UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFECTO DE DIFERENTES MEZCLAS DE ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA Y LOMBRIZ DE TIERRA *(Eisenia foetida)* PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y CONCENTRACION DE ACEITES Y GRASAS DEL EFLUENTE DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C., DEPARTAMENTO DE UCAYALI, PERÚ, 2017 - 2018"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO

DE INGENIERO AMBIENTAL

JORGE ALONSO DELGADO SAENZ

Pucallpa – Perú

2019

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes Catedráticos:

Dr. Edgar Juan Edgar Díaz Zúñiga _____

Presidente

Ing. M. Sc. David Leon Moreno _____

Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco _____

Miembro

Dr. Marco Chota Isuiza _____

Asesor

Bach. Jorge Alonso Delgado Saenz. _____

Tesista

DEDICATORIA

A DIOS por bendecirme y protegerme día a día e iluminar mi camino.

A mis padres por el apoyo, la confianza, comprensión, fortaleza en cada momento de mi vida, por ser mi inspiración para seguir adelante ante todas las adversidades.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su divina misericordia, su protección, sus bendiciones y por ser mi guía en mí caminar.

A la Universidad Nacional de Ucayali, institución que me formó en la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme los conocimientos y valores para mi formación como profesional y ser humano.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, por brindarme sus instalaciones y facilitarme algunos materiales e insumos de la ejecución de la tesis.

A la Industria Palm Oleo S.A.C. por brindarme sus residuos sólidos y líquidos que sirvieron de insumos principales en la investigación.

A mis asesores, Dr. Marco Antonia Chota Isuiza y al Ing. Mg Sc. Diego Gonzalo García Soria por la amistad, confianza, respeto y principalmente por sus enseñanzas y asesoría académica, en todo momento de la ejecución de la tesis.

A mis amigos que me apoyaron durante la ejecución del proyecto.

INDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTO IV

LISTA DE FIGURAS VII

LISTA DE TABLAS VIII

ICONOGRAFÍA XII

RESUMEN XII

ABSTRACT XIII

INTRODUCCION XIVV

CAPÍTULO I 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. *1*

1.2. OBJETIVOS 3

1.2.1. Objetivo General *3*

1.3. HIPÓTESIS 3

1.4. VARIABLES 3

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 4

CAPITULO II 5

MARCO TEÓRICO 5

2.1. ANTECEDENTES 5

2.1.1. Internacional *5*

2.1.2. Nacional: *10*

2.1.3. Regional: *11*

2.2. BASES TEÓRICAS 14

2.2.1. Los Efluentes de Industrias Extractoras de ACP y sus Características. *14*

2.2.2. Impacto de los Efluentes de Industrias Extractoras de Aceite Crudo de Palma en el Agua y Suelo. *16*

2.3. EL ACEITE CRUDO DE PALMA 20

2.3.1. Plantaciones de Palma de Aceite *20*

2.3.2. Proceso de Extracción de Aceite Crudo de Palma *24*

2.4. EL SISTEMA TOHÁ 29

2.4.1. Historia *29*

2.4.2. Descripción del Sistema Tohá *31*

2.4.3. Descripción de las Capas del Lombrifiltro *33*

2.4.4. Biología de Lombriz de Tierra (Eisenia foetida) *34*

2.5. NORMATIVIDAD 35

2.5.1. Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente *35*

2.5.2. Artículo 121º.- Del Vertimiento de Aguas Residuales *36*

2.5.3. Ley Nº 29338, Ley de Recursos Hídricos *36*

CAPÍTULO III 37

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN 37

3.1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO 37

3.1.1. Ubicación Geográfica *37*
3.1.2. Condiciones Climáticas *37*
3.2. METODO DE INVESTIGACIÓN 38
3.2.1. Tipo de Investigación *38*
3.2.2. Nivel de Investigación *38*
3.2.3. Diseño de Investigación *38*
3.2.4. Población y Muestra *42*
3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 42
3.3.1. Materiales *42*
3.3.2. Equipos *42*
3.3.3. Herramientas *43*
3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 43
3.4.1. Recolección y Pre-Tratamiento de Residuos Sólidos y Líquidos *44*
3.4.2. Evaluación del Tiempo de Filtrado *45*
3.4.3. Recolección de Muestras *45*
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS RECOLECTADOS 45

CAPITULO IV **46**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN **46**

4.1. DBO DEL EFLUENTE CRUDO (TESTIGO) DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C. 46
4.2. CONCENTRACIÓN DE AyG DEL EFLUENTE CRUDO (TESTIGO) DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C. 48
4.3. DBO DESPUES DE CADA TRATAMIENTO 50
4.4. CONCENTRACIÓN DE AyG DESPUES DE CADA TRATAMIENTO 54
4.5. TIEMPO DE FILTRADO DE CADA TRATAMIENTO. 58

CAPÍTULO V **61**

CONCLUSIONES **61**

CAPÍTULO VI **62**

RECOMENDACIONES **62**

CAPITULO VII **63**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **63**

ANEXOS **66**

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Diagrama de flujo de la PTARI OLAMSA…… 12.

