

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**“APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM)
PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE CHUCUITO”**

TESIS

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

ATILIO VALDEZ PINO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

PROMOCION 2010 - II

PUNO - PERU

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



“APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE CHUCUITO”

V.B.
[Handwritten signature]

TESIS

Presentada Por:
ATILIO VALDEZ PINO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRICOLA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : *[Signature]*
Ing° M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque

PRIMER MIEMBRO :
Ing° Edilberto Huaquisto Ramos

SEGUNDO MIEMBRO : *[Signature]*
Ing° M.Sc. Roberto Alfaro Alejo

DIRECTOR DE TESIS : *[Signature]*
Ing° M.Sc. Percy A. Ginez Choque

Línea de Investigación: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
Tema: Otros temas relacionados a ordenamiento territorial y medio ambiente.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con mucho cariño a mis padres Jorge y Florencia, que a pesar de sus escasas posibilidades siempre me apoyaron y confiaron en mí, por brindarme sabios consejos para tomar decisiones firmes en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanas; Nélide y Érica, gracias por su apoyo incondicional y comprensión.

A mi esposa Yesica y mi hijo Aldair que con su inmenso amor y comprensión supieron alentarme en los momentos más difíciles.

Atilio Valdez Pino

AGRADECIMIENTO

- ✓ A Dios por darme la vida y por brindarme la oportunidad de ser quien soy.
- ✓ A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por brindarme una formación integral y permitirme alcanzar esta importante meta.
- ✓ A mis docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, que con sus enseñanzas y experiencias me guiaron hasta alcanzar esta importante meta.
- ✓ Al personal técnico del laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias por las facilidades para realizar los análisis de las muestras de aguas residuales.
- ✓ A la Municipalidad Distrital de Chucuito, por su cooperación y facilitación de la infraestructura de la PTAR zona sur, para la realización de la presente investigación.
- ✓ Al Ing. M. Sc. Ángel Cari Choquehuanca, por su apoyo, orientación y sugerencias certeras.
- ✓ A todos mis amigos y personas, por darme la fuerza, apoyo incondicional y consejos, que de una u otra forma colaboraron para la finalización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE CUADROS

LISTA DE ANEXOS

LISTA DE SIGLAS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	21
	1. OBJETIVOS	24
	1.1. Objetivo General.....	24
	1.2. Objetivo Especifico	24

II. REVISIÓN DE LITERATURA	25
2. AGUA RESIDUAL (AR)	25
2.1. AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	26
2.2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	28
2.2.1. Contaminantes Físico - Químico.....	29
2.2.2. Contaminantes Microbiológicos	31
2.3. CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA.....	33
2.3.1. Parámetros Biológicos	33
2.3.2. Parámetros Físico Químicos.....	36
2.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	38
2.5. MICROORGANISMOS EFICACES	39
2.6. MICROORGANISMOS DEL EM.....	40
2.6.1. Bacterias Fotosintéticas (Rhodopseudomonas palustris)	40
2.6.2. Bacterias Acido Lácticas (Lactobacillus spp)	43
2.6.3. Levaduras (Saccharomyces sp).....	45
2.7. MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	48
2.8. DESARROLLO SOSTENIBLE Y ANÁLISIS ECONÓMICO....	54

2.8.1. Relación de Beneficio/Costo (B/C).....	55
2.9.LA EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE VALORES MORALES	57
2.10.LA EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	57
2.11.RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ACCIÓN COMUNITARIA ...	58
2.12.MARCO LEGAL.....	59
III. MATERIALES Y MÉTODOS	63
3. MATERIALES Y MÉTODOS	63
3.1. LOCALIZACIÓN	63
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS	63
3.3. PROCESO DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	64
3.3.1. Buzón de Ingreso.....	65
3.3.2. Desarenador	66
3.3.3. Cámara de Rejas	66
3.3.4. Desengrasador	67
3.3.5. Sedimentador Primario - Secundario	67
3.3.6. Filtro Vertical (1) (2) (3).....	68
3.3.7. Reactor Biológico (1) (2)	68

3.3.8. Nave de Macrofitas Totora – Lenteja de Agua.....	69
3.3.9. Biodigestor de Lodos (1) (2).....	69
3.4. METODOLOGÍA.....	70
3.4.1. Recolección de muestras.....	71
3.4.2. Activación de EM.....	73
3.4.3. Proceso de tratamiento con EMa de la PTAR.....	76
3.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	77
3.5.1. Potencial de Hidrogeno (pH).	77
3.5.2. Solidos suspendidos totales.	78
3.5.3. Oxígeno disuelto.	79
3.5.4. Demanda bioquímica de oxígeno.	79
3.5.5. Demanda química de oxígeno.	80
3.5.6. Aceites y grasas (A y G).	81
3.5.7. Coliformes termotolerantes (NMP).	81
3.6. FACTORES EN ESTUDIO.....	83
3.7. VARIABLES DE RESPUESTA.....	84
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
4. RESULTADOS.....	85
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE AFLUENTE, EFLUENTE PTAR.....	85

4.2. LECTURA INICIAL DE PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AFLUENTE DE LA PTAR	88
4.2.1. Estado inicial de parámetros físico, químico evaluados	88
a) pH	88
b) Sólidos suspendidos totales	89
c) Oxígeno disuelto	91
d) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	92
e) Demanda química de oxígeno (DQO)	94
f) Aceites y grasas	96
4.2.2. Estado inicial de parámetros microbiológicos evaluados	98
a) Numero de coliformes termotolerantes	98
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO AL TRATAMIENTO CON DIFERENTES DOSIS DE EMa DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	99
4.3.1. Análisis diseño completamente al azar de los parámetros físico - químicos	100
a) Análisis del efecto sobre pH	100
b) Análisis del efecto sobre sólidos suspendidos totales (mg/L)	101
c) Análisis del efecto sobre oxígeno disuelto (mg/L)	102
d) Análisis del efecto sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mg/L	104

e)	Análisis del efecto sobre la demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	105
f)	Análisis del efecto sobre aceites y grasas (mg/L)	106
4.3.2.	Análisis diseño completamente al azar de los parámetros microbiológicos	107
a)	Análisis del efecto sobre coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	107
4.4.	REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO AL TRATAMIENTO CON DIFERENTES DOSIS DE EMa DE LAS AGUAS RESIDUALES Y COMPARADOS CON LOS LMP D.S N° 003 – 2010 – MINAM, ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA D.S N° 015 – 2015 – MINAM Y PTAR	109
4.4.1.	Efecto sobre parámetros físico - químico.....	109
a)	Efecto sobre pH.....	109
b)	Efecto sobre solidos suspendidos totales.....	111
c)	Efecto sobre oxígeno disuelto (mg/L)	113
d)	Efecto sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mg/L	115
e)	Efecto sobre la demanda química de oxígeno (DQO) mg/L.....	117
f)	Efecto sobre aceites y grasas mg/L.....	119
4.4.2.	Efecto sobre parámetros microbiológicos	121
a)	Efecto sobre coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	121

4.4.3. Análisis efecto directo sobre las aguas residuales domesticas en la planta de tratamiento con la aplicación de microorganismos eficaces (EMa).....	125
4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO	127
V. CONCLUSIONES	131
VI. RECOMENDACIONES	134
VII. BIBLIOGRAFÍA	135

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Fases del transcurso de las aguas residuales domesticas de componente a componente de la PTAR.....	65
FIGURA N° 02: Diagrama de toma de muestra de agua residual domestica de la PTAR.....	73
FIGURA N° 03: Diagrama de activación de EMa.....	75
FIGURA N° 04: Diagrama de proceso de tratamiento con EMa Agua residual PTAR.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Criterios para la clasificación de la calidad de un Agua Residual ..27	
TABLA N°02: Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las ARD	27
TABLA N° 03: Organismos propuestos en la literatura como indicadores de la contaminación fecal humana.....	35
TABLA N° 04: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático (lagunas y lagos).....	36
TABLA N° 05: Tipos de tratamientos para aguas residuales.....	38
TABLA N° 06: Estándares Nacionales Ambiental para Agua.....	59
TABLA N° 07: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	62
TABLA N° 08: Características físico, químicos y microbiológicos de la PTAR, establecidas en el Afluyente, Efluente de PTAR, LMA y ECA para la conservación del ambiente acuático (Lagunas y Lagos.....	87
TABLA N° 09: Resultados de análisis inicial de pH de afluyente en la zona de estudio de la PTAR.....	88
TABLA N° 10: Resultados de análisis inicial de Solidos Suspendidos Totales en la zona de estudio de la PTAR	89
TABLA N° 11: Resultados de Análisis inicial de Oxígeno Disuelto en la zona de estudio de la PTAR.....	91
TABLA N° 12: Resultados de análisis inicial de Demanda Bioquímica de Oxígeno en la zona de estudio de la PTAR	92
TABLA N° 13: Resultados de análisis inicial de Demanda Química de Oxígeno en la zona de estudio de la PTAR	94
TABLA N° 14: Resultados de análisis inicial de Aceites y Grasas en la zona de estudio de la PTAR.....	96
TABLA N° 15: Resultados de análisis inicial de Número de Coliformes Termotolerantes en la zona de estudio de la PTAR	98
TABLA N° 16: Resultados Análisis Estadístico – Ph.....	101

TABLA N° 17: Resultado Análisis Estadístico – Solidos Suspendidos Totales ..	102
TABLA N° 18: Resultados Análisis Estadístico – Oxígeno Disuelto	103
TABLA N° 19: Resultados Análisis Estadístico – Demanda Bioquímica de Oxígeno	105
TABLA N° 20: Resultados Análisis Estadístico – Demanda Química de Oxígeno	106
TABLA N° 21: Resultados Análisis Estadístico – Coliformes Termotolerantes ..	108
TABLA N° 22: Resultados de análisis de pH de afluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.....	109
TABLA N° 23: Resultados de análisis Solidos Suspendidos Totales de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa	111
TABLA N° 24: Resultados de análisis Oxígeno Disuelto de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa	113
TABLA N° 25: Resultados de análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.....	115
TABLA N° 26: Resultados de análisis Demanda Química de Oxígeno de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa	117
TABLA N° 27: Resultados de análisis sobre Aceites y Grasas de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa	119
TABLA N° 28: Resultados de análisis sobre Coliformes Termotolerantes de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.....	121
TABLA N° 29: Comparación remoción de los parámetros físico, químicos y microbiológicos PTAR, tratamientos con la aplicación de diferentes dosis de EMa, LMP y ECA para la conservación del ambiente acuático (Lagunas y Lagos)	124
TABLA N° 30: Resumen de análisis económico	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 01: Comparación de pH del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAN	89
GRAFICO N° 02: Comparación de Solidos Suspendidos Totales del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAM	90
GRAFICO N° 03: Comparación de Oxígeno Disuelto del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Estándares de calidad para agua según DS N° 015 – 2015 – MINAM	92
GRAFICO N° 04: Comparación de Demanda Bioquímica de Oxigeno del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAM	94
GRAFICO N° 05: Comparación de Demanda Química de Oxigeno del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAM	95
GRAFICO N° 06: Comparación de Aceites y Grasas del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010	97
GRAFICO N° 07: Comparación de Numero de Coliformes Termotolerantes del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010	99
GRAFICO N° 08: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP – pH.....	110
GRAFICO N° 09: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP - Solidos Suspendidos Totales	112
GRAFICO N° 10: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y ECA – Oxígeno Disuelto.....	114
GRAFICO N° 11: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP – DBO	116
GRAFICO N° 12: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP – DQO	118

- GRAFICO N° 13:** Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP – Aceites y Grasas 120
- GRAFICO N° 14:** Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP - Coliformes Termotolerantes 122

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01: Valores obtenidos de repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – pH.....	100
CUADRO N° 02: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – Sólidos Suspendidos Totales.....	101
CUADRO N° 03: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – Oxígeno Disuelto	102
CUADRO N° 04: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – DBO	104
CUADRO N° 05: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico –DQO	105
CUADRO N° 06: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – Aceites y Grasas.....	106
CUADRO N° 07: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico – Coliformes Termotolerantes.....	107

LISTA DE ANEXOS

- Anexo N° 01:** Resultados de análisis de aguas residuales del afluente y efluente PTAR.
- Anexo N° 02:** Resultados de análisis de aguas residuales con tratamientos de diferentes dosis de EMa.
- Anexo N° 03:** Catalogo EM -1
- Anexo N° 04:** Panel fotográfico.
- Anexo N° 05:** Normas Legales, Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM
- Anexo N° 06:** Normas Legales, Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM
- Anexo N° 07:** Plano distribución PTAR zona sur de la localidad de Chucuito
- Anexo N° 08:** Plano de Ubicación PTAR

LISTA DE SIGLAS

A y G: Aceites y Grasas

AR: Agua Residual

ARD: Aguas Residuales Domesticas

CM: Cuadrado medio

C.V: Coeficiente de Variabilidad

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)

DQO: Demanda Química de Oxígeno

D.S: Decreto Supremo

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

EMa: Microorganismos Eficaces activados

EM y/o EM - 1: Microorganismos Eficaces

FV: Unidades Experimentales

F: Fisher (variable de distribución)

GL: Grados de Libertad

L: Litros

MINAM: Ministerio del Ambiente

ml: Milímetros

mg: Miligramos

NMP: Numero más Probable

OD: Oxígeno Disuelto

OMS: Organización Mundial de la Salud

P: F tabulada con nivel de significancia de 0.05

pH: Potencial de Hidrogeno

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

R.M: Resolución Ministerial

SC: Suma de Cuadrados

UASB: Reactor de Lodos de Flujo Ascendente

v/v: Volumen en Volumen

RESUMEN

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales zona sur (PTAR), de la localidad de Chucuito, provincia de Puno y departamento de Puno, ubicado a 3,830 m.s.n.m, entre los meses de Marzo a Junio del 2016. El trabajo tuvo como objetivos: a) Caracterizar las aguas residuales en sus componentes físicos, químicos y microbiológicos, b) Evaluar el efecto del tratamiento de aguas residuales con aplicación de dosis de microorganismos eficaces (EM) bajo condiciones de laboratorio, c) Comparar el efecto del tratamiento de aguas residuales con la planta de tratamiento y microorganismos eficaces. Para dar respuesta a los objetivos planteados, se realizó los análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el Afluente y Efluente (PTAR) sin tratamiento y con tratamiento en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, con muestras tomadas de los baldes experimentales de 20 litros de capacidad, con dosificaciones de 0% (muestra testigo), 1%, 1.5% y 2% de EMa activado, la dosificación se aplicó cada 15 días durante un tiempo de 3 meses para luego realizar la comparación de los dos métodos de tratamiento y determinar cuál de los dos métodos es más eficiente y que cumple con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales D.S N^a 003 – 2010 – MINAM y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua conservación del medio ambiente (lagunas, lagos, ríos) D.S N^o 015 – 2015 – MINAM, los microorganismos eficaces (EM), tienen efecto sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, después del tratamiento se obtuvo una disminución significativa de pH, con la dosis de aplicación del 2% de EMa de 6.3 - 4.28, en los Sólidos Suspendidos totales a medida que paso el tiempo y se aumentó la dosis de aplicación se tuvo efecto aumentando la concentración del parámetro evaluado de 357.48 mg/L (1% EMa), 535.35 mg/L (1.5% EMa) y 727 mg/L (2% EMa), después del tratamiento se obtuvo un aumento de Oxígeno Disuelto, paso de 3.81 mg/L (1% EMa), 3.96 mg/L (1.5% EMa) y 4.12 mg/L (2% EMa), de la misma forma se obtuvo una disminución en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, de 147.07 mg/L (1% EMa), 131.07 mg/L (1.5% EMa) y finalmente 117.33 mg/L (2% EMa); En cuanto al parámetro de Demanda Química de Oxígeno al igual que el anterior parámetro se tuvo disminución de la misma de 367.67 mg/L (1% EMa), 327.27mg/L (1.5% EMa) y 293.33 mg/L (2% EMa); Aceites y Grasas se tuvo una disminución considerable, se obtuvo en todos los tratamientos Ausencia de Película Visible y finalmente en cuanto a los coliformes Termotolerantes se tuvo una disminución considerable de microorganismos patógenos en todos los tratamientos logrando una remoción del 80.75% en el tratamiento con dosis de aplicación del (2% EMa).

Palabras clave: afluente, contaminación, coliformes, efluente, microorganismos eficaces, planta de tratamiento de aguas residuales, tratamiento.

ABSTRACT

The research was carried out at the southern sewage treatment plant (PTAR), in the town of Chucuito, in the province of Puno and in the department of Puno, located at 3,830 masl, between March and June of 2016. The work As objectives: a) To characterize the wastewater in its physical, chemical and microbiological components, b) To evaluate the effect of the treatment of residual waters with application of effective microorganisms doses under laboratory conditions, c) To compare the effect of the treatment Of wastewater with the treatment plant and effective microorganisms. In order to respond to the objectives, physical, chemical and microbiological parameters were analyzed in the Influence and Effluent (PTAR) without treatment and with treatment in the laboratory of the Faculty of Agronomic Engineering of the National University of the Altiplano, with samples Taken from experimental buckets of 20 liters capacity, with dosages of 0% (control sample), 1%, 1.5% and 2% activated EMA, the dosage was applied every 15 days for a time of 3 months and then performed Comparing the two treatment methods and determining which of the two methods is most efficient and that complies with the Maximum Permissible Limits for effluents from domestic or municipal wastewater treatment plants DS N° 003 - 2010 - MINAM and National Quality Standards Environment for water conservation of the environment (lagoons, lakes, rivers) DS N ° 015 - 2015 - MINAM, effective microorganisms (EM), have an effect on the physical, chemical and microbiological parameters, after the treatment a significant decrease of pH was obtained, with the application rate of 2% of EMA of 6.3 - 4.28, in Total Suspended Solids as time went by and (1% EMA), 535.35 mg / L (1.5% EMA) and 727 mg / L (2% EMA), after the treatment was obtained An increase of dissolved oxygen, a passage of 3.81 mg / L (1% EMA), 3.96 mg / L (1.5% EMA) and 4.12 mg / L (2% EMA). Biochemical Oxygen Demand, 147.07 mg / L (1% EMA), 131.07 mg / L (1.5% EMA) and finally 117.33 mg / L (2% EMA); As for the parameter Chemical Oxygen Demand as the previous parameter had a decrease of 367.67 mg / L (1% EMA), 327.27 mg / L (1.5% EMA) and 293. 33 mg / L (2 % EMA); Oils and Fats had a considerable decrease, was obtained in all treatments Absence of Visible Film and finally in terms of thermotolerant coliforms there was a considerable decrease of pathogenic microorganisms in all treatments achieving a removal of 80.75% in treatment with doses Of application of (2% EMA).

Keywords: Affluent, contamination, coliforms, effluent, effective microorganisms, sewage treatment plant, treatment.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El agua es el compuesto vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, por eso el hombre debe disponer de agua segura para proteger su salud. Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud es un estado de completo bienestar, físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

El agua se considera contaminada cuando su composición o estado no reúne las condiciones requeridas para los usos a los que se hubiera destinado en su estado natural. Uno de los problemas ambientales más graves en la actualidad es la contaminación del recurso hídrico debido a que el problema tiene múltiples causas y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Este está relacionado directamente con cambios demográficos en las últimas décadas, ya que a medida que las poblaciones humanas crecen utilizan más el agua para llevar a cabo sus actividades cotidianas y productivas, originando cambios físicos, químicos y biológicos en el agua resultante.

