UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

"DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI, DISTRITO DE CALLERÍA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI"

TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

YURI CAROL GARCÍA CASTRO

DIEGO ENRIQUE ROBLES GARCÍA

PUCALLPA – PERÚ

2018

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis ha sido aprobada por los miembros del jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Carlos Panduro Carbajal _____

PRESIDENTE

Dr. Manuel Mamani Flores _____

MIEMBRO

Dr. Grober Panduro Pisco _____

ASESOR

Bach. Diego Enrique Robles Garcia _____

TESISTA

Bach. Yuri Carol Garcia Castro _____

TESISTA

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicado a mi madre Edith Castro Pachari y a mi mamita Alejandra Pachari Roselló por su apoyo incondicional y por sus valores inculcados, a mis hermanas Karla, Brenda, Sisi, mi sobrino Carlitos Gastelú y a toda mi familia Castro Pachari.

Yuri Carol García Castro.

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi Madre por ser el pilar más importante en mi vida, quien ha sabido formarme con mucho esfuerzo y coraje superando todas las adversidades.

A mis abuelos por los valores y consejos que me guiaron a culminar mi carrera profesional.

A mis profesores, gracias a su tiempo, apoyo y sabiduría transmitida en el desarrollo mi formación profesional.

Diego Enrique Robles García.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a su amado hijo por protegerme y guiarme durante mi formación en la Universidad; a mi asesor de tesis Dr. Grober Panduro Pisco y al grupo técnico por apoyarme en los análisis en laboratorio, asimismo agradecer a mis familiares por darme fortaleza para poder terminar la presente tesis y a todas aquellas personas que contribuyeron con el término de mi carrera profesional.

Yuri Carol García Castro.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a un grupo de personas. En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Grober Panduro y a mi buen amigo Paul Reátegui, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida.

Agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a aquellos que hoy no se encuentran físicamente e hicieron grande a mi querida Universidad, a todos por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y profesión. Pero, sobre todo, gracias a mi familia, por su paciencia, comprensión y solidaridad. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo.

Diego Enrique Robles García.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN ..... **ii**

DEDICATORIA ..... **iii**

AGRADECIMIENTO ..... **iv**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **viii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **x**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xi**

RESUMEN ..... **xii**

ABSTARCT ..... **xiii**

INTRODUCCION **1**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Formulación del problema **7**

1.1. General 7

1.2. Específicos 7

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2. Antecedentes del problema. 8

2.1. Agua residual **11**

2.1.1. Aguas residual doméstica 12

2.1.2. Características de las aguas residuales domésticas 12

2.1.3. Características físicas de aguas residuales domésticas 12

2.1.4. Características químicas de las aguas residuales domésticas: 14

2.1.5. Características biológicas de aguas residuales domésticas 25

2.2. Normativa de aguas residuales domésticas en el Perú 28

2.3. Indicadores de calidad del agua 29

2.3.1. Calidad de agua residual doméstica 29

2.4. Microorganismos Eficientes y su uso en aguas residuales 30

2.5. Microorganismos del EM 32

2.5.1. Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris)* 32

2.5.2. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.)* 34

2.6. Definición de términos Básicos 38

2.6.1. Aguas residuales Domesticas 38

2.6.2. Microorganismos Eficientes (EM) 38

2.6.3. Tratamiento de aguas residuales Domesticas 38

2.6.4. Dosis de microorganismos eficientes 38

2.6.5. Tiempo de acción de microorganismos eficientes 38

2.6.6. Melaza 39

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación 40

3.2. Población y muestra 40

3.3. Procedimientos de recolección de datos 40

3.3.1. Construcción de los estanques para el depósito de las aguas residuales Domésticas 40

3.3.2. Caracterización de las aguas Residuales Domésticas de la UNU 43

3.3.4. Evaluación del efecto de dosis de microorganismos eficientes en la remoción de contaminantes orgánicos y fisicoquímicos en aguas residuales domésticas. 44