Figura 02. Palma africana de aceite...……...20.

Figura 03. Área de producción y rendimiento por hectárea de palma aceitera…....…21.

Figura 04. Diagrama de Bloques del Proceso de Extracción de Aceite de Palma……27.

Figura 05. Diagrama de Flujo de la Transformación del Aceite de Palma……....28.

Figura 06. Esquema General del Sistema Tohá……..31.

Figura 07. Capas del Lombrifiltro……...……...33.

Figura 08. Ubicación de la Investigación……...37.

Figura 09. Pasos y procesos realizados en la tesis……...…..43.

Figura 10. Diagrama de procesos del escobajo de palma aceitera…….44.

Figura 11. DBO del efluente crudo con respecto al tiempo……...…46.

Figura 12. Concentración de AyG del efluente crudo con respecto al tiempo……..47.

Figura 13. DBO después de cada tratamiento……49.

Figura 14. DBO después de cada mezcla de escobajo y lombriz…….....50.

Figura 15. Concentración de AyG después de cada tratamiento……..52.

Figura 16. Concentración de AyG después de cada mezcla de escobajo y lombriz….53.

Figura 17. Tiempo de Filtrado después de cada tratamiento…….55.

Figura 18. Tiempo de Filtrado después de cada tratamiento…….56.

LISTA DE TABLAS

Tabla 01. Acopio de RFF y Producción de ACP de la Empresa OLAMSA durante los años 2014 y 2015……...……11.

Tabla 02. Consumo de Recursos y Energía en Proceso de Extracción de ACP……..14.

Tabla 03. Vertimientos que Conforman los Efluentes de una Extractora de ACP…….14.

Tabla 04. Caracterización de efluentes de plantas extractoras de ACP-Colombia…….15.

Tabla 05. Parámetros Físico-Químico del suelo con Efluente Crudo y Sin Efluente……..18.

Tabla 06. Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo…….19.

Tabla 07. Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo…….19.

Tabla 08. Ubicación de Áreas Instaladas de Aceite de Palma……..21.

Tabla 09. Valores ideales de variables agroclimáticas para plantaciones de palma aceitera……..24.

Tabla 10. Propiedades Físico-químicas del ACP……..29.

Tabla 11. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los Efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)……...35.

Tabla 12. Análisis de la Varianza (ANOVA)……...……39.

Tabla 13. Combinaciones de 36 unidades experimentales……...40.

Tabla 14. Combinaciones de 12 tratamientos del experimento factorial……..41.

Tabla 15. Resumen de medias y error típico de DBO del efluente crudo con respecto al tiempo…….46.

Tabla 16. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG del efluente crudo con respecto al tiempo……..48.

Tabla 17. Resumen de medias y error típico de DBO después de cada tratamiento…….50.

Tabla 18. Resumen de medias y error típico de DBO después de

cada mezcla de escobajo y lombriz……...53.
Tabla 19. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG después de cada tratamiento……..54.

Tabla 20. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG después de cada mezcla de escobajo y lombriz……57.

Tabla 21. Resumen de medias y error típico de tiempo de filtrado después de cada tratamiento……58.

Tabla 22. Resumen de medias y error típico de tiempo de filtrado después de cada mezcla de escobajo y lombriz……60.

Tabla 23. Anova con respecto a la variable DBO……66.

Tabla 24. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo……66.

Tabla 25. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz……..……66.

Tabla 26. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del Factor tiempo……..67.

Tabla 27. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo…….67.

Tabla 28. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo……67.

Tabla 29. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo……68.

Tabla 30. Anova con respecto a la variable concentración AyG……..68.

Tabla 31. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo……68.

Tabla 32. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz……..……68.

Tabla 33. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor tiempo……69.

Tabla 34. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo…….69.

Tabla 35. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo…….……69.

Tabla 36. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo……69.

Tabla 37. Anova con respecto a la variable tiempo de filtrado…….70.

Tabla 38. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo……..70.

Tabla 39. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz……..……70.

Tabla 40. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor tiempo……70.

Tabla 41. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo…….70.

Tabla 42. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo……...71.

Tabla 43. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo……..71.

ICONOGRAFÍA

Fotografía 1. Trillado de escobajo de palma aceitera……91.

Fotografía 2. Secado de escobajo de palma aceitera…….91.