Uno de los principales daños causados por la contaminación, por el alto grado de fertilidad de sus aguas se presenta en las riberas del Lago Titicaca, las cuales presentan crecimiento de macrofitos (lemna o lenteja de

agua - Eutrofización), resultante del producto de la descarga de aguas residuales de origen doméstico; La localidad de Chucuito no se escapa de esta realidad de contaminación por aguas residuales, ya que, debido al aumento poblacional, se ha incrementado el vertido de aguas residuales domesticas al Lago Titicaca, con un tratamiento no muy eficiente, aumentando con ello la contaminación de este recurso, de la misma forma la vida acuática (Flora y Fauna).

El tratamiento de las aguas residuales es una necesidad evidente de la población actual, debido al peligro que estas representan para la salud y el ambiente; Este tratamiento consiste en la eliminación de microorganismos patógenos (virus y bacterias), sustancias toxicas y de retención de sólidos, evitando que lleguen a las corrientes naturales que puedan servir de fuente de abastecimiento a otras comunidades – flora y fauna, mitigando el efecto de tal polución para restablecimiento de la biota (flora y fauna acuática).

La tecnología del producto EM (del inglés efficient microorganisms), basada en la actividad sinérgica de consorcios de microorganismos eficaces, ha sido reportada como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas, ya que incrementa las densidades de microorganismos que pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, reduciendo sus concentraciones. Además, al emplear una mezcla de varios microorganismos, con características metabólicas diferentes y

complementarias entre sí, la cantidad y variedad de los compuestos que pueden ser degradados será mayor y los procesos a su vez, serán más eficaces.

La población de Chucuito ha crecido por ser una zona eminentemente turística lo mismo que se encuentra Varios hoteles de turismo y requiere de un proyecto que se encuentre de acuerdo a las condiciones de los servicios básicos de la localidad de chucuito, debido a que a la estructura actual ha cumplido su vida útil y no cumple su función de manera eficiente. En ese contexto de ideas se hace necesario monitorear parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, al aplicar diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM), sobre las aguas residuales domésticos en la localidad de Chucuito, como un mecanismo que permita disminuir o mitigar la alteración producida por las descargas al Lago Titicaca, de la misma forma determinar si existe un efecto significativo sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados al aplicar microorganismos eficaces en diferentes proporciones. En tal sentido se considera necesario realizar un estudio que contemple alternativas para el mejor tratamiento para la disposición final de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito.

Formulación de preguntas del problema de investigación:

¿Qué efectos se tendrá en las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales domesticas luego de la aplicación de microorganismos eficaces?

¿Es posible determinar el efecto en el proceso de descontaminación aplicando microorganismos eficaces (EM) bajo condiciones de laboratorio?

¿Sera posible comparar la eficiencia de la remoción de carga orgánica en el tratamiento de aguas residuales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y microorganismos eficaces?

1. OBJETIVOS:

1.1. OBJETIVO GENERAL:

Comparar y evaluar el efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domesticas de la planta de tratamiento en la localidad de Chucuito.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Caracterizar las aguas residuales en sus componentes físicos, químicos y microbiológicos.
- b) Evaluar el efecto del tratamiento de aguas residuales con aplicación de dosis de microorganismos eficaces (EM) bajo condiciones de laboratorio.
- c) Comparar el efecto del tratamiento de aguas residuales con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y microorganismos eficaces.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2. AGUA RESIDUAL (AR)

Novotny (2003), indica, el agua residual (AR), es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno.

Metcalf y Eddy (2003), indica, las Aguas Residuales Domesticas provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas (ARD), industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua.

Según, Pérez y Espigares (1999), estas aguas se dividen en residuales de tipo ordinario y de tipo especial. Las de tipo ordinario son aquellas provenientes del uso doméstico (uso de inodoros, duchas, lavaderos, lavado de ropa, fregaderos) y contienen heces, orina, microorganismos y restos de

productos de limpieza, mientras que las aguas de tipo especial son las que provienen de otros usos (industriales).

2.1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD)

Mara y Cairncross (1990), manifiesta, las aguas residuales domésticas (ARD) son aquellas provenientes de las actividades domésticas cotidianas como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc., por lo cual son principalmente una combinación de heces humanas y animales, orina y agua gris. Estas presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos como detergentes y compuestos clorados y microorganismos patógenos y no patógenos. Las Aguas Residuales Domésticas se clasifican de acuerdo con su composición, la cual varía según los hábitos de la población que las genera (Tablas 1 y 2).

Metcalf y Eddy (2003), manifiesta, en lo que se refiere a la composición de compuestos químicos, las ARD pueden contener varios tipos de proteínas (albúminas, globulinas y enzimas industriales (detergentes) producto de la actividad microbiana en la propia ARD; carbohidratos como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa y grasas animales y aceites, provenientes de los alimentos, junto con los respectivos productos de la degradación de

los compuestos mencionados, así como sales inorgánicas y otros compuestos inertes.

Tabla N° 01: Criterios para la clasificación de la calidad de un Agua Residual.

Parámetro	Concentración		
	Baja	Moderada	Alta
Sólidos totales(ST)	350	720	1200
Sólidos disueltos totales(SD)	250	500	850
Sólidos disueltos fijos	145	300	525
Sólidos disueltos volátiles	105	200	325
Sólidos suspendidos totales(SS)	100	220	350
Sólidos suspendidos fijos	20	55	75
Sólidos suspendidos volátiles	80	165	275
Sólidos sedimentables	5	10	20
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	110	160	400
Demanda química de oxígeno (DQO)	250	220	1000
Carbono orgánico total (COT)	50	500	290
Nitrógeno (Total como N)	20	40	85
N-Orgánico	8	15	35
N-Amonio libre	12	25	50
N-Nitratos	0	0	0
N-Nitritos	0	0	0
Fósforo (Total como fósforo)	4	8	15
P-Orgánico	1	3	5
P-inorgánico	3	5	15
Cloruros*	30	50	100
Sulfato*	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	50	100	200
Grasa	50	100	150
Coliformes totales	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles	<100µg/l	100-400µg/l	>400µg/l

*Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.

FUENTE: Valores en mg/L. Tomado de: Metcalf y Eddy (2003)

Tabla N° 02: Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las ARD.

Parámetro	Concentración	
	Mínima	Máxima
Sólidos totales	1132	130475
Sólidos volátiles totales	353	71402
Sólidos suspendidos totales	310	93378

Sólidos suspendidos volátiles	95	21500
Demanda bioquímica de oxígeno	440	78600
Demanda química de oxígeno	1500	703000
Nitrógeno total	66	1060
Nitrógeno amoniacal	3	116
Fósforo total	20	760
Alcalinidad	522	4190
Grasas	208	23368
pH	1.5	12.6
Coliformes totales	$10^7/100\text{ml}$	$10^9/100\text{ml}$
Coliformes fecales	$10^8/100\text{ml}$	$10^8/100\text{ml}$

Nota: Valores en mg/L a menos que se especifique lo contrario.

FUENTE: Metcalf y Eddy (2003).

2.2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Amador (2007), indica que es una infraestructura de saneamiento ambiental, consistente en una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas por filtración biológica, compuesta por diversos componentes relacionados o conectados entre sí para funcionar en conjunto como un sistema. Aquí deben llegar las aguas residuales domesticas del alcantarillado sanitario desde las viviendas (de la preparación de alimentos, de la higiene personal, del lavado de ropas y de los sanitarios). No debe recibir aguas residuales industriales o comerciales, ni tampoco el agua de lluvia que es evacuado desde las viviendas a la red de alcantarillado. Estas aguas al pasar de componente a componente serán sometidos o sufrirán procesos de tratamiento de tipo físico, químico y biológico, con la finalidad de depurar el agua recibida y hacerla salir en mejores condiciones para ser aprovechada nuevamente. Sin embargo, durante este proceso también se obtiene un producto (lodo) proveniente de la parte sólida que vienen con las aguas

residuales, el cual también debe ser sometido a un tratamiento para que de igual forma pueda ser aprovechado.

2.2.1. Contaminantes Físico - Químicos

- **Potencial de Hidrogeno (pH)**

Romero (2000), indica que es la medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresado como el logaritmo negativo de la concentración molar ion hidrogeno. Las aguas residuales en concentración adversas del hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de 6, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de los hongos sobre las bacterias.

- **Solidos Suspendidos Totales**

Los “sólidos suspendidos totales” se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C. El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro).

- **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto es necesario para el mantenimiento de la vida acuática. Los requerimientos de oxígeno disuelto para la conservación de los seres vivos dependen de la temperatura, presión, contenido de sales y la presencia de sustancias químicas oxidables en condiciones acuáticas específicas.

- **Aceites y Grasas (A y G)**

Castro (1995), indica que su eliminación es el tratamiento de un agua residual o efluente debe ser completa porque alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos y lagos degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

Kiely (2003), dice que el DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20°C en un periodo de 5 días. Los valores del

DBO5 de las aguas residuales industriales (las industrias de alimentación) pueden alcanzar algunos miles.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Metcalf y Eddy (1998), dicen que la determinación de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse.

2.2.2. Contaminantes Microbiológicos.

Crites y Tchobanoglous (2004), dicen que en vista del gran número de organismos patógenos presentes en aguas residuales y poluidas es posible aislar e identificar solo algunos de ellos, eso sí con gran dificultad, los organismos coliformes se emplean como organismos indicadores por su fácil identificación y presencia abundante.

Spellman (2002), por eso la presencia de bacterias coliformes en un indicador de la posible presencia de organismos patógenos y la ausencia de bacterias coliformes indica que las aguas están libres de organismos transmisores de

enfermedades. El conjunto de los microorganismos denominado coliformes es el indicador más utilizado para determinar contaminación biológica en las aguas, debido a que este grupo es el más persistente en el ambiente.

- **Coliformes totales**

EPA (2002), dice que su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente patógenas. Los microbios que provocan enfermedades (patógenas) y que están presentes en las heces fecales humanas o de animales causan: diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con síntomas inmunológicos gravemente comprometidos.

- **Coliformes termotolerantes (fecales)**

Campos (2009), afirma que el grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h., de incubación a $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la más predominante es *Escherichia Coli*.

2.3. CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Novotny (2003), manifiesta, la calidad en general de un agua residual, incluyendo el ARD está determinada por sus características o parámetros físicos, químicos y biológicos a partir de los cuales se determina que tan aceptable es un agua residual para determinado uso.

A continuación se explican los parámetros utilizados para determinar la calidad del ARD.

2.3.1. Parámetros biológicos:

Metcalf y Eddy (2003), indican, estas características se relacionan con los organismos y microorganismos, en particular, bacterias y virus, entre otros, causantes de enfermedades. Para poder clasificar las Aguas Residuales de acuerdo a sus características biológicas, se cuenta con valores establecidos que dependerán de la utilización que se prevé y los requisitos sanitarios. La gran mayoría de los países determina los valores permitidos con base en lo estipulado por la Organización Mundial De La Salud (OMS) adaptándolo a sus circunstancias. A continuación se presentan algunos de los organismos empleados para determinar la calidad biológica del agua (Tabla 3).

Los Estándares Nacionales vigentes sobre el agua superficial se han establecido tomando en cuenta las recomendaciones de la OMS, además de algunos estudios previos, dichas normas son para las diversas categorías de uso de aguas se exige que el agua debe cumplir con los siguientes valores admisibles desde el punto de vista microbiológico, dependiendo de dos diferentes técnicas aprobadas tanto por el Instituto Nacional de Salud como por el Ministerio de Salud, para cuantificar Coliformes totales y E. coli: en el caso de número más probable o la técnica enzimática de sustrato definido deben ser 0 NMP/100cm³ y de 0 UFC/100 cm³, en la técnica de filtración por membrana respectivamente; mientras que para la técnica de tubos múltiples de fermentación los valores son 0 UFC/100 cm³ y de 0 microorganismos/100 cm³. Así mismo, en este decreto se reportan los valores correspondientes a los demás parámetros fisicoquímicos, permiten seleccionar un determinado tipo de tratamiento para mejorar la calidad del agua.

Castillo (2001), indica, para evaluar la calidad biológica de un agua se ha planteado, el uso de microorganismos indicadores de contaminación fecal (Tabla N° 03) debido a que presentan un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración, sensibilidad a factores ambientales y barreras artificiales, además resultan más fáciles, económicos y rápidos

de cuantificar. Dentro de los microorganismos indicadores el más conocido es E. coli, para el grupo de los coliformes fecales. Los coliformes son el grupo que cuenta con mayores especificaciones en cuanto a concentraciones en la normatividad nacional, aunque en la actualidad, el uso de bacteriófagos para el mismo fin es igualmente frecuente.

Tabla N° 03. Organismos propuestos en la literatura como indicadores de la contaminación fecal humana

Organismo	Características
Bacterias coliformes	Estos microorganismos pueden fermentar lactosa con generación de gas es a $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de 24 ± 2 ha 48 ± 3 h.
Bacterias coliformes fecales	Se establecen como coliformes fecales aquellos Microorganismos capaces de generar gas(o colonias)a una temperatura de incubación elevada. ($44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 h.
Streptococos fecales	Este grupo se ha empleado, junto con los coliformes fecales, para determinar las fuentes de contaminación fecal recientes.
Enterococos	<i>S. faecalis</i> y <i>S. faecium</i> son las dos familias más específicas de Enterococos para la determinación de contaminación humana, estas se pueden aislar y cuantificar mediante métodos analíticos de tipo PCR, filtración por membrana y conteo en placa.
<i>Clostridium perfringens</i>	Bacterias anaerobias formadoras de esporas, y sus Características la convierten en un indicador útil en los casos en los que se realiza la desinfección del agua.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Aeromonas hydrophila</i>	Estos organismos pueden estar presentes en grandes cantidades en el agua residual. Ambos se pueden considerar como organismos acuáticos y se pueden encontrar en el agua En ausencia de fuentes de contaminación fecal inmediatas.

FUENTE: Metcalf y Eddy (2003).

2.3.2. Parámetros fisicoquímicos:

Existen varios parámetros fisicoquímicos de importancia que caracterizan a las ARD y cuyos valores se encuentran estrechamente relacionados con el grado de contaminación de la misma. Por esta razón, cuantificar las concentraciones de estas sustancias es de gran interés en el tratamiento del AR.

En el Perú, mediante DS N° 003 – 2010 – MINAM, (Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales). DS N° 015 – 2015 – MINAM, (estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua Categorías 1, 2, 3 y 4) (Tabla N° 04).

Tabla N° 04. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático (lagunas y lagos).

Parámetro	Unidad	Categoría 4				
		E1: lagunas y lagos	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS mariNo CosTeras	
			Costa y sierra	selva	estuarios	marinos
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**

Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5	5	5	4	4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	25	100	400	100	30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	3	3	3	2	2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
bTeX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'- DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

FUENTE: DECRETO SUPREMO N° 015 – 2015 – MINAM.

2.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Ramalho (1993), manifiesta, el tratamiento de las AR se divide en preliminar, primario, secundario y terciario (Tabla N° 05), indicando así el nivel de remoción de contaminantes que se alcanza a medida que se pasa de un tratamiento a otro. La selección de un tratamiento para un AR depende de diversos factores como las características iniciales del agua, el requerimiento de la calidad del efluente y los costos y la disponibilidad de un terreno destinado para tal fin. A continuación se presentan las principales características de cada tipo.

Tabla N° 05. Tipos de tratamientos para aguas residuales

Tipo de tratamiento	Características	Ejemplos	Referencia
Preliminar	Su objetivo es eliminar cualquier elemento que pueda entorpecer alguna de las etapas siguientes del tratamiento como sólidos gruesos, arena, aceites y grasas.	Rejas y cribas de barras, tamices, desmenuzadores, desarenadores, separadores de grasas y aceites, tanques de pre aireación y aliviaderos.	(Ramalho 1983; Eckenfelder y Grau, 1992; Seoanez, 1996)
Primario	El objetivo del tratamiento Primario es la remoción de la materia orgánica suspendida (40 a 60%), por medio de procedimientos físicos, químicos y a veces biológicos.	Fosas sépticas, tanques de doble acción, tanques de sedimentación, filtración, neutralización y	(Ramalho 1983; Diehly Jeppsson 1998)

<p>Secundario</p>	<p>Su objetivo es la remoción de La materia orgánica disuelta, medida como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que no pudo ser removida en El tratamiento primario. En este tratamiento se estimula de manera controlada el crecimiento de microorganismos Degradores de materia orgánica. El porcentaje de remoción de DBO en este tipo de tratamientos es aproximadamente del 90%</p>	<p>Lechos bacterianos, lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos, filtros bacterianos, filtros percoladores, reactor de lodos de flujo ascendente (UASB)</p>	<p>(Gaudy Gaudy,1971 ; Seoanez, 1996;Metcalf yEddy2003)</p>
<p>Terciario</p>	<p>El objetivo del tratamiento terciario, o avanzado, es remover cualquier otro elemento no deseado Esta etapa del tratamiento está generalmente enfocada a la remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).</p>	<p>Cloración, ozonización, carbón activado, intercambio iónico, ósmosis inversa, rizofiltración.</p>	<p>(Seoanez, 1996;Boariet al.,1997; Eckenfelder, 2000;Metcalf Y Eddy, 2003).</p>

FUENTE: Datos tomados por diferentes autores.

Como parte de los tratamientos descritos anteriormente y principalmente del tratamiento secundario, el componente biológico es de gran importancia. Enmarcado dentro de esta clase de tratamientos se encuentra EM, cuyos microorganismos se describen con más detalle a continuación.

2.5. MICROORGANISMOS EFICACES

Los microorganismos efectivos o E.M. (del inglés Effective Microorganisms) son microorganismos benéficos conocidos que son empleados efectivamente como inoculantes microbianas. Un microorganismo efectivo se refiere a cualquiera de los organismos predominantemente anaeróbicos mezclados en enmiendas

comerciales agrícolas, medicamentos y suplementos nutricionales basados en el producto de marca comercial originariamente comercializados como EM-1 MicrobialInoculant, también conocido como Effective Microorganisms y EM Technology. Estas mezclas incluyen en sinergia metabólica.

- ✓ Bacterias lácticas: *Lactobacillus casei*.
- ✓ Bacterias fotosintéticas: *Rhodopseudomonas palustris* (del orden de los Rhizobiales).
- ✓ Levadura: *Saccharomyces cerevisiae*.
- ✓ Otros: microorganismos beneficiosos que existen de forma natural en el medio ambiente pueden prosperar en la mezcla.

2.6. MICROORGANISMOS DEL EM

2.6.1. Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris*):

Holt (2000), indica, dentro de gremio de organismos fotosintéticos que hacen parte de EM se encuentra *Rhodopseudomonas palustris*. Estas son bacterias fototróficas facultativas clasificadas dentro de las bacterias púrpura no del azufre, el cual comprende un grupo variado, tanto en morfología, filogenia y su tolerancia a diferentes concentraciones de azufre.

Vivanco (2003), son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como

hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones.

