Facultad de Agronomía* , 93-94.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de La Tesis: “Tratamiento de agua residual doméstica mediante sistemas de depuración con macrofitas (*Lemna minor* Y *Eleocharis palustis*) en la Universidad Nacional De Ucayali Octubre2018-Setiembre 2019”.

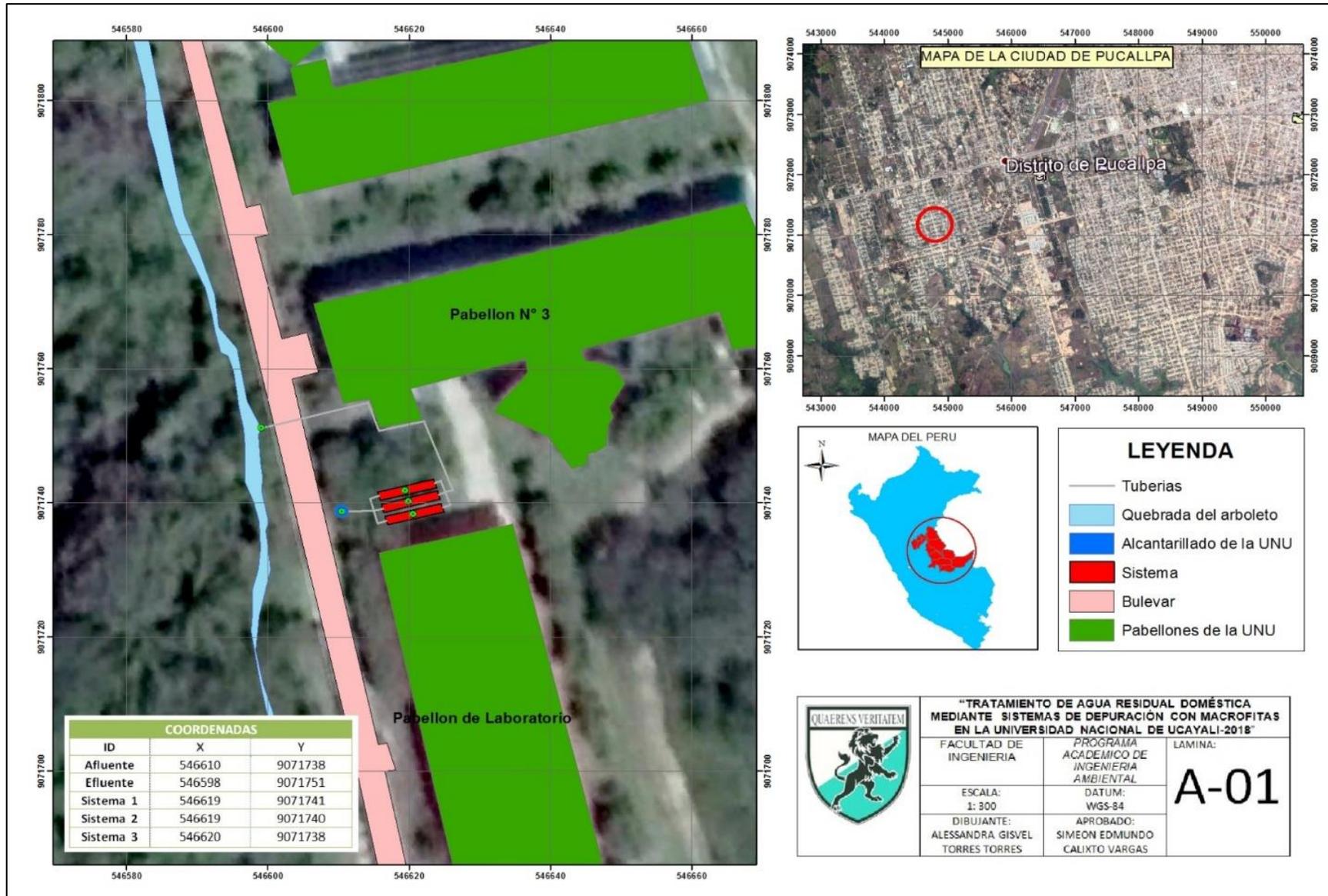
Tesista: Bach. Torres Torres Alessandra Gisvel

