

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Determinación de la efectividad del uso de microorganismos
de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro
en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018**

Por:

Tito Christiam Díaz Burgos Lenin

Collantes Chules

Asesor:

Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno

Coasesor:

Mg. Oscar Rojas Sanchez

Tarapoto, julio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo, *Delbert Eleasil Condori Moreno*, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018”*** constituye la memoria que presentan los **Bachilleres Collantes Chules, Lenin y Diaz Burgos, Tito Cristian**; para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, que ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión, bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 04 días del mes de julio del año 2019



Asesor

Mg. Delbert Eleasil Condori

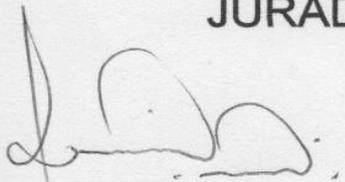
Moreno

Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

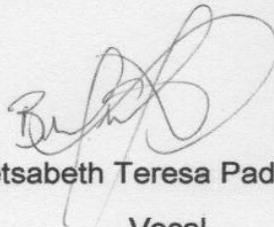
JURADO CALIFICADOR



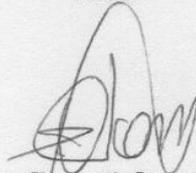
Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra
Presidente



Ing. Ivone Vásquez Briones
Secretaria



Mg. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
Vocal



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Asesor

Morales, 4 de julio del año 2019

Dedicatoria

Al finalizar este proyecto de tesis le dedicamos a nuestros amados padres, Carmen Gladys Burgos Mosquera, Juan Díaz Hurtado, Lila Chules Villalobos y Leónidas Collantes Sánchez. Que fueron personas fundamentales para poder llegar hoy en día hasta aquí, por su amor infinito y por el apoyo incondicional en nuestra formación personal y académica. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para nosotros, sino para nuestros hermanos.

A nuestros amigos quienes compartimos dentro y fuera del aula, personas con diferentes personalidades, pero con un gran corazón, gracias por su buena vibra y su buen humor, siempre dispuestos a sacarnos una sonrisa, gracias por ser un grupo unido dispuestos ayudar incondicionalmente ante cualquier eventualidad adversa, por su complicidad en todas las travesuras, gracias por tantas cosas, son los mejores, gracias.

Agradecimiento

A Dios por darnos la vida y ayudado en cada proyecto de nuestras vidas, ha permitido que podamos concluir con éxito esta investigación.

A nuestra alma mater universidad peruana unión, donde nos formamos como profesionales, con ética, moral y respeto hacia los demás. Por crear en nosotros un espíritu misionero, de servicio y abnegación hacia las personas.

Agradecer a nuestro asesor el Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno y a nuestro Coasesor el Blgo.Mg. Oscar Rojas Sánchez por habernos guiado durante el desarrollo de esta investigación, quienes nos dieron las herramientas necesarias para poder finalizar esta investigación con éxito

A nuestros queridos docentes Ing. Ivonne Vásquez Briones, el Ing. Jhon Patrick Bartra Ríos y el Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión

Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo 1	14
Introducción.....	14
1.1 Problema de investigación	14
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivo Específico	16
1.3 Justificación	16
1.4 Presuposición filosófica.....	18
Capítulo 2	19
Revisión de literatura.....	19
2.1 Fundamentos del objeto de estudio.....	19
2.1.1 Definición de aguas residuales	19
2.1.2 Clasificación de las aguas residuales.....	19
2.1.3 Agua residual doméstica.....	19
2.1.4 Agua residual municipal.....	19
2.1.5 Agua residual industrial.....	20
2.1.6 Parámetros fisicoquímicos del agua residual.....	20
2.1.7 Parámetros microbiológicos del agua residual	21
2.1.8 Fases del tratamiento de aguas residuales	22
2.1.9 Microorganismos	28
2.1.10 Clasificación de los microorganismos	28
2.1.11 Papel de los microorganismos	29
2.1.12 Grupos de microorganismos.....	29
2.1.13 Definición de microorganismos eficientes	36
2.1.14 Los EM y la reducción de malos olores	37

2.1.15	Activación de los microorganismos eficientes	38
2.1.16	Mecanismo de descomposición de la materia orgánica por EM	38
2.1.17	Composición de los EM	39
2.1.18	Microorganismos de montaña	41
2.1.19	Medios de cultivo	41
2.2	Marco legal	42
2.3	Antecedentes de la investigación	44
Capítulo 3	.....	47
Materiales y métodos	.....	47
3.1	Descripción del lugar de ejecución	47
3.2	Población y muestra	50
3.2.1	Población	50
3.2.2	Muestra	50
3.3	Diseño de investigación	50
3.4	Formulación de la hipótesis	50
3.4.1	Hipótesis nula	50
3.4.2	Hipótesis alterna	50
3.5	Identificación de variables	50
3.5.1	Variable independiente	50
3.5.2	Variable dependiente	51
3.6	Operacionalización de variables	52
3.7	Metodología de la investigación	54
3.8	Procesamiento de datos	59
Capítulo 4	.....	60
Resultados y discusión	.....	60
4.1	Resultados	60
4.1.1	Análisis del pH	60
4.1.2	Análisis de sólidos suspendidos	61
4.1.3	Análisis de aceites y grasas	62
4.1.4	Análisis de la demanda química de oxígeno	62
4.1.5	Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno	63
4.1.6	Análisis de los nitratos.....	64
4.1.7	Análisis microbiológico.....	65

4.1.8	Análisis comparativo por tratamiento.....	65
4.2	Discusión.....	66
Capítulo 5	.....	69
Conclusiones y recomendaciones	.....	69
5.1	Conclusiones.....	69
5.2	Recomendaciones.....	70
Referencias	.....	71
Anexos	.....	77

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de rejillas	23
Tabla 2. Dimensiones de los orificios del paso del tamiz.....	24
Tabla 3. Tipo de partícula con su respectivo diámetro y tiempo de caída.....	26
Tabla 4. Diferencias entre bacterias Gram positivas y Gram negativas	33
Tabla 5. Límites Máximos permisibles para los efluentes.....	43
Tabla 6. Ubicación política del centro poblado Chontamuyo.....	47
Tabla 7. Operacionalización de la variable independiente	52
Tabla 8. Operacionalización de la variable dependiente	53
Tabla 9. Análisis microbiológico del AR antes y después del tratamiento	65
Tabla 10. Análisis comparativo por tratamiento.....	65

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de un tanque Imhoff.....	27
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.....	49
Figura 3. Análisis del pH del agua residual antes y después del tratamiento.....	60
Figura 4. Análisis de sólidos suspendidos antes y después del tratamiento.....	61
Figura 5. Análisis de aceites y grasas antes y después del tratamiento.....	62
Figura 6. Análisis de la DQO antes y después del tratamiento.....	63
Figura 7. Análisis de la DBO antes y después del tratamiento.....	64
Figura 8. Análisis de nitratos antes y después del tratamiento.....	64

Índice de Anexos

Anexo 1. Resultados del laboratorio de análisis del AR antes de su tratamiento	78
Anexo 2. Resultados del laboratorio de análisis del AR tratada con EM	80
Anexo 3. Resultados del laboratorio de análisis del AR tratada con MM, muestra 1	82
Anexo 4. Resultados del laboratorio de análisis del AR, tratada con EM, muestra 2	84
Anexo 5. Panel fotográfico	86

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de los microorganismos de montaña, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, in vitro del caserío Chontamuyo - San Martín. Se evaluó las variables: pH, Sólidos suspendidos, aceites y grasas, DBO, DQO, nitratos, coliformes totales y coliformes fecales; al inicio y al finalizar el día 20. Ambos tratamientos microorganismos eficientes y microorganismos de montaña, redujeron el pH y cumplieron el rango indicado en el D.S. 003-2010-MINAM (6.5-8.5). Asimismo, el tratamiento microorganismos eficientes tuvo una eficiencia de remoción de SS del 39%, mientras que los microorganismos de montaña tuvieron una eficiencia del 33%. Por otro lado, ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 65% en la remoción de aceites y grasas. Asimismo, los microorganismos eficientes y MM, redujeron la concentración de nitratos del AR desde 0.10 mg/L, hasta una concentración menor a 0.03 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 75%. Asimismo, la eficiencia de los microorganismos eficientes, en la remoción de DQO fue 87%, mientras que la eficiencia de los microorganismos de montaña fue del 91.6%. Sin embargo, los microorganismos de montaña tuvieron una eficiencia mayor comparado con los microorganismos eficientes. Con respecto a la remoción de DBO, los microorganismos eficientes tuvieron una eficiencia del 86%, mientras que en los microorganismos de montaña fue del 92%. Sin embargo, los microorganismos de montaña tuvieron una mayor eficiencia comparado con los microorganismos eficientes. Se concluye que el uso de microorganismos de montaña es eficiente en la remoción de contaminantes del agua residual

Palabras clave: Microorganismos de montaña, Microorganismos eficientes, agua residual doméstica.

Abstract

The objective of this investigation was to determine the potentiation of mountain microorganisms, in the treatment of domestic wastewater, in vitro from the Chontamuyo - San Martín farmhouse. The variables were evaluated: pH, suspended solids, oils and fats, BOD, COD, nitrates, total coliforms and fecal coliforms; at the beginning and at the end of day 20. Both treatments efficient microorganisms and mountain microorganisms, reduced the pH and fulfilled the range indicated in the D.S. 003-2010-MINAM (6.5-8.5). Likewise, the treatment with efficient microorganisms had an efficiency of SS removal of 39%, while the mountain microorganisms had an efficiency of 33%. On the other hand, both treatments had an efficiency greater than 65% in the removal of oils and fats. Likewise, efficient microorganisms and MM, reduced the concentration of nitrates in the AR from 0.10 mg / L, to a concentration lower than 0.03 mg / L. Both treatments had an efficiency greater than 75%. Also, the efficiency of the efficient microorganisms in the removal of COD was 87%, while the efficiency of the microorganisms of the mountain was 91.6%. However, mountain microorganisms have a higher efficiency than efficient microorganisms. With regard to the removal of BOD, the efficient microorganisms had an efficiency of 86%, while in the microorganisms of the mountain it was 92%. However, mountain micro-organisms have a higher efficiency with efficient microorganisms. It is concluded that the use of mountain microorganisms is efficient in the removal of contaminants from wastewater.

Key words: Mountain micro-organisms, efficient microorganisms, domestic wastewater

Capítulo 1

Introducción

1.1 Problema de investigación

En los últimos años, la contaminación de las fuentes hídricas ha ido aumentando de manera significativa en casi todos los países de América Latina, Asia y África. El avance demográfico, la industrialización, la urbanización y una mala gestión por parte del estado, son las principales causas de este mal que acecha a la población mundial. Por consiguiente se espera que el deterioro de la calidad del agua disminuya aún más en las próximas décadas, generando impactos negativos en la salud de las personas, el desarrollo sostenible y en el medio ambiente Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017).

El Perú, Enfrenta uno de los desafíos más grandes respecto al manejo de sus aguas residuales, tanto sus autoridades como sus funcionarios buscan mejorar las condiciones y calidad de vida de sus pobladores. Sobre todo en los sectores periurbanos y rurales en donde existe un reducido número de habitantes, estos no cuentan con un servicio de agua potable y con un sistema de saneamiento, puesto que los sistemas de tratamiento de aguas residuales están diseñados generalmente para las grandes ciudades por lo que resultaría muy poco viable la implementación de estas tecnologías en estos pequeños centros poblados, esto impulsa a los gobiernos locales a tomar la gestión y querer implementar sistemas ecoeficientes, pero la falta de conocimiento y la escasa información de estas tecnologías, dificultan la toma de decisiones y la ampliación de los sistemas Ministerio del ambiente (MINAM, 2012).

Según Gómez citado en la SUNASS (2007), menciona que a nivel nacional existen 253 localidades dentro del ámbito de empresas prestadoras de servicios - EPS, de las cuales 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, vertiendo de manera directa sobre nuestros ríos,

mares, lagos y lagunas. El problema se agrava aún más para las poblaciones que no cuentan con desagüaderos y hacen uso de letrinas, que por lo general se convierten en focos infecciosos debido a la falta de mantenimiento y a las pésimas condiciones en la que se encuentran, trayendo como consecuencia la proliferación de vectores, roedores y enfermedades epidemiológicas que son muy frecuentes en el país.

El Distrito de la Banda de Shilcayo abarca un total de ocho asociaciones de vivienda que surgieron debido al aumento poblacional incontrolado hacia sectores no ocupados, trayendo como consecuencia la sobrepoblación y la instalación de familias en lugares donde se encuentran destinados a la conservación de las fuentes hídricas como aguajales, puquios, ojos de agua, entre otros. Contribuyendo así a la contaminación indirecta de este recurso, por medio de infiltraciones o escorrentías.

El caserío de Chontamuyo por sus límites pasa el río Shilcayo, que abastece a dicho caserío, a lo largo de esta sub-cuenca existen familias acentuadas en la faja marginal quienes actualmente no cuentan con un sistema de saneamiento, vertiendo directamente, mediante canales y tuberías: aguas grises, negras además de sus residuos sólidos, degradando la calidad del agua y convirtiéndola en un foco infeccioso para los pobladores que la utilizan para realizar sus actividades de riego así como la crianza de animales menores, ocasionando serios problemas de salud como enfermedades gastrointestinales, contaminación paisajística y malos olores.

Los microorganismos desempeñan papeles importantes en el mantenimiento de muchos fenómenos naturales y artificiales en el ambiente. Cumplen funciones positivas que hacen la vida más fácil y mejor para el hombre. Una de esas áreas que adoptan microorganismos es en el tratamiento de las aguas residuales, que frecuentemente generan en sus actividades diarias un gran desafío que el gobierno y las agencias ambientales están continuamente buscando mejores formas de abordar. Una forma importante de combatir con éxito esta amenaza es a través del uso de microorganismos eficientes y microorganismos de montaña.

¿Qué efecto tienen los microorganismos de montaña en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el caserío de Chontamuyo-San Martín?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la efectividad de los microorganismos de montaña, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, in vitro del caserío Chontamuyo - San Martín.

1.2.2 Objetivo Específico

- Caracterizar el agua residual doméstica antes de su tratamiento.
- Evaluar la efectividad de microorganismos de montaña, en el tratamiento de contaminantes fisicoquímicos (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, nitratos, Sólidos totales suspendidos) de las aguas residuales domésticas.
- Evaluar la efectividad de microorganismos de montaña, en el tratamiento de contaminantes microbiológicos (Coliformes termotolerantes, Coliformes totales) de las aguas residuales domésticas.
- Comparar la efectividad en el tratamiento de aguas residuales entre los microorganismos de montaña y los microorganismos eficientes

1.3 Justificación

El agua es el recurso natural más importante para la vida en el planeta tierra. Sin embargo, frecuentemente vemos como cada cuenca, río o quebrada vienen siendo contaminados indiscriminadamente por las diversas actividades originadas por el hombre, tales como aguas residuales, residuos sólidos, agroquímicos, entre otros. Generando la muerte de la flora y fauna acuática presente y el deterioro del ciclo hidrológico que repercute en la disminución de este recurso y su posible uso.

Las autoridades municipales muchas veces se han visto obligadas a tratar de gestionar el manejo de las aguas residuales, sin haber recibido una capacitación o apoyo técnica por parte

del estado, esto sucede generalmente en poblaciones pequeñas que no sobrepasan los 10,000 habitantes.

El río Shilcayo abastece la micro-cuenca del Shilcayo la cual viene afectando directamente a Chontamuyo, en estos últimos años dicha quebrada ha sido afectada por diversas actividades antrópicas, como la disposición y acumulación de residuos sólidos, efluentes que se vierten incrementando los sólidos totales en suspensión, así como los mismos procesos naturales, llámese la erosión, estancamiento de aguas, entre otros; en la mencionada micro-cuenca.

A ello le agregamos el costo que demanda tratar estas aguas, para que puedan ser vertidas en un cuerpo receptor o puedan ser reutilizadas, mediante tecnología y productos químicos como coagulantes, que requieren un alto valor económico para su post tratamiento. Es por ello que los EM se presentan como una alternativa de solución sostenible para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, debido a su alta eficiencia, beneficios y bajos costos.