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 46

3.4.1. Técnicas para la recolección de datos 46

3.4.2. Instrumento de Recolección de Datos: 47

3.4.2.A. Equipos y maquinarias 47

3.4.2.B. Insumos 47

3.4.2.C. Materiales de Oficina 47

3.4.2.D. Materiales de Campo 48

3.4.2.E. Materiales y herramientas de Laboratorio 48

3.5. Procesamiento para recolección de datos 49

3.6. Tratamiento de datos 50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION 52

4.1. Evaluar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas provenientes de la Universidad Nacional de Ucayali 52

4.2. Determinación de la dosis de microorganismos eficientes que muestra mejores resultados en la calidad de aguas residuales domesticas 54

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones 68

5.2. Recomendaciones 69

BIBLIOGRAFIA 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios Organolépticos y físicos de la calidad del agua potable en Colombia..... 14

Tabla 2. Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las aguas residuales domésticas 24

Tabla 3. Tipo y concentración de microorganismos patógenos encontrados típicamente en un agua residual doméstica sin tratar. 26

Tabla 4. Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. 28

Tabla 5. Criterio para la clasificación de la concentración de la calidad de aguas residuales Domésticas. 29

Tabla 6. Método para la mota de muestra de aguas.....43

Tabla 7.

Formato para el registro de datos de campo para la toma de muestra

. 44

Tabla 8. Características de los tratamientos de EM.....45

Tabla 9.

Distribución de las muestras según el Diseño completamente al Azar

. 50

Tabla 10. Parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y nutrientes de las aguas residuales domesticas provenientes de la Universidad Nacional de Ucayali..... 54

Tabla 11. Comparación de medias con prueba de Tukey para los parámetros de pH y temperatura de las aguas residuales domésticas en los tres tratamientos. P=0.2188, $F_{tratamiento}$=1.56 56

Tabla 12. Comparación de medias con prueba de Tukey para el parámetro de sólidos totales suspendidos-STS de las aguas residuales domesticas en los tres tratamientos. $P_{tratamiento}$=0.8962, $F_{tratamiento}$=0.11 58

Tabla 13. Comparación de medias con prueba de Tukey para el parámetro de DBO_5 de las aguas residuales domésticas en los tres tratamientos. P=0.9877, $F_{tratamiento}$=0.01 60

Tabla 14. Comparación de medias con prueba de Tukey para el parámetro de DQO de las aguas residuales domesticas en los tres tratamientos. P=0.9839, $F_{tratamiento}$=0.02 62

Tabla 15. Comparación de medias con prueba de Tukey para el parámetro de Coliformes totales de las aguas residuales domesticas en los tres tratamientos. P=0.8096, $F_{tratamiento}$=0.22 64

Tabla 16. Comparación de medias con prueba de Tukey para el parámetro de Coliformes fecales de las aguas residuales domesticas en los tres tratamientos. P=0.9984, $F_{tratamiento}$=1.6E-03.....65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1..... Diseño de los estanques para el depósito de las aguas residuales domésticas en la Universidad Nacional de Ucayali 41

Figura 2..... Diagrama de flujo del procesamiento para la recolección de datos de la investigación. 49

Figura 3..... Comportamiento de los valores de pH y temperatura con la aplicación de los microorganismos eficientes a diferentes dosis en el agua residual doméstica de la Universidad Nacional de Ucayali. 56

Figura 4..... Comportamiento de los valores de solidos totales suspendidos según tratamiento durante el estudio. 58

Figura 5..... Comportamiento de los valores de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5) según tratamiento durante el estudio. 61

Figura 6..... Comportamiento de los valores de Demanda química de oxígeno (D*QO*) según tratamiento durante el estudio. 63

Figura 7..... Comportamiento de los valores de coliformes totales según tratamiento durante el estudio. 64

Figura 8..... Comportamiento de los valores de coliformes fecales según tratamiento durante el estudio. 65

Figura 9..... Realizando el análisis microbiología en la cámara de vidrio del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali 96

Figura 10. Realizando inoculación de la muestra de agua para reencuentro de coliformes 96

Figura 11. Medición de la conductividad de las muestras de agua residual de las unidades experimentales 97

Figura 12. Medición de pH y temperatura de las muestras de agua residual domestica de la Universidad Nacional de Ucayali..... 97