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	POBLACIÓN Y MUESTRA
		HIPÓTESIS GENERAL	DEPENDIENTE			
¿En qué medida influye el sistema de depuración con macrofitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la Universidad Nacional de Ucayali Octubre 2018-Setiembre 2019?	Determinar la influencia del sistema de depuración con macrofitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la Universidad Nacional de Ucayali de Octubre 2018-Setiembre 2019.	<p>Hi: El sistema de depuración con macrofitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influye positivamente en la calidad de las aguas residuales.</p> <p>Ho: El sistema de depuración con macrofitas en la Universidad Nacional de Ucayali, influye negativamente en la calidad de las aguas residuales.</p>	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>ENFOQUE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativo <p>ALCANCE O NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo - Correlacional <p>DISEÑO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimental <p>ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis de Varianza (ANOVA) 	<p>Técnicas de recolección de información: se analizará las características de las aguas residuales antes y después del tratamiento en el sistema.</p> <p>Todo ello se llevara a cabo con los siguientes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación directa • Pruebas estadísticas • Fotografías • Libreta de campo 	<p>POBLACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua residual domestica de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). <p>MUESTRAS:</p> <p>Las aguas residuales domésticas provenientes del sistema residual de la Universidad Nacional de Ucayali. Las cuales servirán para las réplicas de cada tratamiento con las macrofitas.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICO.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICO	INDEPENDIENTE			
¿Cuál será la influencia del sistema de depuración con macrofitas, en el tratamiento de los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domésticas de la UNU de Octubre2018-Setiembre 2019?	Evaluar la influencia del sistema de depuración con macrofitas para los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domésticas de la UNU de Octubre2018-Setiembre 2019.	<p>Hi: La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrofitas permitirá cumplir con el LMP del D.S. 003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.</p> <p>Ho: La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrofitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S. 003-2010-MINAM para los parámetros fisicoquímicos.</p>	Plantas macrofitas.			
¿Cuál será la influencia del sistema de depuración con macrofitas, en el tratamiento de los parámetros microbiológicos de aguas residuales domésticas de la UNU de Octubre2018-Setiembre 2019?	Evaluar la influencia del sistema de depuración con macrofitas para los parámetros microbiológicos de aguas residuales domésticas de la UNU de Octubre2018-Setiembre 2019.	<p>Hi: La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrofitas permitirá cumplir con el LMP del D.S. 003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.</p> <p>Ho: La influencia del sistema de depuración de aguas residuales con macrofitas no permitirá cumplir con el LMP del D.S. 003-2010-MINAM para los parámetros microbiológicos.</p>				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO

PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 3: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO DIARIO Y SEMANAL DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS.

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	8.1	7.8	7.8	7.9
r1	19 de diciembre	8.6	8.2	8.1	8.3
r2	21 de diciembre	7.9	7.8	7.6	7.8
r3	24 de diciembre	7.8	7.5	7.6	7.7
t°		28.1	27.5	27.3	28.1
r1	19 de diciembre	29.5	28.7	28.7	29.4
r2	21 de diciembre	26.8	26.2	26	26.7
r3	24 de diciembre	28.1	27.6	27.1	28.1
conductividad		730.0	531	520.0	710.0
r1	19 de diciembre	830	590	580	815
r2	21 de diciembre	750	520	510	725
r3	24 de diciembre	610	484	470	590
STD		510.0	389.0	376.0	495.0
r1	19 de diciembre	570	422	410	560
r2	21 de diciembre	530	385	368	515
r3	24 de diciembre	430	360	350	410
OD		0.6	1.1	0.8	0.7
r1	19 de diciembre	0.3	0.6	0.4	0.5
r2	21 de diciembre	0.5	1.2	0.9	0.8
r3	24 de diciembre	0.9	1.4	1.1	0.9

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	7.9	7.6	7.7	7.7
r1	26 de diciembre	7.9	7.6	7.7	7.7
r2	28 de diciembre	7.7	7.4	7.5	7.6
r3	31 de diciembre	8.2	7.8	7.8	7.9
t°		28.1	26.2	26.5	28.1
r1	26 de diciembre	28.1	26.1	26.4	28
r2	28 de diciembre	28	26.2	26.3	28
r3	31 de diciembre	28.3	26.3	26.7	28.2
conductividad		665.0	490.0	470.0	640.0
r1	26 de diciembre	820	540	490	680
r2	28 de diciembre	685	500	475	640
r3	31 de diciembre	490	430	445	600
Std		485.0	421.0	405.0	470.0
r1	26 de diciembre	495	440	409	480
r2	28 de diciembre	475	410	401	460
r3	31 de diciembre	485	413	405	470
OD		1.3	1.9	0.9	1.6
r1	26 de diciembre	1.7	2.3	0.9	1.9
r2	28 de diciembre	1.1	1.6	0.8	1.3
r3	31 de diciembre	1.2	1.9	1	1.7