Los EM cumplen un rol importante en el tratamiento de aguas residuales, debido a que inducen a la descomposición rápida de la materia orgánica y a la transformación de compuestos nitrogenados así como del fósforo presente en las AR a compuestos más simples. Tienen la ventaja respecto a los productos químicos, de ser totalmente seguros y de no ser tóxico para el hombre.

Por lo mencionado anteriormente, se pretende realizar esta investigación con la finalidad de determinar la efectividad de los microorganismos de montaña, en el tratamiento de aguas residuales domésticas del caserío Chontamuyo, con el propósito de dar una solución alternativa frente a esta problemática, ya que hay pocas investigaciones con respecto al uso de los MM en agua residual.

1.4 Presuposición filosófica

Génesis 1:28 establece “Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra” (Reyna Valera 1960). El señor en su infinito amor, nos otorgó el privilegio de cuidar toda su creación, incluyendo nuestras fuentes hídricas y todo organismo que habita dentro de dicho ecosistema. El manejo adecuado de las aguas residuales es una muestra clara de obediencia además del cuidado de este recurso natural tan importante para la vida. Así mismo, Salmo 89:11 señala que “Tuyos son los cielos, tuya también la tierra; el mundo y su plenitud, tú lo fundaste” (Reyna Valera 1960).

Este trabajo de investigación tiene por finalidad, contribuir al cuidado de las fuentes hídricas a través de un adecuado manejo, sencillo y sostenible de las aguas residuales generadas. Cumpliendo de esta manera el mandato que Dios nos ha dado.

Capítulo 2

Revisión de literatura

2.1 Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1 Definición de aguas residuales

Son aquellas en la que sus características físico-químicas originales han sido alteradas por el uso de actividades antrópicas y requieren de un tratamiento previo antes de ser dispuestas en un cuerpo receptor Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014). En su composición estas aguas contienen una pequeña parte (1%) de sólidos suspendidos, disueltos y coloidales (UNESCO, 2017).

2.1.2 Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican en 3 tipos: aguas residuales domésticas, aguas residuales urbanas y aguas residuales industriales, básicamente por el lugar de origen y su composición (Mimbela, 2011).

2.1.3 Agua residual doméstica

Las aguas residuales domésticas provienen del uso domiciliario, comercial e institucional que contienen material orgánico como desechos fecales, fisiológicos y otros restos provenientes de la actividad humana Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento (MVCS, 2006). Es por ello que estas aguas por lo general no contienen sustancias peligrosas como metales pesados, agentes tóxicos, entre otros; sin embargo presentan una concentración elevada de nitrógeno y amonio debido al contenido de excretas; así como una alta cantidad de agentes infecciosos y patógenos provenientes de los servicios sanitarios (Arocutipa, 2013)

2.1.4 Agua residual municipal

Son denominadas también según el MVSC (2006) como aguas residuales domésticas. Están consideradas dentro del marco conceptual como la mezcla de aguas residuales domésticas

con aguas de origen pluvial o con agua residuales de origen industrial, siempre y cuando cumplan con los requisitos que se necesitan para ser aceptadas dentro de un sistema de alcantarillado de tipo combinado para finalmente ser dispuestas en una planta de tratamiento municipal.

2.1.5 Agua residual industrial

Como su mismo nombre lo indica son aquellas que provienen de un proceso industrial manufacturero, tales como la actividad energética, minera, agrícola, agroindustrial, entre otros (OEFA, 2014).

2.1.6 Parámetros fisicoquímicos del agua residual

Son indicadores que miden el grado de presencia de sustancias químicas que están disueltas o insolubles en el agua residual, estas pueden ser de origen natural o antrópico. Se consideran las más importantes las siguientes:

- a. Temperatura:** Este parámetro de suma importancia está relacionado con el oxígeno disuelto (OD) y los diversos cambios con respecto al metabolismo de los organismos presentes en el ecosistema acuático. En líneas generales el aumento de temperatura produce la disminución de la solubilidad de los gases y aumenta la concentración de la sales (Ocasio, 2008).
- b. pH:** Es la cantidad de iones hidronio que puede contener una solución indicando el grado de acidez, neutralidad o alcalinidad (Cardona, 2016).
- c. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias presentes en el agua para estabilizar la materia orgánica, a una temperatura y rapidez determinada. La estabilización consiste en metabolizar el carbono orgánico por los microorganismos presentes en el agua residual y transformarlo en hidrógeno y dióxido de carbono (Díaz & Vargas, 2018).

- d. Demanda Química de oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar por completo la materia orgánica, mediante la utilización de un agente oxidante (sustancias químicas), bajo condiciones estrictas de temperatura y tiempo (Coy, 2007).
- e. Aceites y grasas:** Son aquellas sustancias que se encuentran dentro del grupo de los lípidos, cuya característica principal es la inmiscibilidad, es decir permanecen en la superficie formando natas, películas y espumas sobre el agua impidiendo el proceso de fotosíntesis de las algas marinas y además de ser muy ofensivas estéticamente (Argadoña & Macías, 2013).
- f. Nitratos:** Los nitratos son aquellos compuestos que se encuentran presentes en forma natural en el agua subterránea y superficial en bajas concentraciones, sin embargo llega a ser alta debido a las filtraciones o escorrentías de los suelos agrícolas, actividades antrópicas y contaminación por residuos de animales (Ecofluidos ingenieros, 2012).
- g. Sólidos totales suspendidos:** Los sólidos totales suspendidos (STS) son aquellas partículas que se encuentran en suspensión o disueltas en el agua, estos incluyen arcilla, arena, limo, bicarbonato, nitrógeno, fosfato, materia orgánica e inorgánica y otros microorganismos en el agua. La presencia de estos materiales es esencial para la vida acuática si es que se mantienen en un nivel constante. Sin embargo la alta concentración de sólidos totales generan una disminución en la calidad del agua afectando a los organismos individuales contenidos en el agua (García, 2003).

2.1.7 Parámetros microbiológicos del agua residual

Son aquellos que son analizados en el agua para consumo, con la finalidad de encontrar microorganismos indicadores de contaminación y/o patogenicidad para el ser humano. Dirección Regional de Salud (DIRESA, 2017).

- a. Coliformes termotolerantes:** Denominadas también Coliformes fecales, son bacterias que pueden resistir temperaturas de hasta 45° y se encuentran generalmente en el intestino de

los seres humanos y de animales de sangre caliente. La presencia de estos microorganismos en el agua es un indicador clave de que ha sido contaminado por material fecal de origen humano o animal (López, 2012).

Dentro de este grupo encontramos a una de las especies predominantes de Coliformes Termotolerantes en el agua denominado *Escherichia coli*. Estos son utilizados en la mayoría de casos como indicadores de presencia fecal en los cuerpos de agua teniendo un alto índice de fiabilidad. Por otro lado la ausencia de este grupo de bacterias no garantiza la inexistencia de bacterias patógenas entéricas, quienes también representan un riesgo para la salud. Es por ello que este microorganismo (*E. coli*) es utilizado frecuentemente como un mecanismo de verificación para el monitoreo de las aguas para consumo. Administración Nacional de Medicamentos Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT, s.f.)

b. Coliformes Totales: son un grupo de especies bacterianas Gram negativas que se utilizan para medir la calidad bacteriológica de los efluentes en los sistemas de tratamiento de agua residual. Estos se encuentran frecuentemente en el suelo, plantas y animales, incluyendo también en los seres humanos (Castro, 2009)

2.1.8 Fases del tratamiento de aguas residuales

2.1.8.1 Pre-tratamiento

Las aguas residuales son enviadas por medio de un sistema de alcantarillado para su posterior tratamiento, esta etapa tiene por finalidad eliminar la materia orgánica e inorgánica de gran tamaño, así como trapos, palos, plástico, entre otros. Cuya presencia causaría daños a la maquinaria, equipos e instalaciones además de perturbar las siguientes fases del tratamiento. Para el pre tratamiento se utilizan mecanismos de retención como el cribado (rejas), para eliminar las sustancias de gran tamaño, el tamizado para eliminar las partículas suspendidas, el desarenador para partículas pequeñas y medianas en suspensión y el desengrase para eliminar los aceites y grasas contenidas en el agua residual (Díaz & Caballero, 2015)

a. Desbaste: Es un proceso preliminar del tratamiento que se lleva a cabo mediante rejillas por donde circula el agua residual a tratar. Con la finalidad de retener objetos de gran tamaño que puedan interferir con el proceso. Estas rejillas se clasifican según su inclinación, separación y el tipo de limpieza (Pérez & Urrea, s.f.)

Tabla 1. *Clasificación de rejillas*

Según sus características	
Según su Inclinación	Horizontal, vertical o inclinada
Separación entre barras	entre barras finas < 1,5 cm
	1,5 cm < barras medias < 5 cm
	5 cm < barras gruesas < 15 cm
Tipo de limpieza	Manual o automático

Fuente: (Pérez & Urrea, s.f.)

b. Tamizado: Afinando el proceso para remover y eliminar los residuos sólidos, se utilizarán los tamices que tienen por finalidad reducir el contenido de sólidos suspendidos de las aguas residuales, mediante la filtración sobre un soporte delgado que está equipado con ranuras de paso, es decir tiene los mismos objetivos que el sistema de cribado, eliminar la materia voluminosa que pueda interferir con los siguientes tratamientos (Díaz & Vargas, 2018).

Tabla 2. Dimensiones de los orificios del paso del tamiz

Según su dimensión	
Macrotamizado	Son utilizados para la retención de materias flotantes o semiflotantes, en suspensión, residuos animales o vegetales, ramas u otros objetos. Es por ello que el paso de los tamices es mayor a 0,2 mm
Microtamizado	Son utilizadas para eliminar material en suspensión de menor tamaño, por lo que el diseño consta de una tela metálica o de plástico de malla inferior a 100 micras.

Fuente: (Díaz & Caballero, 2015)

c. Desarenado: Esta etapa tiene por finalidad eliminar materias pesadas de granulometría mayor a 0,2 mm, además de arenas propiamente dichas, gravas, partículas, minerales y otros elementos de origen orgánico. Con el propósito de evitar la generación de sedimentos en las conducciones y canales, protegiendo de esta manera los equipos y otros aparatos contra la abrasión, evitando los excesos en las siguientes fases de tratamiento (Díaz & Caballero, 2015).

d. Sistemas de desaceitado y desengrasado: Esta etapa, consiste en eliminar las grasas, espumas, aceites y demás materiales flotantes sobre el agua residual pre-tratada. El proceso conocido como desengrasado, consiste en la separación de sólido – líquido y se clasifican en desengrasadores estáticos y desengrasadores aireados. En cambio, el proceso de desaceitado consiste en la separación de líquido – líquido. En ambos procesos se utiliza el aire para desestabilizar las grasas y el aceite del agua residual haciendo que estas floten y se acumulen en la superficie para su posterior extracción. Esta separación se pudo realizar en los decantadores primarios, Sin embargo, cuando el volumen de grasa es abundante, este

mecanismo resulta insuficiente. Es indispensable crear una zona de reposo para la desemeulsión de grasas y la acumulación en la superficie, si es que realizaría el desengrasado y el desarenado junto en un determinado lugar. Debido a que las arenas se asentarían en el fondo para ser eliminadas y las grasas flotantes se evacuarían por el barrido superficial (Díaz & Caballero, 2015).

2.1.8.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario es el segundo paso en aguas residuales que consiste en la sedimentación de sólidos en suspensión presentes aún en las aguas residuales, estos pueden ser eliminados parcialmente en unidades de sedimentación o floculación. Este tratamiento permite la separación física de los sólidos presentes en el agua residual lo cual implica una reducción en la carga de DBO dirigida al tratamiento secundario, donde su eliminación es más costosa (Sperling, 2015). Entre los principales procesos y operaciones de tratamiento primario están:

a. Sedimentación: Los tanques de sedimentación pueden ser circulares o rectangulares. Aguas residuales fluye lentamente a través de los tanques de sedimentación, permitiendo que los sólidos suspendidos con una mayor densidad que el líquido circundante se asienten lentamente en el fondo. La masa de sólidos acumulados en el fondo se llama lodo primario crudo. Este lodo se elimina a través de una sola tubería en tanques de tamaño pequeño o a través de raspadores mecánicos y bombas en tanques más grandes. El material flotante, como la grasa y el aceite, tiende a tener una densidad menor que el líquido circundante y asciende a la superficie de los tanques de sedimentación, donde se recolectan y retiran del tanque para su posterior (Sperling, 2015).

Cabe mencionar, que existen la sedimentación floculante o conocida también como sedimentación de partículas aglomerables. Esto se debe por el aumento de velocidad que adquieren las partículas a medida que van sedimentando hacia el fondo del tanque, la velocidad lo adquieren cuando van incrementando su volumen conforme van descendiendo

y por acción de la floculación en el tanque. la causa de la floculación puede deberse a las corrientes de densidad o turbulencia además de la acción de barrido que ejercen algunas partículas (Díaz & Caballero, 2015)

b. Coagulación y floculación: La coagulación es el proceso unitario, basado en principios químicos o biológicos, que consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, con el fin de promover su aglomeración, los coagulantes químicos más usados son: sulfato férrico, cloruro férrico y sulfato de aluminio. Por otro lado, la floculación es la operación unitaria que se basa en principios físicos y tiene por objetivo la aglutinación de las partículas en suspensión además de la formación de copos fácilmente sedimentables, los floculantes más usados son: sílice activa, adsorbentes y oxidantes. Tanto la coagulación como la floculación surgen debido a la irregularidad de las dimensiones de varias partículas en suspensión presentes en las aguas a tratar, causando diferentes velocidades y consecuentemente la disminución en la eficiencia de la sedimentación (Corniciuc, 2015).

Tabla 3. *Tipo de partícula con su respectivo diámetro y tiempo de caída*

Tipo de Partícula	Diámetro (mm)	Tiempo de Caída	
		Densidad 2.65	Densidad 1.1
Grava	10	0.013 s	0.2 s.
Arena Gruesa	1.0	1.266 s.	20.9 s
Arena Fina	0.1	126.66 s.	34.83 min.
Lodo Fino	0.01	3.52 h.	58 h.
Bacterias	0.001	14.65 d	249.1 d.
Coloides	0.0001	4.12 a.	66.59 d.

Fuente: (Andía, 2000)

c. Remoción de sólidos suspendidos: Los tanques sépticos y sus variantes, como los tanques Imhoff, son básicamente tanques de sedimentación de operación simple que no necesitan de partes mecánicas, cuya finalidad es remover los sólidos suspendidos. Estos sólidos (lodos) permanecen en el fondo de los tanques durante un largo período de tiempo (varios meses)

que es suficiente para su digestión. Esta estabilización se produce en condiciones anaeróbicas (Sperling, 2015).

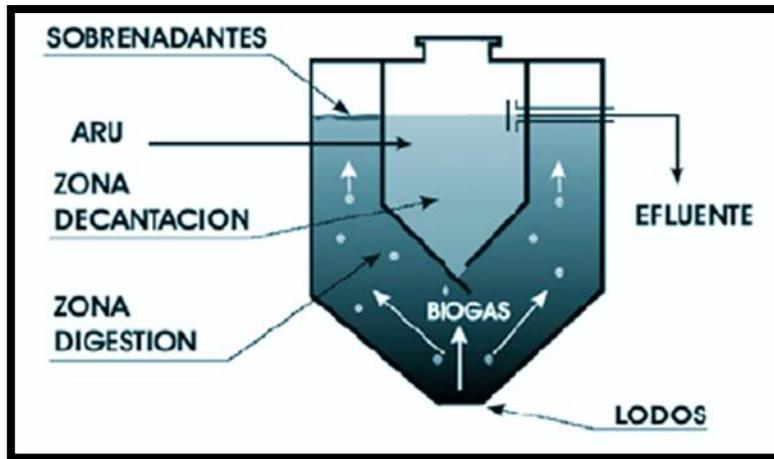


Figura 1. Esquema de un tanque Imhoff

Fuente: Manual de depuración de aguas residuales urbanas (2008)

2.1.8.3 Tratamiento secundario

La etapa secundaria del tratamiento elimina aproximadamente el 85% de la materia orgánica en las aguas residuales haciendo uso de las bacterias en ella. Después de que el efluente deja el tanque de sedimentación en la etapa primaria, este fluye o es bombeado a una instalación utilizando uno u otro de estos procesos. Las principales técnicas empleadas en esta etapa son el filtro de goteo y el proceso de lodo activado Environmental Protection Agency (EPA, 1988)

El filtro de goteo es simplemente un lecho de piedras de tres a seis pies de profundidad a través del cual pasan las aguas residuales. Más recientemente, también se han utilizado piezas de plástico corrugado u otros medios sintéticos entrelazados en lechos de goteo. Las bacterias se acumulan y se multiplican en estas piedras hasta que pueden consumir la mayor parte de la materia orgánica. El agua más limpia gotea a través de las tuberías para un tratamiento posterior. Desde un filtro que gotea, las aguas residuales parcialmente tratadas fluyen a otro tanque de sedimentación para eliminar el exceso de bacterias. La tendencia actual es hacia el uso del proceso de lodos activados en lugar de filtros de goteo (EPA, 1988).