JGI (2005), indica, *R. palustris* es encontrada comúnmente en suelo y aguas y posee un metabolismo muy versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos constituyentes y por lo tanto está implicado en el manejo y reciclaje de compuestos carbonados. No sólo puede convertir CO₂ en material celular, sino también N₂ en amonio y producir H₂ gaseoso. Crece tanto en ausencia como en presencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa absorbiendo CO₂, pero también puede crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración.

Kyun et al., (2004), indica, este microorganismo presenta un crecimiento fototautotrófico con H₂, sulfuro y tiosulfato como donadores de electrones en presencia de pequeñas cantidades de extracto de levadura. Su crecimiento fotoheterótrofico es posible con varios sustratos orgánicos como azúcares simples y complejos. El sulfato puede ser usado como la única fuente de

azufre, mientras que el amonio, dinitrogeno, algunos aminoácidos, y en algunas cepas el nitrato, pueden ser usados como fuente de nitrógeno. Como factores de crecimiento requiere de p-aminobenzoato y, algunas cepas biotina. Su crecimiento óptimo ocurre a una temperatura de 30-37°C y pH 6.9 (rango 5.5-8.5) (Holt, 2000). En ocasiones no se hace uso de *Rhodopseudomonas* porque no se conoce detalladamente su metabolismo. Sin embargo, estas bacterias se han utilizado tanto en cultivos puros como mixtos para evaluar su actividad metabólica.

Cetinkaya y Ostürk (1999), manifiesta, debido a la gran variedad de rutas metabólicas que puede llegar a tomar este microorganismo según sus necesidades y condiciones ambientales, como parte del mismo produce una serie de enzimas y coenzimas según sea el caso, dentro de las que se encuentran amilasas, hidrolasas y proteasas, así como ubiquinonas y la coenzima Q10, las cuales participan directamente en los procesos de remoción de sulfuro de hidrógeno, nitratos, sulfatos, sulfitos, hidrocarburos, halógenos y nitratos reduciendo de esta forma la demanda biológica de oxígeno.

Teniendo en cuenta las condiciones de crecimiento para la bacteria fototrófica *R. palustris*, así como los estudios reportados por en donde se optimiza el crecimiento de estos microorganismos bajo condiciones de anaerobiosis para el tratamiento de AR, se considera que las poblaciones de estos microorganismos pueden llegar a adaptarse de forma exitosa a las condiciones que presentan las ARD.

2.6.2. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp.):

Rodríguez- Palenzuela (2000), indica, dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo EM los más abundantes son las bacterias ácidos lácticos. Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos, mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta.

Early (1998), indica, no se tiene gran información precisa acerca de la forma en la cual actúan las bacterias ácido lácticas

en el tratamiento de las aguas contaminadas, pero teniendo en cuenta sus características, se plantea que al disminuir el pH se genera una inhibición de patógenos. Sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos. En el estudio realizado por Kelly et al. (1998), se determinó que parte del comportamiento antagónico frente a patógenos del ácido láctico se debía a la producción de péptidos antimicrobianos y compuestos de bajo peso molecular, como la bacteriosina clase I, y la nisina, péptido de 34 carbonos que es activo frente a la mayoría de las bacterias Gram positivas.

Merck (2003), indica, en lo que se refiere a los requerimientos de crecimiento para el grupo de las bacterias ácido lácticas, se encuentran como generalidades que estas son bacterias microaerofílicas, razón por la que debe procurarse que la incubación se realice en una atmósfera con 5% de CO₂. Por lo general, para su crecimiento se emplean un incubación de 3 días, a 37°C o hasta 5 días a 30°C, puesto que son microorganismos de crecimiento relativamente lento y sus rendimientos metabólicos dependen de la temperatura directamente.

2.6.3. Levaduras (*Saccharomyces* sp):

Harvey et al. (1985), indica, el tercer grupo dentro de los gremios de microorganismos presentes en EM son las levaduras. Todos los miembros de *Saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar se encuentran la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, ya que *Saccharomyces* no puede asimilar lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se pueden emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados.

Aparte de carbono y el nitrógeno los macro elementos indispensables son el fósforo que se emplea comúnmente en forma de ácido fosfórico y el Mg⁺² como sulfato de magnesio, que también provee azufre. Finalmente son también necesarios el Ca⁺², Fe⁺², Cu⁺² y Zn⁺² como elementos menores. Un requerimiento esencial está constituido por las vitaminas del grupo B como biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina. Existen sin embargo, algunas diferencias entre las distintas cepas. Entre las vitaminas mencionadas la biotina es requerida por casi la totalidad de las mismas.

ACARA (2006), manifiesta, estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir azúcares, y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, también producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM.

Mlikota et al. (2004), indica, como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras producen etanol en relativamente altas concentraciones, que es también reconocida como sustancia antimicrobiana. Se asume por lo tanto que al degradar los carbohidratos presentes en AR, se producirá etanol, el cual puede funcionar como sustancia antagónica frente a microorganismos patógenos.

Los requerimientos anteriormente mencionados cambian según las condiciones de cultivo, ya que el aumento de la aerobiosis disminuye los requerimientos de esa vitamina y el uso de urea como fuente de nitrógeno los aumenta por la necesidad de biosíntesis de 3 sistemas enzimáticos que contienen biotina. En el caso de la tiamina, se ha demostrado que aumenta la actividad fermentativa de la levadura (Harvey et al.,1985).Teniendo en cuenta que durante el presente estudio, las condiciones fueron anaeróbicas, los requerimientos de estas

vitaminas y sus efectos sobre las poblaciones pudieron variar, a pesar de que las ARD, se caracterizan por ser una muy buena fuente de compuestos vitamínicos.

Adams (1986), manifiesta, finalmente debe mencionarse al O_2 como otro requerimiento para la producción de levadura, puesto que se necesita 1 g de O_2 para la producción de 1 g de levadura seca en el caso de crecimiento en condiciones óptimas. Si existe limitación de O_2 no se puede alcanzar los rendimientos óptimos, lo cual genera que los valores normales de la velocidad específica de crecimiento para levaduras, que se encuentran en el orden de 0,45 a 0,6 h^{-1} como máximo, sean mucho menores. Es así como, *Cereviceae*, puede encontrar condiciones óptimas en un rango relativamente amplio de condiciones de oxígeno, puesto que a pesar de requerir este factor para su crecimiento, sus exigencias no son altas y con bajas concentraciones, puede realizar normalmente su metabolismo fermentativo, aunque es probable que lo haga en una forma un poco menos eficiente. Así mismo, para las poblaciones de levaduras, la temperatura óptima se ha establecido en 28.5 °C, dado que a mayores temperaturas disminuye el rendimiento, probablemente debido al aumento de energía de mantenimiento.

El rendimiento celular puede también afectarse por la presencia de inhibidores como SO_2 , ácido aconítico y metales pesados o restos de herbicidas o bactericidas que pueden estar presentes en las melazas.

2.7. MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Ngurah (1995), menciona que en su investigación con microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales en la fábrica de caramelos Trebor, en Yakarta, Indonesia de la empresa Nestlé. Se aplicó cada 10 días durante el mes de septiembre y octubre y fue posible eliminar 94% de las bacterias indicadoras de contaminación.

EM Reserch Organización Inc (1997), indica que se realizó un estudio en China en la Mingyang Nacional Starch Factory, implemento la tecnología de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de aguas residuales en lagunas anaeróbicas de una capacidad de 10,000 $\text{m}^3/\text{día}$ se eliminó bacterias contaminantes a los 3 meses y a los 6 meses los valores estaban por debajo de los límites permisibles.

Chantsavang (1998), manifiesta que en la Universidad Kasetsar, en su investigación: Tratamiento in situ de aguas residuales de la

planta de productos lácteos con microorganismos eficaces (EM). La planta produce 17 toneladas/día de leche y genera un promedio de 65 m³ de aguas residuales con muy altos niveles de coliformes. Se mezcló microorganismos eficaces y agua en proporción de 1:20 que se rocía sobre la superficie del primer tanque dos veces al día. Dentro de unas semanas, hubo una reducción significativa del olor y de la formación de una corteza en la superficie. En los resultados de análisis redujo a 91% del total de coliformes.

Quang (2001), afirma que en la escuela de Agrícola Hanoi en Vietnam en su investigación titulado “Ensayo y aplicación de tecnología de los microorganismos eficaces (EM) en la agricultura y el medio ambiente” el estudio se llevó a cabo con 18 experimentos, después de un día del tratamiento, casi todo el olor desagradable desapareció, en el tratamiento de aguas residuales vertidas desde hospitales y mataderos se redujo el olor, los índices de coliformes y otros microorganismos patógenos.

Cerón (2005), indica que en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrollo un proceso de purificación con microorganismos eficaces, preciso que esta tecnología tiene varias ventajas con respecto a otras en su tipo, entre las que destaca el que en su operación es muy económica, ya que no requiere de energía eléctrica, al no emplear aireadores (Instrumentos para

suministrar oxígeno). Las industrias importantes del sector de alimentos, como la cervecera Cuauhtemoc – Moctezuma y el grupo Bimbo, han solicitado este tipo de tecnologías para tratar sus aguas residuales.

Reyes (2005), indica que es su investigación titulada: “Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces”. Este proyecto basa sus objetivos en la utilización de Microorganismos Eficaces (EM – 1) para la estabilización de los lodos sépticos, con tal propósito se eligieron tres tratamientos de EM activado (EMa: 0%, 2.5% y 5%, v/v) y utilizando 6 repeticiones, se incubaron las muestras anaeróbicamente.

FUNDADES (2005), manifiesta que se ejecutó el programa de manejo de residuos líquidos en el área de influencia de la Ciénaga Miramar, a través de la utilización de la tecnología Microorganismos Eficaces (EM). Los resultados que obtuvo de los valores monitoreados fueron: El oxígeno disuelto tuvo una tendencia al aumento a partir del primer análisis, en todas las lagunas; Posteriormente se redujeron los malos olores, proliferación de insectos y los altos niveles de contaminación.

Goyzueta Hanco (2012), afirma en su investigación titulada “Microorganismos Eficaces en la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito de José Domingo Choquehuanca”; Que los microorganismos eficaces, tienen efecto sobre los parámetros físico, químico y microbiológico, después del tratamiento se obtuvo una disminución del olor de muy fuerte a moderado en un 60%, el pH redujo de 8 a 7.6, también se logró remover los contaminantes de A y G, Pt en 47.4%, 32% respectivamente, en cuanto a coliformes termotolerantes y coliformes totales es de 99.9% y 90.4% respectivamente.

Peter (2006), afirma que la experiencia del profesor Higa en la depuración de un estanque pequeño de un campo de golf en Japón. Allí empleo EM1 en una proporción de aproximadamente 1L por cada 10.000L de agua, transcurrido solo una semana, los cambios en el tanque ya eran visibles. En primer lugar llamo la atención que el material orgánico que se había sedimentado en el fondo hubiera subido a la superficie y flotara, por lo tanto, parecía que el EM hubiera aumentado la contaminación en lugar de disminuirla pero solo se trataba de un estado pasajero.

Villegas (2002), indica que el tratamiento del volumen de desechos y su disposición final son aspectos problemáticos en muchos países. En Costa Rica, solo el 4% de los lodos sépticos

recibe tratamiento, mientras que el resto se deposita directamente a fuentes de agua o suelo. Ante esto, la Sala Constitucional emitió una orden al Ministerio de Salud y a la Municipalidad de San José en la que exigió dar tratamiento a los lodos sépticos antes de descargarlos en cualquier ecosistema. Con el presente proyecto se inició la búsqueda de un tratamiento que garantice la estabilización de los lodos, esto significa que la eliminación de patógenos y la reducción de su potencial putrescible, que es lo que causa mal olor. Para cumplir con este objetivo, se utilizaron Microorganismos Eficaces (EM), estos son una mezcla de microorganismos benéficos que se crean un ambiente negativo para patógenos y son efectivos degradadores de materia orgánica.

Kabongo (2002), indica que la tecnología EM, puede ser útil para el manejo de lodos sépticos, ya que los microorganismos que esta contiene, facilitan la fermentación de materiales orgánicos en forma líquida y sólida. Además, el EM, tiene efectos antagonistas ante patógenos como *Salmonella typhimurium*, *Salmonella gallinarum* y *Salmonella enteritidis*. Estos patógenos amenazan la salud y generalmente están presentes en los lodos sépticos.

Parí (2010), manifiesta que en su investigación se evaluó el efecto de EM, en efluentes de matadero "Tomasino" Salcedo Puno (CTSP), ubicado a 4050 msnm, a una temperatura de ambiente

máxima de 13.5°C y mínimo 4°C, en los meses de Enero – Febrero. Se determinaron parámetros como: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Aceites y Grasas (A y G), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potencial de Hidrogeno (pH), Conductividad Eléctrica (CE), coliformes totales y termotolerantes, los mismos que presentaban valores promedios de dos parámetros. Estos resultados no cumplían con los límites permisibles establecidos en el R.M N° 001 – 2009 – MINAM y D.S N° 002 – 2008 – MINAM. Los efluentes del camal tratadas con microorganismos eficaces, muestran un resultado de reducción en los contaminantes y puede ser un excelente recurso para la agricultura.

Spellman (2002), manifiesta que los coliformes son excelentes indicadores de la presencia de patógenos ya que son los más persistentes en el ambiente. Por lo tanto, su presencia o ausencia dicen mucho de la calidad biológica del material; Además son muy difíciles y seguros de manejar en el laboratorio.

Bettiol y Camargo (2000), indican que la estabilización de los lodos sépticos, puede reducir su contenido de microorganismos patógenos e inhibir o eliminar su potencial de putrefacción y consecuentemente su potencial de producción de olores. El proceso de estabilización biológica se define como la transformación de la

parte más putrefacta de las aguas negras mediante la solubilización y reducción de sustancias orgánicas complejas por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno. Una vez que los lodos han pasado por esta estabilización, sus características varían porque hay una elevación de los sólidos fijos, hay pérdidas de nitrógeno y una reducción de los coliformes fecales.

2.8. DESARROLLO SOSTENIBLE Y ANALISIS ECONOMICO.

Enkerlin C, del Amo Rodriguez S. y Cano G. (1997). Indican que han transcurrido 33 años desde que el concepto de desarrollo sostenible dio sus primeros indicios como nuevo enfoque, sobre todo en los países desarrollados, muchos creen aun que es un tema de moda, para otros que ya paso, otros piensan que el desarrollo sostenible no es una elección de la sociedad, sino un destino, para otros paradigma, cualquiera sea nuestra interpretación “hacemos desarrollo sostenible o simplemente veremos cómo se nos escapa el mundo”. En el Perú, este enfoque no tiene más de 10 años, pero todo parece indicar, que después de este tiempo somos incapaces de abordar en forma conjunta y decisiva las soluciones a los problemas ambientales que nos aquejan; Así como está planteada la política ambiental sectorial, con un sistema educativo que en todos los niveles carece de los enfoques ambientales más elementales, con la población con altos niveles de pobreza, no será posible abordar en forma conjunta y decisiva las soluciones a los

problemas ambientales con la finalidad de forjarnos un futuro seguro y próspero.

Franco (1998). Indica que el análisis económico consiste en comparar los beneficios y los costos de una actividad económica o proyecto con miras a determinar si el cociente que expresa la relación anterior y otra persona o no ventajas mayores, las que se obtendrán con actividades distintas igualmente viables.

2.8.1. Relación de Beneficio/Costo (B/C)

Franco (2004). Menciona que el costo – beneficio, también conocido como ratio Beneficio – Costo, es un indicador de rentabilidad que permite hallar la relación entre el valor actual de los ingresos y del valor actual de los costos de un proyecto, incluida la inversión.

$$B/C = UB/CT$$

$$B/C = \text{Beneficio costo.}$$

Dónde: UB = Utilidad bruta o costo total.

CT = Costo total de producción.

Así mismo, indica las siguientes definiciones:

- **Inversión:** Es el proceso de asignación de recursos con la finalidad de generar mayores riquezas. Las inversiones

son fijas y corrientes, dependiendo del tipo de actividad económica o social que se emprende, además son de corto y largo plazo.

- **Costos:** Se considera los recursos reales y financieros utilizados como capital de inversión.
- **Costos fijos:** En este rubro se considera los gastos realizados en forma permanente como alquiler de terreno y depreciación de los materiales y equipos.
- **Costos variables:** Son costos cuya cantidad pueden aumentar y disminuir con el volumen de producción tales como mano de obra y enfermedades.
- **Rentabilidad:** Es definido como la utilidad expresada en términos de capital invertido, siendo expresado como el porcentaje de retorno de capital.

Muller (2009), señala que la evaluación de un proyecto consiste en comparar los flujos de los ingresos y egresos con la finalidad de estimar su rentabilidad y sobre en base decidir la conveniencia de aprobarlo e implementarlo. El instrumento indispensable para la evaluación de un proyecto en el flujo de caja el cual sintetiza los movimientos en efectivos. Relación Beneficio/costo en un indicador económico que relaciona el beneficio de la producción y el costo total.

Criterios:

Si $B/C > 1$: Significa que los beneficios percibidos son mayores a los costos incurridos, por consiguiente es rentable el proyecto.

Si $B/C = 1$: Indica que los beneficios y los costos son iguales, por lo que el proyecto se encuentra en equilibrio.

Si $B/C < 1$: Se interpreta que los beneficios son menores con relación a los costos incurridos, por lo que nos lleva a concluir que no es rentable el proyecto y que se debe de reestructurar.

2.9. LA EDUCACION AMBIENTAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE VALORES MORALES

Según Torres (2000), indica que “Los valores pueden enfocar según la óptica filosófica, psicológica o sociológica. El hombre vive en sociedad, por tanto, la axiología social es el marco de referencia. Contemplándolos así los valores son bienes culturales conquistados por el hombre o bienes que pertenecen a la naturaleza humana. Se reconocen que son valores porque perduran en el tiempo después de haber pasado por el libro de la historia cuyo tribunal es muy exigente.

2.10. LA EDUCACION AMBIENTAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Torres (2000), dice que desde el punto de vista educativo, el “desarrollo sostenible consiste en vivir de los intereses de la tierra

sin perjudicar su capital, o sea sus recursos naturales. Es poder suplir las necesidades actuales sin despojar a las generaciones futuras de los recursos naturales del medio ambiente en que vivimos”, dicho de otra manera, el desarrollo sostenible busca que la especie humana viva en armonía con su medio ambiente, sin contaminarlo, no nos referimos a dejar de utilizarlos, sino a que hay que aplicar prácticas que permitan su recuperación constante y por ende su permanencia en la tierra, en beneficio de las actuales y futuras generaciones.

2.11. RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ACCION COMUNITARIA

Palao (2010), indica que durante los últimos años, la participación comunitaria, la transparencia pública, la vigilancia y responsabilidad social han ganado cada vez más importancia dentro de la acción para combatir los procesos de contaminación ambiental. El objeto es que los ciudadanos y el gobierno respalden este enfoque, pues cada vez adquieren mayor identificación con su ciudad y conciencia del dialogo social y la fiscalización comunitaria que forme parte del modus operandi de una gobernabilidad más democrática. Sobre la base de esta presunción, la sociedad civil y las partes interesadas privadas deben comenzar a participar en el diseño, la ejecución y el monitoreo del proyecto que involucre a los ciudadanos para trabajar en pro de la descontaminación de la bahía interior de la lago Titicaca, con tecnología EM.