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	8.0	7.4	7.1	7.9
r1	02 de enero	7.9	7.4	6.9	8
r2	04 de enero	8.3	7.6	7.2	8.1
r3	07 de enero	7.9	7.2	7.1	7.6
t°		29.1	28.1	28.4	28.7
r1	02 de enero	29.2	28.3	28.4	29
r2	04 de enero	28.5	27.5	27.7	27.9
r3	07 de enero	29.5	28.6	29	29.1
conductividad		615.0	460.0	450.0	585.0
r1	02 de enero	630	490	480	605
r2	04 de enero	615	455	460	580
r3	07 de enero	600	435	410	570
STD		421.0	331.0	325.0	395.0
r1	02 de enero	435	350	347	410
r2	04 de enero	418	325	318	395
r3	07 de enero	410	318	310	380
OD		1.1	2.4	1.2	1.7
r1	02 de enero	1	2.3	1.4	1.9
r2	04 de enero	0.8	2.1	1.1	1.5
r3	07 de enero	1.4	2.7	1.2	1.8

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	7.9	7.3	7.2	7.7
r1	09 de enero	8.1	7.5	7.4	7.9
r2	11 de enero	7.8	7.1	7.1	7.4
r3	14 de enero	7.9	7.2	7.2	7.8
t°		28.5	28.1	28.2	28.1
r1	09 de enero	28.6	28.3	28.3	28.3
r2	11 de enero	28.4	28	28.1	27.9
r3	14 de enero	28.6	28.1	28.1	28.2
conductividad		530.0	416.7	385.0	480.0
r1	09 de enero	520	400	390	490
r2	11 de enero	540	440	405	470
r3	14 de enero	530	410	360	480
STD		435.0	345.0	325.0	405.0
r1	09 de enero	410	325	305	370
r2	11 de enero	460	370	350	440
r3	14 de enero	435	340	320	405
OD		0.8	2.8	1.6	1.8
r1	09 de enero	1.1	3.6	1.9	2.1
r2	11 de enero	0.8	2.9	1.4	1.9
r3	14 de enero	0.6	2	1.6	1.5

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	8.1	7.4	7.6	7.9
r1	16 de enero	8.4	7.6	7.7	8.1
r2	18 de enero	7.9	7.2	7.4	7.6
r3	21 de enero	8	7.5	7.6	7.9
t°		27.6	27.2	27.1	27.4
r1	16 de enero	27.8	27.3	27.2	27.3
r2	18 de enero	27.4	27.1	27.1	27.6
r3	21 de enero	27.7	27.3	27.1	27.4
conductividad		685.0	465.0	510.0	610.0
r1	16 de enero	700	485	540	650
r2	18 de enero	665	440	480	540
r3	21 de enero	690	470	510	640
STD		535.0	335.0	435.0	505.0
r1	16 de enero	550	360	460	525
r2	18 de enero	520	315	415	490
r3	21 de enero	535	330	430	500
OD		0.6	2.2	1.5	0.9
r1	16 de enero	0.9	2.6	1.9	1.2
r2	18 de enero	0.6	2.2	1.4	1
r3	21 de enero	0.4	1.8	1.3	0.6

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
Ph	FECHA	7.9	7.1	7.2	7.6
r1	23 de enero	8.1	7.2	7.3	7.9
r2	25 de enero	8	7.1	7.1	7.3
r3	28 de enero	7.5	7	7.2	7.6
t°		28.1	27.9	28.2	27.9
r1	23 de enero	28.2	28	28.2	27.8
r2	25 de enero	28	27.6	28.1	28.1
r3	28 de enero	28.1	28.1	28.2	27.9
conductividad		645.0	420.0	405.0	615.0
r1	23 de enero	650	440	420	620
r2	25 de enero	635	410	395	605
r3	28 de enero	650	410	400	620
STD		515.0	350.0	335.0	465.0
r1	23 de enero	530	380	370	495
r2	25 de enero	510	350	325	470
r3	28 de enero	505	320	310	430
OD		1.1	2.4	2.1	1.8

r1	23 de enero	1	2.2	1.9	2.1
r2	25 de enero	1.3	2.8	2.5	1.6
r3	28 de enero	1.1	2.3	2	1.8

		AGUA RESIDUAL	LENTEJA	JUNCO	SIN TRATAMIENTO
TURBIEDAD	FECHA				
	19 de diciembre	114	31	75	100
	26 de diciembre	136	36	85	75
	02 de enero	125	26	32	65
	09 de enero	98	18	29	35
	16 de enero	125	15	20	45
	23 de enero	93	19	13	35
DBO					
	19 de diciembre	215	110	125	200
	26 de diciembre	200	100	130	180
	02 de enero	185	65	130	150
	09 de enero	195	45	82	125
	16 de enero	235	55	65	185
	23 de enero	205	65	55	175
DQO					
	19 de diciembre	290	165	180	280
	26 de diciembre	310	155	165	290
	02 de enero	215	80	98	195
	09 de enero	235	60	125	175
	16 de enero	310	75	105	235
	23 de enero	295	85	75	230
AMONIO					
	19 de diciembre	42	25	28	39
	26 de diciembre	40	30	25	38
	02 de enero	32	12	21	25
	09 de enero	39	15	26	30
	16 de enero	45	20	22	35
	23 de enero	32	15	10	21
COLIFORMES FECALES					
	19 de diciembre	2400000	23054	32720	1900000
	26 de diciembre	2100000	31225	49244	1600000
	02 de enero	3500000	27150	32720	1950000
	09 de enero	2900000	16902	21589	1450000
	16 de enero	3300000	13826	23054	1600000
	23 de enero	2900000	21589	16902	1100000

