



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO AEROBIO PARA LA
DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES
EN EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV QUININDE**

AUTOR:

ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO

TUTOR:

ING. JULIO ABEL LOUREIRO, Mg.

CALCETA, ABRIL 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRIA, Mg certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO AEROBIO PARA LA DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES EN EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV QUININDE**, que ha sido desarrollada por **ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO** , previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRIA, Mg.

APROBACIÓN EL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO AEROBIO PARA LA DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES EN EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV QUININDE**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. HUGO COBEÑA NAVARRETE., M.Sc

MIEMBRO

ING. FABRICIO ALCÍVAR INTRIAGO., M.Sc

MIEMBRO

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO., M.Sc

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, estando presente para darme la inteligencia para luchar con las adversidades de día a día;

A mis padres, Flora Mirian Zambrano, Geobany Ponce Tuarez por ser los principales promotores de poder cumplir mi sueño, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado;

A mis hermanas (o), Andrea e Ivette Ponce Zambrano y Darío Javier Ponce Zambrano por brindarme el apoyo incondicional brindándome el apoyo en este proceso de formación profesional, a mi novia la Ingeniera Carolina Vásconez por estar en los momentos más difíciles de este proceso, por estar pendiente en la realización de mi tesis y ayudándome con su experiencia profesional de gran ayuda en la redacción de este proyecto;

A nuestros docentes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí especialmente al Ingeniero Fabián Peñarrieta y Diego Zambrano, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación profesional, de manera especial, al master Julio Abel Loureiro tutor de mi proyecto de investigación quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y al Gerente de la Empresa de Aceite Vegetal AEXAV Quinindé por abrirnos la puerta para poder realizar nuestra investigación.

ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador en darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida como hombre y ser humano; A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que hoy soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres; A mis hermanas (o) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida; A mi novia Ing. Carolina Vásconez por estar a mi lado dándome el apoyo moral para poder alcanzar esta etapa tan importante en nuestra vida de novios; A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

ANDRÉS ARTURO PONCE ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN EL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS GRÁFICOS Y FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. AGUAS CONTAMINADAS.....	5
2.2. AGUAS RESIDUALES	6

2.3. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	6
2.4. CONTAMINACIÓN POR INDUSTRIAS DE ACEITE DE PALMA AFRICANA AEXAV	7
2.5. EFLUENTES LÍQUIDOS EMITIDOS POR LA INDUSTRIA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA	7
2.5.1. ÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.....	9
2.6. TIPOS DE MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES	10
2.6.1. MUESTRA INDIVIDUAL.....	10
2.6.2. MUESTRA COMPUESTA.....	10
2.7. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	10
2.8. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS QUE INFLUYEN EN LOS EFLUENTES DE LA EXTRACTORA AEXAV, QUININDE	11
2.8.1. PH	11
2.8.2. ÁREA SUPERFICIAL	11
2.8.3. OXÍGENO DISUELTO (OD)	12
2.8.4. TIEMPO DE RETENCIÓN.....	12
2.8.5. DBO y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	13
2.8.6. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO ₅ (DBO ₅).....	13
2.8.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	14
2.8.8. TEMPERATURA	14
2.9. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	14
2.9.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO.....	14
2.10. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.....	15
2.10.1. EFICIENCIA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS	15
2.11. CONSORCIO MICROBIANO UTILIZADO PARA EL TRATAMIENTO MICROBIOLÓGICO AEROBIO.....	16

2.11.1. BACILLUS SUBTILIS Y BACILLUS LICHENIFORMIS.....	16
2.11.2. LACTOBACILLUS PLANTARUM	17
2.11.3. RESPIRACIÓN CONSORCIO MICROBIANO (<i>Bacillus</i> y <i>Lactobacillus</i>).....	17
2.11.4. pH OPTIMO PARA EL CRECIAMIENTO MICROBIANO (<i>Bacillus</i> y <i>Lactobacillus</i>)	18
2.12. REACTOR AERÓBIOS	18
2.13. REACTORES ANAEROBIOS	18
2.14. REACTORES FACULTATIVO	19
2.15. DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA).....	19
2.16. PRUEBAS ESTADÍSTICAS	20
2.16.1. PRUEBA DE TUKEY	20
2.17. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	20
2.17.1. COSTOS DIRECTOS.....	21
2.17.2. COSTOS INDIRECTOS	21
2.18. COSTOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	21
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	22
3.1. UBICACIÓN.....	22
3.2. DURACIÓN	22
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	22
3.3.1. MÉTODO CUANTITATIVO EXPERIMENTAL.....	22
3.3.2. CAMPO.....	23
3.3.3. MÉTODO ANALÍTICO.....	23
3.3.4. MÉTODO DESCRIPTIVO	23
3.3.5. BIBLIOGRÁFICO	23
3.4. FACTOR EN ESTUDIO	23

3.5.	TRATAMIENTOS.....	24
3.6.	UNIDAD EXPERIMENTAL	24
3.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	24
3.8.	DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	25
3.8.1.	VARIABLES EN ESTUDIO A MEDIR.....	25
3.8.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	25
3.8.3.	INDICADORES	25
3.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	26
3.10.	PROCEDIMIENTO.....	26
3.11.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
3.11.1.	PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	29
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1.	CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA DEL EFLUENTE DE LA EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV, QUININDÉ	30
4.2.	ANÁLISIS FINAL DE LOS TRATAMIENTOS	31
4.3.	ANALIZAR LA EFICIENCIA Y COSTO/BENEFICIO DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV, QUININDÉ.....	31
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1.	CONCLUSIONES.....	33
5.2.	RECOMENDACIONES.....	33
	BIBLIOGRAFÍA	35
	ANEXOS	46

CONTENIDO DE CUADROS GRÁFICOS Y FIGURAS

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos.....	25
Cuadro. 3.2. Esquema de ANOVA.....	26
Cuadro 3.3. Distribución de los tratamientos.....	26
Cuadro 3.4. Indicadores para el tratamiento del efluente.....	27
Cuadro 3.5. Tecnología, Parámetros y Métodos.....	28
Cuadro 3.6. Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.....	29
Cuadro 4.1. Caracterización fisicoquímica del efluente de la empresa AEXAV.....	34
Cuadro 4.2. Resultados de los análisis a los 5 días de DBO5 y OD del efluente de la empresa AEXAV.....	36
Cuadro 4.3. Resultados de los análisis a los 10 días de DBO5 y OD del efluente de la empresa AEXAV.....	37
Cuadro 4.4. Resultados de los análisis a los 15 días de DBO5, OD, ST, Aceite y Grasas y DQO del efluente de la empresa AEXAV.....	38
Cuadro 4.5. Costos de los tratamientos.....	40
Cuadro 4.6. Costos y dosis de los tratamientos.....	40
Figura 3.1. Mapa de ubicación del laboratorio del área agropecuaria de la ESPMA MFL.....	23

RESUMEN

El presente trabajo consistió en evaluar la remoción de la materia orgánica empleando consorcios microbianos *subtilis*, *licheniformis* y *plantarum* en aguas residuales de la empresa AEXAV de aceite fino de palma africana, el mismo que inició con la aplicación del método bibliográfico el cual sirvió para indagar temas relevantes de estudios, de diferentes definiciones de autores. El método de campo sirvió para obtener información de las respectivas muestras, el método cuantitativo experimental lo mismo que permitió evaluar el efecto del consorcio microbiano. Descriptivo para realizar los respectivos análisis de los resultados obtenidos, se realizó un muestreo compuesto para determinar parámetros físico-químicos (Demanda química de oxígeno, Demanda Bioquímica de oxígeno, Solidos Totales, Aceites y Grasas, Oxígeno Disuelto) del efluente. Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos con dos tipos de familia, *Bacillus* y *Lactobacillus* con tres réplicas 15 unidades experimentales. Se obtuvo una remoción de DBO5 85%, DQO 99%, ST 36%, Aceites y Grasas 84%, de los cinco tratamientos se pudo observar que el tratamiento más eficiente es el T4 compuesto de *subtilis*, *licheniformis* y *plantarum*, ya que ayudo a eliminar la carga orgánica en el efluente que se genera en la extractora de palma. El análisis económico sirvió para obtener los beneficios netos para poder tratar un metro cubico de agua residual.

PALABRA CLAVE

Microorganismos, tratamientos biológicos, materia orgánica, costos/beneficios.

ABSTRACT

The present work consisted in evaluating the removal of the organic matter using microbial consortiums *subtilis*, *licheniformis* and *plantarum* in wastewater of the company AEXAV of African palm fine oil, the same one that began with the application of the bibliographic method which served to investigate issues Relevant studies, different definitions of authors. The field service method to obtain information from the respective samples, the experimental quantitative method that allowed to evaluate the effect of the microbial consortium. Descriptive to perform the respective analysis of the results obtained, a composite sampling was performed to determine physical-chemical parameters (chemical demand for oxygen, oxygen biochemical demand, total solids, oils and fats, dissolved oxygen) of the effluent. A completely randomized design was applied with five treatments with two family types, *Bacillus* and *Lactobacillus* with three replicates 15 experimental units. A removal of BOD5 85%, COD 99%, ST 36%, Oils and Fats 84% was obtained, of the five treatments it could be observed that the best was the combination of 3 autochthonous bacteria of the ESPAM 'MFL'. So it is concluded that the most efficient treatment is T4 composed of *subtilis*, *licheniformis* and *plantarum*, since it helps to eliminate the organic load in the effluent that is generated in the palm extractor.

KEY WORDS

Microorganisms, biological treatments, Organic material, Costs / Benefits.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Fernandez (2006) expone que el actualmente el crecimiento de la población ha incidido en la cantidad y la diversidad de las aguas residuales. De acuerdo con Macías (2014) y Boaventura *et al.*, (2001) la generación de grandes cantidades de aguas residuales de naturaleza industrial es un problema importante que debe gestionarse y tratarse de forma adecuada.

La mayoría de las organizaciones, especialmente aquellas enfocadas a la producción de bienes agroindustriales, buscan la implementación de alternativas medio ambientales para el tratamiento de desechos que no generen altos costos y a la vez brinden un doble beneficio. Una de estas alternativas son los procesos biológicos con uso de consorcios microbianos aerobios para la degradación de materia orgánica. Para Santos *et al.*, (2000) las aguas residuales que se generan en una planta extractora de aceite de almendra se ha caracterizado por ser un subproducto que contiene una alta carga orgánica contaminante para el medio ambiente.

Real, Prieto, & Gordillo (2011) sostienen que habitualmente la depuración de las aguas residuales representa una carga económica para la industria, sin que aparentemente genere beneficio alguno. Ello provoca una fuerte (e incluso excesiva) presión por tratar de minimizar la inversión necesaria para la construcción de un sistema de recuperación. Sin embargo, con la aparición de las normas ISO la gestión del medio ambiente ha pasado a ser actualmente un activo en la gestión empresarial y de imagen corporativa.

La empresa AEXAV, ubicada en el cantón Quinindé, utiliza como materia prima 200 Tn/día de fruto de palma africana, donde emplean 76,89 m³/día de agua en

todas sus operaciones, estas actividades descargan efluentes los mismos que son previamente tratados y desembocan al río Chimbo, sin embargo, el residuo líquido generado es el mayor contaminante para el medio ambiente por el manejo ineficiente de sus tratamientos donde los compuestos (aceites, grasas, nitratos, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, entre otros) en comparación con los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA, 2016).