2.12. MARCO LEGAL

- **Constitución Política del Perú**, Que, en el inciso 22

Artículo 2°. Establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 67°. El estado determina la Política Nacional del Ambiente. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

- **Decreto Supremo N° 015 – 2015- MINAM**

(Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua)

Artículo 1°. Modificar los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002 – 2008 - MINAM.

Tabla N° 06: Estándares Nacionales Ambiental para Agua.

Parámetro	Unidad	Categoría 4				
		E1: lagunas y lagos	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS mariNo CosTeras	
			Costa y sierra	selva	estuarios	marinos
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10

Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ⁻)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5	5	5	4	4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	25	100	400	100	30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	3	3	3	2	2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
bTeX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PIAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCOLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4': DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epoxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

FUENTE: DECRETO SUPREMO N° 015 – 2015 – MINAM.

- **Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

Artículo 32°, numeral 32.1. El Límite Máximo Permissible (LMP), es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o pueda causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiere, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos y mínimos o rangos.

- **Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM.**

Por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales (PTAR), para el sector vivienda. La determinación y cumplimiento de estos LMP corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental, organismos que a través de este Decreto Supremo.

Artículo 3°. Sobre el cumplimiento de los LMP de efluentes de PTAR, sostiene que estos niveles (LMP) no se aplicaran a las PTAR que cuenten con tratamiento

preliminar avanzado o tratamiento primario con
disposición final a través de emisario submarino.

TABLA N° 07: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/l	150
Temperatura	C°	< 35

FUENTE: DECRETO SUPREMO N° 003 – 2010 – MINAM.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION:

La zona en estudio se ubica en el departamento de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Chucuito, geográficamente se encuentra en el cuadrante 32-x Acora de la carta nacional. El proyecto a investigar está ubicado en la parte sur del país, políticamente pertenece a:

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Chucuito.

El proyecto geográficamente está ubicado en:

Latitud Sur : 15° 15' 53"
Longitud Oeste : 69° 53 '21"
Altitud : 3,830 m.s.n.m.

3.2. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

- Cámara fotográfica.
- Navegador satelital (GPS)

- Hornilla eléctrica pequeña
- Pehachimetro
- Horno eléctrico
- Recipientes (baldes de plástico) capacidad de 20 litros.
- Envases pequeños de plástico de 500 ml.
- Guantes quirúrgicos desechables.
- Marcador indeleble
- Tablero de campo.
- Libreta de campo.
- Lapiceros.

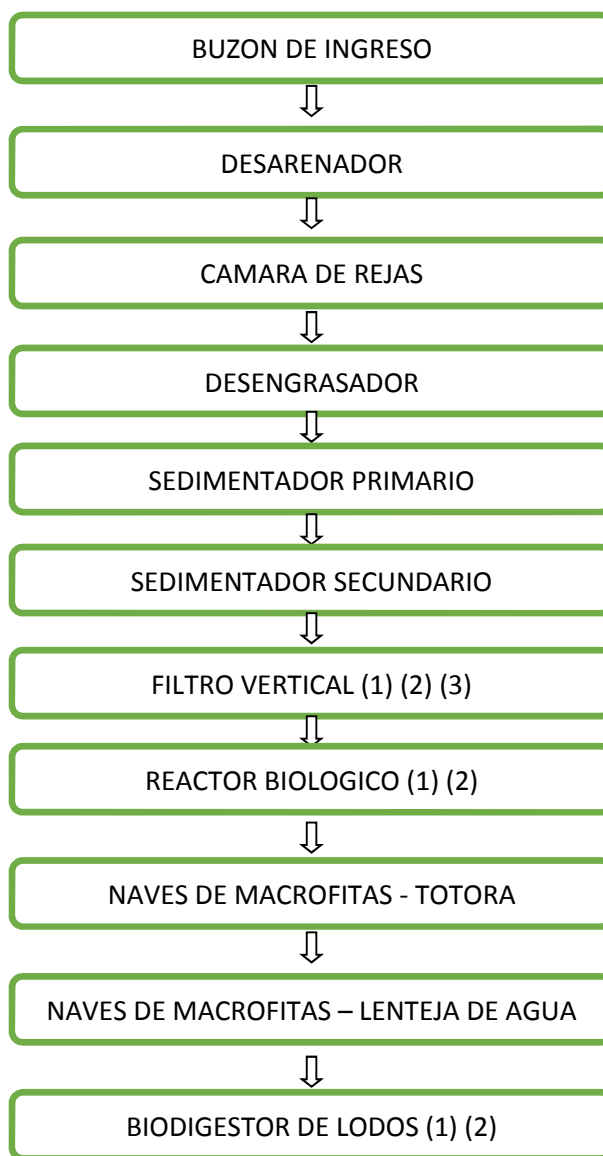
Insumos

- Microorganismos eficaces.
- Melaza de caña de azúcar
- Agua de manantial.

3.3. PROCESO DE EVACUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El proceso de tratamiento de la PTAR de la localidad de Chucuito Zona Sur, sigue el siguiente diagrama presentado en la figura N° 01, a continuación se describe cada componente.

FIGURA N° 01: Fases del transcurso de las aguas residuales domesticas de componente a componente de la PTAR.



FUENTE: Elaboración propia – 2016

3.3.1. Buzón de ingreso

Controlar el ingreso de un excesivo volumen de agua durante el periodo de lluvias, evitando el colapso del sistema. Evita el ingreso

de agua residual para efectuar el mantenimiento a algunos de los componentes de la planta, siendo el último buzón del emisor antes de ingresar a la PTAR, acondicionado para que funcione como vertedor de demasías.

3.3.2. Desarenador

Es un canal de concreto donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras caigan al fondo del canal y formen partículas. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daños en el proceso de tratamiento a los demás componentes de la PTAR.

3.3.3. Cámara de rejas

Es un tanque de concreto con pendiente en el fondo y rejas hacia su respectiva tubería de salida de lodo, el cual dispone externamente de una válvula para controlar la salida del lodo al digestor. Su función es separar y retener el material flotante no degradable, plásticos, maderas, sachet, esponjas entre otros, que equivocadamente o intencionalmente los usuarios arrojan a la red de alcantarillado, estos sólidos deben ser extraídos manualmente, de la misma forma fragmenta o detiene trozos de excretas, piedras, arena y material en suspensión que puede ser sedimentado formando una masa de lodo de la estructura y taponar la salida.

3.3.4. Desengrasador

Es un tanque de concreto con pendiente en el fondo hacia su respectiva tubería de salida el cual dispone de una válvula para controlar la salida del lodo al digestor. Separa los aceites, grasas, espumas y flotantes de las aguas residuales que tienen menor peso que el agua, si no son separados estos elementos pasarían a los otros componentes del sistema impidiendo otros procesos de depuración del agua, como la estructura forma un estanque, donde la velocidad del agua es baja, parte de los sólidos más pesados que trae el agua residual caen al fondo del sedimentador formando lodos.

3.3.5. Sedimentador Primario – Secundario

Son tanques rectangulares de concreto, donde el agua llega del desengrasador, a través de vertederos o tuberías y al final de un recorrido de su recorrido por el sale por vertederos provistos o no de tamices. Las estructuras tienen diferentes longitudes y profundidad, para precipitar en el fondo partículas de diferentes tamaños, tiene fondo con pendiente a sus tuberías de salida de lodo. La función principal de los sedimentadores es hacer pasar el agua a baja velocidad para provocar la caída al fondo del tanque las partículas que están suspendidas en el agua, reduciendo así la cantidad de estos sólidos presentes en el agua, disminuyendo la turbidez del agua.

3.3.6. Filtro vertical (1) (2) (3)

Es un batería de tres tanques de concreto rectangulares de diferente área pero igual profundidad. El área está en función del tamaño de la grava filtrante, en cada tanque la grava tiene un similar tamaño. Hace pasar el agua de filtro en filtro haciendo un movimiento vertical a través del filtro y saliendo hacia arriba por debajo del muro de un canal abierto con un vertedor para pasar al siguiente filtro, cuando el agua residual pasa por los filtros, disminuye la turbidez presente en ella, sobre todo en la época de lluvia, así como la carga de bacterias.

3.3.7. Reactor biológico (1) (2)

Es una batería de tanques de concreto, cubiertas con calamina transparente, para mantener la temperatura en las tanquetas llenas de roca volcánica y evitar el ingreso de nieve y granizo, el agua ingresa a la tanqueta a través de tubería cribada colocada en serie y controlada con válvulas de compuerta. Por los sedimentos que trae el agua residual las tuberías cribadas tienden a taponearse. Desarrolla el proceso biológico para reducir la carga orgánica mediante bacterias que forman una capa zoogleal, drena el agua en contacto con la roca volcánica, por el fondo de la tanqueta cribada.

3.3.8. Nave de macrofitas totora – lenteja de agua

Son estanques rectangulares de concreto cuyo tamaño va de acuerdo a la capacidad de la PTAR en la cual se instalan plantas acuáticas flotantes emergentes, el agua ingresa de los reactores biológicos a través de tuberías o canal. En la PTAR de la localidad de Chucuito se instaló totora y lenteja de agua los cuales contribuyen a la remoción de elementos químicos y bacterias, especialmente nitratos y fosfatos, mediante el manejo adecuado de las plantas instaladas para favorecer su capacidad de remoción, el manejo debe considerar el ingreso de rayos solares en el agua a fin de evitar malos olores.

3.3.9. Biodigestor de lodos (1) (2)

La estructura es una tanqueta con losa plana y puente de tránsito con paredes y techo de calamina transparente que permiten el ingreso de los rayos solares y almacenar suficiente calor, el biodigestor tiene características propias por la topografía del terreno, el lodo digerido es el procedente de cada una de las estructuras especialmente donde predominan los procesos físicos. Por otro lado almacena temporalmente el lodo, facilitando la deshidratación o pérdida de humedad del lodo, hasta tener consistencia adecuada para su traslado a la losa de secado, favorece el proceso de digestión aerobio con el fin de estabilizar sus componentes orgánicos.

3.4. METODOLOGIA:

Para dar respuesta a los objetivos planteados, se realizó los análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, de las aguas residuales domesticas de la PTAR de la localidad de Chucuito – Zona Sur, en el laboratorio de la calidad de agua y suelo de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, con muestras tomadas de los baldes experimentales de 20 litros de capacidad, con dosificaciones de 0% (muestra testigo), 1%, 1.5% y 2% de EMa activado, la dosificación se aplicó cada 15 días durante un tiempo de 3 meses (15 de Marzo al 15 de Junio del 2016), el tratamiento se realizó a temperatura ambiental que oscila entre 17° y - 5° como mínimo según registros de SENAMHI, antes del tratamiento se determinó las características físico, química, microbiológico tanto del ingreso como de la salida de la planta de tratamiento, para luego realizar la comparación de los dos métodos de tratamiento y determinar cuál de los dos métodos en más eficiente y recomendable para el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Chucuito.

De la misma forma se realizó cuadros comparativos con los límites máximos permisibles para efluentes de PTAR D.S N° 003 – 2010 – MINAM y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 015 – 2015 – MINAM, para finalmente efectuarse las interpretaciones y conclusiones respectivas.

3.4.1. Recolección de Muestras

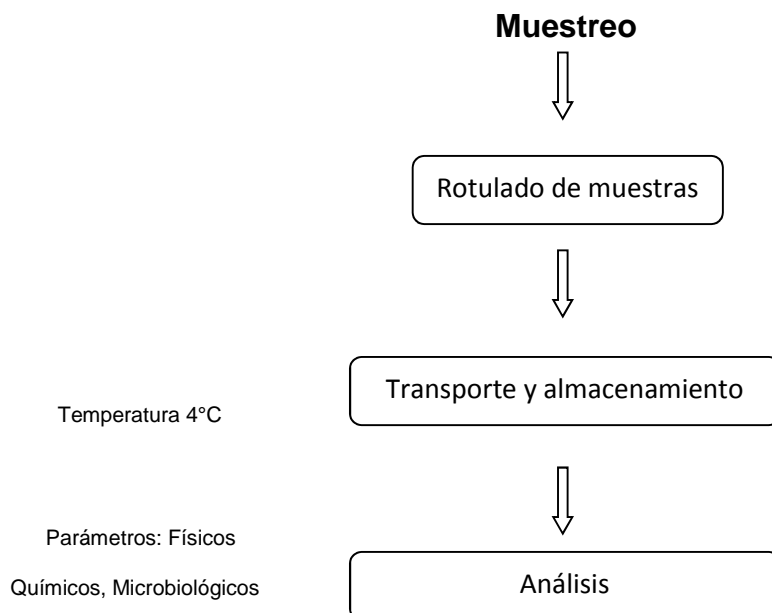
- Las muestras de la planta de tratamiento fueron tomadas manualmente del afluente y efluente de la PTAR en envases de botella de plástico de 500 ml, en horas de la mañana (19 de Marzo del 2016), las muestras fueron trasladadas al instante al laboratorio para su respectivo análisis de caracterización de los parámetros físico, químico, microbiológico (19 de Marzo del 2016).
- Las muestras de los baldes experimentales de tratamiento del 0% (muestra testigo), 1%, 1.5%, 2% de EMa fueron tomados al cabo de 3 meses de tratamiento en horas de la mañana en envases de plástico de 500 ml (15 de Junio del 2016), las muestras fueron trasladadas al instante al laboratorio para su respectivo análisis de caracterización de los parámetros físico, químico y microbiológico (15 de Junio del 2016).

Proceso de la toma de muestra:

- a) Muestreo.-** En esta actividad se recolecto muestras de agua residual del afluente y efluente en recipientes de botella de plástico de 500 ml, de la misma forma de los baldes experimentales de tratamiento de 0% (muestra testigo), 1%, 1.5%, 2% EMa, previamente esterilizados.

- b) Rotulado de muestras.-** Se etiquetó con los datos, procedencia de la muestra, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra y característica de la muestra.
- c) Transporte y almacenamiento.-** Como el tiempo de traslado del lugar del lugar de la muestra al laboratorio dura 30 minutos, se realizó en bolsas de plástico a temperatura ambiente.
- d) Análisis.-** Se realizaron los siguientes análisis: pH, Sólidos Suspendidos Totales, Oxígeno Disuelto, DBO, DQO, Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes; Una vez obtenido los resultados de los análisis estos fueron comparados con las normas legales de Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR) y Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM, Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, de la misma forma fueron comparadas con los baldes experimentales de tratamiento del 0% (muestra testigo), 1%, 1.5%, 2% de EMA.

Figura N° 02: Diagrama de toma de muestra de agua residual domestica de la PTAR



3.4.2. Activación de EM

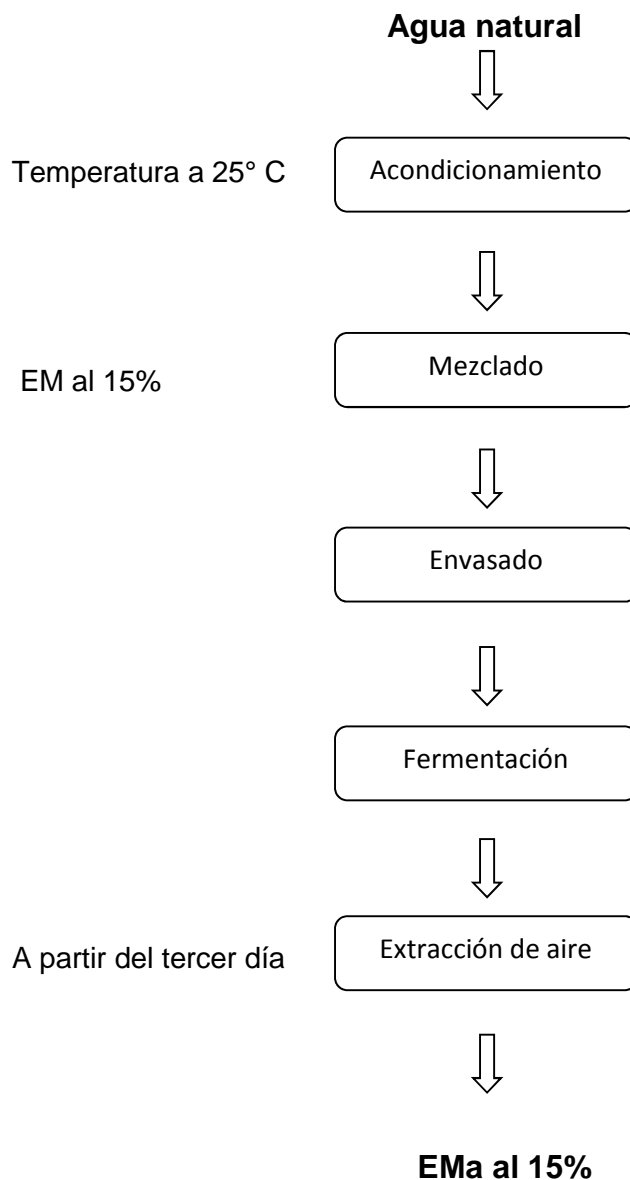
Según, Higa (1993), la base de la tecnología EM es el EM1 que es el original y se encuentra en estado líquido, los EM están vivos y se les puede multiplicar dándoles una fuente de alimentación las cuales se convierten en “EM activados” (EMa), sin embargo varios sectores los emplean de forma pura. Para la presente investigación el EM1 se adquirió de los representantes de BIOEM SAC. Para la presente investigación la activación de EM1 se realizó cada 07 días antes de la inoculación a los baldes experimentales.

a) Agua natural: Para la presente investigación de tesis se utilizó la dosis (concentración al 15 %), es decir para la activación de

un litro de EMa se utilizó 700 ml de agua natural o de manantial libre de cloro.

- b) Acondicionamiento:** Como es de conocimiento sabemos que los microbios se multiplican mucho más rápido a temperaturas relativamente altas, por ello se acondiciono el agua natural a 25° C.
- c) Mezclado:** Una vez acondicionado el agua natural de 700 ml, se agregó 150 ml de melaza de caña de azúcar y 150 ml de EM1, toda la mezcla hacen un litro de EMa, luego se agita para que la mezcla se uniformice, la melaza es la fuente de alimento para los microorganismos eficaces.
- d) Envasado:** Para su envasado se utilizó botellas de plástico de 2 litros con cierre hermético.
- e) Fermentación:** Para que se multiplique el EM, se realizó en condiciones anaeróbicas, durante 7 días a temperatura constante de 25° C.
- f) Extracción de aire:** A partir del tercer día se deja escapar un poco un poco de aire para luego dejar la tapa entreabierta.
- g) EMa:** Después de los 7 días se verifica su calidad, es decir se verifico el p_H a 3,2 – 3,8.