Fotografía 3. Triturado de escobajo de palma aceitera…….92.

Fotografía 4. Pulverizado de escobajo de palma aceitera……...…..92.

Fotografía 5. Vertimiento de cenizas al efluente crudo……93.

Fotografía 6. Agitación de cenizas con efluente crudo……93.

Fotografía 7. Medición de pH……..94.

Fotografía 8. Elaboración de la primera capa del lombrifiltro…….94.

Fotografía 9. Tratamientos instalados……..95.

Fotografía 10. Vertimiento de efluente y remoción en cada tratamiento…….95.

Fotografía 11. Filtro de carbón vegetal……96.

Fotografía 12. Agua tratada……..96.

Efecto de Diferentes Mezclas de Escobajo de Palma Aceitera y Lombriz de Tierra *(Eisenia foetida)* para la Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Concentración de Aceites y Grasas del Efluente de La Industria Palm Oleo S.A.C., Departamento de Ucayali, Perú, 2017 – 2018.

Jorge Alonso Delgado Saenz[1]

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el área de Lombricultura del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado al margen derecho de la Carretera Federico Basadre (C.F.B.) km 12,400, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali; iniciando el 19 de Mayo del 2017 y finalizando 15 de Junio del 2018. La metodología de la presente investigación fue de tipo experimental, el nivel de investigación fue exploratorio y el diseño de investigación fue factorial 2 x 2 x 3. Se realizó diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera (2 y 3 kg), lombrices (200 y 400 unidades) y tiempo (15 días, 30 días y 45 días) para los tratamientos. La muestras e insumos de la investigación fueron recolectados de la Industria Palm Oleo S.A.C., ubicado al marguen izquierdo de la C.F.B. km 12,300. La recolección de escobajo de palma aceitera o racimo de fruto vacío (RFV) y cenizas de la industria se realizó con costales de 50 kg; posteriormente fueron llevados al IIAP, donde el escobajo fue pesado, secado, trillado y triturado. Los efluentes se recolectó en baldes de plástico PVC HR de 20 litros y llevado al IIAP para realizar la estabilización de pH con las cenizas recolectadas. En el experimento se aplicó 12 tratamientos, donde se colocó un filtro de carbón para cada uno. El efluente fue vertido en los diferentes tratamientos, en mismas proporciones para cada uno. Obteniendo como mejor tratamiento la segunda mezcla (2 kg de escobajo triturado con 400 unidades de lombrices) a los 45 días, ya que se redujo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 9 137,20 mg/l (±980,61) a 14,60 mg/l (±1,08); la concentración de aceites y grasas (AyG) se redujo de 8 768,23 mg/l (±1 505,23) a 3,97 mg/l (±1,07) y el tiempo de filtrado (TF) de 59,33 min (± 4,48). También se obtuvo humus de lombriz en 45 días.

Palabras claves: Escobajo de palma aceitera, lombriz de tierra *(Eisenia foetida)*, efluente, filtro, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas.

[1] Bachiller en Ciencias Ambientales

Effect of Different Mixtures of Oil Palm Stalk and Earthworm *(Eisenia foetida)* for the Reduction of the Oxygen Biochemical Demand and the Concentration of Oils and Fats from the Effluent Industry Palm Oleo SAC, Department of Ucayali, Peru, 2017 – 2018.

Jorge Alonso Delgado Saenz[1]

ABSTRACT

The research was developed in the area of Lombricultura of the Institute of Investigations of the Peruvian Amazon (IIAP), located on the right margin of the Federico Basadre Highway (C.F.B.) km 12,400, District of Yarinacocha, Province of Coronel Portillo, Department of Ucayali; starting on 19 May 2017 and ending 15 June 2018. The methodology of the present investigation was of an experimental type, the level of research was exploratory and the research design was 2 x 2 x 3 factorial. Different mixtures of oil palm stalk (2 and 3 kg), earthworms (200 and 400 units) and time (15 days, 30 days and 45 days) for treatments. The samples and inputs of the investigation were collected from the Palm Oleo Industry S.A.C., located on the left bank of the C.F.B. km 12,300. The collection of oil palm stalk or empty fruit cluster (RFV) and ashes from the industry was carried out with 50 kg sacks; later they were taken to the IIAP, where the stalk was weighed, dried, threshed and crushed. The effluents were collected in 20-liter PVC HR plastic buckets and taken to the IIAP to perform the pH stabilization with the ashes collected. In the experiment 12 treatments were applied, where a carbon filter was placed for each one. The effluent was poured into the different treatments, in the same proportions for each one. Obtaining as best treatment the second mixture (2 kg of chopped stalk with 400 units of worms) at 45 days, since the Biochemical Oxygen Demand (BOD) of 9 137.20 mg / l (± 980.61) was reduced at 14.60 mg / L (± 1.08); the concentration of oils and fats (AyG) was reduced from 8 768.23 mg / l (± 1 505.23) to 3.97 mg / l (± 1.07) and the filtering time (TF) of 59, 33 min (± 4.48). Worm humus was also obtained in 45 days.