**ANEXO 4: CADENAS DE CUSTODIA DE LOS
PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18121901

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisvel Torres Torres</u>																	
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074981</u>		Dirección		<u>Jr. Lima # 810</u>							
Departamento:				<u>Ucayali</u>				Provincia:				<u>Coronel Portillo</u>		Distrito:		<u>Calleria</u>	
Muestreador		<u>El solicitante</u>						DNI:		Firma: <u>[Firma]</u>							
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo			
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :			
															Este	Norte	
AR	19-12-18	10:10 am	AR	Afluente	8.6	29.5	830	570	114	0.3	18,19	3,4,13	546610	9071738			
TL	19-12-18	10:25 am	AR	Efluente	8.2	28.7	590	422	31	0.6	18,19	3,4,13	546619	9071740			
TS	19-12-18	11:00 am	AR	Efluente	8.1	28.7	580	410	75	0.4	18,19	3,4,13	546620	9071738			
ST	19-12-18	11:20 am	AR	Efluente	8.3	29.4	815	560	100	0.5	18,19	3,4,13	546619	9071741			
Observaciones :																	

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18122102

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisvel Torres Torres</u>																	
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074981</u>		Dirección		<u>Jr. Lima # 810</u>							
Departamento:				<u>Ucayali</u>				Provincia:				<u>Coronel Portillo</u>		Distrito:		<u>Calleria</u>	
Muestreador		<u>El solicitante</u>						DNI:		Firma: <u>[Firma]</u>							
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo			
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :			
															Este	Norte	
AR	21-12-18	10:30 am	AR	Afluente	7.9	26.8	750	530		0.5	18,19	3,4,13	546610	9071738			
TL	21-12-18	10:42 am	AR	Efluente	7.8	26.2	520	385		1.2	18,19	3,4,13	546619	9071740			
TS	21-12-18	11:01 am	AR	Efluente	7.6	26	510	368		0.9	18,19	3,4,13	546620	9071738			
ST	21-12-18	11:20 am	AR	Efluente	7.8	26.7	725	515		0.8	18,19	3,4,13	546619	9071741			
Observaciones :																	

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18122403

Razón social del solicitante : Alessandro Gisvel Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Jr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>UCAYALI</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito: <u>Calleja</u>	
Muestreador	<u>el solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>AT</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :		
															Este	Norte
AR	24-12-18	10:21 am	AR	Afluyente	7.8	28.1	610	430			0.9	18.19	3.4.13	546610	9071738	
TL	24-12-18	10:30 am	AR	Efluyente	7.5	27.6	484	360			1.4	18.19	3.4.13	546619	9071740	
D	24-12-18	10:46 am	AR	Efluyente	7.6	27.7	470	350			1.1	18.19	3.4.13	546620	9071738	
ST	24-12-18	11:00 am	AR	Efluyente	7.7	28.1	590	410			0.9	18.19	3.4.13	546619	9071741	

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18122601

Razón social del solicitante : Alessandro Gisvel Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Jr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>UCAYALI</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito: <u>Calleja</u>	
Muestreador	<u>el solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>AT</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :		
															Este	Norte
AR	26-12-18	10:12 am	AR	Afluyente	7.9	28.1	820	495	136		1.7	18.19	3.4.13	546610	9071738	
TL	26-12-18	10:20 am	AR	Efluyente	7.6	26.1	540	440	36		2.3	18.19	3.4.13	546619	9071740	
TS	26-12-18	10:27 am	AR	Efluyente	7.7	26.4	490	409	85		0.9	18.19	3.4.13	546620	9071738	
ST	26-12-18	10:36 am	AR	Efluyente	7.7	28	680	480	75		1.9	18.19	3.4.13	546619	9071741	

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18122802

Razón social del solicitante : Alessandra Gisela Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Callao</u>
Muestreador	<u>El Solitario</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	28-12-18	10:21 am	AR	Afluyente	7.7	28	685	475			1.1	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	28-12-18	10:30 am	AR	Efluyente	7.4	26.2	500	410			1.6	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	28-12-18	10:36 am	AR	Efluyente	7.5	26.3	475	401			0.8	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	28-12-18	10:40 am	AR	Efluyente	7.6	28	640	460			1.3	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19012301