El proceso de lodos activados acelera el trabajo de las bacterias al llevar el aire y los lodos cargados de estos microorganismos al contacto cercano con las aguas residuales. Después de que las aguas residuales salen del tanque de sedimentación en la etapa primaria, se bombea hacia un tanque de aireación, donde se mezcla con aire y lodo cargado con bacterias y se deja permanecer durante varias horas. Durante este tiempo, las bacterias descomponen la materia orgánica en subproductos inofensivos. El lodo, ahora activado con miles de millones de bacterias adicionales y otros organismos diminutos, se puede usar nuevamente devolviéndolo al tanque de aireación para mezclarlo con el aire y las aguas residuales nuevas. Desde el tanque de aireación, las aguas residuales parcialmente tratadas fluyen a otro tanque de sedimentación para eliminar el exceso de bacterias (EPA, 1988).

2.1.9 Microorganismos

Son aquellos organismos que no pueden ser contemplados a simple vista y requieren de un microscopio para su análisis, el crecimiento de cualquiera o todos los tipos de microorganismos en un determinado residuo industrial dependerá de las características químicas de los residuos industriales, las limitaciones ambientales del sistema de residuos particular y las características bioquímicas de los microorganismos. Todos los microorganismos. Que crecen en un determinado sistema de eliminación de residuos industriales contribuyen a sus características generales, tanto buenas como malas. Es importante reconocer las contribuciones hechas por cada tipo de organismo a la estabilización general de los residuos orgánicos (Davies, 2005)

2.1.10 Clasificación de los Microorganismos

Los microorganismos han sido clasificados en 2 grandes grupos: Procariotas y Eucariotas.

a. Los Procariotas: Son organismos formados por células que carecen de un núcleo celular, orgánulos o de cualquier membrana. Esto significa que el ADN del material genético en

procariotas no está vinculado dentro de un núcleo además, el ADN está menos estructurado en procariotas que en eucariotas. En procariotas, el ADN es un solo bucle. En los eucariotas, el ADN se organiza en cromosomas. La mayoría de los procariotas están formados por una sola célula (unicelular) pero hay algunos que son Hecho de colecciones celulares (multicelular). Los científicos han dividido los procariotas en dos grupos las bacterias y la arquea (Hooke, 1999).

b. Eucariotas: Los eucariotas son organismos formados por células que poseen un núcleo así como orgánulos unidos a la membrana. Las células eucariotas en general, son más grandes y más elaboradas que las bacterias y las arqueas. Algunos viven vidas independientes como organismos unicelulares, tales como las amebas y las levaduras; otros viven en asambleas multicelulares. Cabe mencionar que todos los organismos multicelulares más complejos, incluyendo Plantas, animales y hongos: se forman a partir de células eucariotas (Hooke, 1999).

2.1.11 Papel de los Microorganismos

El agua residual contiene una variedad de microorganismos, que cumplen diversas funciones, básicamente bacterias, como estabilizar la materia orgánica, remover el DBO así como la coagulación de sólidos coloidales no sedimentables. Estos organismos se caracterizan por consumir la materia orgánica presente, para luego convertir una parte de esta materia en tejido celular y la otra es eliminada al ambiente como gas. Facilitando el tratamiento de las aguas residuales puesto que el tejido celular formado es extraído por medio de la sedimentación y los gases generados son eliminados de manera natural en el agua tratada, ocurrido este proceso se suele decir que la materia orgánica ha sido eliminada del agua tratada (Metcalf, 2015)

2.1.12 Grupos de Microorganismos

Los principales microorganismos que habitan en los sistemas de tratamiento incluyen bacterias, hongos, algas, virus, protozoos y rotíferos.

2.1.12.1 Bacterias

Las bacterias se encuentran entre los organismos vivos más pequeños, abundantes y predominantes. Son organismos protistas unicelulares y comprenden una sola celda que varía en tamaño desde aproximadamente 0,5 a 2 μm . En el exterior, la célula está limitada por una membrana que regula la entrada de iones y moléculas. Al mismo tiempo está rodeado por una pared celular rígida, hecha de un polímero de azúcar. El interior de la celda contiene el citoplasma y los miles de diferentes productos químicos cuyas reacciones están reguladas por enzimas. La célula bacteriana no tiene un núcleo. La mayoría de las bacterias son esféricas, pero algunas pueden tener forma de varilla o una forma espiral. Las bacterias filamentosas comprenden largas cadenas de pequeñas células bacterianas, a veces rodeadas por una vaina tubular, y pueden alcanzar longitudes de 100 μm (Davies, 2005)

a. Bacterias en el tratamiento de aguas residuales: En una planta de tratamiento de aguas residuales podemos encontrar bacterias tanto autótrofas como heterótrofas. Los autótrofos toman sustancias químicas inorgánicas y las usan en la síntesis de compuestos orgánicos. Las bacterias nitrificantes que eliminan el amoníaco de las aguas residuales son las más importantes dentro de este grupo. Por otro lado las heterótrofas o carbonáceas es el grupo predominante de organismos y se caracterizan por alimentarse principalmente de moléculas de carbono orgánico en lugar de los inorgánicos. Existen relativamente pocas especies de autótrofos, y como tienen tasas de crecimiento bajas, tienden a ser superadas en competencia por los heterótrofos de más rápido crecimiento (Davies, 2005).

En un tanque de aireación bien mantenido, las bacterias se concentran en el material floculante del lodo activado, aunque algunas siempre se dan en las aguas residuales. Los flóculos se forman a partir de agregados de polímeros orgánicos no vivos que probablemente son secretadas por bacterias. Tienen una estructura porosa abierta y son lo suficientemente

robustas para soportar la fuerza de corte creada por el movimiento del agua, durante la aireación de los tanques (Davies, 2005)

b. Bacterias Anaeróbicas

Son aquellas que no requieren de oxígeno para sobrevivir, pero cuentan con un metabolismo que les ayuda a generar su propia fuente de energía por medio de sustancias que contienen bajas cantidades de oxígeno, este proceso lo realizan generalmente a través de la fermentación. Sin embargo existen casos en donde estos se encuentran en grietas hidrotermales marinas a profunda distancia, en donde realizan reacciones con compuestos químicos inorgánicos (Constanza, Antolinez, Bohórquez & Corredor, 2015).

c. Bacterias Aeróbicas

Desarrollan un papel importante en la digestión aerobia, estas bacterias requieren de oxígeno, ya que desintegran la materia orgánica presente con la finalidad de obtener la energía que ellos necesitan. Este procedimiento que es parte del metabolismo, implican la oxidación de las proteínas. Las sustancias que por lo general son sumamente complejas como los carbohidratos y grasas producen sustancias finales como: bióxido de carbono, sulfato, agua y amoniacó. A esto si aún se mantienen las condiciones oxidantes, el amoniacó que ha sido fabricado por los compuesto nitrogenados y no han escapado a la atmosfera en forma de gas, pasan a oxidarse a nitritos y después a nitratos (Metcalf, 2015).

d. Bacterias Metanogénicas

Según Rodríguez citando en Zinder (1998), este grupo de bacterias son anaeróbicas y se encuentran abundantemente en la naturaleza debido a que la actividad metanogénica es mayor en los ecosistemas que presentan agua dulce y terrestre, y menor actividad en los océanos. Esto

se debe a la elevada concentración de sulfatos, favoreciendo de esta manera la sulfato - reducción en sedimentos marinos. Estas bacterias están dentro del grupo de las Archaea, cuyas características principales son la de catabolizar el ácido acético que se forma en los ácidos grasos, aminoácidos y azúcares para transformarlos en metano

2.1.12.2 Clasificación de las bacterias

Existen 2 tipos de bacterias, las gram positivas y gram negativas diferenciadas por la técnica de tinción de gram. La tinción gram, fue desarrollada por Cristian Gram en 1884. La mancha Utilizado durante la técnica es el cristal violeta. Las bacterias gram positivas son más susceptibles a los antibióticos debido a la falta de una membrana exterior en cambio las bacterias gram negativas contienen una membrana externa, lo que los hace menos susceptibles a los antibióticos. Por lo tanto, las bacterias gram negativas son más patógenas en comparación con las bacterias gram positivas (Panawala, 2017).

2.1.12.3 Diferencias entre las bacterias gram positivas y gram negativas

En la Tabla 4 se muestra la diferencia entre las bacterias gram positivas y gram negativas.

Tabla 4. *Diferencias entre bacterias Gram positivas y Gram negativas*

Gram positivas	Gram negativas
Repite la tinción de cristal violeta durante la tinción gram	No repite la tinción de cristal violeta durante la tinción gram
Aparecen de color morado debajo del microscopio	Aparecen en color rosado debajo del microscopio
Poseen membrana exterior	No poseen membrana exterior
Poseen una pared celular alrededor de 20-80 nm	Poseen una pared celular alrededor de 5-10 nm
El contenido de lípidos y lipoproteínas es bajo en su pared celular	El contenido de lípidos y lipoproteínas es alto en su pared celular
El espacio periplasmático está ausente	El espacio periplasmático está presente
Mayor susceptibilidad al detergente aniónico	Menor susceptibilidad al detergente aniónico

Fuente: Panawala (2017)

2.1.12.4 Tipos de bacterias

a. Pseudomonas: Estos microorganismos pertenecen a la familia Pseudomonadaceae, es un bacilo gram negativo móvil, que se encuentran generalmente en el agua, las verduras, el polvo, las plantas, animales y el ambiente marino. Son muy resistentes ya que soportan gran variedad de condiciones físicas, sin embargo, el medio en donde se desarrollan y es de su preferencia, son los ambientes húmedos. Generalmente estas bacterias son las causantes de muchas infecciones, tales como la otitis externa y media, infecciones del tracto urinario, infecciones respiratorias, e infecciones de herida en pacientes quemados. Son conocidas también por causar infecciones en los sitios quirúrgicos y han sido responsables de diversas enfermedades epidemiológicas del sitio (Maimone, 2012).

b. Escherichia coli: *Escherichia coli*, o en su forma abreviada E. Coli, es un ejemplo común de bacterias Coliformes. Las bacterias Coliformes son los organismos que están presentes en el medio ambiente y en los residuos de animales de sangre caliente y los humanos. E. Coli

es un grupo grande y diverso de bacterias. Aunque la mayoría de las cepas de *E. Coli* son inofensivas, otros pueden enfermarte. Algunos tipos de *E. Coli* pueden causar diarrea, infecciones urinarias del tracto, enfermedad respiratoria, neumonía entre otras enfermedades. Otros tipos de *E. coli* se utilizan aún como marcadores para la contaminación del agua, por lo que es posible saber cuándo esta bacteria se encuentra en el agua de consumo, que en realidad no son dañinas en sí, pero indican que el agua está contaminada. Los sistemas públicos de agua monitorean la presencia de Coliformes, como la presencia de bacterias Coliformes en el agua potable e indican una mayor probabilidad de que otros organismos puedan estar presentes. Cabe mencionar que durante lluvias, nieve u otros tipos de precipitación, las aguas residuales no tratadas que contienen *E. coli* pueden lavarse en arroyos, ríos, arroyos o lagos (Haake, 2011).

c. Hongos: Los hongos son organismos heterótrofos de tamaño tanto macroscópico como microscópico. Usan compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía jugando un papel importante en la ingeniería de tratamiento de aguas. La mayoría de los hongos son aeróbicos, aunque algunos tipos como la levadura, pueden crecer en condiciones facultativamente anaerobias. Por lo general los hongos se desarrollan en ambientes de poca humedad, sin embargo pueden crecer en condiciones ácidas con pH 5 ya sea en aguas naturales o aguas residuales, es por ello que son considerados de gran importancia para el tratamiento biológico de las aguas de origen doméstico (Gabriel, 2016).

d. Algas: Son organismos acuáticos que por su estructura pueden ser unicelulares o multicelulares y por sus alimentaciones autótrofas y fotosintéticas. Las algas cuando se encuentran en las lagunas de oxidación suelen ser de mucha importancia ya que producen oxígeno por medio de la fotosíntesis, lo cual es aprovechado por las bacterias aeróbicas heterotróficas, formando una simbiosis entre estas, para descomponer la materia orgánica presente y por las noches cuando no cuentan con energía solar disponible para el proceso de

fotosíntesis, utilizan el oxígeno disponible para la respiración. En cambio, cuando se encuentran en el agua, suelen ser un problema debido a que alteran los parámetros organolépticos como olor y sabor, además de darle un mal aspecto estético (Metcalf, 2015). Las algas también necesitan de compuestos inorgánicos para su reproducción, principalmente nitrógeno y fósforo. También hay otros elementos esenciales como el: molibdeno, fierro y cobre. Sin embargo, la presencia de estos elementos en exceso llega a ser perjudicial, debido a que son aprovechadas por las algas provocando el crecimiento acelerado de estas (Metcalf, 2015).

e. Protozoos: Los protozoos constituyen un vínculo importante entre los microbios altamente productivos y los que contienen nutrientes. Son eficientes en la recolección de microbios como alimento y son lo suficientemente pequeños para tener tiempo de generar partículas similares al alimento que consumen. Son en términos cuantitativos el más importante engranaje de microbios en ambientes acuáticos, equilibrando la producción bacterio-plancton. Los protozoos juegan un papel ecológico importante en la auto-purificación y la materia, en el ciclo de ecosistemas naturales, así como también en el sistema artificial de depuradoras. En Las plantas ciliadas convencionales usualmente dominan sobre otros protozoos, no solo en número de especies sino también en total y en biomasa. Se acepta generalmente que su alimentación en bacterias mejorar el tratamiento, lo que resulta en una menor carga orgánica en el agua de salida del agua tratada debido a su potencial de biodegradación, se han hecho algunos intentos para utilizar ciliados específicamente en biotecnología ambiental así como de biosensores que podrían proporcionar información valiosa sobre los efectos adversos de los químicos ambientales en esta parte de la biocenosis esencial para la operación efectiva de procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales (Pauli, Jax & Berger, 2001).

- f. Virus:** Los virus son un grupo de agentes infecciosos que pueden infectar varios microorganismos en animales, plantas y bacterias. Estos agentes son inertes en el Medio ambiente e incapaz de crecer sin un huésped vivo. Los virus tienen características únicas que los diferencian de otros microorganismos como bacterias y helmintos. Una característica clave es su capacidad para mutar rápidamente. Esto les permite adaptarse a ambientes hostiles y vacunas. Su pequeño tamaño de escala nanométrica les permite pasar a través de los filtros tradicionales de tamaño micrométrico. En algunos casos una tercera parte llamada envoltura lipídica puede encontrarse fuera de la cápside. Estas estructuras permiten que el virus infecte y se replique dentro de su célula huésped a través del secuestro biomolecular de su maquinaria huésped. Este tipo de microorganismo está contenido en los residuos fecales, el por ello que se efectúa el tratamiento de este organismo mediante la cloración del efluente y su adecuada disposición (Dalglish, Williams, Golden, Perkins, Barrett, Barnard, Au Yeung, Murphy, Elward, Tchanturia & Watkins, 2007).
- g. Rotíferos:** Los rotíferos son buenos indicadores de saprobidad (Contaminación orgánica manifestada por DBO5, oxígeno disuelto contenido y comunidades específicas de organismos indicadores). Los rotíferos son invertebrados claramente aerobios e indican la situación sólo dentro de limnosaprobidad, no dentro de eusaprobidad (aguas residuales) y residuos industriales en estado anaerobio. Estos microorganismos se encuentran en plantas depuradoras, donde las aguas residuales son tratadas general y biológicamente por aireado (biofiltros, Lodos activados, estanques de estabilización) (Slidecek, 1978)

2.1.13 Definición de microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes o en inglés EM, *efficient microorganisms* están constituidos por un cultivo mixto que resulta de la combinación de diversos microorganismos benéficos de origen natural, presentes en los ecosistemas naturales, dicha tecnología fue desarrollada en los años sesenta por el profesor Teruo Higa en Japón Banco Interamericano de

Desarrollo (BID, 2009). El mencionado investigador logró recoger 2000 especies de microorganismos, de los cuales separó las especies dañinas y que producían mal olor llegando a encontrar 80 especies de microorganismos benéficos para el ser humano (Ramirez, 2006).