Keywords: oil palm stalk, earthworm *(Eisenia foetida)*, effluent, filter, biochemical oxygen demand, oils and fats.

[1] Bachiller en Ciencias Ambientales

INTRODUCCION

La extracción de aceite de palma es un derivado del proceso de producción de palma africana y es la más producida en el mundo con un 32%, equivalente a 54 millones de toneladas métricas (TM) en el año 2012; del cual el 89% pertenece a la producción Asiática, seguido por América con un 6%, después África con 4% y por ultimo Oceanía con 1%. De la producción Americana, el 30,9% pertenece a Colombia, y el 4,2% pertenece a Perú (Martínez, 2013). En el año 2011 la producción de ACP en el Perú fue de 119,189 TM, siendo 92,536 TM la producción en San Martin que equivale al 77.64%; seguido por Iquitos con 14,328 TM, que representa el 12.02%; luego es Ucayali con una producción de 12,211 TM, equivalente al 10.25%; y por último es Huánuco con una producción de 114 TM, que equivale al 0.09% (MINAGRI, 2012).

En la actualidad, Ucayali cuenta con 06 Industrias Extractoras de Aceite Crudo de Palma (ACP) correctamente registradas, ubicadas a lo largo de la C.F.B. Estas industrias en su totalidad procesaron 283,140.38 TM Racimo de Fruto Fresco (RFF), obteniendo 67,825.84 TM ACP durante el año 2017; del cual OLAMSA procesó 158,242.22 TM RFF y obtuvo 37,094.32 TM ACP, que represente el 55.9% del total de RFF procesado (DRAU, 2018).

La extracción de ACP es una de las actividades que más ha contribuido a la contaminación del agua, ya que generan como residuos, aproximadamente 20 kg de lodo seco de lechos de secado, 220 kg de racimos de frutos vacíos (RFV) y de 0.8 – 1 m^3 de efluente líquido por cada tonelada de RFF procesado. Estos efluentes tienen altos valores en DQO (demanda química de oxígeno) (40 a 60,000 ppm), DBO (20 a 40,000 ppm) y sólidos suspendidos (20 a 30,000 ppm). Además, son ácidos (pH de 4 a 4,5) y aceitosos (+/- 5,000 ppm) (Camilo A. Cortés G. et al, 2006).

De las 06 industrias dedicadas a la extracción de ACP en la región Ucayali, OLAMSA es la única que cuenta con un tratamiento adecuado para sus residuos líquidos, porque usan biodigestores para la generación de biogás, luego el efluente que fue digerido es transportado a la planta depuradora de aguas residuales, donde aplican polímeros para separar los sólidos del agua y así obtener un agua acorde a parámetros establecidos por normativas internacionales (OLAMSA, 2018).

En el presente estudio se tomaron muestras de Palm Oleo S.A.C. que se encuentra ubicado al margen izquierdo del Km 12.300 de la C.F.B.; se tomó esta industria porque es la más cercana al IIAP y tiene una capacidad de 3 TM RFF/h, lo cual es baja.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombrices de tierra *(Eisenia foetida)* para tratar los efluentes de las industria Palm Oleo S.A.C.; ya que estos residuos tanto sólidos como líquidos de las industrias dedicadas a la extracción de ACP tienen un alto contenido de nutrientes, lo cual sirvió como alimento para las lombrices y transformado en humus (fertilizante sólido).

CAPÍTULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El peligro de la contaminacion generado por los efluentes de industrias oleaginosas data desde el año 1977, cuando el gobierno Malayo prohibió la evacuación de estos sin ser tratados, para reducir los factores de contaminación. Desde entonces se han llevado investigaciones y experimentos para dar solución a este problema. Como resultado de estas investigaciones se dieron cuenta que los tratamientos físicos (sedimentación, floculación, filtración, secado y centrifugación) eran deficientes y costosos, optando por los tratamientos biológicos que resultó ser mejor, pero que requerían grandes extensiones de terrenos (Petitpierre, 1982). Además, uno de los datos más resaltantes de estos efluentes crudo y tratado de las plantas extractoras de ACP es el alto contenido en nutrientes como 948 mg N/l, 1,958 mg K/l, 154 mg P/l y 345 mg Mg/l (Yeow, K.H. & Gurmit Singh, 1983), lo que hace que este efluente sea atractivo como fertilizante. La utilización del efluente de las plantas extractoras como fertilizante es un método de reincorporar nutrientes al suelo. La aplicación de estos efluentes incrementan el rendimiento en un 24% de la cosecha y mejora las propiedades del suelo (Ma.A.N.;Cheah,S.C;Chow. M.C, 1990).