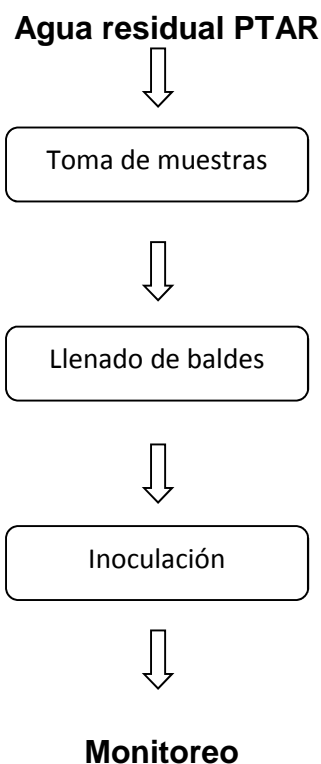
Figura N° 03: Diagrama de activación de EMa.



FUENTE: Elaboración propia

3.4.3. Proceso de Tratamiento con EMa de la PTAR

- a) **Toma de muestra:** Para saber el nivel de contaminación de las aguas residuales se tomó una muestra representativa tanto del Afluente como del Efluente de la PTAR para luego ser llevadas al laboratorio y realizar su respectivo análisis físico, químico y biológico.
- b) **Llenado de baldes para los tratamientos:** Para la presente investigación se prepararon baldes de capacidad de 20 litros (12 baldes) para la aplicación de las diferentes dosis de EMa, los cuales fueron llenados con las aguas residuales de la PTAR.
- c) **Inoculación:** Se inoculo tres diferentes dosis de EMa con tres repeticiones por tratamiento, para el primer tratamiento se inoculo 1% de EMa es decir 200 ml de EMa en 20 litros de agua residual, de la misma forma para el segundo tratamiento de inoculo 1.5% de EMa es decir 300 ml de EMa en 20 litros de agua residual y para el ultimo tratamiento de inoculo 2% de EMa es decir 400 ml de EMa en 20 litros de agua residual, todos los tratamientos tuvieron tres repeticiones, la inoculación se realizó cada 15 días durante tres meses (15 de Marzo al 15 de Junio del 2016).

Figura N° 04: Diagrama de Proceso de tratamiento con EMa

FUENTE: Elaboración propia

3.5. DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLÓGICOS

Los parámetros físico, químico y microbiológicos del efluente de la PTAR – CHUCUITO ZONA SUR, se determinaron empleando la metodología descrita en los métodos (SM) Standard Methods y (EPA) Environmental Protection Agency.

3.5.1. Potencial de Hidrogeno (pH).

El pH se determinó a través del método potenciométrico, usando un pH – metro, con electrodo de vidrio, calibrado con soluciones

buffers de pH 4 y 7. Se introdujo electrodo del pH – metro hasta obtener la lectura constante, los resultados se muestran en la tabla N° 07.

3.5.2. Solidos suspendidos totales:

Se determinó mediante la metodología analítica, la muestra se debe encontrar a temperatura ambiente. Se Seleccionó el volumen de la muestra de 100 mL. Enseguida se mezcló bien la muestra y se depositó el volumen seleccionado en la cápsula de evaporación previamente tarada. Luego se colocó la cápsula en una placa calefactora y se evaporo la muestra hasta casi la sequedad pero evitando ebullición y salpicaduras. Se llevó la muestra evaporada a la estufa a 103-105°C por 1 hora. Se enfrió la cápsula en el desecador, pesando rápidamente para evitar cambios en el peso por exposición al aire y/o degradación del residuo y registrar los datos.

Finalmente se repetido el calentamiento sólo por 1 hora, hasta que la diferencia con la pesada previa sea < 4% ó < 0.5 mg (seleccionar el valor que resulte menor), con lo cual se considera se obtuvo peso constante.

El peso finalmente obtenido será Peso B.

$$\text{Solidos totales (mg/L)} = (B - A) \times 1000/\text{volumen de muestra}$$

Donde:

A: peso de la cápsula de evaporación vacía (en mg)

B: peso de la cápsula de evaporación + residuo seco (en mg)

3.5.3. Oxígeno disuelto:

El Oxígeno Disuelto se determinó por el método electrométrico, es decir con un medidor de oxígeno disuelto con electrodo de membrana sensitiva al oxígeno, de tipo galvánico o polarizado, primero se calibra el equipo para luego proceder a hacer la medición de las muestras, se introduce el electrodo previamente lavado con agua de la mezcla, se agita uniformemente y se lee directamente del instrumento la concentración de oxígeno, los resultados se muestran en la tabla N° 07.

3.5.4. Demanda bioquímica de oxígeno:

Es la cantidad de Oxígeno consumido por los microorganismos para degradar la materia orgánica (D_5) en los efluentes de la PTAR se determinó en un periodo de incubación de 5 días a 20° C. En botellas Winkler de 300 ml, se agregaron 1 ml de inóculo, la cantidad de muestra según el valor de D_5 estimado y el resto se llenó con agua de dilución. Se prepararon cuatro botellas por muestra, control y patrón respectivamente de las cuales tres se sometieron a incubación por 5 días a 20° C y en la otra se

determinó el oxígeno disuelto (OD) inicial, los resultados se muestran en la tabla N° 07.

$$\text{DBO (mg/L)} = (\text{OD1} - \text{OD2}) - \text{ODc} * 100/\text{PM} \quad (1)$$

Donde:

OD1: Oxígeno disuelto antes de incubación (mg/L).

OD2: Oxígeno disuelto después de incubación, 5 días a 20°C (mg/L).

ODc: Diferencia de oxígeno disuelto en el control antes y después de incubación (mg/L).

PM: Porcentaje de muestra.

3.5.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Para la determinación de la DQO soluble se empleó el método colorimétrico. Se prepararon tubos de digestión agregado de 1 ml de solución de dicromato de potasio 0.025N, 3 ml de ácido sulfhídrico (H_2S) y trazas de sulfato de plata (Ag_2S). Luego de adicionaron en cada tubo 2 ml de la muestra previamente filtrada al vacío, también se preparó un blanco agregando 2 ml de agua destilada. Los tubos fueron colocados en un bloque para digestión (HACH) por reflujo a 150°C durante dos horas. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro UV – Vis (HACH DR/2000) a una longitud de onda de 600, los resultados se muestran en la tabla N° 07.

$$\text{DQO (mg/L)} = (\text{Absorbancia} - 0,00552/0,0003294) \quad (2)$$

3.5.6. Aceites y grasas (A y G):

Para la determinación de los A y G se utilizó el método gravimétrico. Se agregaron 250 ml de muestra en un balón de separación, luego se adicionaron 3 ml de ácido clorhídrico y 20 ml de xileno como solvente. Posteriormente se realizó el proceso de extracción (tres veces), recolectando en un vaso de precipitado (P4), previa filtración en papel filtro conteniendo N_2S_4 y en la fase orgánica se dejó evaporar hasta alcanzar peso constante (P5), los resultados se muestran en la tabla N° 07.

$$\text{A y G (mg/L)} = (P5 - P4) \times 10^5/VM \quad (3)$$

Donde:

P4: Peso del vaso de precipitado (g).

P5: Peso del vaso de precipitado + muestra (g).

VM: Volumen de muestra (ml).

3.5.7. Coliformes termotolerantes (NMP):

La determinación de coliformes, se hizo por la técnica de diluciones en tubos múltiples (NMP). Para la dilución se midió 7.25

ml de KH_2P_4 y 5 ml $MgCl_2$ a 1L de agua destilada, luego se llevó en tubos de 10 ml al autoclave ($121^\circ C \times 15$ min).

Prueba presuntiva:

Se preparó el caldo de lauril triptosa (CLT), con las campanas de Durham invertidas en autoclave, el procedimiento se realizó en campana de flujo laminar en 5 tubos. Luego de prepararon 25 tubos con dilución $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{10^2}$, $\frac{1}{10^3}$, $\frac{1}{10^4}$, en 5 tubos de 10 ml de agua de dilución y en 4 tubos de 10 ml CLT doble concentración para la primera dilución. En 16 tubos de 10 ml de CLT concentración simple. Se pasó 10 ml de la muestra a la primera dilución $\frac{1}{2}$ y se trasvaso de ese al siguiente tubo de 10 ml y así sucesivamente agitando la muestra. Luego se pasó 1 ml de la muestra a la segunda dilución $\frac{1}{10}$ con agua de dilución y a partir de ese tubo se pasó 1 ml a toda la serie. De la segunda dilución se pasó 1 ml a la tercera dilución $\frac{1}{10^2}$ y luego de este se pasó a toda la serie y así sucesivamente hasta la cuarta dilución. Para la primera dilución con concentración doble la cantidad de la muestra es grande para los 10 ml. Se incubaron a $35^\circ C \pm 0.5^\circ C$ por un periodo de 24 – 48 horas. Los tubos que produjeron gas se consideran positivos. Los resultados se muestran en la tabla N° 07.

Coliformes termotolerantes

Fundamento: Las bacterias coliformes de origen fecal son aquellas comprendidas en los coliformes totales, que además son capaces de fermentar la lactosa, con producción de ácido y de gas a 44°C, en un tiempo máximo de 24 horas. El método consiste en la determinación del número de coliformes con tubos múltiples e incubación sobre medio de lactosa enriquecido y una temperatura de 44.5°C ($\pm 5^\circ\text{C}$).

Para los tubos con formación de gas (tubos positivos), se prepararon tubos con el medio caldo EC en serie de 5 tubos para cada dilución positiva con 10 ml de caldo con su respectiva campana Durham para la autoclave. Se esterilizó el asa bacteriológica en un mechero y se enfrió en el caldo EC y luego se tomó 2 asas de la dilución positiva del CLT y se colocó en el caldo EC, este procedimiento se repitió con todos los tubos positivos rotulados con las respectivas diluciones. Se incubó durante 24 – 48 horas 44.5°C ($\pm 5^\circ\text{C}$).

3.6. FACTORES EN ESTUDIO:

Evaluar el efecto del tratamiento de aguas residuales con aplicación de dosis de microorganismos eficaces (EM) bajo condiciones de laboratorio.

Comparar el efecto del tratamiento de aguas residuales con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y microorganismos eficaces.

3.7. VARIABLES DE RESPUESTA

Variables físicas:

Sólidos suspendidos totales.

Variables químicas:

Potencial de Hidrogeno (pH), Oxígeno disuelto, Aceites y Grasas, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (D_5).

Variables Microbiológicos:

Coliformes Termotolerantes.

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4. RESULTADOS

Los resultados reportan información de las lecturas de Afluente, Efluente y del tratamiento con diferentes dosis de EMA (Microorganismos Eficaces Activados).

4.1. CARACTERIZACION FISICA, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA DE AFLUENTE, EFLUENTE PTAR.

En la tabla N° 08 se muestran los valores agrupados de Afluente y Efluente Inicial, los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR y los Estándares de Calidad Ambiental para la conservación del ambiente acuático (Lagunas y Lagos) respectivamente. Estos valores se comparan en cuadros estadísticos, la caracterización de los parámetros físico, químico y microbiológico respectivamente.

Los resultados del análisis de las aguas residuales de la localidad de Chucuito, como se muestran en la tabla N° 08 indican que en la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles, sin embargo algunos parámetros se encuentran dentro de los mismos, como es el caso del pH, Solidos Disueltos Totales, Aceites y Grasas y Coliformes Termotolerantes.

El pH del Efluente es menor que el pH del Afluente en un ligero valor de 0.18, los Solidos Suspendidos Totales del Afluente y Efluente se mantiene, el Oxígeno Disuelto del Efluente muestra un aumento con respecto al Afluente, la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Efluente tiene una disminución ligera con respecto al Afluente, de la misma forma la Demanda Química de Oxígeno del Efluente tiene una disminución ligera con respecto al Afluente, con respecto a la existencia de Aceites y Grasas del Efluente se tiene la ausencia de película visible sin embargo el Afluente tiene un valor 1.45, en cuanto a los Coliformes termotolerantes se tiene una disminución considerable con respecto al Efluente.

TABLA N° 08: Características físico, químicos y microbiológicos de la PTAR, establecidas en Afluente, Efluente de PTAR, LMA y ECA para la conservación del ambiente acuático (Lagos y Lagos).

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS		LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES D. S. N° 003 – 2010 – MINAM	ESTANDAR CALIDAD AGUA (D.S N° 015 MINAM)
		Afluente PTAR	Efluente PTAR		
	Und. pH	7.89	7.71	6.5 -8.5	6.5 – 9
Suspensivos totales	mg/L	106	106	150	25
Disueltos	mg/L	1.29	4.1	-	5
Oxígeno bioquímico	mg/L	163.6	96	100	5
Oxígeno químico	mg/L	409	240	200	-
Grasas	mg/L	1.45	Ausencia de película visible	20	5
COLECCION DE COLIFORMES TOLERANTES	NMP/100mL.	>2400/100mL.	>1350/100mL.	10,000	200

FUENTE: Elaboración Propia – 2016.

4.2. LECTURA INICIAL DE PARAMETROS FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DEL AFLUENTE DE LA PTAR.

4.2.1. ESTADO INICIAL DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICO EVALUADOS.

a) pH

Tabla N° 09: Resultados de análisis inicial de pH de afluente en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
pH	6.5 – 8.5	7.89	7.71

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. En las lecturas de pH, se han registrado valores del Afluente de 7.89 y Efluente es de 7.71, lo que indica que el pH está dentro de los Límites Máximos Permisibles según **DS N° 003 – 2010 – MINAM** lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

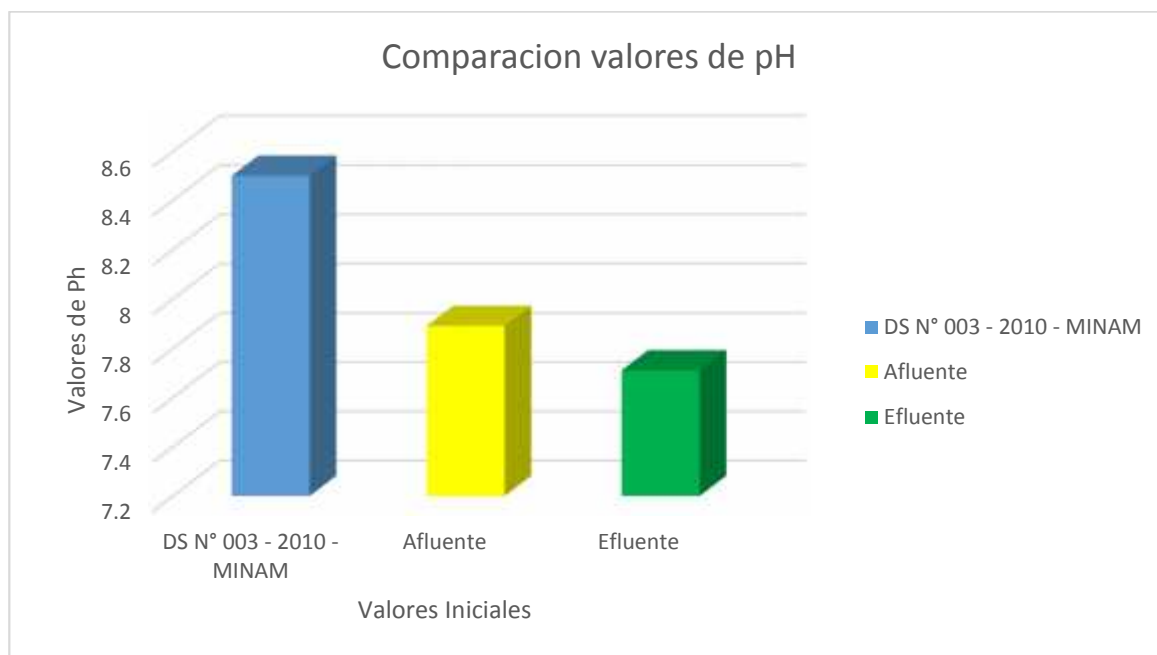


GRAFICO N° 01: Comparación de pH del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM.**

b) SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:

Tabla N° 10: Resultados de análisis inicial de Solidos Suspendidos Totales en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Solidos Suspendidos Totales	150 mg/L	106.00 mg/L	106.00 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia – 2016.

Son la porción de materia sólida que contiene los biosólidos. En las lecturas de Sólidos Suspendidos Totales, se han registrado valores del Afluente de 106.00 mg/L y Efluente es de 106.00 mg/L, lo que indica que los Sólidos Suspendidos Totales están dentro de los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

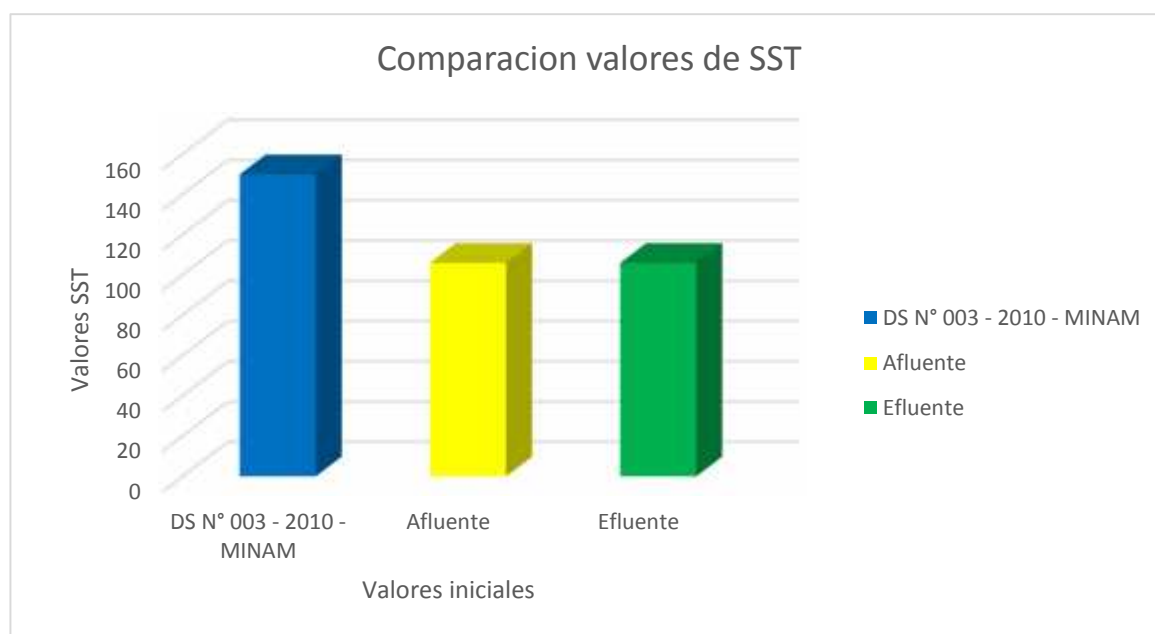


GRAFICO N° 02: Comparación de Sólidos Suspendidos Totales del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM**.

c) OXIGENO DISUELTO.