Mahvi (2008) Señala que los reactores aerobios, son sistemas que emplean un consorcio de microorganismos en suspensión para el tratamiento biológico de aguas residuales utilizando ciclos de llenado y descarga en un solo tanque. Estos sistemas operan bajo cinco ciclos: llenado, reacción, sedimentación, vaciado y tiempo muerto. Estos reactores usados en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales han demostrado eficiencias altas de remoción de contaminantes y flexibilidad de operación en la mayoría de los casos.

Por tal razón el objetivo de la investigación es evaluar un consorcio microbiano aerobio con *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Licheniformis* y *Lactobacillus Plantarum* autóctonos de la ESPAM 'MFL' que se utilizaran para la degradación de materia orgánica en aguas residuales en extractora de aceite vegetal AEXAV Quinindé, disminuyendo el impacto generado por estos residuos líquidos en cuerpos receptores y a la vez permanezcan dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa legal Ecuatoriana del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente donde mencionan el control de parámetros como: Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos, DQO, DBO₅, PH y Temperatura. (TULSMA 2016). Para ello se formula la siguiente interrogante.

¿Cómo un consorcio aerobio disminuye las cargas orgánicas en las aguas residuales procedentes de la extractora de aceite vegetal AEXAV Quinindé?

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador las extractoras de aceite son organizaciones que generan un gran impacto en el ambiente, ya que estas poseen altos contaminantes que provienen de la transformación de la materia prima, siendo fundamental realizar estudios que conlleven a mitigar los factores adversos de estos procedimientos. Por tal motivo esta investigación propone evaluar consorcios microbianos aerobios para la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual procedente de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.

De acuerdo a García *et al*, (2015) los procesos de extracción de aceite de palma arrojan al ambiente contaminantes líquidos que alteran la biodiversidad de los cuerpos de agua, donde se implementaran procesos biotecnológicos para el tratamiento y degradación de la materia orgánica en los efluentes, adquiriendo de esta manera un valor agregado para el ambiente.

Torres (2017) sostiene que los tratamientos con reactores aerobios aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento. En concordancia con el autor a través de este estudio se puede constatar que los reactores aerobios pueden realizar la degradación del material orgánico dependiendo de los factores principales donde se controla, el grado de mezcla de los reactores, el pH, los nutrientes, la luz solar, la temperatura, SST, aceites y grasas.

Mendoza y Ramírez (2015) explican que en la actualidad las industrias extractoras de aceite tienen un serio compromiso con el ambiente, la realización de esta

investigación resulta beneficiosa con su entorno y equilibrio, pues la minimización del residual es siempre la primera selección en la jerarquía de las opciones de manejo de contaminantes en los países desarrollados, debido a aquello, se implementan procesos biotecnológicos donde es posible la degradación de la materia orgánica en aguas residuales mediante tratamientos biológicos aerobios, donde se podrá observar la depuración del agua residual.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar consorcios microbianos aerobios para la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual procedente de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización físico - química del efluente procedente de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.
- Determinar el mejor tratamiento en combinaciones en la degradación de la materia orgánica de las aguas residuales procedentes de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.
- Analizar la eficiencia y el costo/beneficio de los tratamientos en la degradación de la materia orgánica de las aguas residuales procedentes de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.

1.4 HIPÓTESIS

Los consorcios microbianos en combinaciones degradan significativamente la materia orgánica en agua residual de la extractora de aceite vegetal AEXAV, Quinindé.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUAS CONTAMINADAS

La contaminación de los cuerpos de aguas se ha convertido en un grave riesgo ambiental debido a su alta contaminación por efluentes, durante muchos años el tema del manejo del agua se ha limitado casi exclusivamente al manejo de embalses, construcción de canales de riego, drenajes, obras de captación, sistemas de agua potable, alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Es decir, se han centrado en la provisión de agua para las diferentes actividades, concentradas en la cantidad de agua que se puede entregar a una determinada población o para una determinada actividad. Sin embargo, Ecuador tiene una deuda muy alta en cuanto a los esfuerzos que se realizan para mejorar la calidad del agua, especialmente, del agua que se vierte producto de actividades industriales, domésticas y agropecuarias (Maystre, 2012).

Fernández (2012) sostiene que el deterioro de la calidad del agua es un gran problema que va en aumento, y es considerado uno de los principales problemas ambientales. Las principales causas, tanto para el agua dulce como la salada, son los vertidos incontrolados de las aguas residuales urbanas e industriales, muchas veces sin tratamiento, así como las prácticas agrícolas deficientes. Además de la contaminación atmosférica, la acumulación de sustancias químicas en suelos y sedimentos, el exceso de bombeo de aguas subterráneas, la minería y otras industrias de extracción, la destrucción de zonas pantanosas, también contribuyen a su deterioro. Los principales efectos que produce el agua contaminada en el medio ambiente son: contaminación microbiológica del agua, con la transmisión hídrica de enfermedades; pérdida de los ecosistemas acuáticos; riesgo de infecciones crónicas en el hombre, asociadas a la contaminación química; pérdida de la capacidad productiva en suelos regados, a causa de procesos de

salinización, pérdida de la reserva de proteínas de los peces; pérdida de suelos por erosión.

2.2. AGUAS RESIDUALES

Macías (2014) las aguas residuales son aquellas que de una forma directa o indirecta han sido contaminadas. La contaminación directa se da principalmente por su utilización en diversas actividades y la contaminación indirecta se da por la llegada a cuerpos receptores (río, lagos y otros) de aguas ya contaminadas. Se considera como aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en actividades diarias principalmente de ciudades, entiéndase estas actividades como: domésticas, comerciales, industriales y de servicios.

Las aguas residuales son aguas de composición muy variada que provienen de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido una alteración en su calidad original. TULAS (2016).

2.3. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales resultan del uso del agua en un proceso de manufactura o alguna actividad de limpieza que tengan lugar junto a un proceso industrial, estas aguas son aguas contaminadas que se son expuestas a los procesos industriales y que presentan carga orgánica elevada, estas se dan en varias industrias con diferentes procesos (Rodríguez, 2006).

Los vertidos líquidos industriales poseen cargas contaminantes muy elevadas, por lo tanto; son uno de los principales focos de contaminación en cuerpos de agua a nivel mundial, esta contaminación es considerablemente mayor en países en vías de desarrollo, debido a la mala regulación que se les da a los efluentes

industriales por parte de las autoridades competentes. Cada industria genera un residual líquido de ciertas características, específicas para cada operación industrial, estas características son uno de los principales criterios para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales (Fair, 1999).

2.4. CONTAMINACIÓN POR INDUSTRIAS DE ACEITE DE PALMA AFRICANA AEXAV

La industria AEXAV utiliza agua potable para la elaboración de sus productos, y es imprescindible ya que debe estar en condiciones muy buenas, es decir, que tenga una calidad para ser usada en sus procesos. Después de que el agua es usada en un proceso industrial, esta queda con abundante contaminación, las aguas residuales, conocidas también como efluentes industriales, pueden diferir tanto en sus parámetros, así como en sus concentraciones, dependiendo del enfoque o visión de la industria (Vidales *et al.*, 2010).

Por ello se ha exigido a los empresarios que sus industrias cuenten con planta de tratamiento de aguas para disminuir en parte dicha contaminación que depende no sólo de sus características comunes, sino que además pueden ser evaluados por parámetros de medición tales como demanda bioquímica de oxígeno (DBO)₅ y la demanda química de oxígeno (DQO), mismos que evalúan contenidos de sustancias orgánicas e inorgánicas, donde los contaminantes que más problemas causan en el tratamiento de aguas residuales, son las grasas y aceites (Vidales *et al.*, 2010).

2.5. EFLUENTES LÍQUIDOS EMITIDOS POR LA INDUSTRIA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA

Los efluentes líquidos se los considera más significativos debido a su cantidad, por ejemplo, en 2010, 421 extractoras de aceite de palma en Malasia generaron aproximadamente 60 millones de toneladas de efluente de la extracción de aceite

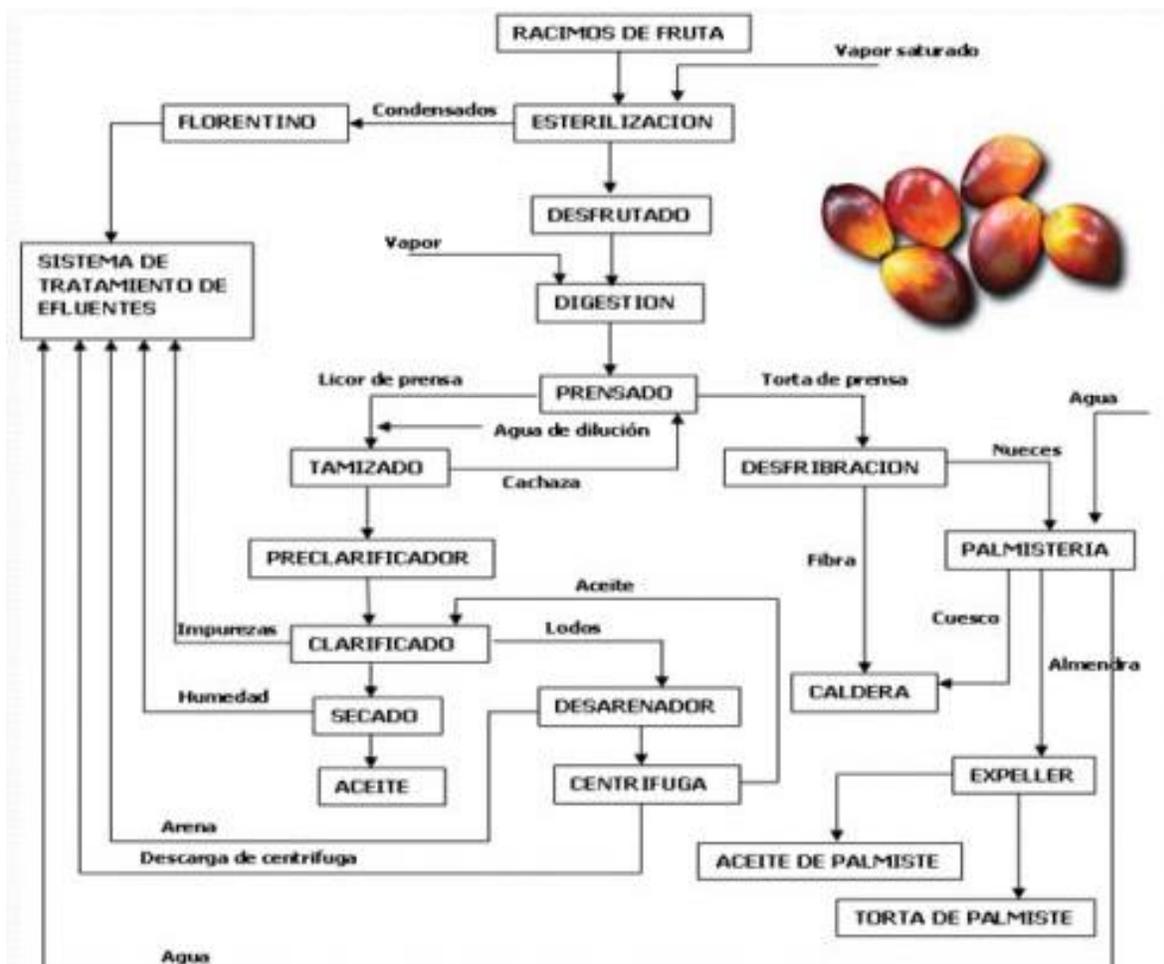
de palma conocido como (POME). POME es un efluente que se genera al final de la fase de producción de aceite de palma, incluyen aceite residual y sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos inertes causan turbidez y sedimentación en el fondo. Las aguas residuales tienen grandes cantidades de materia orgánica y sólidos totales (Pechsuth *et al.*, 2001).