No obstante, el escobajo de palma aceitera o RFV son los residuos fibrosos principales que se liberan en las plantas de beneficio de aceite de palma. Se producen aproximadamente 20 millones de toneladas al año en el mundo. En Colombia hay 400,00 toneladas de RFV (cerca de 2% de la producción mundial de aceite de palma) para agregarles valor (Van Dam, 2016). Los RFV son el subproducto más problemático y voluminoso de las plantas de beneficio y se han hecho muchos esfuerzos para desarrollar usos alternativos. Este residuo tiene una composición en macronutrientes en % de materia seca de: 0.73% N, 0.18% P, 0.29% Ca, 0.18% Mg, 0,49% K y micronutrientes de 1,440 ppm Fe, 27 ppm Cu, 21 ppm Zn, 42 ppm Mn (Torres, R et al, 2004).

1.1.1.1. Problema General

- ✓ ¿Cuál es el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)* para reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno y concentraciones de Aceites y Grasas del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C.?

1.1.1.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuál es la Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. antes y después de cada tratamiento?
- ✓ ¿Cuál es la concentración de Aceites y Grasas del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. antes y después de cada tratamiento?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo de filtrado de las diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)* para reducir la DBO y concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C.?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- ✓ Determinar el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)* para reducir la DBO y concentraciones de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C.

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. antes y después de cada tratamiento.
- ✓ Determinar la concentración de Aceites y Grasas del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. antes y después de cada tratamiento.
- ✓ Determinar el tiempo de filtrado de las diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)* para reducir la DBO y concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C.

1.3. HIPÓTESIS

H0:

La reducción de la DBO y concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. no está directamente relacionado con las diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz tierra *(Eisenia foetida).*

H1:

La reducción de la DBO y concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. está directamente relacionado con las diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz tierra *(Eisenia foetida).*

1.4. VARIABLES

1.4.1. Variable Independiente

- ✓ Mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida).*

1.4.2. Variable Dependiente

- ✓ DBO y concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Las Industrias Oleaginosas que se encuentran en el Departamento de Ucayali, en su mayoría están ubicadas a lo largo de la C.F.B., en lugares de fácil acceso y cercanas a un cuerpo de agua superficial. Estas aguas residuales generadas durante el proceso de produccion de la industria oleaginosa, podrían ocasionar un impacto negativo significante sobre el ambiente, porque estos pueden causar contaminación de las vías fluviales debido al agotamiento del oxígeno, el uso de la tierra y otros efectos relacionados. Durante la temporada de lluvias, el efluente es un hábitat de reproducción de mosquitos y emite olores desagradables. Las descargas de efluentes en el ecosistema acuático convierte el agua en marrón, maloliente y viscosa, lo que puede afectar adversamente la vida acuática y la calidad del agua para fines domésticos (Elijah Ige, Ohimain et al, 2016).

En la actualidad, en el departamento de Ucayali solo OLAMSA cuenta con una PTARI, logrando reducir la DBO desde 25 000 mg/l hasta 150 mg/l y la concentración de AyG desde 15 000 mg/l hasta 46 mg/l, llegando a estar dentro de los LMP brindado por PRODUCE (DBO <= 150 mg/l y AyG <= 50 mg/l) (OLAMSA, 2018).

La presente investigación pretende determinar los efectos de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)* para tratar efluentes de la Industria Palm Oleo S.A.C. y generar una nueva tecnología de bajos costos de operación y mantenimiento, sin generar residuos y generando humus de lombriz con la finalidad que la industria sea amigable con el ambiente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacional

La contaminación causada por los efluentes de industrias oleaginosas se mide en términos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es decir, la cantidad de oxígeno requerido para que la actividad bacteriana pueda oxidar toda la materia orgánica contenida en el efluente. Se expresa en mg/l, en g/m3 o en partes por millón (ppm). La demanda bioquímica de oxigeno se expresa a menudo como demanda química de oxigeno (DQO), la cual se puede medir con mayor facilidad y generalmente está presente en las mismas proporciones. La DBO de efluentes de industrias oleaginosas puede llegar fácilmente a 20 000 mg/l y es un hecho aceptado que una planta que procesa 20 ton de RFF/h puede contaminar a una ciudad de 200 000 habitantes. En Malasia, primer productor mundial de aceite de palma, los efluentes de todas las plantas procesadoras de aceite de palma localizadas en todo el país, producen el mismo grado de contaminación que el generado por una población de 32 millones de habitantes. Luego como resultado de las leyes contra la contaminación, en Malasia se han llevado a cabo muchas investigaciones y experimentos. Los informes publicados hasta el momento dan una buena idea de los diferentes enfoques ante el problema, y de los resultados obtenidos (Petitpierre, 1982).