Tabla N° 11: Resultados de Análisis inicial de Oxígeno Disuelto en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	ESTANDARES DE CALIDAD PARA AGUA (DS N° 015 – 2015 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Oxígeno Disuelto	5 mg/L	1.29 mg/L	4.1 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

El oxígeno disuelto (OD) es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida aerobia. En las lecturas de Oxígeno Disuelto, se han registrado valores del Afluente de 1.29 mg/L y Efluente es de 4.1 mg/L, lo que indica que el Oxígeno Disuelto está por debajo de los Estándares de calidad para agua según **DS N° 015 – 2015 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

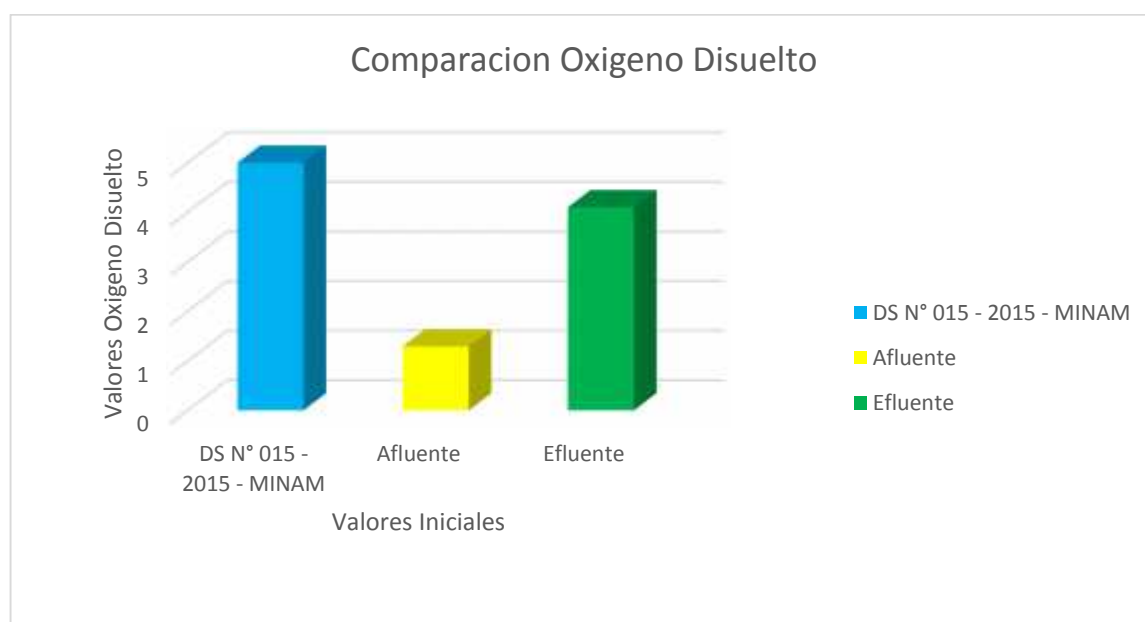


GRAFICO N° 03: Comparación de Oxígeno Disuelto del Afluyente, Efluente de la PTAR y los Estándares de calidad para agua según **DS N° 015 – 2015 – MINAM**.

d) DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO):

Tabla N° 12: Resultados de análisis inicial de Demanda Bioquímica de Oxígeno en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS – 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100 mg/L	163.6 mg/L	96 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de

las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales: (1) materiales orgánicos carbónicos utilizados como fuente de alimentación por organismos aeróbicos; (2) nitrógeno oxidable derivado de la presencia de nitritos, amoníaco y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para bacterias específicas (Nitrosomas y Nitrobacter) y (3) compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros que oxidan por oxígeno disuelto).

En las aguas residuales domésticas, casi toda la demanda de oxígeno se debe a materiales orgánicos carbónicos. Para los efluentes que van a estar sometidos a tratamientos biológicos una parte considerable de la demanda de oxígeno puede deberse a la nitrificación.

Los valores de la DQO serán siempre mayores que los valores de la DBO, para una misma muestra y esta diferencia puede hacerse más grande, cuanto más resistencia a la degradación biológica tengan los materiales presentes. Pueden existir compuestos que sean oxidados químicamente en la prueba de DQO y que no sean oxidados biológicamente en la prueba de DBO, debido a la no existencia de bacterias capaces de asimilarlos.

En las lecturas de Demanda Bioquímica de Oxígeno, se han registrado valores del Afluente de 163.6 mg/L y Efluente es de 96 mg/L, lo que indica que la Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente está dentro de los Límites Máximos Permisibles según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.



GRAFICO N° 04: Comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM.**

e) DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO):

Tabla N° 13: Resultados de análisis inicial de Demanda Química de Oxígeno en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Demanda Química de Oxígeno	200 mg/L	409.00 mg/L	240 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al Dicromato o permanganato en medio ácido.

En las lecturas de Demanda Química de Oxígeno, se han registrado valores del Afluente de 409.00 mg/L y Efluente es de 240 mg/L, lo que indica que la Demanda Química de Oxígeno está por encima de los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

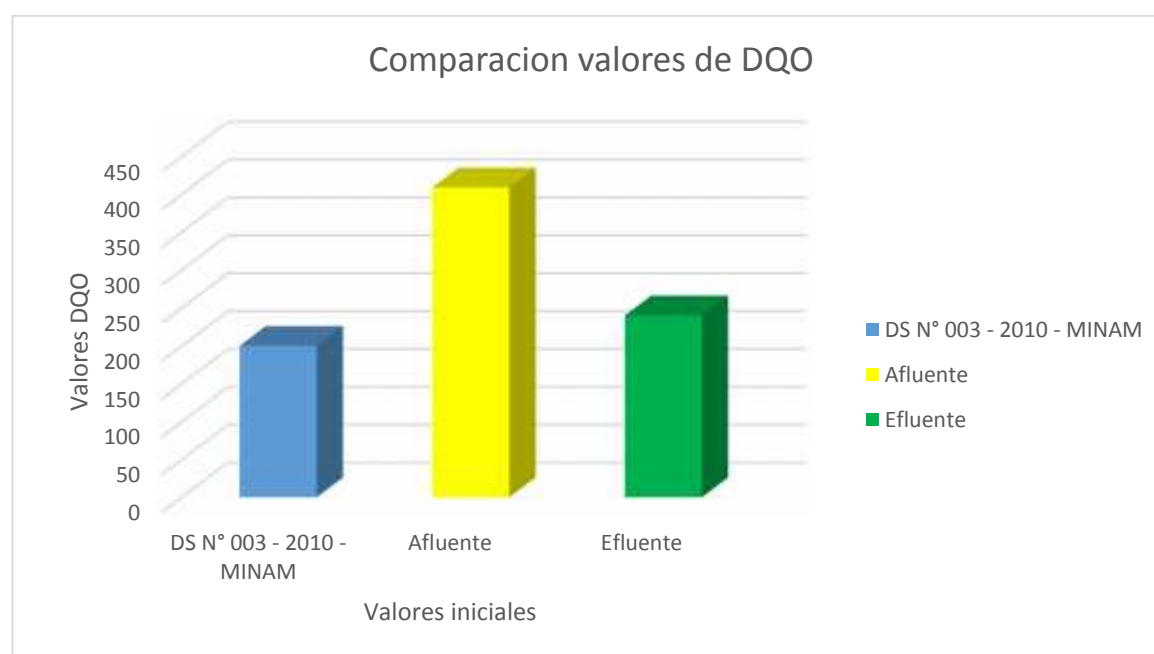


GRAFICO N° 05: Comparación de Demanda Química de Oxígeno del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM**.

f) ACEITES Y GRASAS:

Tabla N° 14: Resultados de análisis inicial de Aceites y Grasas en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Aceites y Grasas	20 mg/L	1.45 mg/L	0.00 (Ausencia de película visible)

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Los compuestos grasos son de origen vegetal o animal, hidrocarburos minerales compuestos, hidrocarbonados de cloro, nitrógeno, azufre y otras especies orgánicas. Su eliminación en el tratamiento de agua residual o efluente debe ser completa porque alteran los procesos aeróbicos y anaeróbicos, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos de lechos de ríos y lagos, degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

En las lecturas de Aceites y Grasas, se han registrado valores del Afluente de 1.45 mg/L y Efluente no se tiene presencia de película visible, lo que indica que se tiene presencia de Aceites y Grasas en el Afluente mas no en el Efluente, en comparación a los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

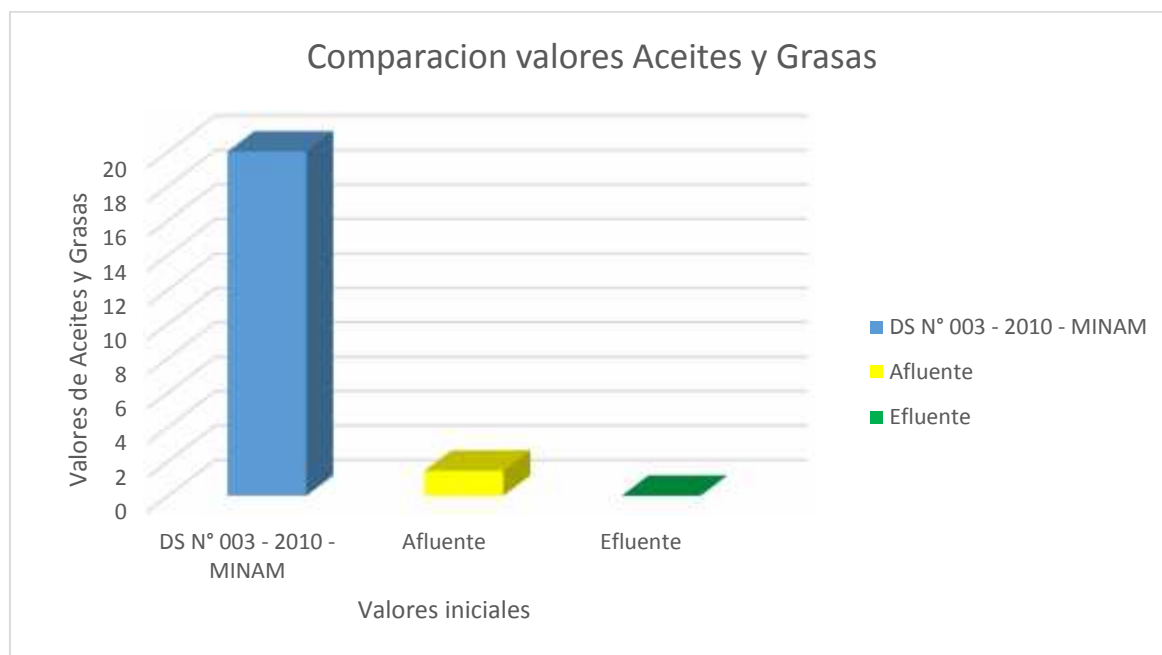


GRAFICO N° 06: Comparación de Aceites y Grasas del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAM.

4.2.2. ESTADO INICIAL DE LOS PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS EVALUADOS.

a) NUMERO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES:

Tabla N° 15: Resultados de análisis inicial de Número de Coliformes Termotolerantes en la zona de estudio de la PTAR.

PARAMETRO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
Numero de Coliformes Termotolerantes	10,000 NMP/100 mL	1100/100 mL	530/100 mL

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

En las lecturas de Numero de Coliformes Termotolerantes, se han registrado valores del Afluente de 1100/100 ml y Efluente es de 530/100 ml, lo que indica que el Numero de Coliformes Termotolerantes del Afluente y del Efluente está dentro de los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

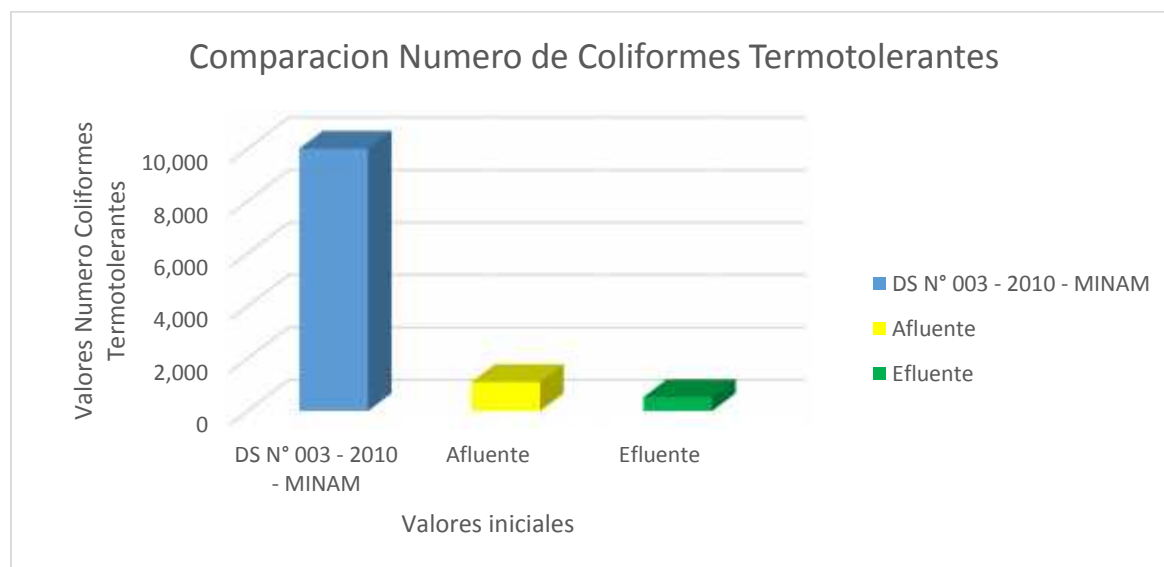


GRAFICO N° 07: Comparación de Numero de Coliformes Termotolerantes del Afluente, Efluente de la PTAR y los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM.**

4.3. ANALISIS ESTADISTICO DE LA REMOCION DE LOS CONTAMINANTES FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLOGICO AL TRATAMIENTO CON DIFERENTES DOSIS DE EMa DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

A continuación se presenta el análisis estadístico de la remoción de los parámetros físico, químico y microbiológico al tratamiento con diferentes dosis de EMa de las aguas residuales domesticas de la localidad de Chucuito.

El presente análisis de determino por el Diseño Completamente al Azar, en cual consiste en es un prueba basada en el análisis de

varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara si la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F.

4.3.1. ANALISIS DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR DE LOS PARAMETROS FISICO – QUIMICOS.

a) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE pH.

Cuadro N° 01: Valores obtenidos de repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	6.4	6.3	6.2	6.3
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	5.63	5.65	5.63	5.64
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	4.50	4.48	4.50	4.49
Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	4.30	4.25	4.28	4.28

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro pH, los resultados se muestran en la tabla N° 16, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son altamente significativos $P > F$ (0.000 **), con un coeficiente de variación de 1.01%, es decir los

valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos.

Tabla N° 16: Resultados Análisis Estadístico - pH

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	8.251282	2.750427	1011.2314	0.000 **
ERROR	8	0.021759	0.002720		
TOTAL	11	8.273041			

C.V. = 1.01 %

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

**b) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE SOLIDOS SUSPENDIDOS
TOTALES (mg/L).**

Cuadro N° 02: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	100.81	103.00	108.00	103.94
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	377.12	375.13	320.20	357.48
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	534.90	530.85	540.90	535.55
Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	727.32	730.25	723.42	727.00

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro Sólidos Suspendidos Totales, los resultados se muestran en la tabla N° 17, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son altamente significativos $P > F$ (0.000 **), con un coeficiente de variación de 0.8696%, es decir los valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos.

Tabla N° 17: Resultado Análisis Estadístico – Sólidos Suspendidos Totales.

ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	624838.000000	208279.328125	14488.9971	0.000 **
ERROR	8	115.000000	14.375000		
TOTAL	11	624953.000000			

C.V. = 0.8696 %

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

c) ANÁLISIS DEL EFECTO SOBRE OXIGENO DISUELTO (mg/L).

Cuadro N° 03: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	1.30	1.28	1.29	1.29
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	3.81	3.82	3.80	3.81

Tratamiento	2	3.98	3.95	3.96	3.96
(Dosis EMa al 1.5%)					
Tratamiento	3	4.12	4.13	4.11	4.12
(Dosis EMa al 2%)					

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro Oxígeno Disuelto, los resultados se muestran en la tabla N° 18, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son altamente significativos $P > F$ (0.000 **), con un coeficiente de variación de 0.3481%, es decir los valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencias entre tratamientos.

Tabla N° 18: Resultados Análisis Estadístico – Oxígeno Disuelto.

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	16.237610	5.412537	41126.4922	0.000 **
ERROR	8	0.001053	0.000132		
TOTAL	11	16.238663			

C.V. = 0.3481 %

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

d) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO) mg/L.

Cuadro N° 04: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	163.20	163.6	162.00	162.93
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	147.20	148.00	146.00	147.07
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	131.20	128.00	134.00	131.07
Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	118.4	116.00	117.6	117.33

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, los resultados se muestran en la tabla N° 19, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son altamente significativos $P > F (0.000^{**})$, con un coeficiente de variación de 1.2516%, es decir los valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencias entre tratamientos.

Tabla N° 19: Resultados Análisis Estadístico – Demanda Bioquímica de Oxígeno.

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	3506.468750	1168.822876	382.8773	0.000 **
ERROR	8	24.421875	3.052734		
TOTAL	11	3530.890625			

C.V. = 1.2516 %

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

e) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) mg/L.

Cuadro N° 05: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	408.00	409.00	405.00	407.33
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	368.00	370.00	365.00	367.67
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	328.00	320.00	335.00	327.67
Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	296.00	290.00	294.00	293.33

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro Demanda Química de Oxígeno, los resultados se muestran en la tabla N° 20, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son

altamente significativos $P > F$ (0.000 **), con un coeficiente de variación de 1.2515%, es decir los valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencias entre tratamientos.

Tabla N° 20: Resultados Análisis Estadístico – Demanda Química de Oxígeno.

ANALISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	21915.375000	7305.125000	382.9058	0.000 **
ERROR	8	152.625000	19.078125		
TOTAL	11	22068.000000			

C.V. = 1.2515 %

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

f) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE ACEITES Y GRASAS (mg/L).

Cuadro N° 06: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Muestra testigo	1.45	1.44	1.50
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible

Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible	Ausencia de Película visible
--	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Al respecto se indica que no se ha realizado el análisis debido a que no se tiene valores definidos (números reales), solo se tiene la descripción como ausencia de película visible, por ello no se ha realizado el análisis estadístico respectivo.

4.3.2. ANALISIS DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR DE LOS PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS.

a) ANALISIS DEL EFECTO SOBRE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml).

Cuadro N° 07: Valores de Repeticiones y dosis de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

Tratamientos	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
Muestra testigo	1100	1250	1150	1166.67
Tratamiento 1 (Dosis EMa al 1%)	460	475	450	461.67
Tratamiento 2 (Dosis EMa al 1.5%)	280	270	260	270.00
Tratamiento 3 (Dosis EMa al 2%)	210	220	205	211.67

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

Del análisis estadístico realizado al parámetro Coliformes Termotolerantes, los resultados se muestran en la tabla N° 21, en donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son altamente significativos $P > F$ (0.000 **), con un coeficiente de variación de 3.8875%, es decir los valores obtenidos son confiables y los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencias entre tratamientos.

Tabla N° 21: Resultados Análisis Estadístico – Coliformes Termotolerantes.

ANALISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	1736775.000000	578925.000000	376.5366	0.000 **
ERROR	8	12300.000000	1537.500000		
TOTAL	11	1749075.000000			

C.V. = 7.4334 %

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

4.4. REMOCION DE LOS CONTAMINANTES FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLOGICO AL TRATAMIENTO CON DIFERENTES DOSIS DE EMa DE LAS AGUAS RESIDUALES Y COMPARADOS CON LOS LMP D.S N° 003 – 2010 – MINAM, ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA D.S N° 015 – 2015 - MINAM Y PTAR.