El POME se forma principalmente en la extracción de aceite, lavado y procesos de limpieza en la extractora, en la esterilización, clarificación, condensación, lavado de la fruta, hidrociclón, caldera, tanques y decantadores. Principalmente se da en la esterilización y el clarificado aproximadamente de 1 a 1.5 toneladas de agua son requeridas para procesar 1 tonelada de RFF3 (Racimos de Fruta Fresca) (Wang *et al.*, 2006).

Además, existen sustancias tóxicas y metales pesados, aceites y materiales flotantes, sales disueltas como fosfatos, cloruros y nitratos, metales como Zinc, Hierro y Manganeso que deben contener niveles aceptables antes de ser descargados al ecosistema. El POME contiene aceites emulsionados que al momento del tratamiento generan problemas a causa de su alta estabilidad. (Igwe y Onyegbado, 2007)

En el gráfico 2.1., se observa un diagrama simplificado de una planta extractora de aceite vegetal típica con sus respectivas salidas de aguas residuales representadas.

Figura 2.1. Diagrama simplificado de la industria de Palma.



Fuente: AEXAV.

2.5.1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

El Límite Máximo Permissible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente, su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio en el Libro VI Anexo1 del acuerdo ministerial 097^a. TULSMA (2018)

Cuadro 2.1. Límites Máximos Permisibles de descargas a aguas dulces

Parámetros	Límites máximos permisibles
DBO5	100 mg/l
DQO	200 mg/l
ST	1600 mg/l
OD	No <6,5 mg/l
Aceites y grasas	30,0 mg/l

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental

2.6. TIPOS DE MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

2.6.1. MUESTRA INDIVIDUAL

INEN 2176 menciona que la muestra que se toma de forma al azar con respecto al tiempo y/o lugar de un volumen de agua es una muestra individual llamada puntual o instantánea (INEN, 2013).

2.6.2. MUESTRA COMPUESTA

De acuerdo a INEN 2176 es una muestra de dos o más submuestras, que se mezclan en proporciones conocidas, de la que se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Los criterios para el muestreo se basan en el tiempo de muestra y en el flujo del residual. (INEN, 2013).

2.7. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

De acuerdo a INEN 2169 el recipiente de la muestra depende del tipo de análisis que se vaya a realizar. El Análisis de pH, oxígeno disuelto y temperatura se deben realizar in situ. Para análisis biológicos se debe llenar completamente el recipiente y mantenerlo refrigerado entre 2-5 °C en un lugar oscuro, para no alterar su composición en el transporte al laboratorio. (INEN, Norma 2169: Calidad del agua muestreo, manejo y conservación de muestras, 2013).

2.8. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS QUE INFLUYEN EN LOS EFLUENTES DE LA EXTRACTORA AEXAV, QUININDE

2.8.1. PH

La actividad fotosintética demanda un consumo grande de CO_2 por las algas autóctonas presentes en residuales en las extractoras de aceites de palma AEXAV. El control del pH es de gran influencia en el desarrollo de algunas bacterias en el caso de la familia de los *Lactobacillus* y *Bacillus* si este es demasiado alto hace que la actividad microbiana disminuya. Jiménez (2000) señala que la actividad biológica es desarrollada por cada especie en un intervalo de pH donde generalmente tiene un efecto indirecto, la influencia de la toxicidad de algunas sustancias es debido al grado de disociación que tienen a ciertos valores de pH.

2.8.2. ÁREA SUPERFICIAL

Cuervo (1990) citado por Correa (2008) señala que el área superficial de la laguna aerobio de la empresa AEXAV está determinada en función de la carga orgánica, usualmente expresada en términos de DBO_5 , aplicada por día, principalmente para las lagunas facultativas y de aerobias. En climas cálidos, las cargas orgánicas varía de 150 a 400 Kg. $\text{DBO}_5/\text{ha}^*\text{día}$, han sido un éxito para la construcción los reactores aerobios. Las cargas más bajas se aplican a temperaturas del aire en torno a 20°C y las más altas temperaturas próximas a 30°C . Las cargas superficiales que exceden de 200 a 250 Kg. $\text{DBO}_5/\text{ha}^*\text{día}$, han sido objeto de problemas ocasionales de malos olores, en cuanto que las cargas que excedan 400 Kg. $\text{DBO}_5/\text{ha}^*\text{día}$, probablemente llevan a la anaerobiosis, esto es, ausencia de oxígeno disuelto y/o a una caída brusca en la eficiencia total del sistema, OPS Este valor debe estar por encima de un mínimo de unos 1000 Kg $\text{DBO}/\text{ha}^*\text{día}$.

2.8.3. OXÍGENO DISUELTO (OD)

Las concentraciones de oxígeno disuelto, (OD), en la laguna, son el reflejo de la intensa actividad fotosintética. Dependiendo de cada estanque, en una laguna aerobias la capa oxigenada superficial presenta una variación diurna de OD y puede que el oxígeno disminuya notablemente durante la noche; pero también puede ocurrir que se observe concentraciones de sobresaturación de OD durante el día, hasta valores determinados, en algunos estudios, de 36 mg/L (GARCIA et al., 1995). Además de las variaciones diarias en el contenido en oxígeno disuelto, éste presenta también variaciones importantes en profundidad. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama oxipausa, y su posición depende de la actividad fotosintética, el consumo de oxígeno por las bacterias, la temperatura y el grado de mezcla inducido por el viento (MOPT, Manual de Operadores. Ed por Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1991).

2.8.4. TIEMPO DE RETENCIÓN

La actividad biológica en las lagunas está influenciada por las características de circulación del agua. Cuando se proyecta una laguna, se calcula el tiempo necesario para alcanzar un determinado grado de depuración (Gómez, 1999).

Desde el punto de vista de la depuración lo que importa es realmente todo el material que entra en la laguna permanece en ella durante ese tiempo, o si hay diferencias importantes entre el tiempo que una parte u otra del fluido permanece en la laguna. Cuando esto ocurre, la fracción que atraviesa rápidamente el estanque alcanza un grado menor de estabilización que la que permanece embalsada durante más tiempo. Estas diferencias en el tiempo real 21 de residencia provocan siempre la disminución de la eficacia de la depuración (MOPT, 1991). Según (Gómez, 2012) la mayor eficiencia de depuración de la materia orgánica se nota a los 15 días, debido a que la eficacia del tratamiento biológico es de mayor alcance en el determinado tiempo.

2.8.5. DBO y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

La producción de efluentes, con DBO alta, en muchas plantas de tratamiento de agua residuales, es el resultado de crecimiento de biomasa suspendida en la laguna y no al escape de DBO del afluente a través de ella; como lo confirman los ensayos de DBO sobre efluentes filtrados y no filtrados. Esto realza la capacidad de las lagunas para tratar aguas residuales, pero también enfatiza la necesidad de separar apropiadamente la biomasa algal y bacteriana del efluente, si se desean efluentes de alta calidad en términos de DBO y sólidos suspendidos totales (Díaz *et al.*, 2002).

La reducción de sólidos en suspensión en el tratamiento aerobio es del orden del 80%. Estos sólidos se acumulan en el fondo de las lagunas y dan lugar a la formación de una capa de fangos, a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento de los fangos en las lagunas, su contenido en materia orgánica disminuye debido a la degradación aerobia a la que están sometidos (MOPT, 1991)

2.8.6. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO₅ (DBO₅)

Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. En aguas residuales industriales, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica degradable. La DBO, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. (Navarro, 2007).

2.8.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno, DQO, es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en un agua. Se emplean oxidantes químicos, como el dicromato de potásico. Tal y como hemos dicho, el ensayo 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. La Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua. Normalmente se emplea la DBO₅, que mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días. Resulta el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. (HANNA, 2005).

2.8.8. TEMPERATURA

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada o menor que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. La energía liberada de las reacciones bioquímicas de los microorganismos presentes en ellas es otra influencia de su temperatura. (Sánchez, s.f.).

2.9. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

2.9.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO

En los sistemas aeróbicos que no se basan en aireación natural se produce un gasto energético, ya que es necesario suministrar oxígeno. En los sistemas anaerobios no se consume energía, sino que por el contrario se genera energía en

forma de gas metano. Otra diferencia importante entre los sistemas aerobios y anaerobios es que los microorganismos aerobios tienen una mayor tasa de crecimiento por unidad de materia orgánica removida que los microorganismos anaerobios. En estado estacionario los microorganismos que crecen en el sistema deben ser purgados, estabilizados y dispuestos, por lo que es deseable que se produzca la menor cantidad posible. (Cobían, 2011).

2.10. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Los tratamientos biológicos de aguas residuales (reactores aeróbicos y anaeróbicos) aprovechan la capacidad de determinados microorganismos (entre los que destacan las bacterias) de asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual a tratar para su propio crecimiento, llevando a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua. La materia orgánica soluble es asimilada por los microorganismos como fuente de carbono. Tras esta operación se separa por decantación la biomasa generada del sobrenadante. Para el crecimiento de los microorganismos es necesario, aparte de la materia orgánica, la presencia de nitrógeno y fósforo en el efluente. Si su concentración no es suficiente, se deberán aportar al tratamiento. (Sánchez, s.f.).

2.10.1. EFICIENCIA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS

El grado de eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales se define como, la reducción porcentual de indicadores apropiados presentes en el efluente, considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias donde la eficiencia es particular de reducir porcentualmente indicadores apropiados, que son considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias. La determinación de la reducción se establece para el indicador específico, una relación entre la concentración del agua de entrada de la planta y con la correspondiente concentración de salida Rodríguez. S. (2016). Y expresa la siguiente ecuación (2.1.):

$$n = \frac{\text{Residual E} - \text{Residual S}}{\text{Residual E}} \times 100 \text{ (2.1.)}$$

En donde

n= Eficiencia del sistema en porcentaje

Residual E= Residual que entra a la planta

Residual S= Residual que sale de la planta

2.11. CONSORCIO MICROBIANO UTILIZADO PARA EL TRATAMIENTO MICROBIOLÓGICO AEROBIO

De acuerdo a lo expuesto por Sánchez (s.f.) en los tratamientos con microorganismos se implementan varios tipos de procesos biotecnológicos ya sea aerobio, anaerobio, facultativo o maduración donde es posible la degradación de la materia orgánica en agua residual en empresas extractoras de aceite de palma donde generan una elevada contaminación en efluentes ocasionando alteraciones a los cuerpos receptores. Se utilizó en esta investigación microorganismos de la familia de *Lactobacillus; plantarum* (facultativo) y de la familia *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis* (aerobios), que permite que las altas concentraciones del material orgánico disminuyan en los efluentes de la extractora de aceite de palma.