Los procesos físicos tales como la sedimentación, filtración, secado, floculación, centrifugación, por si solos o combinados, demostraron ser costosos e inefectivos con el tiempo, debido al estado de dispersión y emulsificación parcial de los sólidos en suspensión en el efluente. De 40 plantas inspeccionadas por Instituto Malayo de Investigación sobre el Aceite de Palma (PORIM) a finales de 1980, solamente 2 habían optado por una combinación de procesos mecánicos y químicos, aunque las dos terminaron por utilizar un tratamiento biológico (Petitpierre, 1982).

Las otras 38 plantas estaban utilizando procesos biológicos. Consistían en la fermentación anaerobia en digestores o tanques profundos, en la fermentación aerobia en recipientes poco profundos o por inyección de aire, o en una combinación de los

dos tipos de fermentación. Si no hay interferencia externa, estos sistemas resultan poco costosos, pero requieren de mucho espacio. Sin embargo, la investigación acerca de la digestión anaerobia para la produccion de biogás ha avanzado tanto en los últimos años, que ha dado lugar al diseño de nuevos sistemas con tiempos más cortos de fermentación (retención), reduciendo así el volumen de los digestores o de los recipientes. En los casos en que había suficiente espacio disponible, los malayos prefirieron los procesos de digestión anaerobia utilizando lagunas, es decir, recipientes o tanques profundos muy grandes (31 de las 40 plantas inspeccionadas). Cuando se utilizan estas lagunas al aire libre, la anaerobiosis comienza solamente a una profundidad de 3 metros. Este factor actúa como freno sobre los agentes que producen la fermentación anaerobia. Por consiguiente, el tiempo de retención puede llegar a ser de 100 días, lo cual es demasiado, y el volumen de los tanques es excepcionalmente grande. Se requieren 1 500 m3 por ton de RFF/hora, o 30 000 m3 para una planta que procesa 20 Tn de RFF/hora. Algunos productores prefirieron inducir la fermentación anaerobia en cisternas herméticas en las cuales la digestión de la mayor parte del desperdicio orgánico toma entre 15 y 20 días únicamente. El volumen de los digestores y el espacio que se requirió se redujeron de conformidad con el proceso. Los resultados promedios obtenidos después de la digestión anaerobia fueron: se redujo la DQO entre 70 a 80%, la DBO en 85 a 95% y Sólidos Totales en 65 a 70% (Petitpierre, 1982).

De la misma forma, en la Empresa Palmas Oleaginosas de Casacará (CESAR) Palmacará LTDA; Bucaramanga – Colombia, cuenta con un Sistema de Tratamiento Biológico para sus efluentes. Este cuenta con diferentes unidades de tratamiento utilizados para el manejo y disposición final de las aguas residuales, que sigue los siguientes procesos: Pretratamiento (Florentinos, Rejillas y Piscina de Enfriamiento) y Lagunas de Estabilización (Laguna Anaerobia Facultativa, Laguna Facultativa, Lagunas Aerobias y Laguna de Maduración). Para la evaluación de la calidad de los efluentes se tomaron muestras en la entrada del sistema de tratamiento (laguna anaerobia-facultativa) y en la salida del sistema (laguna de maduración), con el fin de determinar la carga contaminante diaria con la que entran y salen estos vertimientos. Realizaron dos (2) muestras compuestas a partir de seis (6) muestras puntuales para la determinación de los parámetros físicos-químicos, en el periodo de producción de la planta (8 horas). Los resultados obtenidos en la entrada y salida del sistema fueron:

DBO de 11 250 a 17,5 mg/l; concentración de AyG fue de 589,61 a 15,96 mg/l (Barbosa Arrieta, 2006).

Así mismo, en la zona de Puerto Wilches, Bucaramanga – Colombia, existen 4 plantas extractoras de ACP y cada una cuenta con un sistema biológico para tratamiento de sus aguas residuales (Duarte Cely, 2006).