4.4.1. EFECTO SOBRE PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICO

a) EFECTO SOBRE pH:

El pH, afecta muchos procesos químicos y biológicos. Ciertos organismos tienen un rango de pH específico en el cual crecen y se desarrolla.

Tabla N° 22: Resultados de análisis de pH de afluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
pH	6.5 – 8.5	7.89	7.71	6.3	5.64	4.49	4.28

FUENTE: Elaboración Propia – 2016



GRAFICO N° 08: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

La evidencia de la intensa fermentación se confirma con los resultados del pH. El pH disminuyó hasta 4.28 (ácido) en promedio al finalizar el experimento con 2% EMa. La caracterización del valor de pH tanto del Afluente como del Efluente inicial muestran valores dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM. Sin embargo en las unidades experimentales disminuyó el pH hasta niveles de ácido lo que afecta de manera significativa y con lo cual se disminuyen los niveles de coliformes Termotolerantes.

Se observaron diferencias significativas de este parámetro en el tiempo, más no entre los tratamientos y el control en los eventos de muestreo. Conforme a la dosis de aplicación de EMa y el paso del tiempo se presentó una disminución significativa en los valores de este parámetro, paso de un promedio de 6.3 en promedio (muestra testigo), 5.64 en promedio al tratamiento con dosis al 1% de

EMa, 4.49 en promedio al tratamiento con dosis al 1.5% de EMa, para luego darse una disminución significativa hasta 4.28 en promedio en el tratamiento con dosis al 2% de EMa. Los valores antes mencionados son obtenidos al final del estudio (90 días de aplicación). Por lo tanto se observó efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, sin embargo se indica que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de EMa está por debajo con respecto los Límites Máximos Permisibles (LMP según D.S N° 003 – 2010 – MINAM).

b) EFECTO SOBRE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L).

Tabla N° 23: Resultados de análisis Solidos Suspendidos Totales de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2015 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Solidos Suspendidos Totales	150 mg/L	106 mg/L	106 mg/L	103.94 mg/L	357.48 mg/L	535.55 mg/L	727 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia - 2016



GRAFICO N° 09: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

En lo que respecta al comportamiento de los Solidos Suspendidos Totales, del Grafico N° 09, se observa que se tiene un incremento considerable, en el tratamiento con dosis al 1% de EMa se tiene un valor en promedio de 357.48 mg/L, en el tratamiento con dosis al 1.5% de EMa se tiene un valor en promedio de 535.55 mg/L y finalmente en el tratamiento con dosis al 2% de EMa se tiene un valor en promedio de 727 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, sin embargo se indica que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de EMa está muy por encima con respecto a los Límites Máximos Permisibles según D.S N° 003 – 2010 – MINAM. Por otro lado la caracterización del valor de Solidos Suspendidos Totales del Efluente (PTAR) muestra valores dentro de los Límites Máximos Permisibles según D.S N° 003 – 2010 – MINAM.

El aumento en el parámetro de los Sólidos Suspendidos Totales es probablemente debido a que se tiene mayor aumento de actividad de microorganismos los cuales que a medida que pasa el tiempo tienen mayor descomposición de la materia orgánica los cuales no son absorbidos en su totalidad.

c) EFECTO SOBRE OXIGENO DISUELTO (mg/L)

Tabla N° 24: Resultados de análisis Oxígeno Disuelto de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Estándares Calidad para Agua (DS N° 015 - 2015 - MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Oxígeno Disuelto	5 mg/L	1.29 mg/L	4.1mg/L	1.29 mg/L	3.81 mg/L	3.96 mg/L	4.12 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

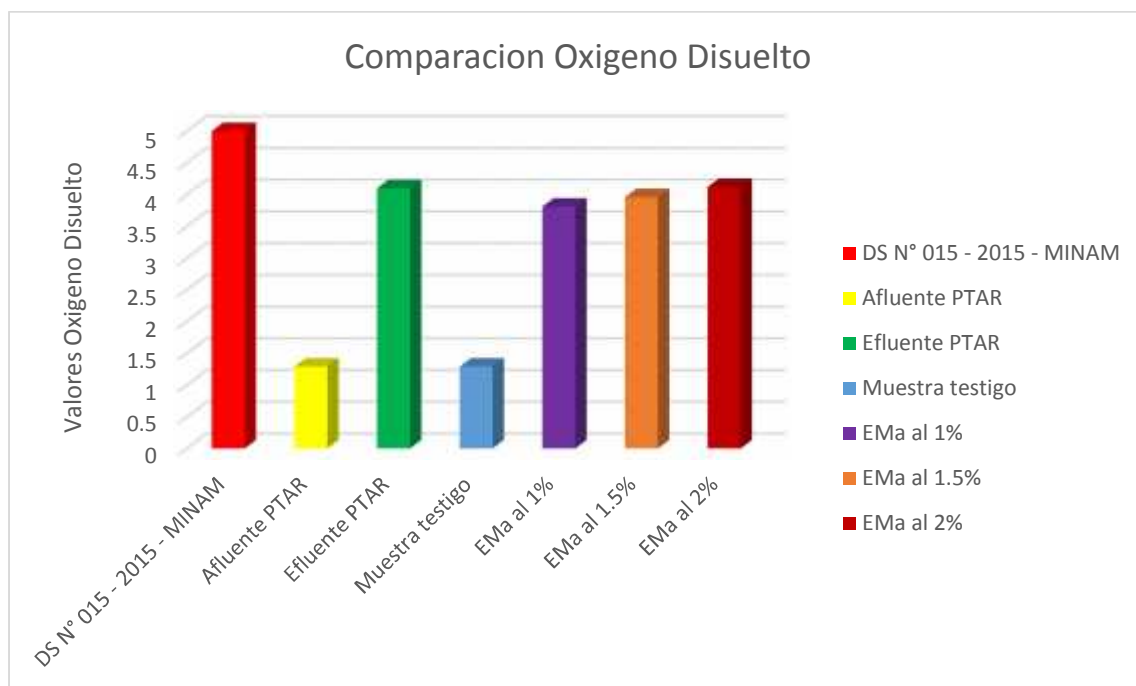


GRAFICO N° 10: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y ECA.

Al hacer referencia al parámetro cuantificado con el comportamiento del oxígeno disuelto durante el estudio de la presente investigación, fue posible observar que las concentraciones de OD aumentaron con la aplicación de diferentes dosis de EMa, en el tratamiento con dosis al 1% de EMa se tiene un valor en promedio de 3.81 mg/L, en el tratamiento con dosis al 1.5% de EMa se tiene un valor en promedio de 3.96 mg/L y finalmente en el tratamiento con dosis al 2% de EMa se tiene un valor en promedio de 4.12 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, sin embargo se indica que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de EMa está por debajo con respecto los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) según

D.S N° 015 – 2015 – MINAM. Por otro lado la caracterización del valor de Oxígeno Disuelto del Efluente (lagunas facultativas) muestra valores de la misma forma por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) según D.S N° 015 – 2015 – MINAM, con un valor en el efluente de la PTAR de 4.1 mg/L.

d) EFECTO SOBRE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO) mg/L.

Tabla N° 25: Resultados de análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100 mg/L	163.6 mg/L	96 mg/L	162.93 mg/L	147.07 mg/L	131.07 mg/L	117.33 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia – 2016



GRAFICO N° 11: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

Con respecto al comportamiento de la demanda biológica de oxígeno (DBO), esta se encontró, en general, relacionada con la adición de EMa. Para este parámetro no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero si entre estos y el control, en el tratamiento con dosis al 1% de EMa se tiene un valor en promedio de 147.07 mg/L, en el tratamiento con dosis al 1.5% de EMa se tiene un valor en promedio de 131.07 mg/L y finalmente en el tratamiento con dosis al 2% de EMa se tiene un valor en promedio de 117.33 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, sin embargo se indica que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de EMa están por encima con respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010

– MINAM. Por otro lado la caracterización del valor de Demanda Bioquímica de Oxígeno del Efluente (PTAR) muestra un valor dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM, con un valor en el efluente de la PTAR de 96.00 mg/L.

La tendencia a disminuir se mantuvo hasta el final del estudio para todos los casos (90 d), ya que en ese momento se había dejado de adicionar EMa a los tratamientos y lo que se observó fue la degradación de los sustratos presentes debido a la actividad metabólica de los microorganismos.

**e) EFECTO SOBRE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO
(DQO) mg/L.**

Tabla N° 26: Resultados de análisis Demanda Química de Oxígeno de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Demanda Química de Oxígeno	200 mg/L	409 mg/L	240 mg/L	407.33 mg/L	367.67 mg/L	327.27 mg/L	293.33 mg/L

FUENTE: Elaboración Propia - 2016



GRAFICO N° 12: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

En tanto que la demanda química de oxígeno (DQO), mostró un comportamiento relacionado directamente con el de DBO, en el tratamiento con dosis al 1% de EMa se tiene un valor en promedio de 367.67 mg/L, en el tratamiento con dosis al 1.5% de EMa se tiene un valor en promedio de 327.67 mg/L y finalmente en el tratamiento con dosis al 2% de EMa se tiene un valor en promedio de 293.33 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, A pesar de las disminución en la DQO durante el estudio, hasta alcanzar valores de 293.33 mg/L, los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM, exigen valores menores a 200 mg/L, para este parámetro, los cuales no fueron alcanzados empleando la aplicación de EMa, en

ninguno de los tratamientos. Por otro lado la caracterización del valor de Demanda química de Oxígeno del Efluente (PTAR) muestra valores de la misma forma por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM, con un valor en el efluente de la PTAR de 240.00 mg/L.

En general, los valores presentados para DQO fueron mayores a los observados para la DBO, esto debido a que por este método se oxidan también las sustancias no biodegradables, por lo tanto, la relación entre los dos parámetros es indicativo de la calidad del agua. Se considera que valores de $DQO/DBO > 2$ indican alta cantidad de material de difícil degradación (IDEAM, 2001).

f) EFECTO SOBRE ACEITES Y GRASAS (mg/L).

Tabla N° 27: Resultados de análisis sobre Aceites y Grasas de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Aceites y Grasas	20 mg/L	1.45 mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

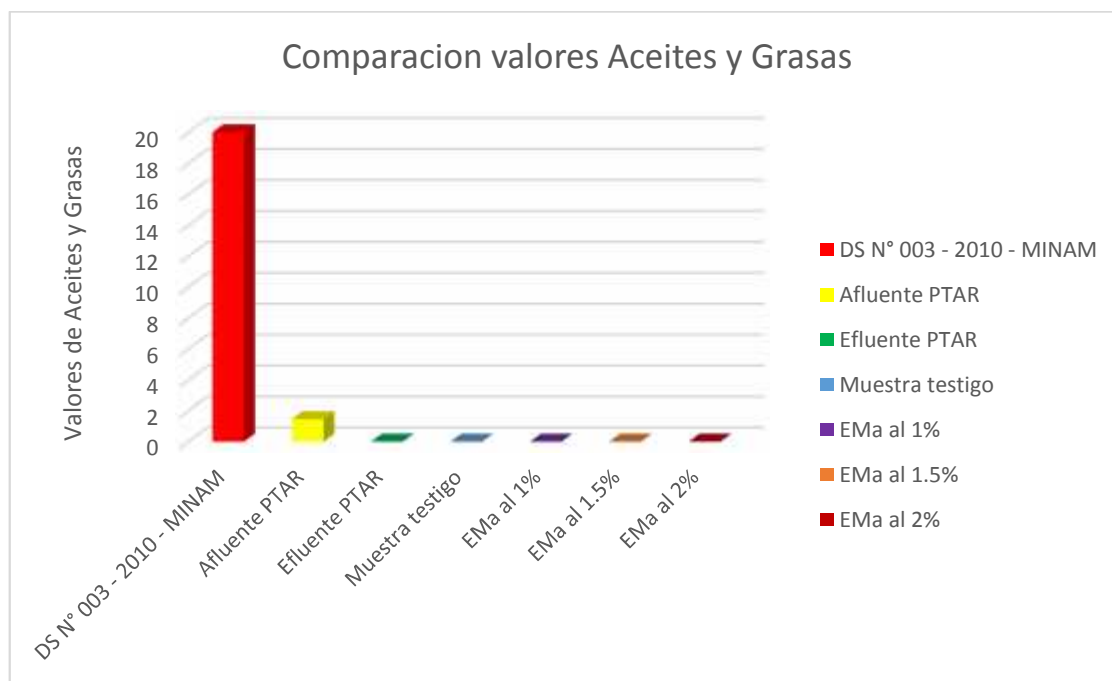


GRAFICO N° 13: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

Los tratamientos muestran éxito en la degradación de grasas y aceites, con reducciones significativas, es decir no se encontró rastros de aceites y grasas (ausencia de película visible). Normalmente se pretende reducir el contenido de grasas y aceites mediante tratamientos secundarios (biológicos) en condiciones anaeróbicas; en este caso los tratamientos utilizados contaban con esas condiciones. En fin, la reducción que se logró es positiva y resulta de gran importancia debido a que cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM. De la misma forma en las lecturas realizadas al efluente de PTAR se observó ausencia de película visible, cumpliendo de la misma forma con los Límites Máximos Permisibles.

4.4.2. EFECTO SOBRE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICO

a) EFECTO SOBRE COLIFORMES TERMOTOLERANTES

(NMP/100ml).

Tabla N° 28: Resultados de análisis sobre Coliformes Termotolerantes de afluente y efluente en la zona de estudio de la PTAR y tratamiento con diferentes dosis de EMa.

PARAMETRO	Límites Máximos Permisibles (DS N° 003 – 2010 – MINAM)	AFLUEN TE PTAR	EFLUENTE PTAR	Muestra testigo	EMa al 1%	EMa al 1.5%	EMa al 2%
Coliformes Termotolerantes	10,000 NMP/100 mL	1100 NMP/10 0 mL	530 NMP/100 mL	1166.67 NMP/100 mL	461.67 NMP/10 0 mL	270 NMP/100 mL	211.67 NMP/100 mL

FUENTE: Elaboración Propia – 2016

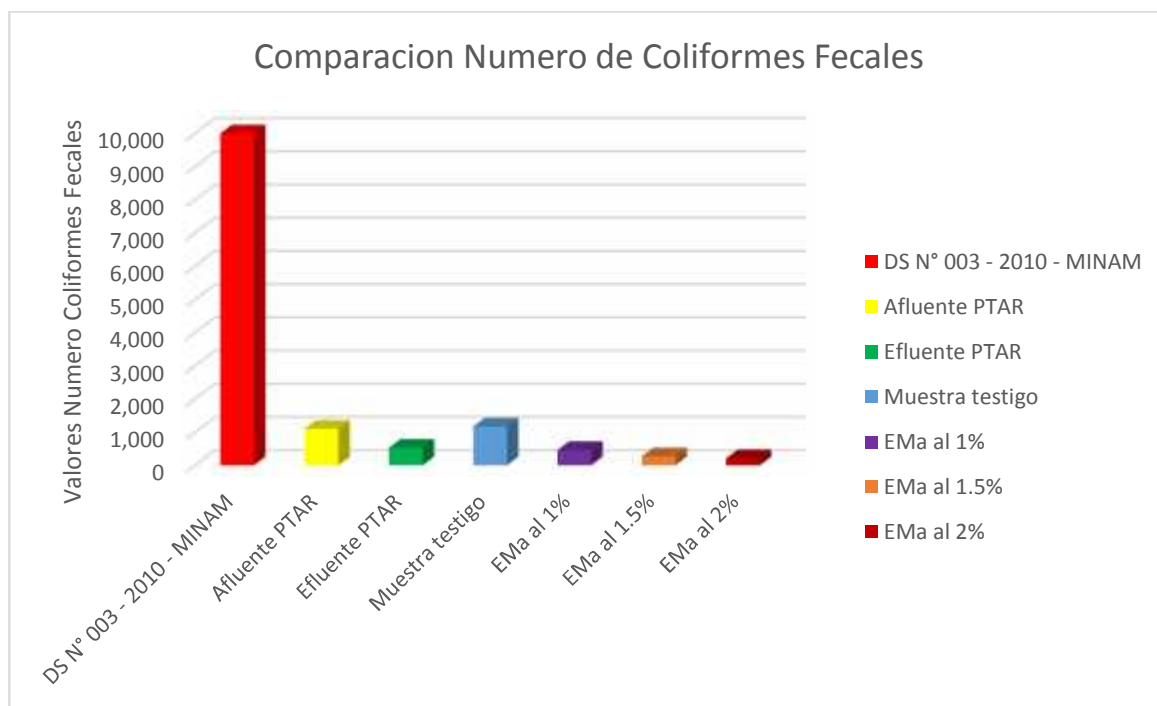


GRAFICO N° 14: Comparación remoción tratamiento con diferentes dosis de EMa con PTAR y LMP.

La acidez tiene una importancia crucial en cuanto al combate de microorganismos patogénicos. *Escherichia coli* se desarrolla óptimamente con pH entre 6 y 7, y su mínimo es 4.4. Los análisis de coliformes confirman lo anterior (Grafico N° 14); en el tratamiento sin EM, el desarrollo de los coliformes fecales se vio favorecido por un pH ideal de 6.3. Además del pH, posiblemente otros factores de las condiciones generadas por EM intervinieron en el desarrollo de los coliformes y otros patógenos. La fermentación con EM suprime la putrefacción y la condición antioxidante resultante del metabolismo de algunos de los microorganismos presentes en EM elimina la propagación de microorganismos patogénicos. En el tratamiento con dosis al 1% de EMa se tiene un valor en promedio de 461.67 NMP/100 ml, en el tratamiento con dosis al 1.5% de EMa se

tiene un valor en promedio de 270 NMP/100 ml y finalmente en el tratamiento con dosis al 2% de EMa se tiene un valor en promedio de 211.67 NMP/100 ml, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales domesticas con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro, por ello durante el estudio se cumplió con valores establecidos en los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM, en la cual se exige valores menores a 10,000 NMP/100 ml, por el contrario en las lecturas realizadas al efluente de PTAR, se tuvo un valor de 1100 NMP/100 ml, el cual también cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP).

TABLA N° 29: Comparación remoción de los parámetros físico, químicos y microbiológicos PTAR, tratamientos con la aplicación de diferentes dosis de EMa, LMP y ECA para la conservación del ambiente acuático (Lagunas y Lagos).

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS						LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)	ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECA)
		Afluente	Efluente	Muestra Testigo	Tratamiento EMa al 1%	Tratamiento EMa al 1.5%	Tratamiento EMa al 2%		
pH	Und. pH	7.89	7.71	6.3	5.64	4.49	4.28	6.5 - 8.5	D.S N° 015 - 2015 MINAM 6.5 - 9.0
Solidos suspendidos totales	mg/L	106	106	103.94	357.48	535.55	727	150	25
Oxígeno disuelto	mg/L	1.29	4.1	1.29	3.81	3.96	4.12	-	5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	163.6	96	162.93	147.07	131.07	117.33	100	< 5
Demanda química de oxígeno	mg/L	409	240	407.33	367.67	327.27	293.33	200	200
Aceites y grasas	mg/L	1.45	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	20	Ausencia de película visible
NUMERO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL.	1100/100mL.	530/100mL.	1166.67	461.67	270	211.67	10,000	1000

FUENTE: Elaboración Propia - 2016

4.4.3. ANALISIS EFECTO DIRECTO SOBRE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EMa).

En la presente investigación en la tabla N° 08, se tiene valores de los parámetros físico, químico y microbiológicos del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de las residuales domesticas zona sur, en lo que respecta al parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno en el afluente se tiene un valor de 163.6 mg/L y en el efluente se tiene un valor de 96 mg/L, por lo cual según AMBIET LTDA (2015), indica. Para Sistemas con DBO abajo de 1000 mg/L, use la dosis de 1 L de EMa para cada 1000 L del volumen total de las lagunas o tanques de tratamiento.