Figura 13. Acondicionamiento de las muestra de aguas residuales domesticas de la Universidad Nacional de Ucayali para medición de metales ... 98

Figura 14. Medición de metales en el agua residual domestico con el Kit para metales 98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de los parámetros de aguas residuales domésticas tomados durante el desarrollo de la investigación 77

Anexo 2. Análisis de varianza de medias de la dosis de microrganismos eficientes por tratamiento.....86

Anexo 3. Análisis de varianza de medias del tiempo de acción más afectivo de la dosis de microorganismos eficientes.....89

Anexo 4. PANEL FOTOGRAFICO.....96

RESUMEN

La investigación se denomina “Determinación de la dosis de microorganismos eficientes para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la Universidad Nacional de Ucayali, Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali”. Se realizó en la Universidad Nacional de Ucayali, en las coordenada UTM 546624.17E, 9071742.97N con el objetivo de evaluar la cantidad de microorganismos eficientes que mejor efecto tiene en la calidad de las aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali, en 21 días; empleándose 9 estanques experimentales de 1x1x1 m de largo, ancho y alto, con 1 m^3 de capacidad. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones con dosis de microorganismos eficientes (T1=4 ml, T2= 6 ml, T3= 8 ml). Se realizó un análisis inicial como base y luego se realizó tomas de muestras de agua cada 2 días. Los parámetros analizados fueron: pH, conductividad, temperatura, solidos totales suspendidos, DBO_5, DQO, Coliformes totales y fecales, amoniaco, sulfato, nitrato, cobre, turbiedad y hierro. El tratamiento de los datos se realizó con la prueba Tukey ($p>0.05$) y los resultados fueron: pH= 9.4, 8.55, 8.67, 8.49; STS= 446 mg/l, 439.76 mg/l, 437.14 mg/l, 439.8 mg/l; DBO_5= 145 mg/l, 40.50 mg/l, 42.59 mg/l, 43.00 mg/l; DQO= 239 mg/l, 67.00 mg/l, 72.00 mg/l, 70.75 mg/l; coliformes Termotolerantes o fecales= 78 127 NMP/100 Ml; 2 783.75 NMP/100 mL, 2 904.42 NMP/100 mL, 2 838.67 NMP/100 mL y coliformes totales= 334 051 NMP/100 mL, 5 801.17NMP/100 mL, 4 778.00NMP/100 mL, 7 970.50 NMP/100 mL; concuyendo que no existen diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, sí existen diferencias significativas, en relación al tiempo de acción de los microorganismos eficientes en la calidad de las aguas residuales teniendo resultados favorables a partir de la semana 1.

Palabras claves: Dosis, tiempo de acción, valores máximos permisibles, concentraciones de las aguas residuales domésticas.

ABSTARCT

The research is called “Determination of the dosage of efficient microorganisms for the treatment of domestic wastewater from the National University of Ucayali, Callería district, Province of Coronel Portillo, Ucayali. The research was carried out at the National University of Ucayali, at coordinates UTM 546624.17E, 9071742.97N; the objective was to evaluate the quantity of efficient microorganisms that have the best effect on the quality of domestic wastewater of the National University of Ucayali, in 21 days; using 9 experimental ponds of 1x1x1 m long, wide and high, with 1 m3 of capacity. A completely randomized design (treatment and repetitions) was applied to add the doses of efficient microorganisms (T1 = 4 ml, T2 = 6 ml, T3 = 8 ml). An initial analysis was performed as a basis and then water samples were taken every 2 days. The analyzed parameters were: pH, conductivity, temperature, total suspended solids, BOD5, COD, total and faecal coliforms, ammonia, sulphate, nitrate, copper, turbidity and iron. The treatment of the data was performed with the Tukey test (p> 0.05). The results were: pH = 9.4, 8.55, 8.67, 8.49; STS = 446 mg / l, 439.76 mg / l, 437.14 mg / l, 439.8 mg / l; BOD5 = 145 mg / l, 40.50 mg / l, 42.59 mg / l, 43.00 mg / l; COD = 239 mg / l, 67.00 mg / l, 72.00 mg / l, 70.75 mg / l; thermotolerant or fecal coliforms = 78127 NMP / 100 Ml; 2783.75 MPN / 100 mL, 2904.42 MPN / 100 mL, 2838.67 MPN / 100 mL and total coliforms = 334 051 MPN / 100 mL, 5801.17 MPN / 100 mL, 4778.00 MPN / 100 mL, 7970.50 MPN / 100 mL. Concluding that there are no significant differences between treatments; however, if there are significant differences, in relation to the time of action of the efficient microorganisms in the quality of the wastewater having better results in week 1.