Se ha verificado que existen varios grupos de microorganismos dentro del EM, destacando principalmente las bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, levaduras y microorganismos, los cuales se desarrollan en medios en fase líquida con pH de 3.5, para evitar la propagación de patógenos (Torres & Reyes, 2006).

Los microorganismos en EM no están diseñados genéticamente, pero se obtienen principalmente de los utilizados en la industria procesadora de alimentos. Se eligen cuidadosamente pasando criterios muy estrictos en términos de no dañar las plantas, los animales, los seres humanos y en especial el medio ambiente, ya sea de manera directa o indirecta. EM se introdujo por primera vez en el campo de la agricultura y se ha extendido a muchos otros campos. Esto se ha hecho en Japón y en muchos otros países, aunque se ha utilizado en una amplia gama en todo el mundo, ningún caso de uso de EM ha sido reportado por algún tipo de problema durante y después de su uso (Higa & Chinen, 1998).

2.1.14 Los EM y la reducción de malos olores

EM contiene varios ácidos orgánicos debido a la existencia de microorganismos como las bacterias del ácido láctico que secretan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelatos metálicos. Primero, las sustancias olorosas son de alcalino débil representadas por el amoníaco y se neutralizarán con ácidos orgánicos en solución EM. En segundo lugar, la enzima y los antioxidantes reducen el olor de una manera sinérgica, una especie de efecto tampón. En tercer lugar, los quelatos metálicos reaccionan instantáneamente con sustancias olorosas, las transforman en sustancias sin olor y las reducen rápidamente. La materia orgánica produce olor cuando se somete a putrefacción con microorganismos de tipo putrefacto. Cuando se aplica EM a un entorno local y comienza a dominarlo con su tipo de microorganismos de fermentación,

detendrán el proceso de putrefacción y avanzarán hacia un proceso de fermentación. Por lo tanto, si se aplica EM al tratamiento de aguas residuales, el tratamiento tiene lugar en este sistema de fermentación con un olor bastante bien suprimido (Higa & Chinen, 1998)

2.1.15 Activación de los microorganismos eficientes

Los EM se encuentran disponibles en estado inactivo y para su uso requieren ser activados antes de la aplicación. Para ello se agregaron 7 L de agua sin cloro y 1.5 kg de azúcar rubia a 3L de EM latente una semana antes de ser aplicados. En un recipiente hermético de 15 o 20 L se mezclaron los ingredientes y se almacenaron en un área con fluctuaciones mínimas de temperatura. La temperatura de ambiente tiene una influencia marcada sobre los EM ya que tiene un impacto sobre su supervivencia. Sin embargo el pH también es un factor determinante, se indicó que el EM de tener un pH aproximado de 4.5 (Raja, Narendrakumar & Arvind, 2011)

2.1.16 Mecanismo de descomposición de la materia orgánica por EM

Según Mandalaywala, Patel & Ratna citado en Emad (s.f) la utilización de los microorganismos eficaces para el tratamiento de las aguas residuales cada vez es más requerido debido a que cumple un rol importante en la reducción de la materia orgánica. Uno de los principales beneficios de usar los EM es básicamente la reducción del volumen de lodos. Los microorganismos presentes en el EM descomponen la materia orgánica convirtiéndola en dióxido de carbono, metano o la utilizan para su crecimiento y reproducción. Reduciendo significativamente los volúmenes de lodos de las aguas residuales además de los olores asociados.

El uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de agua, resulta importante, ya que ellos no generan subproductos contaminantes y además presentan una elevada eficiencia López, citado por Romero, 2017.

Por otro lado, Romero (2017), indica que un rango de temperatura entre 25 y 28°C del agua residual a tratar, puede favorecer la degradación de la materia orgánica por los microorganismos eficientes, expresado a través de la reducción de la DBO, DQO y Coliformes.

Asimismo, Kyan et al. (1999) mencionan que los microorganismos eficientes, son capaces de mineralizar la materia orgánica de manera rápida y efectiva, y convertir los efluentes en productos no tóxicos para usos específicos.

Para García, citado por Cardona (2008), los microorganismos eficientes fermentan la materia orgánica sin liberación de malos olores, asimismo, tienen la capacidad de convertir los desechos tóxicos (H_2S) en sustancias no tóxicas (SO_4).

Según Apaza (2017), las bacterias fotosintéticas de los EM, producen azúcares a partir de la materia orgánica del agua residual, los cuales, son útiles para las bacterias ácido lácticas y levaduras.

Las bacterias ácido lácticas producen ácido a partir de azúcares y otros carbohidratos, generados por bacterias fotosintéticas. El ácido láctico producido tiene propiedades bactericidas y favorece la descomposición de la materia orgánica del agua residual (Rodríguez, citado por Sánchez, 2014).

Para Sánchez (2014), los microorganismos eficaces son capaces de detener la putrefacción de la materia orgánica y descomponerla mediante la oxidación, evitando de esta manera la generación de malos olores.

2.1.17 Composición de los EM

a. Bacterias fotosintéticas: Según Cardona & García citado en Vivanco (2003), son un grupo de microorganismos autosuficientes e independientes, con la capacidad de producir ácidos orgánicos, aminoácidos y sustancias bioactivas como hormonas, azúcares y vitaminas aprovechadas por otras bacterias, que por lo general son heterótrofas, como base para aumentar sus poblaciones promoviendo así el crecimiento y desarrollo de la planta. Es por

ello que estas bacterias son consideradas como el núcleo de los EM ya que refuerzan las actividades de otros microorganismos.

- b. Bacterias Acido lácticas:** Son aquellas que producen ácido láctico mediante los azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *Fusarium sp* quien debilita las plantas y la expone a enfermedades y grandes poblaciones de plagas como los nemátodos. Además de ayudar a solubilizar la cal y el fosfato de roca (Escalona, 2011).
- c. Actinomicetos:** Los actinomicetos son bacterias que se encuentran dentro del grupo de los microorganismos Gram positivos, son llamados también cosmopolitas puesto que están distribuidos en todos los ecosistemas del mundo y tienen un rol fundamental en el reciclaje de la materia orgánica (Quiñones, Evangelista & Rincón, 2016). A este grupo de microorganismos se les denomina antagonistas de muchos hongos y bacterias patógenas de las plantas (Escalona, 2011). Puesto que elaboran sustancias antimicrobianas a partir de los azúcares y aminoácidos que han sido producidos por la materia orgánica y las bacterias fotosintéticas, con la finalidad de suprimir hongos dañinos y bacterias patógenas en el proceso de descomposición de los restos orgánicos. Cabe considerar que los actinomicetos y las bacterias fotosintéticas pueden coexistir de forma que ambas especies mejoren la calidad del suelo por medio del incremento de la actividad microbiana (Ramirez, 2006).
- d. Levaduras:** Son aquellas pertenecientes al grupo de los hongos, no forman micelio, son unicelulares y no tienen un crecimiento cenocítico. Sintetizan sustancias antimicrobiales a partir de los aminoácidos y azúcares que han sido secretados por las bacterias fototróficas, raíces de las plantas y materia orgánica para el crecimiento de las plantas. Estos se clasifican en 3 clases de hongos, Basidiomicetos, Fungi imperfecti y Ascomicetos. Por lo general estas viven en ambientes ricos en azúcares y en donde se realiza la fermentación alcohólica de los mismos que han sido explotados desde la antigüedad por el hombre.

2.1.18 Microorganismos de montaña

Son aquellos microorganismos benéficos que han sido extraídos de un medio natural o de montaña en donde no se ha desarrollado actividad antropogénica. En estos ecosistemas se da el proceso de descomposición de la materia orgánica en la que más adelante se transforma en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora (Suchini, 2012). Conforman un total de 80 especies de microorganismos, donde existen 10 géneros, que pertenecen principalmente a 4 grupos: bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos y levaduras (Tencio, 2015).

2.1.19 Medios de cultivo

Uno de los sistemas más importantes para la identificación de microorganismos es observar su crecimiento en sustancias alimenticias artificiales preparadas en el laboratorio o también llamados medios de cultivo. Estos deben contener los nutrientes y factores de crecimiento necesarios y debe estar exento de todo microorganismo contaminante. La mayoría de las bacterias patógenas requieren nutrientes complejos similares en composición a los líquidos orgánicos del cuerpo humano. Por eso, la base de muchos medios de cultivo es una infusión de extractos de carne y peptona a la que añadirán otros ingredientes.

- a. **Mac Conkey Agar:** El uso de este medio de cultivo es frecuente para aislar bacilos entéricos Gram Negativos que se extraen de muestras clínicas, alimentos y agua (Laboratorios Britania, 2015c).
- b. **Salmonella Shigella Agar:** Este medio de cultivo selectivo y diferencial se utiliza para identificar y a la vez aislar bacilos entéricos patógenos como la *Salmonella spp.* y en especial algunas especies de *Shiguella spp.* Contendida en las heces, alimentos y otros materiales en los que se sospeche su presencia (Laboratorios Britania, 2010).
- c. **Tripteína Soya Agar – TSA:** Es un medio de cultivo que se utiliza para favorecer el desarrollo y a la vez aislar una gran variedad de microorganismos aerobios, y anaerobios

facultativos y estrictos. El TSS por ser suplido con sangre permite el crecimiento de microorganismos de difícil formación y una clara observación de reacciones de hemólisis (Laboratorios Britania, 2015).

- d. Verde Brillante Bilis 2% Caldo:** Es recomendable usar este medio de cultivo para el recuento de Coliformes totales y fecales, por la técnica del número más probable (Laboratorios Britanias, 2015).
- e. Sabouraud Glucosado Caldo:** Muchas veces utilizado para el enriquecimiento y cultivo de hongos y levaduras. También se le conoce como Caldo Sabouraud Dextrosa o como Medio de Antibiótico N° 13 (Laboratorios Britania, 2015).
- f. Lauril Sulfato Caldo:** Este medio de cultivo se recomienda usarlo para el recuento y detección de Coliformes en aguas, aguas residuales y alimentos (Laboratorios Britania, 2015).
- g. Escherichia Coli Medio:** Medio de cultivo comúnmente utilizado para el recuento de Coliformes fecales, Coliformes totales y *Escherichia coli* en agua, alimentos y otros materiales (Laboratorios Britania, 2015)

2.2 Marco legal

a) La Constitución Política del Perú

El art. 22 establece: que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Siendo que el agua es una matriz ambiental de gran importancia para el desarrollo del ser humano.

b) Ley N° 28611, ley General del Ambiente

El art 121°. Del vertimiento de aguas residuales, da entender que toda persona natural o jurídica debe contar con previa autorización antes de descargar las aguas después de su uso, con la finalidad de no perjudicar los cuerpos hídricos. Además, en el art. 122°. Menciona

que cuando se genera aguas residuales, la persona tiene que ser responsable de darle un tipo de tratamiento y de esta manera reducir el nivel de contaminación y ser compatible con los límites máximos permisibles.

c) Ley N° 29338, ley de Recursos Hídricos

En el principio 2 de prioridad en el acceso al agua, se establece que la persona tiene derecho de utilizar el agua para satisfacer sus múltiples necesidades.

d) Decreto supremo N° 003-2010-MINAM

Este decreto, establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. En la Tabla 5, se indican estos LMP. El LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla 5. *Límites Máximos permisibles para los efluentes*

Parámetro	Unidad	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10000
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. Decreto Supremo N° 0003-2010-MINAM.

e) Ley General de Salud, Ley 26842

El artículo 103 de esta ley, señala que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, y tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares para preservar la salud de las personas.

f) Decreto Supremo N° 006-2017-AG

Este decreto contiene dos artículos pertinentes al presente trabajo de investigación: Art. 75°: Señala que la protección del agua incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ella. Art. 76°: Constituye a la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa. Fiscaliza el cumplimiento de calidad ambiental del agua sobre la base de los ECAs para agua.

g) Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

Esta resolución Jefatural, contiene el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, en el Perú.

2.3 Antecedentes de la investigación

Sánchez (2014) desarrolló una investigación titulada “Evaluación de la Capacidad de Depuración de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Moyobamba – 2014”. El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales. Para ello se tomaron muestras del agua residual doméstica y se determinó los parámetros físico-químicos (OD, pH, T, DQO, DBO, SST, NO₂, PO₄, NTU) y microbiológicos (Coliformes totales y Coliformes fecales). La medición de cada parámetro se realizó durante 45 días, con una frecuencia quincenal. La temperatura disminuyó durante el tratamiento y el pH aumentó ligeramente hasta

valores cercanos a la neutralidad. Asimismo, la turbidez disminuyó en un 64.29%; se removió el 50 % de los nitratos; la DBO se removió en 69.4% y la DQO presentó una disminución del 40.68%. Con respecto a los Coliformes totales fueron removidos en un 56.25% y los termotolerantes disminuyeron en 52.83%

Vásquez (2017) desarrolló una investigación titulada “Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales domésticas de la localidad de Japelacio-2016”. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de los microorganismos eficientes (ME), para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales. Para la medición de dicho parámetro se añadió microorganismos eficaces a las aguas residuales domésticas contenidas en las 3 unidades experimentales, se monitoreó la variable independiente, en donde los microorganismos realizaron el proceso de depuración, luego se realizó el análisis químico (DBO) a los 10 días de inocular los microorganismos, donde se utilizó 3 dosis de microorganismos eficientes con 5/20, 10/20, 15/20 (V- ME (mL) / VARD (L)) para la remoción de la DBO. La investigación nos muestra que las tres dosis de microorganismos eficientes aplicadas a las unidades experimentales tuvieron una alta remoción de la DBO teniendo valores por debajo de lo establecido de 100 mg/L por el Límite Máximo Permisible (LMP) . En donde el promedio de la muestra testigo de los 12 bloques fué de 460,5 mg/L, el promedio de la dosis de 5 ml de ME en todos los bloques fué de 571.83 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 84,44%, el promedio de la dosis de 10 ml de ME en todos los bloques fue de 30,83 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 93,33% y el promedio de la dosis de 15 ml de ME en todos los bloques fue de 47,41 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 89,73%

Beltrán & Campos (2016) desarrollaron una investigación titulada “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja”. El objetivo del estudio fue evaluar la aplicación de microorganismos eficaces sobre la

calidad de agua y lodo residual en la planta de tratamiento de aguas residuales. Para ello se tomaron muestras de agua residual doméstica directamente de la PTAR tanto en el afluente como efluente, en este caso se determinaron los parámetros físicoquímicos (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, olor, color (aspecto) y temperatura) y microbiológicos (coliformes termotolerantes). La medición de cada parámetro se realizó durante 90 días con una frecuencia de 30 días. El pH aumentó ligeramente al igual que la temperatura, la cual tuvo un aumento durante el tratamiento, el olor tuvo una disminución de 8 a 2, la DBO se removió en 67.10%, la DQO presentó una eficiencia de 68.30%, los STS presentaron 60.69% de eficiencia y los aceites y grasas tuvieron una remoción al 97.60%.