2.11.1. BACILLUS SUBTILIS Y BACILLUS LICHENIFORMIS

Bacillus licheniformis es una bacteria de tipo Gram positiva, tiene un alto parecido genómico con *Bacillus subtilis* estas bacterias constantemente habitan por lo general en gran abundancia en agua y en suelo, lugar donde produce esporas como mecanismo de conservación y proliferación. Es un bacilo de tipo aerobio, lo cual favorece su crecimiento en presencia de oxígeno. Representa una bacteria de importancia industrial debido al uso comercial y agrícola de algunos de sus productos extracelulares utilizados para la producción de enzimas, antibióticos y productos químicos. Para que estas bacterias puedan realizar su fase de crecimiento al 100% deberían tener un nivel de calor por

encima del 15 °C, por otro lado, respecto al pH, mediante un nivel entre (4 y 6.5), lo que indica una buena adaptación del crecimiento a pH ácidos (Zúñiga, 2010).

2.11.2. LACTOBACILLUS PLANTARUM

Los específicamente los Lactobacillus tienen un metabolismo fermentativo, son principalmente aerotolerantes y facultativos donde otras especies son estrictamente anaeróbicas. El crecimiento se da a un pH de 4,5-6,8 y en la temperatura da un 15° a 45° más no a 48°. Puede crecer hasta con un 4% de sales biliares y generalmente un 4% de NaCl. Son exigentes en cuanto a aminoácidos, péptidos, nucleótidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos y carbohidratos. Se clasifican en homolácticos y heterolácticos con base en la vía de fermentación que utilizan. En condiciones de exceso de glucosa y un limitado uso de oxígeno, los homolácticos transforman un mol de glucosa a través de la vía glucolítica de Embden-Meyerhof-Parnas para formar dos moles de piruvato. Dentro de este grupo se destacan especialmente las bacterias del género Lactobacillus las cuales comparten las siguientes características generales con el grupo al cual pertenecen: Gram positivas, generalmente inmóviles, no esporuladas, catalasa negativas, oxidasa negativas, nitrato reductasa negativas, son y exigentes en sus requerimientos nutricionales. Las especies del género Lactobacillus se caracterizan por ser células en forma de bastones o bacilos a menudo agrupadas en cadenas, también por su heterogeneidad en la composición de ADN. (Jurado, Ramírez, & Aguirre, 2013).

2.11.3. RESPIRACIÓN CONSORCIO MICROBIANO (*Bacillus* y *Lactobacillus*)

Las células llevan a cabo diversos procesos para mantener su funcionamiento normal, muchos de los cuales requieren energía, la respiración celular es una serie de reacciones mediante las cuales la célula degrada moléculas orgánicas y produce energía. La respiración aerobia en estos tipos de familia de

microorganismos *Bacillus* y *Lactobacillus* tienen un conjunto de reacciones en las cuales el ácido pirúvico producido por el glucolisis se transforma en CO₂ y H₂O, y en el proceso, se producen 36 moléculas de ATP (Salgado, 2012).

2.11.4. pH OPTIMO PARA EL CRECIMIENTO MICROBIANO (*Bacillus* y *Lactobacillus*)

Según Sarmiento (2012), el pH de las familias de *Bacillus* es adecuado para su metabolismo si el pH está en 4-6.8 y *Lactobacillus* es adecuado si se encuentre dentro de 4.5-6.8 son de una agradable similitud estas dos familias al momento de su metabolismo en el tratamiento de aguas residuales.

2.12. REACTOR AERÓBIOS

Los microorganismos aerobios pueden realizar la degradación del material orgánico dependiendo de los factores principales donde se controla, el grado de mezcla de los reactores, el pH, los nutrientes, la luz solar y la temperatura, SST, aceites y grasas. Los reactores aeróbicos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento, en presencia de oxígeno siendo suministrado por intercambio a través de la interface aire-agua donde actúa como aceptor de electrones en el proceso de oxidación de la materia orgánica, esta particularidad conlleva unos rendimientos energéticos elevados y una importante generación de fangos, consecuencia del alto crecimiento de las bacterias en condiciones aeróbicas (Núñez, 2011).

2.13. REACTORES ANAEROBIOS

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica es transformada a biomasa y compuestos orgánicos, la mayoría de ellos volátiles. Aunque es un proceso natural, sólo en los últimos veinticinco años ha llegado a ser una tecnología competitiva en comparación con otras alternativas. Esto ha sido posible gracias a

la implementación de sistemas que separan el tiempo de retención hidráulico (TRH), del tiempo de retención celular (TRC) los cuales han sido denominados reactores de alta tasa. Durante este proceso también se obtiene un gas combustible (Biogas) y lodos con propiedades adecuadas para ser usados como bioabonos. (Núñez, 2011).

2.14. REACTORES FACULTATIVO

Las lagunas de estabilización constituyen un sistema de tratamiento bioquímico de crecimiento suspendido, sin recirculación de sólidos sedimentados. A pesar de constituir el sistema más simple y sencillo de tratamiento de aguas residuales, son de una naturaleza muy compleja desde el punto de vista de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos responsables de su eficiencia. El crecimiento de algas en las lagunas facultativas representa, básicamente, el suministro de oxígeno fotosintético para la actividad aerobia bacteriana y, por otro lado, la necesidad de removerlas de la laguna para controlar el aumento de la concentración de sólidos en suspensión, y el material biológico biodegradable. La concentración de algas se representa generalmente por la concentración de clorofila. Zaleski. R. (2014).

2.15. DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA)

Según Castejón (2011), es el diseño más sencillo de usar, los tratamientos se establecen al azar entre las unidades experimentales. Este diseño es aplicable cuando las unidades experimentales actúan por igual, es decir, son homogéneas. La homogeneidad de las unidades experimentales ejerciendo un control adecuado, sin embargo, se debe tener presente que todo material biológico, por homogéneo que sea, presenta cierta fluctuación y por lo tanto son incontrolables.

Su nombre se debe del hecho a que existe completamente una aleatorización, también se lo denomina como diseño de una vía. Una de las ventajas de este diseño es su flexibilidad, ya que hay una total libertad en la unidad experimental, sin embargo, en comparación con otros dispositivos experimentales donde se

puede ejercer control, es menos sensible y tiene poder analítico débil (Castejón, 2011).

2.16. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

2.16.1. PRUEBA DE TUKEY

Es un test que trata de especificar una Hipótesis alternativa genérica como la de cualquiera de los Test ANOVA. Compara las medias de los 9 números de niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA (Llopis, 2013).

2.17. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

La característica que distingue al análisis de costo beneficio es el intento de llevar al máximo posible la cuantificación los beneficios y costos en términos monetarios. Sin embargo, el análisis muy pocas veces logra ese ideal de medir todos los beneficios y costos en términos monetarios por ende el análisis costo/beneficio se realiza para comparar la viabilidad económica asociada a la ejecución de diferentes propuestas. Se inicia desde la premisa de que un proyecto sólo debe implementarse si todos los beneficios superan los costes totales. El beneficio neto de cada opción es la diferencia entre beneficios (ingresos) y costos (egresos), (Martínez, 2014). Se lo calcula de acuerdo a la ecuación del gráfico **2.2.**

$$Bn = Beneficios - Costos (2.2.)$$

En donde

Bn= Beneficio neto

Beneficios = Ingresos

Costo = Egreso

2.17.1. COSTOS DIRECTOS

Se producen cuando las empresas establecen mecanismos de control para conocer con exactitud la cantidad de coste que va al producto, servicio o sección. Estos costos se asocian con el producto de una forma muy clara, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Dentro de estos, los más habituales son: materias primas y mano de obra directa (Mazuelas, 2014).

2.17.2. COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos son costos que afectan la producción pero que no pueden ser asignados directamente al producto, son costos de gran importancia ya que son necesarios para la planeación, el presupuesto, la toma de decisiones. Dentro de estos, los costos indirectos más habituales son: Mano de obra indirecta, tiempos improductivos, el arrendamiento, la depreciación, administrativos, comerciales, entre otros (Mazuelas, 2014).

2.18. COSTOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En este sentido, incluye los costos de diseño, materias primas, maquinaria, equipos y mano de obra. En sistemas de tratamiento de aguas residuales los costos de operación y mantenimiento están principalmente influenciados por los requerimientos de la tecnología. Estos requerimientos son: Energía eléctrica, Insumos químicos, Control de calidad del agua de proceso, Mantenimiento y reparación de equipos, Personal para operación y mantenimiento de las instalaciones y Gastos de administrativos. Los costos de inversión inicial de los sistemas de tratamiento de aguas residuales están asociados con las inversiones necesarias para la construcción de la infraestructura física de la planta (Quintero, 2007).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios de microbiología del área agropecuaria de la ESPAM “MFL” con las coordenadas geográficas 0°49'8.71"S; 80°10'53.73"O pertenecientes al cantón Bolívar- provincia de Manabí- Ecuador.

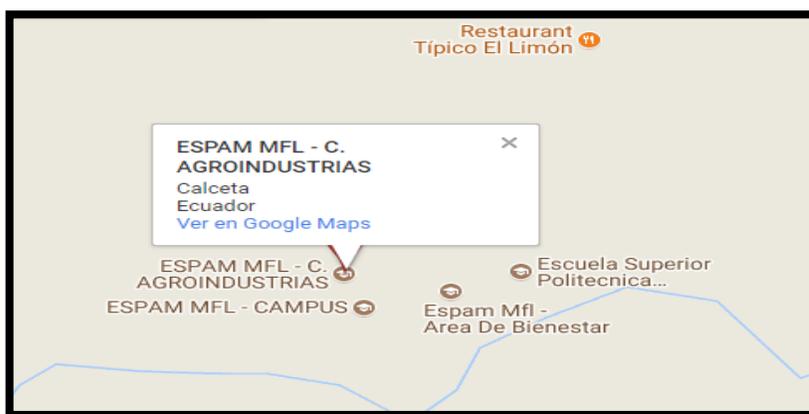


Figura 3.1. Mapa de ubicación del laboratorio del área agropecuaria de la ESPMA MFL
Fuente: Google Maps

3.2. DURACIÓN

La duración del trabajo experimental se dividió en 2 periodos. El primero, de planificación (proyecto de titulación), y el segundo de ejecución (desarrollo). Cada periodo tuvo una duración de nueve meses.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO CUANTITATIVO EXPERIMENTAL

Se tomó en cuenta este método ya que se manipula la variable independiente, donde se evalúa el efecto de la variable independiente (Consortio microbiano aerobio) sobre la dependiente (contaminantes orgánicos). (Briones, 1996).

3.3.2. CAMPO

Mediante este método se extrajeron muestras en el lugar de donde nace el problema, (planta Extractora de Aceite Vegetal AEXAV Quinindé.)