Key words: Dosage, action time, maximum permissible values, concentrations of domestic wastewa

INTRODUCCION

La contaminación se manifiesta en los cuerpos de agua por el vertimiento de aguas residuales no tratadas (Hernández & Magdiel, 2014), provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Rodríguez & Durán, 2006). Siendo el de mayor preocupación las aguas residuales domésticas, por el crecimiento poblacional provocando una déficit de cobertura de los servicios básicos como el suministro de agua y saneamiento (Naciones Unidades, 2004).

El tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida (Romero et al, 2009). Las aguas residuales, que son ser vertidas sin ningún tipo de tratamiento a un cuerpo receptor (ríos, quebrada o laguna), generando problemas en la cantidad y calidad del agua; a la salud de la población que se abastece de este recurso directamente; y altos costos de tratamiento para el utilizarlo como agua apto para consumo humano. Esto se suma a que los países en vías de desarrollo cuentan con métodos convencionales para el tratamiento de aguas residuales domesticas ineficientes, por la alta inversión inicial y complejidad tecnológica que dificultan su construcción y sobre todo demandan altos costos de operación y mantenimiento.

Las aguas residuales domésticas (ARD) presentan un alto contenido de carbohidratos, proteínas, ácidos grasos, sales minerales y otros compuestos químicos sintéticos, lo cual las convierten en ambientes que favorecen el crecimiento de microorganismos patógenos. Estos microorganismos emplean estos compuestos como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, generando durante este proceso malos olores por la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, siendo esta una de las razones que no permite reutilizar las aguas residuales (Ngurah, 2005).

Actualmente se buscan otras alternativas de tratamiento a través del uso de la capacidad depuradora que tienen algunos microorganismos llamados "microorganismos eficientes", en las aguas residuales.

La tecnología de microorganismos eficientes (EM) aprovecha el surgimiento natural de los microorganismos que son capaces de purificar y revitalizar la naturaleza. En este sentido se espera que el uso y aplicación de EM en cuerpos de aguas contaminadas por vertimientos de aguas residuales, presenten un efecto diferencial entre aquellas unidades experimentales tratadas con respecto a los controles, principalmente en la remoción de olores (sulfatos), el cambio de color del agua, remoción de sedimentos y coliformes totales y fecales.

Es por ello que se plantea la utilización de microorganismos eficientes como tratamiento de las aguas residuales domésticas, siendo esto un mecanismo de tratamiento económico, fácil, eficiente que remueve contaminantes orgánicos y fisicoquímico; mejora y acrecienta el proceso de limpieza natural, ya que los antioxidantes secretados por estos microorganismos, mejoran el proceso de

separación de sólidos y líquidos en la decantación, haciendo más fácil la limpieza del agua; además, reducen significativamente malos olores, ayudan a neutralizar la producción de gases nocivos como amoniaco, sulfhídrico y reduce el lodo sedimentado, reduce la presencia de microorganismos patógenos, coliformes, bacterias nocivas, hormonas y sulfatos, mejora significativamente la calidad del agua, reduciendo la DBO, DQO, la turbidez, los sólidos suspendidos y equilibra el pH y el oxígeno disuelto. Con este estudio se pretende determinar la dosis adecuada de microorganismos eficientes que mejor efecto tiene sobre la calidad del agua residual doméstica, buscando dar cumplimiento a la política ambiental y garantizar un recurso hídrico apropiado para la realización de distintas actividades del hombre y evitar la proliferación de agentes patógenos infecciosos, que afecta a la salud de la población.