Razón social del solicitante : Alessandra Gisela Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Callao</u>
Muestreador	<u>El Solitario</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	23-01-19	10:36 am	AR	Afluyente	8.1	28.2	650	530	93		1	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	23-01-19	10:50 am	AR	Efluyente	7.2	28	440	380	19		2.2	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	23-01-19	11:10 am	AR	Efluyente	7.3	28.2	420	370	13		1.9	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	23-01-19	11:22 am	AR	Efluyente	7.9	27.8	620	495	38		2.1	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 18123103

Razón social del solicitante : Alessandro Gisael Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Jr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Calleja</u>
Muestreador	<u>El solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
														Este	Norte
AR	31-12-18	10:09 am	AR	Afluente	8.2	28.3	490	485		1.2	18,19	3,4,13	546610	9071738	
TL	31-12-18	10:21 am	AR	Efluente	7.8	26.3	430	413		1.9	18,19	3,4,13	546619	9071740	
TJ	31-12-18	10:30 am	AR	Efluente	7.8	26.7	445	405		1	18,19	3,4,13	546620	9071738	
ST	31-12-18	10:40 am	AR	Efluente	7.9	28.2	600	470		1.7	18,19	3,4,13	546619	9071741	

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19010201

Razón social del solicitante : Alessandro Gisael Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Jr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Calleja</u>
Muestreador	<u>Muestreador</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
														Este	Norte
AR	02-01-19	10:32 am	AR	Afluente	7.9	29.2	630	435	125	1	18,19	3,4,13	546610	9071738	
TL	02-01-19	10:45 am	AR	Efluente	7.4	28.3	490	350	26	2.3	18,19	3,4,13	546619	9071740	
TJ	02-01-19	11:01 am	AR	Efluente	6.9	28.4	480	347	32	1.4	18,19	3,4,13	546620	9071738	
ST	02-01-19	11:15 am	AR	Efluente	8	29	605	410	65	1.9	18,19	3,4,13	546619	9071741	

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19010402

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisela Torres Torres</u>																
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074981</u>		Dirección		<u>Sr. Umo # 810</u>						
Departamento:				<u>UCAYALI</u>				Provincia:		<u>Coronel Portillo</u>						
Muestreador				<u>El solicitante</u>				DNI:		Firma: <u>[Firma]</u>						
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :		
															Este	Norte
AR	04-01-19	10:28 am	AR	Afluente	8.3	28.5	615	418			0.8	18,19	3,4,13	546610	9071738	
TL	04-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7.6	27.5	455	325			2.1	18,19	3,4,13	546619	9071740	
TJ	04-01-19	11:00 am	AR	Efluente	7.2	27.7	460	318			1.1	18,19	3,4,13	546620	9071738	
BT	04-01-19	11:15 am	AR	Efluente	8.1	27.9	560	395			1.5	18,19	3,4,13	546619	9071741	
Observaciones :																

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19010703

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisela Torres Torres</u>																
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074981</u>		Dirección		<u>Sr. Umo # 810</u>						
Departamento:				<u>UCAYALI</u>				Provincia:		<u>Coronel Portillo</u>						
Muestreador				<u>El muestreador</u>				DNI:		Firma: <u>[Firma]</u>						
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :		
														Este	Norte	
AR	07-01-19	10:16 am	AR	Afluente	7.9	29.5	600	410			1.4	18,19	3,4,13	546610	9071738	
TL	07-01-19	10:30 am	AR	Efluente	7.2	28.6	435	318			2.7	18,19	3,4,13	546619	9071740	
TJ	07-01-19	10:42 am	AR	Efluente	7.1	29	410	310			1.2	18,19	3,4,13	546620	9071738	
BT	07-01-19	10:56 am	AR	Efluente	7.6	29.1	570	380			1.8	18,19	3,4,13	546619	9071741	
Observaciones :																

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19010901

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisela Torres Torres</u>																	
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074987</u>		Dirección		<u>Sr. Lima # 810</u>							
Departamento:				<u>Ucayali</u>				Provincia:				<u>Coronel Portillo</u>		Distrito:		<u>Calleja</u>	
Muestreador								<u>El solicitante</u>		DNI:		Firma: <u>ff</u>					
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo								Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :			
															Este	Norte	
AR	09-01-19	10:06 am	AR	Afluente	8.1	28.6	520	410	125		1.1	18.19	3.4.13	546610	9071738		
TL	09-01-19	10:20 am	AR	Efluente	7.5	28.3	400	325	15		3.6	18.19	3.4.13	546619	9071740		
TJ	09-01-19	10:36 am	AR	Efluente	7.4	28.3	390	305	20		1.9	18.19	3.4.13	546620	9071738		
ST	09-01-19	11:09 am	AR	Efluente	7.9	28.3	490	370	45		2.1	18.19	3.4.13	546619	9071741		
Observaciones :																	