3.3.3. MÉTODO ANALÍTICO

Se empleó este método analítico para al procesamiento de la información adquirida por diferentes tipos de fuentes bibliográficas y de la experimentación en el campo de estudio; partiendo de conceptos que ayudaron a entender el tema relacionado con la investigación (Vanegas, 2010).

3.3.4. MÉTODO DESCRIPTIVO

En el presente trabajo, se utilizó el método descriptivo, para lo cual se llevó a cabo el análisis y la evaluación de los objetivos propuestos en el desarrollo de esta investigación. Con toda la recopilación de la información se determinaron datos muy importantes para el avance y el desarrollo de la investigación (Zorrilla, 1996).

3.3.5. BIBLIOGRÁFICO

Se empleó la investigación bibliográfica para la obtención de información pertinente, basándose en los procedimientos y la evaluación de las fuentes, consultando de diferentes documentos virtuales. (UNIR, 2012).

3.4. FACTOR EN ESTUDIO

— **FACTOR A:** Consorcio microbiano aerobio

El diseño completamente al azar es una 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”, la cual permitió conocer si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que fue necesario comparar la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error (Bosque., 2011).

3.5. TRATAMIENTOS

Se utilizó diferentes combinaciones de los microorganismos, quedando de la siguiente manera:

T1: *Plantarum*

T2: *Plantarum + Licheniformis*

T3: *Plantarum + Subtilis*

T4: *Plantarum + Licheniformis + Subtilis*

T5: Agua Residual

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

El total de las combinaciones fue de cinco tratamientos y tres repeticiones, el reactor donde se manipuló la evaluación de consorcios microbiano es de carácter discontinuo con un volumen de 5.48 litros, compuesto de un material plástico forma redonda. (Anexo1. Foto1 y 2). Se empleó 10 segundos de agitación manual para la inoculación de cada unidad experimentales Díaz. M & C (2001-2009).

La descripción de los tratamientos se detalla en el cuadro 3.1:

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos

Código	Combinación de tratamientos	Dosis/ ml
T1	<i>Plantarum</i>	5
T2	<i>Plantarum + Licheniformis</i>	5
T3	<i>Plantarum + Subtilis</i>	5
T4	<i>Plantarum + Licheniformis + Subtilis</i>	5
T5	Agua Residual	-

Fuente: Autor

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación es de carácter experimental y estuvo sujeto a un Diseño Completamente al Azar (DCA), se realizaron cinco tratamientos y a cada uno se le aplicó tres réplicas, dando un total de 15 unidades experimentales. A cada réplica se le realizaron los análisis de, DBO₅, DQO, ST, pH, temperatura, aceites y grasas y oxígeno disuelto. (Ver cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Esquema de ANOVA.

Fuente de Variación	Grado de libertad
Total	(Tr - 1) 14
Tratamiento	(T - 1) 4
Error experimental	10

Fuente: Autor

3.8. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se realizó un sorteo DCA para conocer la ubicación de cada tratamiento y sus repeticiones, quedando la distribución de la siguiente manera:

Dónde: T= Tratamiento y R= Réplicas

Cuadro 3.3. Distribución de los tratamientos

T4R1	T3R3	T3R2
T1R1	T1R3	T2R1
T2R2	T3R1	T1R2
T2R3	T4R2	T5R2
T5R1	T5R3	T4R3

Fuente: Autor.

3.8.1. VARIABLES EN ESTUDIO A MEDIR

Consorcio microbiano aerobio

3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Degradación de materia orgánica en aguas residuales en extractora de aceite vegetal AEXAV Quinindé.

3.8.3. INDICADORES

Cuadro 3.4. Indicadores para el tratamiento del efluente

Nombres de indicadores	Siglas	Unidades
Demanda Biológica de Oxígeno	BDO5	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l
Sólidos Totales	ST	mg/l
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l
Aceites y grasas	Aceite y Grasas	mg/l

Fuente: Autor

3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento se llevó a cabo en función de los objetivos planteados y se dividió en 2 fases: la fase 1 comprende el cumplimiento del primer y segundo objetivo, y la fase 2 el cumplimiento del tercer objetivo.

3.10. PROCEDIMIENTO

FASE 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL EFLUENTE DE LA EXTRACTORA AEXAV, QUININDÉ.

Actividad 1. Muestreo y caracterización del efluente

Fueron recolectados 12 litros de agua residual industrial de la empresa AEXAV mediante un muestreo compuesto (cada 60 minutos), por un periodo de tiempo de 10 horas como lo indica la Norma INEN 2176. El volumen de muestra recolectada fue de 120 litros. (Ver Anexo1. Foto3 – Foto4).

Actividad 2. Reactivación de *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis* y *Lactobacillus plantarum*.

Se realizó la siembra de 100 ul de cultivo de *B. subtilis* y *L. plantarum* en medio de cultivo caldo nutritivo y caldo MRS, posteriormente se incubó a 37°C durante 18 a 24 horas, en el caso del *Bacillus subtilis* se sometió a condiciones de agitación (180 rpm) y el *lactobacillus plantarum* se colocó en jarra de anaerobiosis. Transcurrido el tiempo de incubación se verificó la pureza de cada una de las cepas en evaluación, para lo cual se realizó la tinción de Gram y la prueba de Catalasa. (Ver Anexo2. Foto1 y Foto2). En los medios de cultivos desarrollados se procedió a colocar 1,8 ml de *Bacillus* y *Lactobacillus* en tubos de *microcentrifuga* (*eppendorf*), seguidamente se centrifugó a 8000 rpm durante cinco minutos, posteriormente se eliminó el sobrenadante y se re suspendió en 100 ul de caldo nutritivo para *Bacillus* y Caldo MRS para *Lactobacillus*, luego se homogenizó en el *Vortex* y después se inoculó los 100 ul en el caldo nutritivo y en el caldo MRS,

posteriormente se inoculo a 0.30°C durante 18 horas. (Reyes, 1981). (Ver Anexo2. Foto1, Foto 2, Foto3, Foto4 y Foto5).

Actividad 3. Análisis en el laboratorio EX-ANTE

Se realizaron los análisis correspondientes previos a la aplicación del consorcio microbiano aerobio, para dar a conocer las características físicos-químicos del efluente a tratar. Se detallan los parámetros técnicas y métodos en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.5. Tecnología, Parámetros y Métodos

Parámetros	Técnica	Métodos
DBO5	Respirométrico	S.M. 21 TH 5220 D
DQO	Espectrofotométrico	S.M. 21 TH 5210 D
Aceites y Grasas	Gravimétrico	SM 5520 B
PH	Potenciómetro	SM 5220 D
Sólidos Totales	Gravimétrico	S.M. 21 TH 4500 -H+ B
Oxígeno Disuelto	Modificación de Azida	SM 4500-OC SM 2550 B
Temperatura	Pirómetro	SM: 2550 B

Fuente. 097 A. Acuerdo Ministerial.

Se realizaron las comparaciones de los resultados con los límites máximos permisibles de la tabla 12, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097-A del TULSMA. Se detallan en el siguiente cuadro;

Cuadro 3.6. Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Límites máximos permisibles
DBO5	100mg/l
DQO	200 mg/l
ST	1600 mg/l
OD	No <6,5 mg/l
Aceites y grasas	0,30 mg/l

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Libro VI Anexo 1

FASE 2. DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS EFLUENTES DE LA EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV, QUININDÉ.

Actividad 4. Dosificación a cada unidad experimental.

La dosificación se realizó de acuerdo a la distribución de los tratamientos, en cinco litros de aguas residuales procedentes de la empresa extractora de aceite vegetal

AEXAV Quinindé, se agregó cinco ml del consorcio microbiano que se inoculó a las 15 unidades experimentales, se les agregó la misma dosificación para cada tratamiento, debido a que es un diseño completamente al azar. (Ver Anexo2. Foto.6 – Foto7 y 8).

Actividad 5. Análisis en el laboratorio EX-POST

Se realizaron análisis correspondientes al concluir el tiempo de retención hidráulica a las 15 unidades experimentales con tratamientos aerobios, para dar a conocer los resultados, que se obtuvieron mediante las técnicas y métodos que se detallan en el cuadro 3.5.

FASE 3. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA Y COSTO/BENEFICIO DEL TRATAMIENTO EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE EN LA EXTRACTORA AEXAV, QUININDÉ.

Actividad 6. Análisis de eficiencia

La eficiencia del tratamiento para cada variable se la obtuvo de acuerdo a la ecuación (2.1.) utilizada por Rodríguez. S (2016) y la Asociación Alemana de abastecimiento (1994) en el tratamiento de aguas residuales.

Actividad 7: Análisis Costo/Beneficio

El análisis costo/benéfico se lo realizó para determinar la viabilidad económica para tratar 1m^3 de agua residual para cada tratamiento. Cantañer (2014) sustenta que el costo beneficio neto de cada opción es la diferencia entre beneficios ingresos y costos egresos, de acuerdo a la ecuación (2.2).

Beneficios

Los beneficios asociados a cada tratamiento se hicieron en función de la tarifa por tratar 1m^3 de agua residual de la empresa y del cumplimiento de las Variables DBO5, DQO, ST, OD, Aceites y Grasas, de acuerdo a las Normativas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce del TULSMA (2018) para cada

tratamiento. Por ello es importante conocer que la empresa AEXAV tiene una tarifa de USD 2.50 por cada m³ de agua tratada; cabe indicar que esta información fue fundamental para realizar la comparación de la tarifa del agua con el tratamiento biológico.

Costos

Como los tratamientos de esta investigación son a escala laboratorio, solo se consideró los costos directos asociados a la operación de cada tratamiento, los cuales fueron: costo de dosificación de microorganismos, costo diseño del experimento a escala laboratorio aerobio, transporte y equipos.

El costo de 250 ml de consorcios microbianos es de USD 14.60 a nivel nacional; se consideró que se puede tratar 1m³ por cada tratamiento de consorcio microbiano. De acuerdo a Zambrano (2018), el costo para la producción de los microorganismos por 1000ml de *bacillus* es de USD 3 y de *lactobacillus* USD 2.50.

3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables en estudio se realizó el Análisis de varianza (ANOVA)

3.11.1. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

El análisis de los datos se los efectuó por medio del software estadístico Infostat 2018.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA DEL EFLUENTE DE LA EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV, QUININDÉ

Se realizó el muestreo compuesto en el efluente de la empresa extractora de aceite vegetal AEXAV Quinindé, con una generación un caudal de salida de 125,23 m³/día; considerando los parámetros que se ilustran en el cuadro 4.1; comparándolos con el Texto Unificado de Legislación Ambiental, libro VI anexo 1 del Acuerdo ministerial 097-A, tabla 12. TULSMA (2018).

Cuadro 4.1. Caracterización fisicoquímica del efluente de la empresa AEXAV

Parámetros	Análisis inicial	Límites máximos permisibles Tabla 12 Acuerdo Ministerial 097 ^a
DBO5	123860 mg/l	100 mg/l
DQO	56 300 mg/l	200 mg/l
ST	93 670 mg/l	1600 mg/l
OD	1,92 mg/l	No <6,5 mg/l
Aceites y grasas	604400 mg/l	0,30 mg/l
pH	6.53 (unidades de pH)	6-9 (unidades de pH)
Temperatura ^o C	25.6 °C	35 ^o C

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental, libro VI anexo1 de Acuerdo ministerial 097-A.