Capítulo 3

Materiales y métodos

3.1 Descripción del lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en el caserío de Chontamuyo que se encuentra ubicada en el distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín. El distrito de la Banda de Shilcayo fue creado el 28 de noviembre de 1961, por Decreto Ley 13735, durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche. El Caserío Chontamuyo cuenta con una población aproximada de 175 habitantes, teniendo un área total de 174.5 Km². Por sus límites pasa el río Shilcayo, que desemboca en el río Mayo. Actualmente unas de sus principales movimientros económicos del caserío es la cosecha de arroz, asimismo cuenta con otros ingresos menores como los aserraderos de madera, cosecha de plátano, bijao, bodegas.

a. Ubicación política

Tabla 6. *Ubicación política del centro poblado Chontamuyo*

Ubicación política	
Caserío	Chontamuyo
Distrito	La Banda De Shilcayo
Provincia	San Martín
Departamento	San Martín

Fuente: Elaboración propia (2018)

b. Ubicación geográfica

El centro poblado Chontamuyo se ubica geográficamente en Datum World Geodetic System, Datum 1984 (WGS 84) y con Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).

c. Superficie

El centro poblado de Chontamuyo abarca una superficie de 174.50 Hectáreas aproximadamente que equivale a 1.750 km².

d. Perímetro

El centro poblado de Chontamuyo abarca un perímetro de 8318.19 metros aproximadamente.

e. Límites

- Al oeste el río Shilcayo
- Al este la Banda del Shilcayo y el área de expansión
- Por el norte la vía de Evitamiento y el área de expansión de la Banda del Shilcayo
- Al sur, el cono que forman el río Shilcayo y el río Cumbaza.

f. Clima y precipitaciones

El distrito de la banda de Shilcayo tiene un clima predominante de la zona en estudio es “cálido y semi-seco, sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica normal en verano”. El promedio de precipitación pluvial total anual de este distrito, varía entre los 1000 y 1400 mm., con promedio de 1213 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de octubre y abril, siendo siempre marzo el que registra el valor más elevado. El número de días de lluvia a lo largo del año en esta zona varía entre 88 y 116. El número de días de lluvia al mes varía entre un mínimo de 6 y un máximo de 13. Finalmente, el promedio de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. y un máximo de 13 mm; sin embargo, los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanzan valores que oscilan entre 87 mm y 170 mm (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2012). El distrito de la banda está representado por la estación de Tarapoto, donde los promedios anuales más altos de temperatura alcanzan valores entre 21.7°C (diciembre) y 27.3°C (Diciembre y Enero) respectivamente, siendo su oscilación media anual muy estrecha, que alcanza valores entre 1.5°C y 1.9°C a lo largo del año. La ciudad de Tarapoto presenta una temperatura máxima de 35°C, y la temperatura mínima registrada es de 13.3°C, con un promedio de 26.2°C (INDECI, 2012).

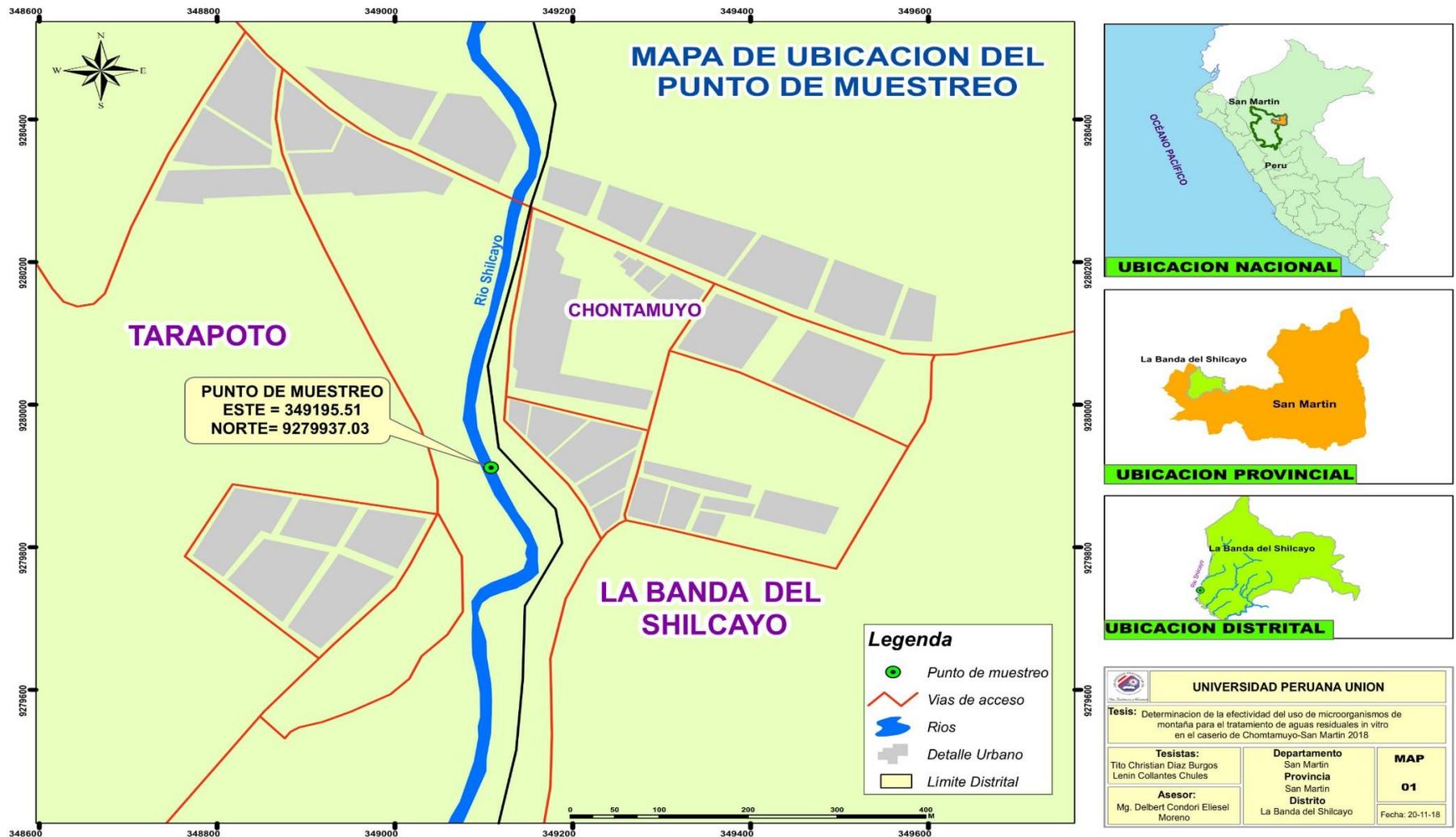


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población del presente estudio estuvo conformada por el agua residual doméstica del Rio Shilcayo que ingresa al Caserío Chontamuyo, durante el año 2019.

3.2.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por nueve recipientes de 20 L, del agua residual doméstica del Rio Shilcayo, durante el año 2019.

3.3 Diseño de investigación

Se seleccionó un diseño experimental de un solo factor, con dos niveles: Microorganismos eficientes y microorganismos de montaña.

3.4 Formulación de la hipótesis

3.4.1 Hipótesis nula

Los Microorganismos de Montaña tienen una menor eficiencia que los Microorganismos Eficientes, en la remoción de contaminantes del agua residual del Rio Shilcayo que pasa por el caserío de Chontamuyo.

3.4.2 Hipótesis alterna

Los Microorganismos de Montaña tienen una mayor eficiencia que los Microorganismos Eficientes, en la remoción de contaminantes del agua residual del Rio Shilcayo que pasa por el caserío de Chontamuyo.

3.5 Identificación de variables

3.5.1 Variable independiente

Tipo de Microorganismos: Microorganismos de Montaña.

3.5.2 Variable dependiente

- Variables Biológicas: Coliformes totales y Coliformes fecales.
- Variables físicas y químicas: pH, Sólidos suspendidos, aceites y grasas, DBO, DQO, y nitratos.

3.6 Operacionalización de variables

Tabla 7. Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente:	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala
Microorganismos de Montaña	Son aquellos microorganismos benéficos que han sido extraídos de un medio natural o de montaña en donde no se ha desarrollado actividad antropogénica	Consortio de microorganismos capaces de metabolizar y descomponer sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en sustancias más sencillas y de fácil asimilación. Provocando competencia con otros microorganismos contaminantes del grupo de las Coliformes totales.	Acción inhibitoria del crecimiento de Coliformes totales y fecales Disminución de la materia orgánica e inorgánica.	CMI (Concentración mínima inhibitoria) Medición de Sólidos suspendidos, DBO, BBQ, Nitratos, pH, aceites y grasas CML (Concentración máxima Letal)	20 días	Nominal

Tabla 8. *Operacionalización de la variable dependiente*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	ítems	Escala
Dependiente:	Estos microorganismos que están presentes en el medio ambiente, llegando incluso a ser propios del sistema digestivos de los animales, pueden adecuarse a diferentes climas y temperaturas.	Coliformes Totales y fecales, pertenecen al grupo de bacterias Gram Negativas causantes de enfermedades gastrointestinales graves en los animales.	Coliformes Totales	Tiempo: crecimiento a 24 a 48 horas Temperatura: 37°C	Presencia	Nominal
Variable biológica:					Ausencia	
Coliformes totales y termotolerantes			Coliformes fecales	Tiempo: crecimiento a 24 a 48 horas Temperatura: 44.5°C	Presencia Ausencia	Nominal
Variable Físico Química		Factores que están presentes en aguas residuales que pueden determinar el tipo y viabilidad de los cuerpos de agua.	Medición de Sólidos suspendidos, DBO, BBQ, Nitratos, pH, aceites y grasas.	Medición temporal (día 1 a día 20)	Aumento Disminución	Nominal

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

3.7 Metodología de la investigación

El método de investigación para el presente proyecto se dividió en tres etapas, las cuales se detalladas a continuación

a. Etapa 1: gabinete inicial

En esta etapa, se procedió en un primer lugar a la recopilación de información bibliográfica (libros, revistas, artículos, etc.).

A partir de la información recopilada, se procedió a la sistematización de esta, teniendo en cuenta investigaciones similares, manuales, métodos y procedimientos requeridos en el desarrollo de la investigación.

Adquisición de equipos de protección personal (botas, traje para agua, guantes, mascarilla etc.) y demás materiales (embaces de muestreos, marcador indeleble, GPS, hoja de campo, entre otros).

Ubicación de la zona de muestreo y punto de monitoreo mediante las herramientas informáticas (Google Earth V 7.3.2.5491)

b. Etapa 2: campo

- Pre-monitoreo

Se planificó el monitoreo y el tipo de muestra, además de localizar el punto de muestreo.

Seguridad en campo a través de los equipos de protección personal necesaria para esta actividad y también se llevó un botiquín como medida de seguridad.

- Monitoreo

Se realizó el reconocimiento del entorno (Caserío de Chontamuyo).

Posteriormente, se identificó el lugar de muestreo (Distrito de la Banda de Shilcayo Rio Shilcayo, Caserío Chontamuyo), con el fin de obtener una ubicación exacta, registrar el punto de muestreo mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), las coordenadas del punto

de monitoreo se registró en coordenadas UTM y en sistema geográfico ambos en estándar geodésico WGS84.

- **Toma de muestras**

El procedimiento para la recolección de muestra de agua se realizará teniendo en consideración como lo describe el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales -Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

Se procedió a tomar la muestra de agua residual del punto de descarga, en la parte baja del Rio Shilcayo. Se recolectó un volumen total de 180 litros en un bidón de polipropileno para el tratamiento piloto. Seguidamente se procedió al etiquetando y rotulado, registrando la hora, día, fecha y ubicación del muestreo.

De la misma manera, se recolectaron 8 muestras de 1 Litro cada una para los análisis de laboratorio. Estas muestras se mantuvieron en refrigeración a una temperatura promedio de 4 a 8°C, en un cooler por un tiempo máximo de 4 horas, hasta ser transportado y procesados en el Laboratorio de Ambiental de la UPeU –T y enviados al Laboratorio Acreditado -INACAL (Inspection & Testing Services del Perú S.A.C).

Al finalizar las actividades de muestreo, los equipos se mantuvieron en óptimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Se realizó el debido registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del equipo, reemplazo de baterías y cualquier problema de lectura o calibración.

c. Etapa 3: Laboratorio

Las 8 muestras de 1 litro fueron analizadas por el Laboratorio: Inspection & Testing Services del Perú S.A.C (ITS), de la ciudad de Lima, acreditado por INACAL.

En ITS se verificó los materiales e instrumentos a utilizar para la determinación de los parámetros microbiológicos, con el fin de obtener datos verídicos.

Con los valores obtenidos, se procedió a su sistematización, mediante la utilización de organizadores visuales, como tablas, cuadros, gráficos, entre otros, los cuales favorezcan al proceso de determinación en la posterior etapa de gabinete final.

- **Determinación de parámetros fisicoquímicos**

Se consideró también el envío de las muestras tomadas de agua antes y después del tratamiento con las cepas de los Microorganismos de Montaña a un Laboratorio particular acreditado- INACAL (Inspection & Testing Services del Perú S.A.C), para el análisis microbiológico de la presencia de Coliformes totales y fecales, pH, nitratos, sólidos suspendidos, DBO y DQO.

- **Determinación de Coliformes totales**

Para identificar a los organismos del grupo de los Coliformes totales y Coliformes fecales, se aplicó la técnica de los tubos múltiples Numero Más Probable – NMP, utilizados por DIGESA Y CENAN. Dicha medición se realizará antes de y después de realizado el tratamiento de las aguas residuales con Microorganismo de Montaña y Microorganismos Eficientes.

Se preparó 15 tubos de ensayos con tapa rosca (3 filas, cada fila con 5 tubos) conteniendo 10 ml de Caldo Lauril sulfato más campana de Durham.

Cabe señalar que debido a la carga bacteriana elevada que presentan las aguas residuales, se realizó diluciones previas antes de realizar la siembra correspondiente: 10^{-4}

Se vertió 10 ml de la muestra (aguas residuales) a los 5 tubos de la primera fila con Lauril sulfato.

Se vertió 1ml de la muestra a los 5 tubos de la segunda fila con Lauril sulfato. Asimismo, se vertió 0.1 ml de la muestra a los 5 tubos de la tercera fila con Lauril sulfato, posteriormente, se incubó por 24 horas a 37°C.

Se consideró hacer la lectura: El resultado positivo eran en aquellos tubos que presentaron turbidez y gas (elevación de la campana de Durham), dichos tubos positivos fueron separados.

Prueba Confirmativa: Los tubos separados como positivos fueron sembrados a través de la técnica de asada en tubos tapa rosca contenidas de 10 ml de Caldo Brilla más campana de Durham. Estos tubos fueron incubados a 37°C por 24 horas. Los tubos positivos (presencia de gas y turbidez), ser contabilizaron y compararon con la tabla de tubos múltiples de Número Más Probable, obteniéndose un valor nominal.

Determinación de Coliformes Fecales

Los tubos positivos confirmados para Coliformes Totales a través del Caldo Brilla fueron separados, para ser procesados en la determinación de Coliformes Fecales.

Los tubos positivos de caldo Brilla se sembraron por asadas en tubos con 10 ml de Caldo *E. coli* más tubos de Durham.

Dichos tubos sembrados fueron incubados a 44.5°C por 24 horas en Baño de María.

Pasada las 24 horas se realizó la lectura de los tubos positivos (turbidez y gas). Los tubos positivos fueron separados y se les añadió 3 gotas del Reactivo de Kovacs y se esperó 2 minutos para presenciar la formación de un anillo color cereza sobre la superficie del caldo. La presencia del anillo cereza indica positivo para la presencia de *Escherichia coli* Termotolerantes. Dicha cantidad de tubos positivos para la formación del anillo cereza fueron comparados con la tabla de tubos múltiples para NMP y se obtuvo un resultado nominal.

- Activación de los microorganismos de montaña

Los Microorganismos de Montaña fueron adquiridos de la empresa Bio-Ingeniería S.A.C para luego ser activados en caldo de medio enriquecido con sacarosa por lapso de 6 días,

para favorecer su desarrollo. Una vez provocado su viabilidad se repartió en dosis de 300ml, estando aptos para ser enfrentadas con las aguas residuales.