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

ff
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19011102

Razón social del solicitante : <u>Alessandra Gisela Torres Torres</u>																	
DNI / RUC.		<u>48573206</u>		Teléfono		<u>945074987</u>		Dirección		<u>Sr. Lima # 810</u>							
Departamento:				<u>Ucayali</u>				Provincia:				<u>Coronel Portillo</u>		Distrito:		<u>Calleja</u>	
Muestreador								<u>El solicitante</u>		DNI:		Firma: <u>ff</u>					
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo								Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :			
															Este	Norte	
AR	11-01-19	10:24 am	AR	Afluente	7.8	28.4	540	460			0.8	18.19	3.4.13	546610	9071738		
TL	11-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7.1	28	440	370			2.9	18.19	3.4.13	546619	9071740		
TJ	11-01-19	10:52 am	AR	Efluente	7.1	28.1	405	350			1.4	18.19	3.4.13	546620	9071738		
ST	11-01-19	11:15 am	AR	Efluente	7.4	27.9	470	440			1.9	18.19	3.4.13	546619	9071741		
Observaciones :																	

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

ff
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19011403

Razón social del solicitante : Alessandra Gisvel Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito: <u>Calleria</u>	
Muestreador	<u>El solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>ff</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo	
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Este	Norte
AR	14-01-19	10:22 am	AR	Afluente	7.9	28.6	530	435			0.6	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	14-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7.2	28.1	410	340			2	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	14-01-19	10:51 am	AR	Efluente	7.2	28.1	360	320			1.6	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	14-01-19	11:12 am	AR	Efluente	7.8	28.2	480	405			1.5	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19011601

Razón social del solicitante : Alessandra Gisvel Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito: <u>Calleria</u>	
Muestreador	<u>El solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>ff</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo	
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Este	Norte
AR	16-01-19	10:29 am	AR	Afluente	8.4	27.8	700	550	125		0.9	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	16-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7.6	27.3	485	360	15		2.6	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	16-01-19	11:02 am	AR	Efluente	7.7	27.2	540	460	20		1.9	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	16-01-19	11:15 am	AR	Efluente	8.1	27.3	650	525	45		1.2	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

Responsable de monitoreo





UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19011802

Razón social del solicitante : Alessandro Gisaid Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Calleria</u>
Muestreador	<u>El solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbid. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	18-01-19	10:15 am	AR	Afluente	7.9	27.4	665	520			0.6	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	18-01-19	10:30 am	AR	Efluente	7.2	27.1	440	315			2.2	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	18-01-19	10:52 am	AR	Efluente	7.4	27.1	460	415			1.4	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	18-01-19	11:16 am	AR	Efluente	7.6	27.6	540	490			1	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19019103

Razón social del solicitante : Alessandro Gisaid Torres Torres

DNI / RUC.	<u>48573206</u>	Teléfono	<u>945074981</u>	Dirección	<u>Sr. Lima # 810</u>
Departamento:	<u>Ucayali</u>	Provincia:	<u>Coronel Portillo</u>	Distrito:	<u>Calleria</u>
Muestreador	<u>El solicitante</u>			DNI:	Firma: <u>[Firma]</u>

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo						Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo		
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbid. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	21-01-19	10:32 am	AR	Afluente	8	27.7	690	538			0.4	18,19	3,4,13	546610	9071738
TL	21-01-19	10:46 am	AR	Efluente	7.5	27.3	470	330			1.8	18,19	3,4,13	546619	9071740
TJ	21-01-19	11:12 am	AR	Efluente	7.6	27.1	510	430			1.3	18,19	3,4,13	546620	9071738
ST	21-01-19	11:30 am	AR	Efluente	7.9	27.4	640	500			0.6	18,19	3,4,13	546619	9071741

Observaciones :

1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleria/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19012502

Razón social del solicitante : Alessandro Gisvel Torres Torres

DNI / RUC. 48573206 Teléfono 945074981 Dirección Sr. Lima # 810

Departamento: Ucayali Provincia: Coronel Portillo Distrito: Calleja

Muestreador El solicitante DNI: _____ Firma: [Firma]

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo	
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	25-01-19	10:27 am	AR	Afluente	8	28	635	310			1.3	18,19	3,413	546610	9071738
TL	25-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7.1	27.6	410	350			2.8	18,19	3,413	546619	9071740
TJ	25-01-19	10:59 am	AR	Efluente	7.1	28.1	395	325			2.3	18,19	3,413	546620	9071738
ET	25-01-19	11:19 am	AR	Efluente	7.3	28.1	605	470			1.6	18,19	3,413	546619	9071741

Observaciones :