En el cuadro 4.1 sobre la caracterización fisicoquímica del efluente de la empresa AEXAV se observa que los parámetros DQO, DBO₅, ST, OD, Aceites y Grasas superan los límites máximos permisibles del libro VI, Anexo1, Tabla 12; sin embargo, el pH si se encuentra dentro del rango de la normativa contemplada. Concordando con ENGINEERS (2016) Los valores obtenidos de los parámetros establecidos por el TULSMA para descargas a cuerpos de aguas dulces, sugieren que éstas pueden ser depuradas a través de tratamientos biológicos, tales como fangos activos o sistemas de lagunaje.

4.2. ANÁLISIS FINAL DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos de consorcios microbianos aplicados al agua residual de la empresa AEXAV determinaron una disminución de las variables: DBO5, DQO, ST y Aceite y Grasas; también se aprecia durante el experimento un incremento OD del mejor tratamiento (9.78 mg/l) con respecto al inicial 1,92 mg/l, una estabilización pH y Temperatura, se detallan en el cuadro 4.4 resultados de los análisis a los 15 días del tiempo de retención hidráulica.

Cuadro 4.4. Resultados de los análisis a los 15 días de DBO5, OD, ST, Aceite y Grasas y DQO del efluente de la empresa AEXAV.

Parámetros	T1	T2	T3	T4	T5	Límites máximos permisibles	Análisis Inicial
DBO5	47.220 mg/l	49.770 mg/l	41.126 mg/l	18.560 mg/l	55.890 mg/l	100 mg/l	123860 mg/l
OD	11.29 mg/l	11.43 mg/l	11.23 mg/l	9.78 mg/l	11.31 mg/l	No <6,5 mg/l	56300 mg/l
DQO	3.698 mg/l	2.110 mg/l	1.859 mg/l	670 mg/l	5.200 mg/l	200 mg/l	93670 mg/l
ST	89.098 mg/l	86.092 mg/l	78.982 mg/l	59.798 mg/l	91.36 mg/l	1600 mg/l	1,92 mg/l
ACEITES Y GRASAS	598.04 mg/l	468.007 mg/l	245.098 mg/l	98.098 mg/l	598.065 mg/l	30,0 mg/l	604400 mg/l
pH	9,16	9,48	9,37	9,01	8,63	6-9 (unidades de pH)	6.53 UpH
Temperatura	27.8	28.8	27.5	27.9	28.9	35 oC	25.6 oC

Fuente: Autor

En el cuadro 4.4 se puede observar que los tratamientos tuvieron una diferencia significativa; sin embargo, el mejor tratamiento fue el T4, compuesto por *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* + *Lactobacillus plantarum*, debido a que aportó con una mejor remoción en cuanto a la materia orgánica. De acuerdo con Mahvi (2008) menciona que las bacterias son más eficientes cuando el consorcio es mayor a cuatro tipos de especies o familias, y por ende sirve para la depuración del material orgánico.

4.3. ANALIZAR LA EFICIENCIA Y COSTO/BENEFICIO DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA EXTRACTORA DE ACEITE VEGETAL AEXAV, QUININDÉ.

Se determinó mediante la ecuación 2.1, la eficacia del consorcio microbiano del mejor tratamiento “T4” el cual consta de tres cepas microbianas, de acuerdo con Jiménez (2000) manifiesta que son relevante para evaluar tratamientos biológicos.

El tratamiento cuatro alcanzo una eficiencia de 95% en la remoción de los contaminantes, DBO, DQO, ST, Aceites y Grasas, OD.

Realizando un análisis costo/beneficio, se aplicó la metodología que incluyen la no utilización de los pasos: estimación de los precios de campo del producto, estimación de los rendimientos ajustados, estimación de los beneficios brutos de campo, cálculo de la tasa mínima de retorno, tratamiento más rentable y análisis de residuos líquidos. (Ver Anexo3. Cuadro2).

Cuadro 4.5. Costos y dosis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	CONSORCIO MICROBIANO	DOSIS ml	COSTO m ³	TOTAL COSTOS QUE VARIAN	BENEFICIOS NETOS \$/m ³
T1	<i>Plantarum</i>	5	0.08	0.40	0.32
T2	<i>Plantarum + Licheniformis</i>	5	0.33	1.65	1.32
T3	<i>Plantarum + Subtilis</i>	5	0.18	0.90	0.72
T4	<i>Plantarum + Licheniformis + subtilis</i>	5	0.43	2.15	1.72
T5	Agua Residual	0	0	0	0

Fuente: Autor

En el cuadro 4.5. se observa que el tratameinto cuatro dado a su mayor eficiencia, tiene un costo/beneficio de USD 1.72 por cada m³ de agua residual a tratarse, el tratamiento tres USD 0.72, el tratamiento uno USD 0.32 y el tratamineto dos USD 1.32. La variacion de los costos beneficios se debe a factores como, costo de aislamiento de capa cepa, número de cepas en consorcio microbiano conformado por cada tratamiento. Jiménez (2000) Indica que el ajuste beneficio económico dependerá de la efectividad observada en las poblaciones de bacterias utilizadas. Bravo (2011) sostiene que la razón costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización fisicoquímica del efluente en la industria procesadora de aceite vegetal AEXAV permitió comprobar que los parámetros de DBO₅, DQO, ST, Aceites y Grasas, superan los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA, tabla 12, de descargas a cuerpo de agua dulce.
- EL tratamiento cuatro fue el que obtuvo mayor porcentaje de remoción de los parámetros de: DQO del 98% de remoción, DBO₅ 95%, ST 96%, Aceites y Grasas 93.7% y el OD aumentó al 93.36%; estos resultados demuestran que el efluente de AEXAV puede ser tratado de forma biológica. Ver anexo2 cuadro2.
- Teniendo en cuenta que en la actualidad la empresa AEXAV tiene un costo de tratamiento de las aguas residuales de USD 2.50 por metro cubico y una remoción del 46%, al aplicar el tratamiento biológico T4 se tendrá un costo de USD 1.72, pero una remoción de 95%, es decir que se obtuvo una relación costo-beneficio de 50/50.
- Se acepta la hipótesis, es decir, que los consorcios microbianos disminuyeron significativamente la materia orgánica contenida en el agua residual procedente de la empresa AEXA, Quinindé.

5.2. RECOMENDACIONES

- Con la caracterización fisicoquímica de los efluentes en la empresa extractora de aceite de palma, se determinó que existe un alto nivel de contaminantes,

para lo cual se debe utilizar tratamientos biológicos para reducir la materia orgánica del agua residual.

- Aplicar el tratamiento cuatro, compuesto de *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* + *Lactobacillus plantarum*, dado que obtuvo una remoción del 98% de la materia orgánica y costo/beneficio 50/50.

BIBLIOGRAFÍA

AEXAV. (2017). Costos por m3. Quininde: E17.

Boaventura, K., Roqueiro, N., Coelho, M., & Araújo, O. (2001). State observers for a biological wastewater nitrogen removal process in a sequential batch reactor. *Bioresource Technology*, 79(1), 1-14.

Bonomie, M., & Reyes, M. (2012). Estrategia ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma. *Telos*, 14(3), 323-332.

Bosque., J. A. (4 de Junio de 2011). Diseño completamente al azar: Características del diseño. Obtenido de <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/cursos/deapu1b.pdf>

Bravo, H. (Febrero de 2011). Métodos y técnicas de analisis. Obtenido de Análisis de costo beneficio: https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_analisis_costo_beneficio.pdf

Briones, G. (1996). Metodología de la investigación . Obtenido de Cuantitativa : http://ipes.anep.edu.uy/documentos/investigacion/materiales/inv_cuanti.pdf

Cantañer, J. (28 de Febrero de 2014). Estudios Tecnicos INC. Guía de Análisis deCosto-Beneficio. Obtenido de Costo/Beneficio: http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf

Castejón, O. (2011). Diseño y Análisis de Experimentos con Statistix. Venezuela. Universidad Rafael Urdaneta. p 27 y 69.

Cenipalma. (20 de Junio de 2011). Orientacion del Cumplimiento de las Normativas Ambientales vigentes. Obtenido de <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Estudio%20efluentes%20liquidos%20Cenipalma.pdf>

Chávez, I. (2007). Importación del aceite de palma. México.

CIMMYT. (Jueves de Octubre de 1988). CIMMYT, MEX. Un manual metodológico de evaluación económica. Recuperado el Jueves de Enero de 2019, de La formulación de recomendaciones a partir de datos de tratamientos: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

Cobán, D. (2011). INSTITUTO DE MEDIO AMBIENTE: RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD. Obtenido de Biodiversidad: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/1066/Tesis.pdf?sequence=1>

Correa. (2008). Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización. Obtenido de Colombia. Tesis Magíster en Ingeniería Sanitaria.: <https://www.unas.edu.pe/.../EVALUACIÓN%20FISICOQUÍMICA%20DE%20LAS%2...>

Correa. (2008). Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización. Obtenido de Colombia. Tesis Magíster en Ingeniería Sanitaria.: <https://www.unas.edu.pe/.../EVALUACIÓN%20FISICOQUÍMICA%20DE%20LAS%2...>

Cortes, S. (2009). Manual tecnico de palma africana. TECHNOSERVE.

- (Díaz, M. E. (2002). *Digestión Aerobia una Aproximación a la Tecnología*. Bogotá, Colombia. Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Biotecnología. 164 p.
- Díaz, M, B. L., & C, V. (2001-2009). Unidades experimentales. *Revista Ciencia y Agricultura*, ISSN 0122-8420, Vol. 11, Nº. 1, 2014, 17-25. Obtenido de *Revista Ciencia y Agricultura*, ISSN 0122-8420, Vol. 11, Nº. 1, 2014, págs. 17-25: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039258>
- Durarte, S. (2006). Estudio de factibilidad técnico-económico y ambiental para el aprovechamiento del biogas producido en el tratamiento de efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma de la zona de puerto Wilches. Bucaramanga.
- ENGINEERS, W. E. (4 de Marzo de 2016). *Limites Maximos en Descargar de Efluente*. Obtenido de *Extractoras de Aceite Vegetal*: https://www.iic.org/sites/default/files/disclosures/eia_updated_extracosta_0.pdf
- Fair, G. M. (1999). *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales*. Obtenido de *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales (Vol. 2)*. Limusa.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 11(3). Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <https://www.redalyc.org/html/863/86325090002/>
- Fernandez, M. (2006). *efectos de vertidos industriales sobre la eliminación biológica de nutrientes de aguas residuales urbanas*. España: Universidad de Castilla la Mancha.