- Primer mes: 3 aplicaciones semanales en la dosis recomendada de acuerdo con el DBO del sistema.
- Si al terminar el tratamiento no hay resultados significativos, repetir la dosis por 1 mes más.
- Si al terminar el tratamiento no hay resultados significativos, repetir la dosis por 1 mes más.

Para el mantenimiento del sistema

- Realizar el mantenimiento del sistema aplicando semanalmente 1 L de EMa para cada 1000L de efluente, con base en la carga diaria del sistema.
- Después de 6 meses de mantenimiento, se realizan apenas aplicaciones trimestrales con la misma dosis.
- El mantenimiento será necesario siempre y cuando hayan descargas diarias en las lagunas o tratamiento

Por lo cual, para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la planta de tratamiento de la localidad de Chucuito con la aplicación de EMa, teniendo en cuenta que la descarga en la planta de tratamiento en la zona sur es de 2.5 l/s (según aforos realizados) y se tiene un volumen de tratamiento de 20, 000 m³ (según cálculos realizados), la aplicación de EMa directamente a las aguas residuales de la planta de tratamiento, teniendo en cuenta el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno es de 163.6 mg/L, se recomienda aplicar cada 30 días 20 litros de EMa, para obtener resultados óptimos en la descarga de las aguas residuales al cuerpo receptor (Lago Titicaca) y así cumplir con los parámetros establecidos en los Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S N° 003 – 2010 – MINAM, no alterando el ambiente acuático y a la población que vive alrededor de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales.

4.5. ANALISIS ECONOMICO:

La determinación de los indicadores económicos: Valor Actual Neto, la Tasa Interno de Retorno (TIR) y la relación Beneficio Costo (B/C), se calculan referente a los ingresos, egresos y el flujo de caja neto, de mantenimiento y operación que se realiza en la PTAR, la incorporación de la tecnología EM, el aporte económico del municipio, con un horizonte de diez años. Cabe indicar que para realizar el presente análisis económico se ha coordinado con el encargado del área técnica municipal el cual se encarga del mantenimiento y operación del PTAR, para obtener el plan de trabajo anual y el costo del mismo.

TABLA N° 30: Resumen del análisis económico.

ACTIVIDADES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
INGRESOS												
Aporte de los usuarios		28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000
Aporte del Municipio		13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600
EGRESOS	50000	17548	17548	17548	17548	17548	17548	17548	17548	17548	17548	17548
Infraestructura depreciada	50,000											
Microorganismos Eficaces		2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748
Mantenimiento y operación		13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	13,600
Mano de Obra		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
FLUJO DE CAJA NETO	-50,000	10452	10452	10452	10452	10452	10452	10452	10452	10452	10452	10452

Tasa de descuento (i) = 14%

VAN	26518.84
TIR	16%
B/C	1.60

FUENTE: Elaboración propia - 2016

De la tabla N° 30, se puede indicar que el costo de la infraestructura depreciada es S/. 50,000, los ingresos actualizados al 14% por diferentes conceptos mencionados calculados para diez años suman en total S/. 146,051.24, los egresos actualizados al 14% suman en total S/. 91,523.40 y el flujo de caja actualizados al 14% tiene una sumatoria total de S/. 26,518.84. Cabe indicar que se tiene 508 usuarios en desagüe con una cuota familiar mensual de S/. 4.59, lo que hace un monto total mensual de S/. 13,600 que es el costo de operación y mantenimiento anual de la PTAR, que es asumida netamente por los usuarios.

Luego de obtener estos datos se calcula el Valor Actual Neto (VAN), que es resultado de la diferencia entre la sumatoria total de los ingresos actualizados al 14% y la sumatoria total de los egresos actualizados al 14%, se obtiene un valor positivo de S/. 26,518.84, que indica que es aceptable el proyecto, porque es mayor que cero (0), la Tasa Interna de Retorno (TIR), es resultado de la sumatoria del flujo de caja neto desde el año cero (0) hasta el año diez (10), como resultado se tiene 16% que es mayor que la tasa de descuento (14%) lo cual es rentable, finalmente el análisis del Beneficio Costo (B/C) es el cociente de la división entre los ingresos actualizados al 14% y los egresos actualizados al 14%, lo cual resulta 1.60, este valor es mayor que 1, lo que indica que el proyecto es rentable.

Con la activa participación de la autoridades y la población de manera concertada, en el adecuado manejo, operación y uso, se contribuirá en la restauración de la PTAR, se lograra no solamente grandes beneficios ecológicos, sino también se obtendrá ingresos económicos como muestra los resultados del VAN, TIR Y B/C, respectivamente, con la implementación de la tecnología EM, se genera grandes beneficios a la calidad ambiental, el cual se traducirá en la disminución de los daños ambientales y en la mejora en la calidad de descargas de los efluentes del PTAR. Asimismo se evitara la ocurrencia de enfermedades a los pobladores que viven alrededor de la PTAR y daños causados a la infraestructura de la PTAR.

CONCLUSIONES

- Los microorganismos eficaces (EM), tienen efecto sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, después del tratamiento (3 meses) se obtuvo una disminución significativa de pH, con la dosis de aplicación del 2% de EMa de 6.3 - 4.28, la que resulto del producto de la intensa fermentación. De la misma forma se tuvo incidencia en cuanto a los Solidos Suspendidos Totales, a medida que aumento el tiempo y la dosis de aplicación, se tuvo efecto aumentando la concentración del parámetro de 357.48 mg/L (1% EMa), 535.35 mg/L (1.5% EMa) y 727 mg/L (2% EMa), la concentración se incrementó debido al aumento de actividad de los Microorganismos Eficaces; Dichos resultados se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles del D.S N° 003 – 2010 – MINAM, referido a efluente de PTAR, con lo cual la aplicación de EMa en diferentes dosis a las aguas residuales de la Localidad de Chucuito no fue lo esperado.
- En cuanto a los parámetros Químicos, después del tratamiento (3 meses) se obtuvo un aumento de Oxígeno Disuelto, paso de 3.81 mg/L (1% EMa), 3.96 mg/L (1.5% EMa) y 4.12 mg/L (2% EMa), de la misma forma se obtuvo una disminución en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, de 147.07 mg/L (1% EMa), 131.07 mg/L (1.5% EMa) y finalmente 117.33 mg/L (2% EMa); En

cuanto al parámetro de Demanda Química de Oxígeno al igual que el anterior parámetro se tuvo disminución de la misma, 367.67 mg/L (1% EMa), 327.27mg/L (1.5% EMa) y 293.33 mg/L (2% EMa); Aceites y Grasas se tuvo una disminución considerable, se obtuvo en todos los tratamientos Ausencia de Película Visible, lo que indica que después del tratamiento se removió la presencia de aceites y grasas; Los resultados descritos se encuentran por encima a los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM referido a efluentes de PTAR.

- La acidez tiene una importancia crucial en cuanto al combate de microorganismos patogénicos *Escherichia coli* se desarrolla óptimamente con pH entre 6 y 7, y su mínimo es 4.4. Los resultados obtenidos del presente estudio así lo demuestran; En el tratamiento sin EM, el desarrollo de los coliformes Termotolerantes, tanto totales como fecales se vio favorecido por un pH ideal de 6.3. Además del pH, posiblemente otros factores de las condiciones generadas por EM intervinieron en el desarrollo de los coliformes y otros patógenos. La fermentación con EM suprime la putrefacción y la condición antioxidante resultante del metabolismo de algunos de los microorganismos presentes en EM elimina la propagación de microorganismos patogénicos, debido a ello se tuvo una disminución considerable de microorganismos patógenos, dichos resultados se encuentran

muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles D.S N° 003 – 2010 – MINAM referido a Efluentes de PTAR.

- Con la aplicación de diferentes dosis de EMA a las Aguas Residuales Domesticas de la Localidad de Chucuito, no se tuvo el efecto esperado, es decir el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles estipulados en el D.S N° 003 – 2010 – MINAM referido a Efluentes de PTAR, sin embargo el tratamiento más eficaz y recomendado para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la localidad de Chucuito es la planta de tratamiento con que cuenta en la actualidad la localidad, sin embargo el tratamiento con microorganismos eficaces resulta siempre en cuanto el tratamiento se realice como tratamiento terciario, es decir aplicando directamente en la nave de macrofitas.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones similares aplicando diferentes concentraciones porcentuales de EMa y ampliando el periodo de investigación, incluyendo otros parámetros de contaminación ambiental.
- Realizar el tratamiento de aguas residuales en conjunto con los tratamientos preliminares y tratamientos primarios, previo al tratamiento de EMa para una mayor eficiencia.
- La municipalidad distrital de Chucuito, deberá implementar programas de educación ambiental, para que los pobladores tengan conciencia ambiental y no emanar restos industriales a la PTAR.
- Se recomienda agregar el EMa a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Chucuito, en la nave de macrofitas (tratamiento terciario) para se tenga mayor remoción de los contaminantes físico – químico y microbiológico y así cumplir con los Límites Máximos Permisibles estipulados en el D.S N° 003 – 2010 – MINAM referido a Efluentes de PTAR.

BIBLIOGRAFIA

1. AMADOR, G. (2007). Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales domésticas, manual de operación y mantenimiento. Fundación ENSEMBLE.
2. ACARA. (2006). Las levaduras algo sobre ellas. Asociación de Cerveceros Artesanales de la República Argentina. Buenos Aires.
3. ADAMS, M.R. (1986). El progreso en Microbiología Industrial. Vol. 23. Ed. Elsevier.unido Unidos. 81 pag.
4. BETTIOL, W.; CAMARGO, O. (2000). Impacto ambiental del uso agrícola de lodos sépticos. EMBRAPA Medio ambiente, BR. 312 pag.
5. CAMPOS, C. (2009). Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales. Universidad de Barcelona – España.
6. CASTILLO, G. (2001). Cuantificación del contenido de ácido indolacético (AIA) en un caldo de fermentación microbiana. Anales de Biología. 27: 137-142 pag.
7. CASTRO, S. (1995). Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales. OPS/CEPIS/PUB/95.8
8. CERON, R. (2005). Purificación de Aguas Residuales con Microorganismos. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
9. CHANTSAVANG, S. (1988). In situ and laboratory scale dayre plant waste wáter treatmet by using microorganism. Department of animal science, Kesetsart University, Bangkok, Thailand.

10. CRITES, R. y TCHOBANOGLOUS, G. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Editorial McGraw – Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
11. DIARIO OFICIAL EL PERUANO. Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM, en donde se aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
12. DIARIO OFICIAL EL PERUANO. Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, en donde se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales (PTAR), para el sector vivienda.
13. EARLY, R. 1998. Tecnología de los productos lácteos. Cuarta edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 459 pag.
14. EM Research Organización Inc, (1997). Waste Waster Treatment of Mingyang National Starch Factory in P.R. Pekin, China.
15. ENKERLIN C, DEL AMO RODRIGUEZ S. y CANO G., (1997). Problemas de hoy en los patrones de desarrollo sostenible. México. Internacional. Thomson Publishing Pp 500 – 506.
16. EPA, Agency Protection Enviromental (2002). Development document of the proponet effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products industry point source category. (40 CFR: 432). EPA – 821 – B – 01 – 007. Washington DC USA.
17. FRANCO, P. (1998). Evaluación de Estados Financieros. Universidad del Pacifico. Centro de investigación. Lima, Perú.

18. FRANCO, P. (2004). Planes de negocios: Una metodología alternativa. Universidad del Pacifico. Lima, Perú.
19. FUNDACION DE ASESORIAS PARA EL SECTOR RURAL (FUNDADES), (2005). "Manejo de residuos sólidos y líquidos del área de influencia de la ciénaga Miramar. Colombia.
20. GOYZUETA HANCCO, W.W. (2012). Microorganismos Eficaces (EM), en el tratamiento de aguas residuales del Distrito de José Domingo Choquehuanca. Tesis de Pre Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. UNA Puno.
21. HARVEY, W.B., DREU, S., WANG, D. (1985). Biotecnología Integral, La práctica de la biotecnología: productos de consumo actuales. Vol. 3. Ed. Pergamon Press. Estados Unidos. 250 pag.
22. HOLT, J. (2000). Manual de Bergey de Bacteriología determinante. 9ª edición. Editorial Lippincott Williams y Wilkins Eds. Philadelphia. 787 pag.
23. KYUM, M., CHOI, K., YIN, C., LEE, K., WAN-TAEK, I., LIM, J., LEE, S. (2004). Tratamiento de aguas residuales domésticas olorosas porcina por bacterias púrpuras no azufre, *Rhodopseudomonas palustris*, aislado de estanques eutrofizadas. *Cartas Biotecnología*. 26: 819-822.
24. KABONGO, P. (2002). Testing of viability of know pathogens in effective microorganisms (EM). Report EMROSA project. Onderstepoort Veterinary Institute, South Africa. 2 p.
25. KIELY, G (2003). Ingeniería Ambiental. Fundamento, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial Nomos S.A. Colombia.

26. MARA Y CAIRNCROOS (1990). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura: medidas de protección de la salud pública. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 212 pag.
27. METCALF & EDDY. (1995). Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España.
28. MERCK. (2003). Manual de medios de cultivo. Agar para Lactobacillus. Según DE MANN, ROGOSA Y SHARPE. Barcelona, España. 126 pag.
29. METCALF & EDDY. (2003). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento y reutilización. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. Boston, Massashuttes. 1819 pag.
30. MLIKOTA, F., SMILANICK, J.L., MANSOUR, M., MACKEY, B.E. (2004). La supervivencia de esporas de Rhizopus stolonifer, Aspergillus niger, Botrytis cinerea, Alternaria alternata y después de la exposición a soluciones de etanol a diversas temperaturas. Journal of Applied Microbiology. 96: 1354-1360.
31. MULLER, E.R. (2009). Manual para la presentación de Proyecto al novena concurso de FONDO EMPLEO.
32. NGURAH, G. (2005). Experimento preliminar de EM. Tecnología en tratamiento de aguas residuales. Indonesia Kyusei Naturaleza Sociedad Agropecuaria., Saraburi, Thailly. 1-6.

33. NOVOTNY, V. (2003). Calidad del agua: Contaminación difusa y la gestión de cuencas. Segundo Edición. Editorial John Wiley hijos de y, Inc. Boston. EE.UU. 862 pag.
34. PALAO, L., (2010). Informe final de investigación: “Descontaminación de la bahía interior de Puno con biotecnología de Microorganismos Eficaces (EM) Responsabilidad social y acción comunitaria”, Oficina Universitaria de Investigación. UNA Puno.
35. PARI, V. (2010). Microorganismos Eficaces (EM), en el tratamiento de efluentes de Matadero. Tesis de Pre Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. UNA Puno.
36. PETER, F. M. (2006). Microorganismos Efectivos. Editorial, RBA Libros, S.A., Barcelona.
37. PEREZ, J; ESPIGARES, M. (1999). Estudio sanitario del agua. Segunda edición. Universidad de Granada, España. 454 p.
38. QUANG, L. (2001). Tecnología de aplicación EM en Vietnam y algunos resultados en tratamiento medio ambiental en procedimientos de la 6ta Conferencia Internacional Kysei Agricultura natural, South África. Vina – Nichi Centro de Tecnología Medioambiental Vietnam.
39. OKUDA, A., y HIGA, T. (2005). La purificación de las aguas residuales con microorganismos eficaces y su utilización en la agricultura. APNA, Daily. 246-253.
40. RAMALHO, R. (1993). Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté, S.A. España.

41. ROMERO, R.J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. (2° ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
42. RODRIGUEZ-PALENZUELA P. (2000). Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. XVI curso de especialización FEDNA. Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Madrid. España. 11 pag.
43. SZYMANSKY Y PATTER (2003). Microorganismos eficaces EM y sistemas de aguas residuales.
44. SILVA, A., y SILVA, R. (1995). Utilización de microorganismos eficaces, para el tratamiento de aguas negras domésticas por el método de lodos activados. Fundación Mokichi Okada. 25-30.
45. SPELLMAN, F. (2002). Microbiology for wáter. Wastewater operators. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, Pennsylvania.
46. TORRES, M., (2000). Los valores desde el punto de vista sociológico. Seminario Internacional "Educación Ambiental Reto del Nuevo Siglo".
47. VILLEGAS, J. (2002). Ordenan tratar material fecal. Periódico La Nación, San José, CR. Setiembre, 2002.
48. VIVANCO, A. (2003). Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuario y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja. Ecuador. 75 pag.
49. WIDIDANA Y HIGA (1994). La Contaminación ambiental y bioreclamación.

WEB GRAFIA

1. AMBIET LTDA (2015). Tecnología EM en el Tratamiento de Aguas y Efluentes (En Línea) http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/uso_em_tratamiento_aguas.pdf. (citado en 30 de Junio del 2016).
2. ARAUJO D, y ARAUJO Y. (2011). Alternativas para el manejo de las aguas residuales municipales en la Parroquia La Puerta, Municipio Valera, Estado Trujillo (En Línea) http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_archivos/33/TDE-2012-25T07:07:22Z-1775/Publico/araujodania_araujoyobana.pdf. (citado en 30 de Junio del 2016).
3. BIBLIOTECA VIRTUAL EUMED. NET (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas (En Línea) www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-012-SCFI-2001.pdf. (citado en 15 de Agosto del 2016).
4. CARDONA J, y GARCIA L .J. (2008). Evaluación del Efecto de los Microorganismos Eficaces (EMa) Sobre la Calidad de un Agua Residual, Bogotá – Colombia (En Línea) <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>, (citado en 30 de Junio del 2016)
5. JGI. (2005). Rhodopseudomonas palustris. [en línea]: http://genome.jgi-psf.org/finished_microbes/rhopa/rhopa.home.html.(citado en 30 de Agosto del 2016).

6. SECRETARIA DE ECONOMIA DGN (2001). Análisis de Agua - Determinación de Oxígeno Disuelto en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba (En Línea) faolex.fao.org/docs/texts/mex52030.doc (citado en 30 de Agosto del 2016).

ANEXOS

Anexo N° 01: Resultados de análisis de aguas residuales del afluente y efluente PTAR.

Anexo N° 02: Resultados de análisis de aguas residuales con tratamientos de diferentes dosis de EMa.

Anexo N° 03: Catalogo EM -1

Anexo N° 04: Panel fotográfico.

Anexo N° 05: Normas Legales, Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM

Anexo N° 06: Normas Legales, Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM

Anexo N° 07: Plano distribución PTAR zona sur de la localidad de Chucuito (Lamina N° 02)

Anexo N° 08: Plano de Ubicación PTAR (UP – 01)