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

N°: 19012803

Razón social del solicitante : Alessandro Gisvel Torres Torres

DNI / RUC. 48573206 Teléfono 945074981 Dirección Sr. Lima # 810

Departamento: Ucayali Provincia: Coronel Portillo Distrito: Calleja

Muestreador El solicitante DNI: _____ Firma: [Firma]

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	T.M. ¹	Punto de muestreo	Parámetros de campo							Parámetros de laboratorio		Coordenadas del punto de muestreo	
					pH	Temp. °C	Cond. us/cm	STD. mg/L	Turbi. NTU	Cloro Res. mg/L	OD mg/L	Microbiológico ²	Físico Químico ³	Zona UTM :	
											Este	Norte			
AR	28-01-19	10:27 am	AR	Afluente	7.5	28.1	650	55			1.1	18,19	3,413	546610	9071738
TL	28-01-19	10:40 am	AR	Efluente	7	28.1	410	320			2.3	18,19	3,413	546619	9071740
TJ	28-01-19	10:58 am	AR	Efluente	7.2	28.2	400	310			2	18,19	3,413	546620	9071738
ST	28-01-19	11:20 am	AR	Efluente	7.6	27.9	620	430			1.8	18,19	3,413	546619	9071741

Observaciones :

- 1: Tipo de muestra / AS (Agua superficial) / AR (Agua Residual) / ACH (Agua de consumo humano) / AH (Agua con hidrocarburos).
2: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.
3: Colocar el número de parámetro que esta al reverso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección: C.F.B. Km 6.200 / Calleja/Coronel Portillo / Ucayali.
RUC: 20154598244
Teléfono: (064) 573779

[Firma]
Responsable de monitoreo



ANEXO 5: RESULTADO DE LOS ANALISIS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Certificado referencial N° 181231002

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>elecharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	24 de Diciembre del 2018
Hora de toma de muestra	10:10 am
Hora de ingreso de muestra	12:01 am
Fecha de emisión de certificado	31 de Diciembre del 2018
Cadena de custodia N°	18122404
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencial.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	8.1	7.9	7.8	7.9	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	28.2	27.6	27.2	28.1	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	730	531	520	710	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	510	389	376	495	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.6	-0.9	0.8	0.7	**
Turbiedad	UNT	114	31	75	100	**
DBO5	mg/l	215	110	125	200	100
DQO	mg/l	290	165	180	280	200
Amoniaco	mg/l	42	25	28	39	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	2400000	23054	32720	1900000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, **NO CUMPLEN** los límites máximos permisibles.



Blgo.-Mg. Mcriblg. Emilio Pascual Valentín



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Certificado referencial N° 19010702

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>eleocharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	31 de Diciembre del 2018
Hora de toma de muestra	9:45 am
Hora de ingreso de muestra	12:05 am
Fecha de emisión de certificado	07 de Enero del 2019
Cadena de custodia N°	18123102
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencia.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	7.9	7.6	7.7	7.7	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	28.2	26.2	26.5	28.1	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	665	490	470	640	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	485	421	405	470	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.3	1.9	0.9	1.6	**
Turbiedad	UNT	136	36	85	75	**
DBO5	mg/l	200	100	130	180	100
DQO	mg/l	310	155	165	290	200
Amoniaco	mg/l	40	30	25	38	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	2100000	31225	49244	1600000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, NO CUMPLEN los límites máximos permisibles.



Blg. Mg. M. Emilio Pascual Valentín
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA



Certificado referencial N° 19011402

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>eleocharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	07 de Enero del 2019
Hora de toma de muestra	9:59 am
Hora de ingreso de muestra	12:01 am
Fecha de emisión de certificado	14 de Enero del 2019
Cadena de custodia N°	19010701
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencial.

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	8	7.4	7.1	7.8	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	29.1	28.1	28.4	28.7	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	615	460	450	585	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	421	331	325	395	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	1.1	2.4	1.2	1.7	**
Turbiedad	UNT	125	26	32	65	**
DBO5	mg/l	185	65	130	150	100
DQO	mg/l	215	80	98	195	200
Amoníaco	mg/l	32	12	21	25	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	3500000	27150	32720	1950000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, NO CUMPLEN los límites máximos permisibles.



Blgo. Mg. Microblg. Emilio Pascual Valentín



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Certificado referencial N° 19012101

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>eleocharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	14 de Enero del 2019
Hora de toma de muestra	10:25 am
Hora de ingreso de muestra	12:16 am
Fecha de emisión de certificado	21 de Enero del 2019
Cadena de custodia N°	19011403
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencia.

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	7.9	7.3	7.2	7.7	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	28.5	28.1	28.2	28.1	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	530	410	385	480	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	435	345	325	405	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.8	2.9	1.6	1.8	**
Turbiedad	UNT	98	18	29	35	**
DBO5	mg/l	195	45	82	125	100
DQO	mg/l	235	60	125	175	200
Amoniaco	mg/l	39	15	26	30	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	2900000	16902	21589	1450000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, **NO CUMPLEN** los límites máximos permisibles.