1) Palmas Oleaginosas Bucarelia

Localizada en el corregimiento El Pedral del municipio de Puerto Wilches, región del Magdalena Medio Santandereano, sobre la margen derecha de las desembocadura del río Sogamoso al río Magdalena. Opera 16 horas diarias en promedio, con una capacidad de producción promedio anual de 123 410 Ton de RFF; su sistema biológico de tratamiento de efluentes está compuesto por (Duarte Cely, 2006):

- Dos Lagunas de Enfriamiento: con un volumen de 224 m^3 permite el enfriamiento y homogenización del efluente (caudal, pH, temperatura).
- Dos Lagunas Anaeróbicas: cada una dispone de 5 200 m^3para depurar el efluente mediante digestión anaerobia.
- Una Laguna Facultativa: con un volumen de 4 900 m^3 culmina el proceso de depuración del efluente, el cual es degradado después de esta operación, al caño Chipres que desemboca en el tramo 1 de la cuenca del río Sogamoso (Duarte Cely, 2006).

Este tratamiento biológico redujo la DBO de 12 191,15 a 78,68 mg/l y la concentración de AyG fue de 3 531,48 a 0,57 mg/l (Duarte Cely, 2006).

2) Promociones Agropecuarias Monterrey

Tiene una capacidad de producción promedio anual de 79 414 Ton de RFF, operando 16 horas/día aproximadamente; el efluente producido está compuesto por las purgas de las calderas y residuos líquidos aceitosos de centrifugas y condensadores de esterilización; este último se pasa por los florentinos donde se recupera aceite para el proceso; luego todos los desechos líquidos se reúnen en el sistema de tratamiento, el cual está compuesto por (Duarte Cely, 2006):

- Una Caja Colectora: donde las purgas de la caldera y el efluente de las centrifugas se unen con el efluente de los florentinos; tiene un tiempo de residencia de 6 días y permite el enfriamiento y homogenización de los efluentes.
- Dos Lagunas Anaeróbicas: para depurar el efluente mediante digestión anaerobia.
- Dos Lagunas Aeróbicas: termina de depurar el efluente, que luego es conducido por un canal abierto que lo descarga en la ciénaga Monte Cristo, ubicada a 500 m de estas lagunas; este vertimiento corresponde al tramo 7 de la cuenca del río Magdalena (Duarte Cely, 2006).

Esta industria logró remover la DBO de 4 084,92 a 23,94 mg/l, equivalente al 99,41%; la concentración de AyG fue de 313,69 a 0,09 mg/l, que equivale a 99,97% (Duarte Cely, 2006).

3) Palmas Oleaginosas Las Brisas S.A.

Ubicada en el corregimiento de Puente Sogamoso del Municipio de Puerto Wilches, sobre la margen derecha del río Sogamoso; opera cerca de 16 horas diarias, con una capacidad de producción promedio anual 53 192 Ton de RFF, generando en promedio 330 m3 diarios de efluente, los cuales se tratan en un sistema biológico localizado aproximadamente a 1,000 m de la planta, donde se produce un lodo que es secado en lechos, obteniéndose un abono para los cultivos. Las aguas residuales domesticas de oficinas, cafeterías y baños, se disponen en pozos sépticos y campos de infiltración; tales vertimientos se descargan en el tramo uno de la cuenca del río Sogamoso. El sistema biológico de tratamiento de efluentes de la planta está compuesto por cuatro lagunas con la siguiente configuración (Duarte Cely, 2006):

- Una Laguna de Enfriamiento: donde el efluente se enfría (por debajo de 40 ºC) y homogeniza (Caudal, pH, temperatura).
- Dos Lagunas Anaeróbicas: donde se lleva a cabo la principal operación de depuración del efluente mediante digestión anaerobia.
- Una Laguna Facultativa: Culmina la digestión de la MO remanente de las lagunas anaeróbicas; el efluente tratado se usa para riego en la plantación aprovechando su contenido de nutrientes y evitando el vertimiento a cuerpos de agua (Duarte Cely, 2006).

Con este sistema de tratamiento se logró reducir la DBO de 2 978,38 a 5,75 mg/l, siendo este un 99,81%; en concentración de AyG se redujo de 368,73 a 0,20 mg/l, equivale a 99,94% (Duarte Cely, 2006).

4) Palmeras de Puerto Wilches

Procesa anualmente en promedio 81 152 Ton de RFF operando 16 horas diarias en promedio; su sistema biológico de tratamiento, ubicado aproximadamente a 500 m de la planta, está compuesto por (Duarte Cely, 2006):

- Tres Lagunas Anaeróbicas: que operan en paralelo y realizan la operación de depuración más importante del efluente mediante digestión anaerobia.
- Dos Lagunas Facultativas: operan en serie y buscan ajustar la calidad del efluente para descargarlo en la quebrada la Trece, que corresponde el Tramo Siete de la Cuenca del río Magdalena (Duarte Cely, 2006).