- Figuroa, F. (2008). Colección Documentos de Proyectos "Tablero de comandos" para la promoción de los Biocombustibles en Ecuador". Ecuador.
- García, D., Valencia, A., & Alzate, F. (2015). Seminario internacional del medio ambiente. Obtenido de Nuevos desarrollos y tecnologías ambientales en torno al cambio climático: <http://www.cpiq.gov.co>
- García, N. (2000). Influencia de las practicas agronómicas en el procesamiento de los racimos de fruta fresca en las plantas extractoras. Revista Palmas, 1, 1-2.
- García, *et al.*, (1995) Influencia de las concentraciones de oxigeno disuelto. Revista de Parametros ICA.
- Gómez. (2012). E Evaluación del tratamiento de los desechos líquidos de una planta extractora de aceite de palma africana. Guatemala.: Universidad de San Carlos. 113 p.
- Gualacata, A., & Lema, L. (2007). Implantacion de un sitio web para la promoción y comercialización de los productos en la empresa palcien s.a. de la ciudad de quinindé provincia de Esmeraldas. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi .
- Guano, E., Oña, C., & Toapanta, J. (2015). Cultivo de palma. Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- HANNA. (30 de Agosto de 2005). Demanda química de oxígeno y materia orgánica. Obtenido de INSTRUMENTS ARGENTINA : http://www.hannaarg.com/pdf/002DQO_nota_tecnica.pdf
- Igwe, J., & Onyegbado, C. (2007). A review of Palm Oil Mill Effluent (POME) Water Treatment. Abia: IDOSI.

INEN. (2013). Norma 2169: Calidad del agua muestreo, manejo y conservación de muestras.

InfoAgro. (05 de s.f de 2012). El Cultivo de Palma africano. Obtenido de InfoAgro
Cultivo de Palma Africana:
http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_d

Infostat 2018. www.infostat.com.ar

Jímenez, A. (2000). Parametros: Gestión Ambiental. Obtenido de Determinacion de los Parametros Fisicoquímicos de Calidad de las Aguas:
<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieriaambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>, 24 de Ago. 2016).

Jurado, H., Ramírez, C., & Aguirre, D. (20 de Diciembre de 2013). Cinética de fermentación de Lactobacillus. Obtenido de Cinética de fermentación de Lactobacillus
ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN:
<http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v7n2a03.pdf>.

Lazcano, V. (24 de Abril de 2018). Monitoreo de Efluentes, Rio Manso. Grupo La Fabril. Obtenido de
<http://mercadodevalores.supercias.gob.ec/mercadovalores/descargadorServlet.jsf?idDocumento=40069&idTipoDocumento=10&idSeccion=GMV>.

Llopis, J. (14 de Agosto de 2013). La estadística: Una orquesta hecha instrumento. Obtenido de Test HSD de Tukey :
<https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com>

- M. P. Amelia Vidales Olivo, M. Y. (20 de Septiembre de 2010). Contaminación en Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes. Obtenido de Conciencia Tecnológica: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3664694.pdf>
- Macías, B. (2014). Producción de biogás a partir de aguas residuales de la extractora la sexta a escala de laboratorio. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Mahvi, A. (2008). Sequencing batch reactor: A promising technology in wastewater treatment. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 5, 79-90.
- Martínez, J. A. (28 de Febrero de 2014). Guía de Análisis Febrero . Obtenido de Costo-Beneficio: http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf
- Maystre, J. S. (13 de Noviembre de 2012). Control de la Contaminación Ambiental (Tecnología de Producción mas Limpia). Obtenido de Control de Prevencion de la Contaminacion Ambiental: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/.../tomo2/55.pdf
- Mazuelas, J. (2014). Costes directos y costes indirectos. Obtenido de <http://www.elderecho.com>
- Mendoza y Ramirez. (2015). Depuración por Lagunaje de Aguas Residuales: Manual de Operadores. Madrid, España.: 2 ed. Madrid, España. 169 p. Obtenido de Ed por Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 2 ed. Madrid, España. 169 p.).

- MOPT. (1991). Manual de Operadores. Ed por Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid, España.: 2 ed. Madrid, España.
- Moreno, I., & Buitrón, G. (2012). Comparasion of the performance of membrane and conventional sequencing batch reactors degrading 4-Chlorophenol. *Water Air Soil Pollution*, 223, 2083-2091.
- Navarro, M. (12 de Febrero de 2007). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de Demanda Quimica de Oxigeno - 5 dias: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%A Dmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Núñez, L. P. (Junio de 2011). Área de Ingeniería: Programa de Procesamiento Ing. Obtenido de CENIPALMA: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Estudio%20efluentes%20liquidados%20Cenipalma.pdf>
- Pazmiño.,D. (2018). Costo por microorganismos. ESPAM FML
- P, L. (Jueves de Diciembre de 2018). Reactivacion de Cepas. Obtenido de Caldo MRS para Lactobacillus y AGAR para Bacillus: <https://foodsafety.neogen.com/sp/>
- Pechsuth, M., Prasertsan, P., & Ukita, M. (2001). High-rate anaerobic treatment of palm oil mill effluent. *Original Article*, 23, 779-787.
- Preciado, W., & Arroyo, J. (2007). Aprovechamiento de subproductos de la industria extractora de aceite de palma africana para la obtención de un alimento balanceado para animales. . Guayaquil, Ecuador.

- Quintero, D. S. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la Región. . Obtenido de Scientia et technica, 1(37).: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4191-2643-1-PB.pdf
- Reyes, F. (1981). Medios de Cultivos para Microorganismos . Obtenido de http://www.academia.edu/36333697/Medios_de_cultivo_para_microbiolog%C3%ADa
- Real, Prieto y Gordillo (2011). Informe de vigilancia tecnológica de la Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía. . Obtenido de Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.
- Rodriguez, S.F. (Latacunga - Ecuador 12 de Julio de 2016). Unidad académica de ciencias agropecuarias y recursos naturales . Obtenido de eficiencia de la planta de tratamiento: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3561/1/T-UTC-00798.pdf>
- Rodríguez, P. (2011). Aislamiento e identificación de cepas microbianas como potenciales agentes para biorremediación de efluentes en una extractora de palma aceitera . Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ronquillo, M. (2012). Etiología de la pudrición del cogollo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el Ecuador. Ecuador.
- Salgado I, D. C. (15 de Febrero de 2012). Depuración de Aguas Residuales. Rev. Int. Ambie. 28 (1), 3-8. Obtenido de Procesos en la Depuración y Regeneración de Aguas Residuales: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100002

Salgado, C. L. (12 de Diciembre de 2012). Respiración Aerobia. Obtenido de Respiración Aeróbica y Anaeróbica: <https://es.slideshare.net/leo-canislupus/respiracin-aerbica-y-anaerbica>

Sánchez, L. J. (s.f.). Sistemas con reactores aerobicos para tratar aguas residuales. Obtenido de CONDORCHEM: <https://es.scribd.com/document/362403090/Sistemas-con-reactores-aerobicos-para-tratar-aguas-residuales-CONDORCHEM-pdf>

Sánchez, G.(2015) . Contabilidad de costos. PDF. https://www.academia.edu/6259896/CONTABILIDAD_DE_COSTOS

Santos, J., Ramírez, J., & Acosta, E. (2000). Experiencias en la utilización de aguas residuales y lodos del fondo de las lagunas de estabilización en la plantación Palmar del Oriente. *Palmas*, 21(1), 1-9.

Secundaria), T. (. (2002). Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes . Obtenido de Recurso agua.

Segura Caiza, J. P. (10 de Agosto de 2016). Analisis Sectorial del Aceite de Palma. Obtenido de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/05/PROEC_AS2016_ACEITEPALMA.pdf

Sarmiento. J. (2012). Crecimiento de bacterias acido lácticas. Scribd. <https://www.scribd.com/document/246313763/densidad>

Torres, J. (2006). Evaluación de la influencia de plantaciones adultas sobres cultivos jovenes en la calidad de conformación de racimos en el híbrido cirad de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Quinindé. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.

Torres, S. (2017). Sistema de tratamiento para la recirculación de agua residual de la planta extractora de aceite de palma africana para riego en cultivo por aspersión. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co>

TULAS. (2015). Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua. Obtenido de Texto unificado de legislación Ambiental Secundaria.

TULSMA. (Febrero de 2018). Límites Máximos Permisibles, Tabla 12, descargas a cuerpos de aguas dulces.

TULSMA. (Enero de 2016). Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes. Límites de parámetros para descargas de aguas dulces, 45-47.

UNIR. (2012). Metodología y Técnicas. Obtenido de Investigación Bibliográfica: <http://fournier.facmed.unam.mx/deptos/seciss/images/investigacion/12.pdf>

Vanegas, J. D. (2010). Método Analítico. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas Universidad de Antioquia, Colombia, <https://webs.ucm.es/info/nomadas/25/juandiegolopera.pdf>. Obtenido de <https://webs.ucm.es/info/nomadas/25/juandiegolopera.pdf> Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas Universidad de Antioquia, Colombia | 25 (2010.1)

Vidales *et al* (2010). Waste Treatment in the Food Processing Industry. Boca Ralton: Taylor & Francis Group.

Zaleski. R (2014). Lagunas facultativas. <https://www.proz.com/kudoz/english-to-spanish/.../5587505-earthen-basins.html>

Zorrilla, G. (1996). Método Descriptivo. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/victoria_a_a/capitulo3.pdf

Zúñiga, P. C. (11 de Abril de 2010). Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. Obtenido de *Ecología Aplicada*, Pdf: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v9n1/a04v9n1>

ANEXOS

ANEXO 1

Foto1 – Foto2. Reactores de 5.48 litros, forma redonda, material plástico.



Foto3 - Foto4. Recolección de agua residual de la empresa AEXAV.

ANEXO 2



Foto1. Incubación a 37°C.



Foto2. Jarra de anaerobiosis.



Foto3. Resuspensión a 100u



Foto4. Eliminar sobrenadante



Foto5. Inoculación 30°C/18 horas

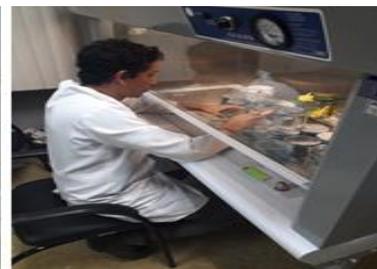


Foto6 – Foto7 – Foto8. Inoculación a las 15 unidades experimentales.