- **Confrontación – Acción inhibitoria**

Para microorganismo de montaña se procedió de la siguiente manera: Se tomó 300 ml de la solución contenidos los microorganismos de Montana, y se vertió sobre 6 recipientes estériles (20 litros cada uno), tomando en cuenta los equipos de protección (guantes estériles, cofia, buco nasal, mandil y botas) para evitar contaminarse o contaminar la muestra.

Se realizó el mezclado lento entre las aguas residuales y las cepas de microorganismo de montaña vertido.

Las evaluaciones de las variables dependientes, se realizaron al inicio y a los veinte días de realizar el ensayo, ya que, de acuerdo con Medio Ambiente, El Salvador (2014), el tratamiento de aguas residuales domésticas con EM, puede tardar entre 8 a 20 días.

Cabe mencionar que pasado los 20 días se procedió a medir nuevamente los valores de Coliformes totales, Coliformes fecales, DBO y DQO. Dichas mediciones se realizaron en un laboratorio acreditado.

- **Activación de los Microorganismos Eficientes**

Se adquirieron Los Microorganismos Eficientes de la empresa Organic Fruits E.I.R.L ubicada en la ciudad de Lima para luego ser activados en caldo de medio enriquecido con sacarosa por lapso de 6 días, para favorecer su desarrollo. Una vez provocado su viabilidad se repartió en dosis de 300ml, estando aptos para ser enfrentadas con las aguas residuales.

- **Confrontación – Acción inhibitoria**

Para microorganismo Eficientes se procedió de la siguiente manera: Se tomó 300 ml de la solución contenidos los Microorganismos Eficientes, y se vertió sobre 3 recipientes estériles

(20 litros cada uno), tomando en cuenta los equipos de protección (guantes estériles, cofia, buco nasal, mandil y botas) para evitar contaminarse o contaminar la muestra.

Se realizó el mezclado lento entre las aguas residuales y las cepas de microorganismo Eficientes vertido.

Cabe mencionar que pasado los 20 días se procedió a medir nuevamente los valores de Coliformes totales, Coliformes fecales, DBO y DQO. Dichas mediciones se realizaron en un laboratorio acreditado.

3.8 Procesamiento de datos

Basado en trabajos anteriores se procedió a hacer análisis descriptivos de los parámetros evaluados. Estos análisis incluyen tablas de frecuencias, gráficos de barras, medidas de resumen (media, desviación estándar). El software que se utilizó para el procesamiento de datos fue el SPSS 24.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1 Resultados

4.1.1 Análisis del pH

En la Figura 3 se muestra el análisis del pH. Se observa que el tratamiento del agua residual con EM redujo el pH desde 7.6 hasta 6.8, mientras que el MM redujo el pH desde 7.6 hasta 7.0. El pH del agua residual antes de iniciar el tratamiento tuvo un valor de 7.6, este valor pudo deberse al amoníaco presente en la misma, el cual está dentro del rango del D.S. 003-2010-MINAM (6.5-8.5). El tratamiento EM redujo el pH del agua residual hasta un valor ligeramente ácido, mientras que el MM, bajo más el pH hasta un valor neutro.

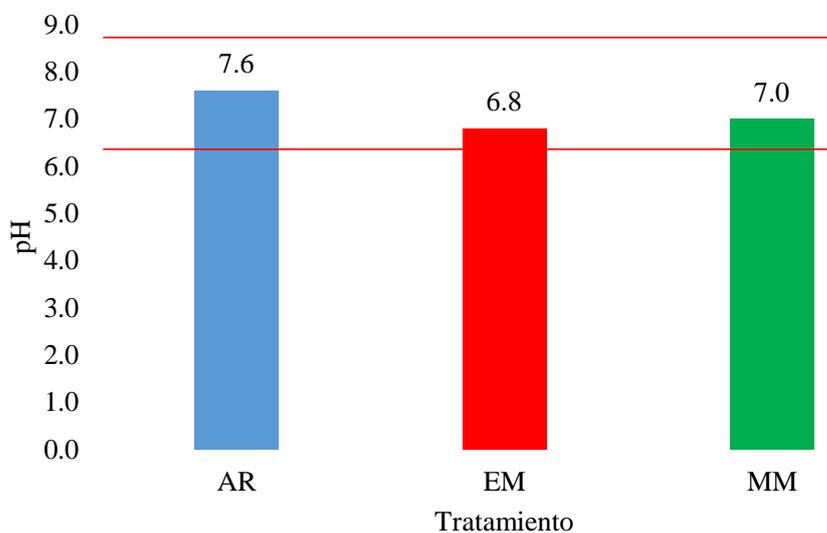


Figura 3. Análisis del pH del agua residual antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Análisis de sólidos suspendidos

En la Figura 4 se muestra el valor de sólidos suspendidos antes y después de tratar el agua residual con EM y MM. Se observa que el tratamiento del agua residual con EM, redujo los sólidos suspendidos, desde 7.2 hasta 4.4 mg/L, el cual representa una eficiencia del 39%. Mientras que el MM, redujo los SS desde 7.2 hasta 4.8 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 33%. El valor de los SS del agua residual antes de ser tratada, tuvo un valor de 7.2, el cual es inferior al límite máximo permisible (150 mL/L) del D.S. 003-2010-MINAM. Ambos tratamientos (EM y MM) redujeron la concentración de sólidos suspendidos, sin embargo, la eficiencia en la remoción de SS del agua residual fue mayor en EM que en MM.

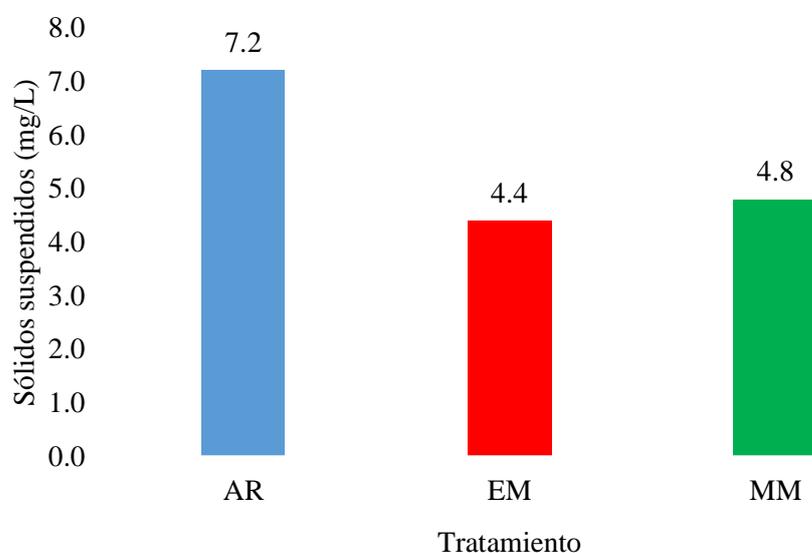


Figura 4. Análisis de sólidos suspendidos antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Análisis de aceites y grasas

En la Figura 5 se muestra el valor del contaminante aceites y grasas, antes y después de tratar el agua residual con EM y MM. Se observa que los tratamientos del agua residual con EM y MM, redujeron la concentración de aceites y grasas desde 4.0, hasta una concentración menor a 1.4 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 65% para este contaminante. El valor de la concentración de aceites y grasas del agua residual antes de ser tratada, fue 4.0, el cual es inferior al límite máximo permisible (20 mg/L) del D.S. 003-2010-MINAM. Ambos tratamientos (EM y MM) redujeron la concentración de aceites y grasas.

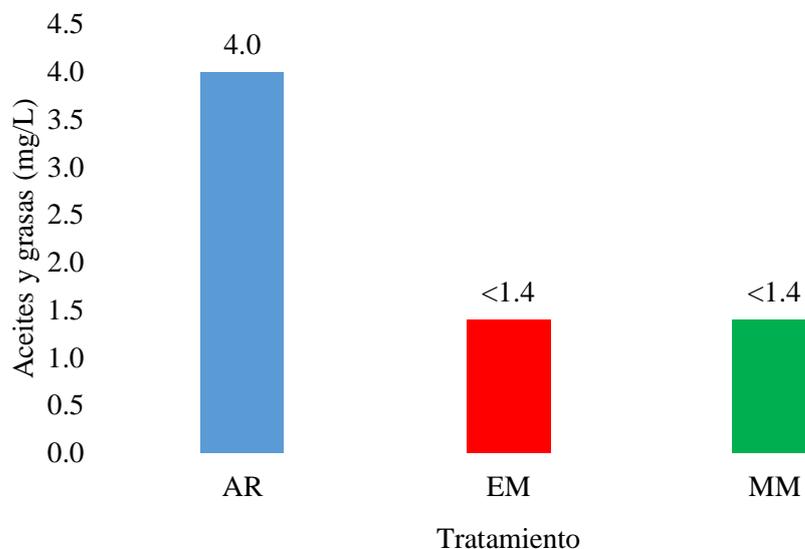


Figura 5. Análisis de aceites y grasas antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Análisis de la demanda química de oxígeno

En la Figura 6 se muestra el valor de la demanda química de oxígeno antes y después de tratar el agua residual con EM y MM. Se observa que el tratamiento del agua residual con EM, redujo la DQO, desde 207.1 hasta 26.5 mg/L, el cual representa una eficiencia del 87%. Mientras que el MM, redujo los DQO desde 207.1 hasta 17.3 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 91.6%. El agua residual a tratar no cumplió el límite máximo permisible del D.S. 003-2010-

MINAM, cuyo valor es 200 mg/L. Ambos tratamientos redujeron la DQO por debajo del LMP, sin embargo, el MM tuvo una eficiencia mayor comparado con el EM.

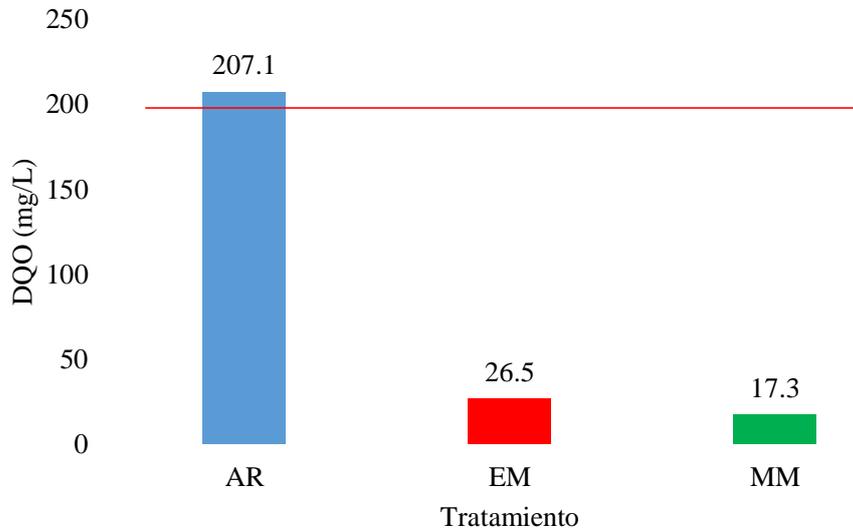


Figura 6. Análisis de la DQO antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno

En la Figura 7 se muestra el valor de la demanda química de oxígeno antes y después de tratar el agua residual con EM y MM. Se observa que el tratamiento del agua residual con EM, redujo la DBO, desde 110.2 hasta 15 mg/L, el cual representa una eficiencia del 86%. Mientras que el MM, redujo los SS desde 110.2 hasta 8.5 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 92%. El agua residual a tratar no cumplió el límite máximo permisible del D.S. 003-2010-MINAM, cuyo valor es 100 mg/L. Ambos tratamientos redujeron la DBO hasta un valor por debajo del LMP, sin embargo, el MM tuvo una eficiencia mayor comparado con el EM.

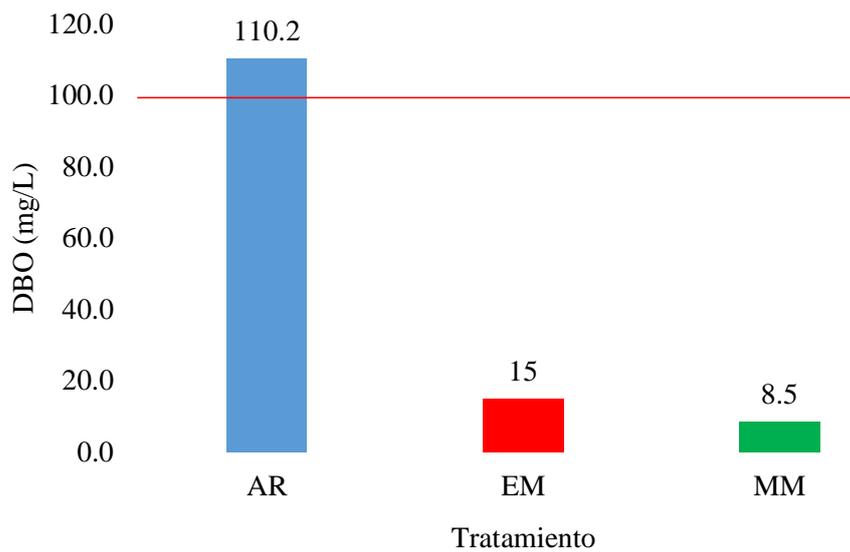


Figura 7. Análisis de la DBO antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Análisis de los nitratos

En la Figura 8 se muestra el valor de la concentración de nitratos, antes y después de tratar el agua residual con EM y MM. Se observa que el tratamiento del agua residual con EM y MM, redujeron la concentración de nitratos desde 0.10 mg/L, hasta una concentración menor a 0.03 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 75% para este contaminante.

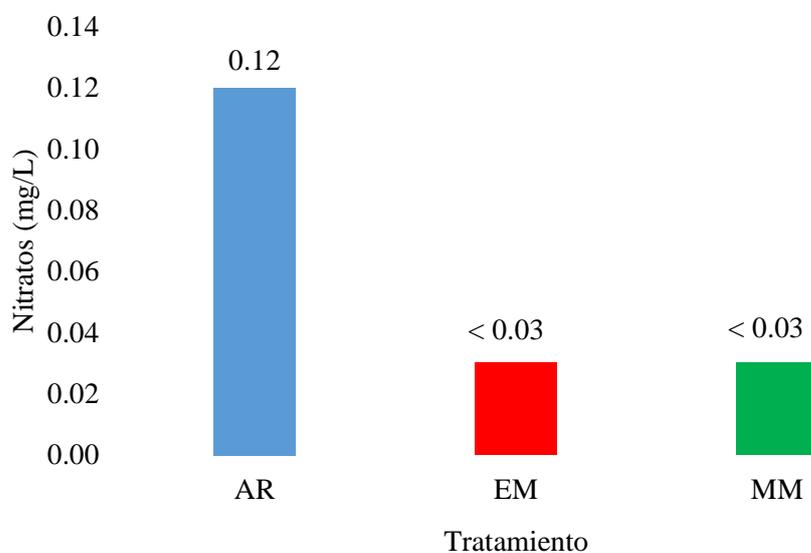


Figura 8. Análisis de nitratos antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Análisis microbiológico

En la Tabla 8 se muestra la concentración de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes, antes y después de tratar el agua residual con EM y MM.

Se observa que el tratamiento del agua residual con EM redujo la concentración de Coliformes totales desde 2.2×10^7 hasta 1.3×10^4 NMP/100 mL y de Coliformes fecales desde 3.5×10^6 hasta 4.1×10^3 NMP/100 mL. Mientras que el MM redujo la concentración de Coliformes totales desde 2.2×10^7 hasta 3.55×10^3 NMP/100 mL y de Coliformes fecales desde 3.5×10^6 hasta 7.75×10^2 NMP/100 mL. Se observa una mejor efectividad del tratamiento MM, frente al EM, en cuanto a la remoción de Coliformes totales y Coliformes fecales del agua residual.

Tabla 9. *Análisis microbiológico del AR antes y después del tratamiento*

Coliformes	Tratamiento		
	AR	EM	MM
Totales	2.2×10^7	1.3×10^4	3.55×10^3
Fecales	3.5×10^6	4.1×10^3	7.75×10^2

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Análisis comparativo por tratamiento

En la Tabla 10 se muestra el análisis comparativo por tratamiento, para la remoción óptima de cada contaminante. Se observa que ambos tratamientos microrganismos eficientes y microrganismos de montaña, son eficientes en la remoción de contaminantes del agua residual.