Blgo. Mg. Microblg. Emilio Pascual Valentín
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Certificado referencial N° 19012802

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>eleocharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	21 de Enero del 2019
Hora de toma de muestra	10:03 am
Hora de ingreso de muestra	12:19 am
Fecha de emisión de certificado	28 de Enero del 2019
Cadena de custodia N°	19012102
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencia.

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	8.1	7.4	7.6	7.9	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	27.6	27.2	27.1	27.4	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	685	465	510	610	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	535	335	435	505	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.6	2.1	1.5	0.9	**
Turbiedad	UNT	125	15	20	45	**
DBO5	mg/l	235	55	65	185	100
DQO	mg/l	310	75	105	235	200
Amoniaco	mg/l	45	20	22	35	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	3300000	13826	23054	1600000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, **NO CUMPLEN** los límites máximos permisibles.



Blgo. Mg. Microblg. Emilio Pascual Valentín



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA SALUD



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Certificado referencial N° 19020401

Solicitante	Alessandra Gisvel Torres Torres
Proyecto	“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (<i>lemna minor</i> y <i>eleocharis palustis</i>) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”
Tipo de muestra	Agua Residual
Fecha de muestreo	28 de Enero del 2019
Hora de toma de muestra	10:03 am
Hora de ingreso de muestra	12:19 am
Fecha de emisión de certificado	04 de Febrero del 2019
Cadena de custodia N°	19012801
Condición de almacenamiento	Refrigeración
Responsable del muestreo	Bach. Alessandra Gisvel Torres Torres
Responsable de laboratorio	Blg. Emilio Pascual Valentín
Normativa comparada	D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.

*El presente certificado tiene valor referencial.

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
Parámetros	Unidad	Resultados				LMP
		Afluente	T. lentejas	T. Juncos	T. control	
pH	Valor de pH	7.9	7.2	7.2	7.6	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	28.1	27.9	28.2	27.9	<35
Conductividad Eléctrica	umho/cm	645	420	405	615	**
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	515	350	335	465	**
Oxígeno Disuélto	mg/l	1.1	2.4	2.1	1.8	**
Turbiedad	UNT	93	19	13	35	**
DBO5	mg/l	205	65	55	175	100
DQO	mg/l	295	85	75	230	200
Amoniaco	mg/l	32	15	10	21	**
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	2900000	21589	16902	1100000	10000

Nd: No Detectable a Nivel de Cuantificación.

*En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = <1,8/100ml

** El parámetro no aplica para esta sub categoría

Las muestras analizadas comparada con el D.S. N° 003-2010-MINAM, **NO CUMPLEN** los límites máximos permisibles.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Blgo. Mg. Mrcblg. Emilio Pascual Valentín

ANEXO 6: CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Certificado de identificación taxonómica

La suscrita por Mario Junior Zegarra Vásquez, certifico que la Srta. Alessandra Gisvel Torres Torres, recolecto muestra de la especie *Eleocharis Palustris*, las cuales fueron identificadas en el sistema de tratamiento ubicado en la Universidad Nacional de Ucayali, entre los pabellones 3° y 4° de dicha institución, para el proyecto TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (*lemna minor* y *eleocharis palustris*) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”.



Ilustración 2 *Eleocharis Palustris*

Pucallpa 13 de Diciembre del 2018.



Mario Junior Zegarra Vásquez
Ingeniero Forestal
CIP: N° 164801

Certificado de identificación taxonómica

La suscrita por Mario Junior Zegarra Vásquez, certifico que la Srta. Alessandra Gisvel Torres Torres, recolecto muestra de la especie *Lemna minor*, las cuales fueron identificadas en el sistema de tratamiento ubicado en la Universidad Nacional de Ucayali, entre los pabellones 3° y 4° de dicha institución, para el proyecto TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE SISTEMAS DE DEPURACIÓN CON MACROFITAS (*lemna minor* y *eleocharis palustis*) EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”.



Ilustración 1 *Lemna minor* en el sistema de tratamiento.

Pucallpa 13 de Diciembre del 2018.

Mario Junior Zegarra Vásquez
Ingeniero Forestal
CIP: N° 164801

ANEXO 7: ILUSTRACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO



Ilustración 1: Construcción y pintado de los estanques



Ilustración2: Instalación del sistema de bombeo



Ilustración 3: Instalación de las tuberías en los estanques



Ilustración 4: Esparcimiento de grava en los 3 estanques



Ilustración 5: Prueba del sistema de distribución



Ilustración 6: Recolección de Junco de agua



Ilustración 7: Recolección de la lenteja de agua



Ilustración 8: Monitoreo en los estanques