Cuadro1. Datos de pH y Temperatura durante todo el tiempo de tratamiento

Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
09/11/2018	T4R1= 7,32	T4R2= 7,47	T4R3= 7,49	27,2
09/11/2018	T3R2= 7,43	T3R1= 4,47	T3R3= 7,49	27,2
09/11/2018	T2R1= 7,42	T2R2= 7,50	T2R3= 7,50	27,2
09/11/2018	T1R1= 7,41	T1R3= 7,48	T1R2= 7,47	27,2
09/11/2018	T5R1= 7,60	T5R3= 7,58	T5R2= 7,50	27,8
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
10/11/2018	T2R1= 7,40	T2R2= 7,48	T2R3= 7,50	27,6
10/11/2018	T4R1= 7,38	T4R2= 7,45	T4R3= 7,52	27,5
10/11/2018	T5R1= 7,66	T5R3= 7,60	T5R2= 7,58	27,4
10/11/2018	T3R2= 7,46	T3R1= 7,49	T3R3= 7,53	27,6
10/11/2018	T1R1= 7,43	T1R3= 7,50	T1R2= 7,49	27,8
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
11/11/2018	T2R1= 7,46	T2R2= 7,49	T2R3= 7,55	27,7
11/11/2018	T1R1= 7,44	T1R3= 7,50	T1R2= 7,45	27,5
11/11/2018	T5R1= 7,55	T5R3= 7,60	T5R2= 7,57	27,7
11/11/2018	T3R2= 7,43	T3R1= 7,47	T3R3= 7,49	27,5
11/11/2018	T4R1= 7,40	T4R2= 7,48	T4R3= 7,55	27,64
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
12/11/2018	T2R1= 7,44	T2R2= 7,50	T2R3= 7,55	27,6

12/11/2018	T4R1= 7,40	T4R2= 7,47	T4R3= 7,56	27,5
12/11/2018	T5R1= 7,69	T5R3= 7,68	T5R2= 7,60	27,4
12/11/2018	T3R2= 7,49	T3R1= 7,47	T3R3= 7,59	27,6
12/11/2018	T1R1= 7,48	T1R3= 7,55	T1R2= 7,52	27,8
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
13/11/2018	T2R2= 7,94	T2R3 = 7,92	T2R1 = 7,82	26,3
13/11/2018	T1R1 = 7,87	T1R2 = 7,92	T1R3 = 7,93	26,6
13/11/2018	T4R1 = 7,90	T4R2 = 7,93	T4R3 = 7,89	26,6
13/11/2018	T5R3 = 7,85	T5R1 = 7,89	T5R2 = 7,80	27,3
13/11/2018	T3R3 = 7,87	T3R1 = 7,88	T3R2 = 7,86	26,2
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
14/11/2018	T5R2= 7,90	T5R3=7,90	T5R1= 7,97	27,6
14/11/2018	T2R3= 8,18	T2R2= 7,98	T2R1 = 7,97	27,7
14/11/2018	T4R3= 7,90	T4R2= 8,00	T4R1= 7,98	27,8
14/11/2018	T1R1= 7,98	T1R3 = 8,20	T1R2= 8,18	27,7
14/11/2018	T3R1= 7,96	T3R2 = 7,98	T3R3= 7,98	28,6
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
15/11/2018	T4R1= 8,08	T4R2= 8,18	T4R3= 8,00	27,64
15/11/2018	T2R1= 8,00	T2R2= 8,05	T2R3= 8,10	27,7
15/11/2018	T5R1= 8,00	T5R3= 7,98	T5R2= 7,98	27,5
15/11/2018	T1R1= 8,03	T1R3= 8,29	T1R2= 8,22	27,8

15/11/2018	T3R2= 8,06	T3R1= 7,98	T3R3= 8,04	27,5
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
16/11/2018	T5R2= 8,04	T5R3=8,05	T5R1= 8,13	27,6
16/11/2018	T3R1= 7,96	T3R2 = 7,98	T3R3= 7,98	28,6
16/11/2018	T4R3= 7,90	T4R2= 8,00	T4R1= 7,98	27,8
16/11/2018	T2R3= 8,07	T2R2= 7,98	T2R1 = 7,97	27,7
16/11/2018	T1R1= 7,98	T1R3 = 8,20	T1R2= 8,18	27,7
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
17/11/2018	T3R2= 8,03	T3R1= 8,00	T3R3= 8,03	27,8
17/11/2018	T2R1= 8,00	T2R2= 8,06	T2R3= 8,12	27,6
17/11/2018	T1R1= 8,00	T1R3= 8,25	T1R2=8,20	27,8
17/11/2018	T4R1= 8,00	T4R2= 8,06	T4R3= 7,97	27,7
17/11/2018	T5R1= 8,16	T5R3= 8,08	T5R2= 8,07	27,6
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
18/11/2018	T1R1= 8,17	T1R3= 8,37	T1R2=8,38	27,8
18/11/2018	T2R1= 8,04	T2R2= 8,08	T2R3= 8,15	27,6
18/11/2018	T5R1= 8,19	T5R3= 8,14	T5R2= 8,09	27,6
18/11/2018	T3R2= 8,08	T3R1= 8,05	T3R3= 8,07	27,8
18/11/2018	T4R1= 8,05	T4R2= 8,09	T4R3= 8,00	27,7
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
19/11/2018	T1R1 = 8,28	T1R2 = 8,45	T1R3 = 8,44	27,8

19/11/2018	T3R3 = 8,09	T3R1 = 8,06	T3R2 = 8,10	27,6
19/11/2018	T5R3 = 8,16	T5R1 = 8,20	T5R2 = 8,09	27,6
19/11/2018	T2R2= 8,10	T2R3 = 8,12	T2R1 = 8,09	27,8
19/11/2018	T4R1 = 8,09	T4R2 = 8,14	T4R3 = 8,04	27,7
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
20/11/2018	T3R2= 8,12	T3R1= 8,19	T3R3= 8,16	27,8
20/11/2018	T2R1= 8,12	T2R2= 8,15	T2R3= 8,19	27,6
20/11/2018	T5R1= 8,22	T5R3= 8,18	T5R2= 8,13	27,6
20/11/2018	T1R1= 8,36	T1R3= 8,49	T1R2=8,48	27,8
20/11/2018	T4R1= 8,12	T4R2= 8,13	T4R3= 8,09	27,7
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
21/11/2018	T3R2= 9,85	T3R1= 9,88	T3R3= 8,40	27,6
21/11/2018	T2R1= 7,82	T2R2= 9,95	T2R3= 10,68	27,8
21/11/2018	T5R1= 9,85	T5R3= 8,56	T5R2= 7,48	27,7
21/11/2018	T1R1= 9,22	T1R3= 8,98	T1R2=9,30	27,6
21/11/2018	T4R1= 8,62	T4R2=9,62	T4R3= 8,80	27,8
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
22/11/2018	T5R2= 8,04	T5R3=8,05	T5R1= 8,13	27,6
22/11/2018	T3R1= 7,96	T3R2 = 7,98	T3R3= 7,98	28,6
22/11/2018	T4R3= 7,90	T4R2= 8,00	T4R1= 7,98	27,8
22/11/2018	T2R3= 8,07	T2R2= 7,98	T2R1 = 7,97	27,7

22/11/2018	T1R1= 7,98	T1R3 = 8,20	T1R2= 8,18	27,7
Fecha	PH	PH	PH	Temperatura
23/11/2018	T1R1 = 8,28	T1R2 = 8,45	T1R3 = 8,44	27,8
23/11/2018	T3R3 = 8,09	T3R1 = 8,06	T3R2 = 8,10	27,6
23/11/2018	T5R3 = 8,16	T5R1 = 8,20	T5R2 = 8,09	27,6
23/11/2018	T2R2= 8,10	T2R3 = 8,12	T2R1 = 8,09	27,8
23/11/2018	T4R1 = 8,09	T4R2 = 8,14	T4R3 = 8,04	27,7

Cuadro2. Resultados del porcentaje de remoción

Parámetros	% Remoción				
	T1	T2	T3	T4	T5
DBO5	62	60	67	95	55
DQO	93	96	97	98	90
ST	5	8	16	96	3
ACEITES Y GRASAS	1	23	59	93.7	1
OD	3	1	6	93.36	1
Promedio total	40.25%	46.75	59.75	95%	35.4

ANEXO3

Ecuación 1. Análisis del porcentaje eficiencia de los residuales.

$$n = \frac{76,89 \frac{m^3}{\text{día}} - 125,23 \frac{m^3}{\text{día}}}{76,89 \frac{m^3}{\text{día}}} \times 100 = 62,87 m^3/\text{seg}$$

Cuadro2 de Análisis de la Varianza (Análisis Final) (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	140,02	4	35,01	288,87	<0,0001
Tratamiento	140,02	4	35,01	288,87	<0,0001
Error	1,21	10	0,12		
Total	141,23	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,93542

Error: 0,1212 gl: 10

Tratamiento Medias n E.E.

4	18,560	3	0,20	A
3	42,126	3	0,20	B
2	49,770	3	0,20	C
1	47,220	3	0,20	C
5	55.890	3	0,20	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro2. Costos/Beneficios. Resultados de cómo se obtuvo los valores.

Dosis ml	Costo l \$	Total de costos que varían \$	Beneficios netos \$/l
5 *	0.08 -	0.40	0.32
5 *	0.33 -	1.65	1.32
5 *	0.18 -	0.90	0.72
5 *	0.43 -	2.15	1.72
0	0	0	0

Cuadro.3. Análisis al residual final de pH, OD, DBO5, DQO, ST, Aceites y Grasas y Temperatura. Resultados finales.

Tratamientos	T1		T2		T3		T4		T5		UDS.
DBO5	R1	46,50	R1	50,06	R1	38,4	R1	18,35	R1	56,2	mg/l
	R2	47,08	R2	48,06	R2	41,08	R2	22,26	R2	56,19	mg/l
	R3	48,09	R3	50,09	R3	43,82	R3	24,07	R3	55,2	mg/l
PROMEDIO	47,220		49,770		42,126		18,560		55,890		mg/l
DQO	R1	3,700	R1	2,125	R1	1,859	R1	672	R1	5,200	mg/l
	R2	3,695	R2	2,186	R2	1,862	R2	670	R2	5,280	mg/l
	R3	3,699	R3	2,019	R3	1,856	R3	668	R3	5,120	mg/l
PROMEDIO	3,698		2,110		1,859		670		5,200		mg/l
pH	R1	9,22	R1	7,82	R1	9,85	R1	8,62	R1	9,85	mg/l
	R2	8,98	R2	9,85	R2	9,88	R2	9,62	R2	8,56	mg/l
	R3	9,30	R3	10,68	R3	8,40	R3	8,80	R3	7,48	mg/l
PROMEDIO	9,19		9,45		9,38		9,01		8,63		mg/l
TEMPERATURA	R1	27,6	R1	27,8	R1	27,6	R1	27,8	R1	27,7	mg/l
	R2	27,8	R2	26,9	R2	27,9	R2	27,5	R2	27,9	mg/l
	R3	28	R3	27,9	R3	26,9	R3	27,9	R3	27,8	mg/l
PROMEDIO	27,8		27,53		27,46		27,73		27,8		mg/l
OD	R1	7,87	R1	2,93	R1	10,89	R1	4,26	R1	18,78	mg/l
	R2	8,27	R2	14,82	R2	16,65	R2	15,83	R2	4,75	mg/l
	R3	17,75	R3	16,56	R3	6,15	R3	9,26	R3	10,4	mg/l
PROMEDIO	11,30		11,44		11,23		9,78		11,31		mg/l
ST	R1	89,098	R1	86,098	R1	78,980	R1	59,799	R1	91,359	mg/l
	R2	89,097	R2	86,089	R2	78,976	R2	59,797	R2	91,360	mg/l
	R3	89,099	R3	86,091	R3	78,990	R3	59,798	R3	91,361	mg/l
PROMEDIO	89,098		86,092		78,982		59,789		91,360		mg/l
ACEITES Y GRASAS	R1	598,039	R1	468,005	R1	245,097	R1	98,107	R1	598,064	mg/l
	R2	598,040	R2	468,007	R2	245,096	R2	98,089	R2	598,066	mg/l
	R3	598,041	R3	468,009	R3	245,101	R3	98,098	R3	598,065	mg/l
PROMEDIO	598,040		468,007		245,098		98,098		598,065		mg/l