Tabla 10. *Análisis comparativo por tratamiento*

Parámetro	Tratamiento
-----------	-------------

pH	Microrganismos eficientes
Sólidos suspendidos	Microrganismos eficientes
Aceites y grasas	Microrganismos eficientes y Microrganismos de montaña
DBO	Microrganismos de montaña
DQO	Microrganismos de montaña
Nitratos	Microrganismos eficientes y Microrganismos de montaña
Coliformes totales	Microrganismos de montaña
Coliformes fecales	Microrganismos de montaña

Fuente: Elaboración propia

4.2 Discusión

El tratamiento del agua residual con EM redujo el pH del agua residual hasta un valor ligeramente ácido, mientras que el MM, disminuyó el pH hasta un valor neutro. Ambos tratamientos cumplieron el rango indicado en el D.S. 003-2010-MINAM (6.5-8.5). Sin embargo, para Correa & Freitas (2014), el uso de MM, para el tratamiento de agua residual, torna el pH, ligeramente alcalino esto fue por el grupo de bacterias ácidos lácticas que se encuentran dentro del consorcio de MM, al generar enzimas para degradar la materia orgánica acidifican el medio por ende el pH disminuye.

Asimismo, el tratamiento del agua residual con EM, redujo los sólidos suspendidos, desde 7.2 hasta 4.4 mg/L, el cual representa una eficiencia del 39%. Mientras que el MM, redujo los SST desde 7.2 hasta 4.8 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 33%. Ambos tratamientos cumplieron el LMP (150 mL/L) del D.S. 003-2010-MINAM. El valor de este parámetro disminuyó debido a que estos microorganismos al momento de descomponer la materia orgánica la utilizan como sustrato para su crecimiento y desarrollo.

Por otro lado, los tratamientos del agua residual con EM y MM, redujeron la concentración de aceites y grasas desde 4.0 hasta una concentración menor a 1.4 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 65% y cumplieron el límite máximo permisible

(20 mg/L) del D.S. 003-2010-MINAM. De acuerdo con Beltrán & Campos (2016), los EM, son eficientes en la remoción de aceites y grasas del agua residual doméstica debido a que las bacterias de este consorcio generan una enzima que se llama Lipasa, esta se encarga de desdoblar la materia orgánica haciendo que disminuya el valor de este parámetro.

Asimismo, el tratamiento del agua residual con EM, redujo la DQO, desde 207.1 hasta 26.5 mg/L, el cual representa una eficiencia del 87%. Mientras que el MM, redujo los DQO desde 207.1 hasta 17.3 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 91.6%. El agua residual a tratar no estaba dentro del límite máximo permisible de acuerdo al D.S. 003-2010-MINAM, cuyo valor es 200 mg/L. Ambos tratamientos redujeron la DQO por debajo del LMP, sin embargo, el MM tuvo una eficiencia mayor comparado con el EM. Para Romero & Vargas (2017), la aplicación de EM, reduce la DQO del agua residual doméstica. Asimismo, Correa & Freitas (2014), obtuvieron una eficiencia de remoción de DQO del 70%, al utilizar microorganismos de montaña. Cabe resaltar que este parámetro es un indicador de materia orgánica y los microorganismos de montaña la utilizan como fuente de energía para su desarrollo y crecimiento, es por ello la disminución de este parámetro.

Con respecto a la remoción de DBO, el tratamiento del agua residual con EM, redujo la DBO, desde 110.2 hasta 15 mg/L, el cual representa una eficiencia del 86%. Mientras que el MM, redujo los SS desde 110.2 hasta 8.5 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 92%. Ambos tratamientos redujeron la DBO por debajo del LMP (100 mg/L), sin embargo el MM tuvo una eficiencia mayor comparado con el EM. Los beneficios de la tecnología EM en el tratamiento de aguas residuales son: Digiere en forma rápida la materia orgánica, reduciendo de esta manera la DBO y DQO; reduce también la concentración de Coliformes. Asimismo, reduce eficientemente, el NH_3 , H_2S y el metil mercaptano (AGSSRL, 2010).

Asimismo, los tratamientos con EM y MM, redujeron la concentración de nitratos del AR desde 0.10 mg/L, hasta una concentración menor a 0.03 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron

una eficiencia mayor al 75%. De acuerdo con La Finca de Hoy (2017), los EM, participan en la disminución de nitratos del agua residual debido a las bacterias *Rizobium* y *Acetobacter*, estas necesitan necesariamente de nitrógeno para su supervivencia y la sintetizan de la materia orgánica, haciendo que disminuya el valor de este parámetro.

Finalmente, con respecto a la remoción de Coliformes totales y Coliformes fecales del agua residual, se observa que el tratamiento una mayor eficiencia de MM, frente al EM, logrando disminuir la concentración de los microorganismos contaminantes por debajo límite máximo permisible de acuerdo al D.S. 003-2010-MINAM. De acuerdo con Romero & Vargas (2017), la aplicación de EM, reduce la concentración de Coliformes fecales del agua residual. Asimismo, Beltrán & Campos (2016), indican que los EM, son eficientes en la remoción de Coliformes termotolerantes del agua residual doméstica debido a que estos aumentan la acidez del medio inhibiendo a los coliformes, aumentando la eficiencia, crecimiento y desarrollo del consorcio de microorganismos.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Ambos tratamientos EM y MM, redujeron el pH y cumplieron el rango indicado en el D.S. 003-2010-MINAM (6.5-8.5). Asimismo, el tratamiento EM tuvo una eficiencia de remoción de SS del 39%, mientras que el MM tuvo una eficiencia del 33%. Ambos tratamientos cumplieron el LMP (150 mL/L). Por otro lado, ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 65% en la remoción de aceites y grasas y cumplieron el límite máximo permisible (20 mg/L) del D.S. 003-2010-MINAM. Asimismo, los tratamientos con EM y MM, redujeron la concentración de nitratos del AR desde 0.10 mg/L, hasta una concentración menor a 0.03 mg/L. Ambos tratamientos tuvieron una eficiencia mayor al 75%.

Asimismo, la eficiencia del EM, en la remoción de DQO fue 87.0%, mientras que del MM fue del 91.6%. Ambos tratamientos redujeron la DQO por debajo del LMP (200 mg/L), sin embargo, el MM tuvo una mayor eficiencia comparado con el EM. Con respecto a la remoción de DBO, el EM tuvo una eficiencia del 86%, mientras que en el MM fue del 92%. Ambos tratamientos redujeron la DBO por debajo del LMP (100 mg/L), sin embargo, el MM tuvo una eficiencia mayor comparado con el EM.

Con respecto a la remoción de los contaminantes microbiológicos, los Coliformes totales y Coliformes fecales del agua residual, se observa una mayor eficiencia por parte de los MM, frente al EM, logrando disminuir la concentración de los microorganismos contaminantes por debajo del límite máximo permisible de acuerdo al D.S. 003-2010-MINAM.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar que existe una mayor eficiencia de los MM en comparación a los EM, en cuanto a la remoción de parámetros como DQO, DBO, Coliformes totales y Coliformes fecales presentes en las aguas residuales del Caserío Chontamuyo. Finalmente, se puede entender el papel importante del uso de los

Microorganismos Eficientes para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales y principalmente la acción de los Microorganismos de Montaña.

Asimismo, de acuerdo las hipótesis formuladas, se acepta la hipótesis alterna debido a los resultados obtenidos.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda aplicar la tecnología de microorganismos de montaña para remediar aguas residuales domésticas, ya que se ha comprobado su efecto en la reducción del pH, Sólidos suspendidos, aceites y grasas, DBO, DQO, Nitratos, Coliformes totales y Coliformes fecales.

Asimismo, se recomienda realizar ensayos con otros tipos de aguas residuales, para evaluar el efecto remediador de los microorganismos de montaña, ya que es una tecnología que promueve la sostenibilidad del ambiente, por ser una alternativa de naturaleza biológica y viable.

Referencias

- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. *SEDAPAL*, 1–44. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.08.016>
- ANMAT. (n.d.). Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos, 21.
- Apaza, A. (2017). *Uso de Microorganismos Eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea, LIMA - 2017*. Tesis de grado. Facultad de ingeniería, Universidad César Vallejo. Recuperado el 27 de mayo de 2019 de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/22371/Apaza_SA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Argadoña, L., & Macías, R. (2013). Determinación De Sólidos Totales, Suspendidos, Sedimentados Y Volátiles, En El Efluente De Las Lagunas De Oxidación Situadas En La Parroquia Colón, Cantón Portoviejo, Provincia De Manabí, Durante El Período De Marzo a Septiembre 2013, *1*, 211. Retrieved from [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES%2C SUSPENDIDOS%2C SEDIMENTADOS Y VOLATILES.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%20SUSPENDIDOS%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf)
- Arocutipa, J. (2013). “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari-Sandia,” 81.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). Manual Práctico de Uso de EM, 1–35. Retrieved from [tgggth](http://www.tgggth.org)
- Beltrán, T. & Campos, C. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Tesis de grado. Facultad de ciencias forestales y del ambiente, Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado el 28 de abril de 2019 de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3461>
- Cardona, J., & García, L. (2008). Evaluación Del Efecto De Los Microorganismos Eficaces (Em®) Sobre La Calidad De Un Agua Residual Doméstica. *Javeriana.Edu.Co*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2009.06.934>
- Cardona, L. (2016). Estandarizacion De Parametros Fiscoquimicos Del Agua Usada En La Elaboracion De Productos Fitoteurapeuticos En La Planta De Produccion De Medicinas Del Valle Laboratorios., 48. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7125/62816C268e.pdf?sequence=1>
- Castro, M. (2009). “Coliformes totales.” *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 11.

- Retrieved from [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/2/Coliformes totales Celia CAstro.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/2/Coliformes%20totales%20Celia%20CAstro.pdf)
- Constanza, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Anaerobic bacteria: processes they perform and their contribution to life sustainability on the planet. *Nova*, *13*, 55–85. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>
- Correa, C. & Freitas, B. (2014). *Coleta, ativação e aplicação de Microrganismos Eficientes (EM's) no tratamento de esgoto sanitário*. Recuperado el 28 de abril de 2019 de <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/coleta-ativao-e-aplicao-de-microrganismos-eficientes-ems-no-tratamento-de-esgoto-sanitrio-17568>
- Corniciuc, C. (2015). O tratamento convencional coagulação/floculação na remoção de nanopartículas metálicas, 113.
- Coy, G. (2007). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 11.
- Dagleish, T., Williams, J. M., Golden, A.-M., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P., ... Watkins, E. (2007). Fate of bacterial and viral indicators in an advanced wastewater treatment plant. *Journal of Experimental Psychology: General*, *136*(1), 23–42.
- Davies, P. (2005). the biological basis of wastewater Treatment, 20.
- Díaz, H., & Caballero, J. (2015). Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis Técnico, económico, ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de Super pro Designer V6-2015, 156. Retrieved from http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4712/Heidy_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Díaz, H., & Vargas, Y. (2018). Diseño de un módulo electrónico para la crianza automatizada de peces mediante modelamiento matemático multiparamétrico que simule las condiciones básicas necesarias para la crianza , en estanques artificiales en función de parámetros fisicoquímicos *Elect*, *17*(2), 253–268.
- DIRESA. (2017). parámetros microbiológicos.pdf.
- Ecofluidos ingenieros. (2012). Informe Final Del Estudio De La Calidad De Fuentes Utilizadas Para Consumo Humano y Plan De Mitigación Por Contaminación Por Uso Doméstico y Agroquímicos En Apurimac y Cusco. *El Programa Interagencial “Gestión Integral y Adaptativa de Recursos Ambientales Para Minimizar Vulnerabilidades Al Cambio Climático En Microcuencas Andinas,”* 46. Retrieved from <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

- Environmental Protection Agency. (1988). How Wastewater Treatment Works. The Basics, (May), 6. Retrieved from <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>
- Escalona, M. (2011). Microorganismos efectivos: su extracción y uso, 6. Retrieved from <https://www.uv.mx/personal/asuarez/files/2011/02/Microorganismos-efectivos.pdf>
- Gabriel, B. (2016). *Wastewater Microbiology*.
- García, L. A. (2003). Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la Tierra en la calidad del agua, subcuenca del río Tascalapa Yoro Honduras, 164.
- Gómez, D. (2018). Referentes Latinoamericanos en tratamiento de aguas residuales de origen urbano, 51.
- Haake, D. (2011). E. coli, (317), 100.
- Hernández, Fernández, & Baptitsta. (2015). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Retrieved from <https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/01/31/libro-metodologia-de-la-investigacion-6ta-edicion-sampieri-pdf/>
- Higa, T., & Chinen, N. (1998). EM Treatments of Odor , Waste Water , and Environment Problems, 1–3.
- Hooke, R. (1999). Introduction to Cell Biology Prokaryotes and Eukaryotes, 4.
- INDECI. (2012). Estudio : Mapa De Peligros De Las Ciudades De Tarapoto , Morales Y La Banda De Shilcayo Informe Final, 251.
- Kyan T., Shintani M., Kanda S., Sakurai M., Ohashi H., Fujisawa A. and Pongdit S. (1999). “*Kyusei nature farming and the technology of the effective microorganisms*”. *Guidelines for practical use*. Recuperado el 27 de mayo de 2019 de <http://www.apnan.org/APNAN%20Manual.pdf>
- Laboratorios Britania. (2010). Salmonella Shigella Agar. *Salmonella Shigella Agar*, 1–2. Retrieved from <http://www.britanialab.com/productos/B02138 REV 01-SALMONELLA SHIGELLA AGAR.pdf>
- Laboratorios Britania. (2015a). Escherichia Coli Medio. *Am. J. Public Health, 1943000(33)*, 1–2. Retrieved from <http://www.britanialab.com/productos/B02168 REV 01-EC MEDIO.pdf>
- Laboratorios Britania. (2015b). Lauril Sulfato Caldo, 1–2.
- Laboratorios Britania. (2015c). Mac Conkey. *Laboratorios Britania*, 1–2. Retrieved from https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSTInXCrshAkeNLTh43Ev3vfe-CnxALg9zURTr_D83rBLAtTSY1

- Laboratorios Britania. (2015d). Sabouraud Glucosado Caldo, 1–2. Retrieved from http://www.britanialab.com/productos/B02178_REV_01-SABIURAUD_AL_2%25_CALDO.pdf
- Laboratorios Britania. (2015e). Tripteína Soya Agar. *Britania*, 1, 1–2. Retrieved from http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a297bfd85301.pdf
- Laboratorios Britanias. (2015). Verde Brillante Bilis 2 % Caldo, 1–2.
- La Finca de hoy. (11 de setiembre de 2017). *Microorganismos eficientes en la desintoxicación del agua*. [Archivo de video]. Recuperado el 27 de abril de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=Exg6JtTuoYU>
- López, A. (2012). Análisis de aguas residuales, 1–33.
- Maimone, S. (2012). *Pseudomonas aeruginosa*, 3.
- Mandalaywala, H., Patel, P., & Ratna, T. (2017). Introduction and Use of Effective Microorganisms for Bioremediation Processes- A Review. *Human*, 7(3). Retrieved from www.ijssrm.humanjournals.com
- Manual de depuración de aguas residuales urbanas. (2008). *Centa, Secretariado de Alianza Por El Agua, Ecología y Desarrollo.*, 1–264. <https://doi.org/Z-2802/08>
- Medio Ambiente, El Salvador. (24 noviembre de 2014). *Microorganismo para el Medio Ambiente: Planta de tratamiento Aguas Residuales*. [Archivo de video]. Recuperado el 27 de abril de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=rHBT1VeGAH8>
- Metcalf, L. (2015). Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales*, 11. Retrieved from <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>
- Mimbela, J. (2011). “Tratamientos Avanzados De Aguas Residuales En El Marco De La Legislacion Ambiental Peruana,” 90.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Tratamiento de aguas residuales, 1–13.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2006). Reglamento nacional de edificaciones. *Iteckne*, 11(1), 434. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- Ocasio, F. (2008). Evaluacion De La Calidad Del Agua Y Posibles Fuentes De Contaminacion En Un Segmento Del Rio Piedras, 241.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Biblioteca Nacional Del Perú N° 2014-05991*, 42. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Panawala, L. (2017). Difference Between Gram Positive and Gram negative Bacteria, (April).

- <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.09.003>
- Pauli, W., Jax, K., & Berger, S. (2001). Biodegradation and Persistence, *2K*(May), 51. <https://doi.org/10.1007/10508767>
- Pérez, F., & Urrea, M. (n.d.). Abastecimiento de aguas, 28.
- Quiñones, E. E., Evangelista, Z., & Rincón, G. (2016). Los actinomicetos y aplicación biotecnológica. *Elementos*, *101*, 59–64.
- Raja, K., Narendrakumar, G., & Arvind, J. (2011). Evaluation of Effective Microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. *Journal of Experimental Sciences*, *2*(7), 30–32.
- Ramirez, M. (2006). Tecnología de los microorganismos (EM), aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible, 44. Retrieved from file:///C:/Users/Diana Abigail/Downloads/MICROORGANISMOS EFICIENTES TESJS (1).pdf
- Responsabilidad Social Mejoramiento de la calidad de Aguas Servidas del Distrito Eduardo Villanueva [AGSSRL]. (17 de marzo de 2010). *Tratamiento de aguas servidas con microorganismos eficaces responsabilidad*. [Archivo de video]. Recuperado el 27 de abril de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=mQd23RGMrdw>
- Rodríguez, J. (2012). Importancia ambiental del proceso Anammox, (1), 1–15. Retrieved from <http://www.ugr.es/~cjl/anamox.pdf>
- Romero, T. & Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, *38* (3), 88-100. Recuperado el 28 de abril de 2019 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008
- Slidecek, V. (1978). Rotifers as indicators of water quality, (1953), 33.
- Sperling, M. (2015). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. *Water Intelligence Online* (Vol. 6). <https://doi.org/10.2166/9781780402086>
- Suchini, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio* *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*.
- Tencio, R. (2015). Reproducción y aplicación de los microorganismos de montaña (MM) en la actividad agrícola y pecuaria.
- Torres, A., & Reyes, X. (2006). Evaluación del efecto que tienen los EM (microorganismos eficientes) en las micorrizas para la recuperación de suelos intervenidos del área de Mondoñedo. *Tesis*, 157.
- UNESCO. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los*

Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales. El recurso desaprovechado. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>

Anexos

Anexo 1. Resultados del laboratorio de análisis del AR antes de su tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91058.08

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190220.01 DA
N° de Protocolo : 91058.08
Ciente : LENIN COLLANTES CHULES
Dirección legal del cliente : SANTA ROSA - EL DORADO - SAN MARTIN
Muestra(s) declarada(s) : Muestra de Agua Residual
Procedencia de la Muestra : Muestreo realizado por el Cliente
Nombre del Proyecto: Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018.
Punto de Muestreo: Chontamuyo - Distrito - Banda de Shilcayo - Tarapoto
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 1 Frasco de Plástico Estéril, 01 Frasco de Vidrio y 04 Frascos de Plástico de Primer Uso por muestra
Identificación de la Muestra : Cod. Lab. 02-27008
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-02-27
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-02-27
Fecha de Emisión de Informe : 2019-03-05

Código de Laboratorio		02-27008
Código de Muestra		ARSH-01
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 mts de la descarga del desagüe del Río Shilcayo
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195E 9279937N 278 m.
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		26-02-2019/ 07:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		26-02-2019/ 08:00 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	22000000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	3500000

Código de Laboratorio		02-27008	
Código de Muestra		ARSH-01	
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 mts de la descarga del desagüe del Río Shilcayo	
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195E 9279937N 278 m.	
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		26-02-2019/ 07:00 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		26-02-2019/ 08:00 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
Aceites y Grasas*	mg/L	4,0	1,4

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de INSPECCIÓN & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C.
 Rev.00
 Fecha de revisión: 2017-04-10

INFORME DE ENSAYO 91058.08

FR-044

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)*	mg/L	110,21	2,00
Demanda química de Oxígeno (DQO)*	mg/L	207,12	6,70
Nitratos (Como NO ₃) *	mg NO ₃ -N/L	0,12	0,03
pH*	Valor de pH	7,59	-
Sólidos Totales Suspendidos*	mg/L	7,21	2,8

Observaciones:

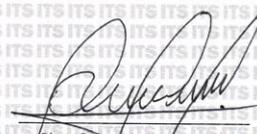
* Parametro no acreditado ante el INACAL DA

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 5210 B, 22nd, Ed.2012 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 - Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 5220 C, D, 22nd Ed. 2012 Chemical Oxygen Demand. Titrimetric Method. Closed Reflux. Colorimetric Method
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2540 A y D, 23rd Ed, 2017 Solids. Total suspended Solids Dried at 103 - 105°C
ACEITES Y GRASAS	EPA821-R-10-001, Method 1664, Revision B 2010 n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 H+ B, 23rd Edition (Electrometric Method)
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ -E, 23rd Ed, 2017, Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method

FIN DE DOCUMENTO

INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU
 LABORATORIO
 S.A.C.



Blgo. Grover A. Ruyay Falcón
C.B.R. 8505
Jefe de Laboratorio

Anexo 2. Resultados del laboratorio de análisis del AR tratada con EM



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N° LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91085.10

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190320.01 DA
N° de Protocolo : 91085.10
Cliente : LENIN COLLANTES CHULES
Dirección legal del cliente : Santa Rosa - El Dorado - San Martín
Muestra(s) declarada(s) : Agua Residual
Procedencia de la Muestra : Muestreo realizado por el cliente
Nombre del Proyecto: Determinación de la efectividad de los microorganismos de montaña para el tratamiento de agua residual invitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín.
Punto de Muestreo:
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 1 Frasco de Plastico Estéril, 02 Frascos de Vidrio y 06 Frascos de Plastico de Primer uso por muestra
Identificación de la Muestra : Cod. Lab.03-26010
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-03-26
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-03-26
Fecha de Emisión de Informe : 2019-04-04

Código de Laboratorio		03-26010
Código de Muestra		MEATJ
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desagüe del río Shilcayo.
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 20:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 21:00 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	13000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4100

Código de Laboratorio		03-26010	
Código de Muestra		MEATJ	
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desagüe del río Shilcayo.	
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m	
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 08:00 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 09:00 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
Fisicoquímicos			
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)*	mg/L	15	2
Demanda química de Oxígeno (DQO)*	mg/L	26.50	6.70

El presente informe de ensayo es válido para las muestras recibidas en el presente informe. No pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un instrumento oficial de interés público. Su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales vigentes en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Pág. 1 de 2
 Fecha de revisión: 2019-03-15

INFORME DE ENSAYO 91085.10

FR-044

Sólidos Totales Suspendidos*	mg/L	4.4	2.8
pH*	Valor de pH	6.8	-
Aceites y Grasas*	mg/L	< 1.4	1.4
Nitratos (Como NO ₃)*	mg NO ₃ -N/L	< 0.03	0.03

Observaciones:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 - Day BOD Test
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D 23rd Ed.
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B 23rd Ed.
ACEITES Y GRASAS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B 23rd Ed.
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ - E, 23rd Ed. 2017 Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method

INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.
LABORATORIO


Rupy Grover A. Rupy Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio

Este informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, entero o en su totalidad, sin la autorización escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C. (R-01)

Fecha de revisión: 2019-03-15

Pág. 2 de 2

Anexo 3. Resultados del laboratorio de análisis del AR tratada con MM, muestra 1



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91085.11

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190320.01 DA
 N° de Protocolo : 91085.11
 Cliente : LENIN COLLANTES CHULES
 Dirección legal del cliente : Santa Rosa - El Dorado - San Martín
 Muestra(s) declarada(s) : Agua Residual
 Procedencia de la Muestra : Muestreo realizado por el cliente
Nombre del Proyecto: Determinación de la efectividad de los microorganismos de montaña para el tratamiento de agua residual inviro en el caserío de Chontamuyo - San Martín.
Punto de Muestreo:
 Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra.
 Forma de Presentación : 1 Frasco de Plástico Estéril, 02 Frascos de Vidrio y 06 Frascos de Plástico de Primer uso por muestra
 Identificación de la Muestra : Cod. Lab.03-26011
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-03-26
 Fecha de Inicio del Análisis : 2019-03-26
 Fecha de Emisión de Informe : 2019-04-04

Código de Laboratorio		03-26011
Código de Muestra		MMA - R1
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desagüe del río Shilcayo.
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 20:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 21:00 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	4900
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1100

Código de Laboratorio		03-26011
Código de Muestra		MMA - R1
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desagüe del río Shilcayo.
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 20:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 21:00 Hrs.

Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Limite de Detección de Método
Fisicoquímicos			
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)*	mg/L	12	2
Demanda química de Oxígeno (DQO)*	mg/L	22.42	6.70

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.
 Pág. 1 de 2

INFORME DE ENSAYO 91085.11

FR-044

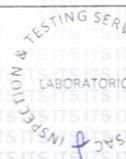
Sólidos Totales Suspendidos*	mg/L	4.9	2.8
pH*	Valor de pH	6.9	-
Aceites y Grasas*	mg/L	< 1.4	1.4
Nitratos (Como NO ₃)*	mg NO ₃ -N/L	< 0.03	0.03

Observaciones:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Metodologías

Parametro	Método de Referencia
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23 rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 22nd. Ed.2012 Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5- Day BOD Test
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D,23rd Ed.
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B,22nd Ed.
ACEITES Y GRASAS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5620 B,23rd Ed.
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ -E, 23rd Ed. 2017 Nitrogen (Nitrate), Cadmiun Reduction Method



[Signature]
Rita Grover A. Ruyay Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio

FIN DE DOCUMENTO

Anexo 4. Resultados del laboratorio de análisis del AR, tratada con EM, muestra 2



INFORME DE ENSAYO 91085.12

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190320.01 DA
N° de Protocolo : 91085.12
Cliente : LENIN COLLANTES CHULES
Dirección legal del cliente : Santa Rosa - El Dorado - San Martín
Muestra(s) declarada(s) : Agua Residual
Procedencia de la Muestra : Muestreo realizado por el cliente
Nombre del Proyecto: Determinación de la efectividad de los microorganismos de montaña para el tratamiento de agua residual invitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín.
Punto de Muestreo:
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra.
Forma de Presentación : 1 Frasco de Plastico Estéril, 02 Frascos de Vidrio y 06 Frascos de Plastico de Primer uso por muestra
Identificación de la Muestra : Cod. Lab.03-26012
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-03-26
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-03-26
Fecha de Emisión de Informe : 2019-04-04

Código de Laboratorio		03-26012
Código de Muestra		MMA - R2
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desague del río Shilcayo.
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 20:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 21:00 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	2200
Coliformes Fecales	NMP/100mL	450

Código de Laboratorio		03-26012	
Código de Muestra		MMA - R2	
Descripción del Punto de Muestreo		A 50 metros de la descarga del desague del río Shilcayo.	
Coordenadas del Punto de Muestreo		349195N 9279937E 278 m.s.n.m	
Tipo de Muestra		Agua Residual Municipal	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 20:00 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		25-03-2019/ 21:00 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Limite de Detección de Método
Fisicoquímicos			
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)*	mg/L	5	2
Demanda química de Oxígeno (DQO)*	mg/L	12.18	6.7

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra referida en el presente informe. No pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público. Su falsificación o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por la Ley N° 27107.
 RUC 011111111111111111
 Fecha de revisión: 2019-03-15

INFORME DE ENSAYO 91085.12

FR-044

Sólidos Totales Suspendidos*	mg/L	4,6	2,8
pH*	Valor de pH	7,1	-
Aceites y Grasas*	mg/L	< 1,4	1,4
Nitratos (Como NO ₃)*	mg NO ₃ -N/L	< 0,03	0,03

Observaciones:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Metodologías

Parametro	Metodo de Referencia
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23 rd Edition, Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd, Ed. 2012 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 - Day BOD Test
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Edition Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D 23rd Ed
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B.22nd Ed.
ACEITES Y GRASAS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B.23rd Ed.
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ -E, 23rd Ed. 2017 Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method

INSPECTION & TESTING SERVICES OF PERU S.A.C.
LABORATORIO


 C. P. 8505
 Jefe de Laboratorio

FIN DE DOCUMENTO

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra Unidad o Rile que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con un tipo de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Anexo 5. Panel fotográfico



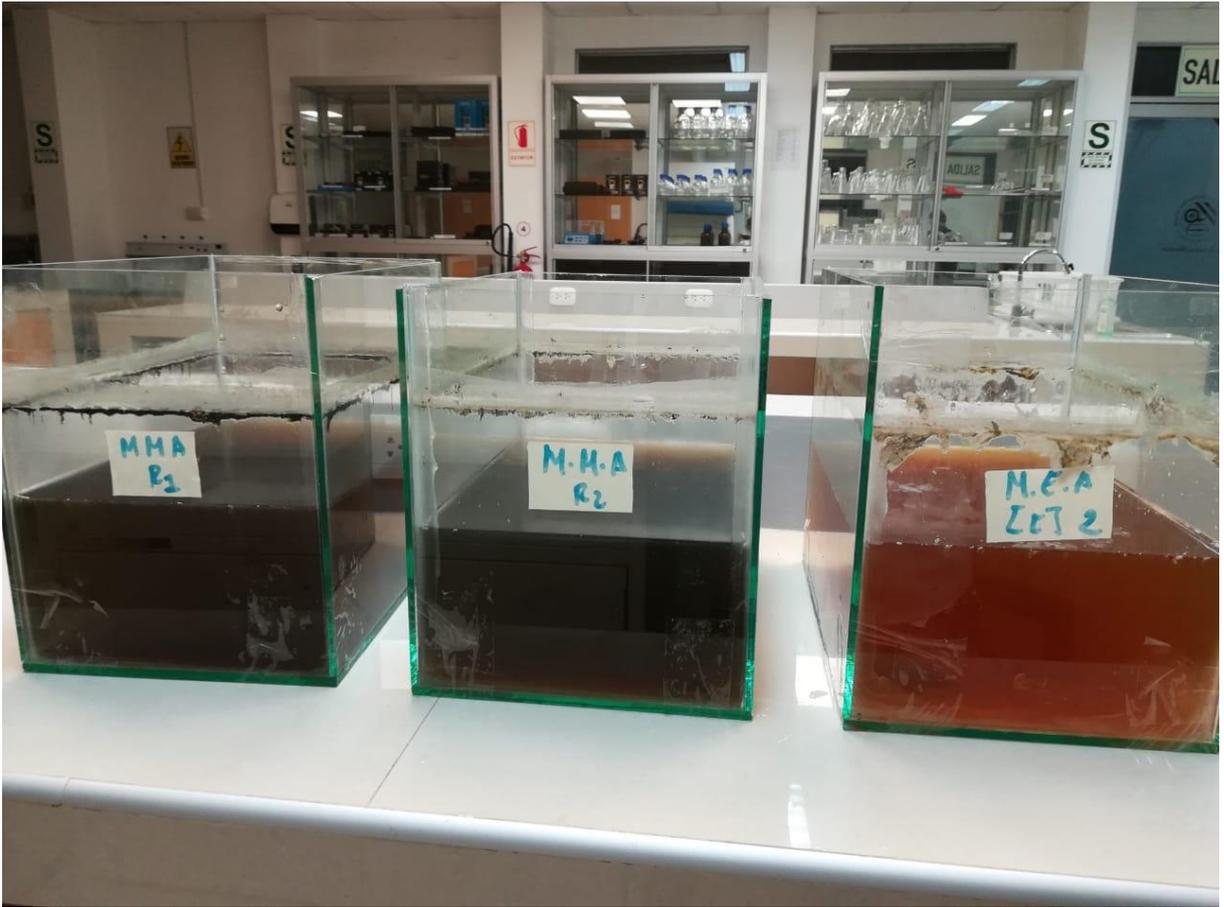
Anexo 5.1 Mediciones realizadas en el cuerpo hídrico



Anexo 5.2 Recipientes conteniendo MM y EM, antes de ser activados



Anexo 5.3 Activación de los EM y MM



Anexo 5.4 Disposición de los tres tratamientos en el laboratorio



Anexo 5.5 Mediciones realizadas en el laboratorio