Esta empresa logró disminuir de 6 548,09 a 3,89 mg/l de DBO y en AyG fue de 808,44 a 0,02 mg/l (Duarte Cely, 2006).

En cuanto al uso de lombrices de tierra *(Eisenia foetida)* en el proceso de depuración y estabilización de las aguas residuales industriales y domesticas datan a fines de 1970 en EE.UU. Las primeras investigaciones se limitaron a usar las lombrices, no en el tratamiento de aguas, sino que en el tratamiento de lodos que resultaban de la depuración de las aguas. De esta manera el investigador chileno, el Dr. José Tohá Castellá, recoge experiencias realizadas en la planta de Lufkin, Texas (1981) sobre el tratamiento de aguas residuales mediante lombricultura y comienza a experimentar con este sistema a partir del año 1986. En 1994, gracias al apoyo de FONDEF se construyó una planta experimental de tratamiento de aguas residuales en CEXAS Melipilla - Chile (perteneciente a EMOS), utilizando esta tecnología desarrollada en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, para una población de 1 000 personas, obteniendo unos resultados de 80% en la reducción de concentración de AyG, 95% de DBO y solidos totales, 93% de solidos suspendidos volátiles, 60 – 80% nitrógeno total, 60 – 70% de fosforo total (Ibañez, 2015).

Además, la Planta LLAU-LLAO de Salmonera Invertec S.A., instaló el sistema de lombrifiltro para el tratamiento de sus aguas residuales, logrando reducir la

concentración de AyG desde 161,24 mg/l a 16,1 mg/l y la DBO de 1 344 mg/l a 26,88 mg/l (Hernández Bóquez, 2005).

2.1.2. Nacional:

En el ámbito nacional, la Empresa Oleaginosas del Perú S.A., que se encuentra ubicada en la Localidad de Villa Palma, Distrito de Tocache y Departamento de San Martín, a la altura del km 640 de la carretera Fernando Belaúnde Terry, cuenta con un sistema biológico para tratamiento de sus aguas residuales. El sistema optado por esta empresa fue el de lagunas de oxidación; este sistema está compuesto por laguna de enfriamiento/estabilización, lagunas aerobias, lagunas anaerobias, lagunas facultativas y lagunas de maduración. El primer punto de muestreo (P-01) fue ubicado en la entrada del efluente a la laguna de estabilización; P-02 fue en la entrada del efluente a la laguna anaerobia; P-03 fue ubicado a la salida de la laguna anaerobia; el P-04 fue a la salida de la laguna facultativa. Como resultado del monitoreo del sistema de tratamiento se obtuvo que P-01 tiene una DBO de 12 115,25 mg/l; P-02 tuvo una DBO de 10 036,50 mg/l; P-03 fue 651,63 mg/l de DBO y P-04 fue 330,50 mg/l de DBO. En conclusión se redujo la DBO desde 12 115,25 hasta 330,50 mg/l (De la Cruz Espinoza, 2016).

No obstante, Industrias del Shanusi S.A., ubicado en el Distrito de Yurimaguas, Provincia de Alto Amazonas, Departamento de Loreto; cuenta con un sistema biológico para el tratamiento de sus aguas residuales, que está conformado por lagunas anaerobias, sedimentador de alta tasa, digestor de lodo, laguna facultativa y decanter. Se obtuvo que a la salida del decanter en promedio la DBO fue igual 1 864,00 mg/l. Posterior a este tratamiento se colocó tres tanques de filtración (medio filtrante: arena, grava y carbón activado) y un tanque de aireación de Flotación por Aire Disuelto (DAF); se tomaron muestras a la salida del sistema de filtración y a la salida del DAF. Los resultados del análisis de las tres muestras que fueron tomadas al final del sistema de filtración, se obtuvo un promedio de 250 mg/l de DBO; y a la salida del DAF se obtuvo un promedio de 76 mg/l de DBO (Gronerth Rengifo & Peña Malca, 2015).

2.1.3. Regional:

Una de las Industrias Oleaginosas más representativas de la Región Ucayali es Oleaginosas Amazónicas S.A., el cual tuvo un acopio de RFF y producción de ACP durante los años 2014 y 2015 de (OLAMSA, 2018):

Tabla 01. Acopio de RFF y Producción de ACP de la Empresa OLAMSA durante los años 2014 y 2015.

	ACOPIO DE RFF (Tn)		PRODUCCION DE ACP (Tn)	
MESES/AÑOS	**2014**	**2015**	**2014**	**2015**
Enero	7 600,80	8 242,04	1 913,30	2 017,36
Febrero	7 456,70	7 915,17	1 895,80	1 967,87
Marzo	8 766,70	9 696,87	2 181,30	2 390,17
Abril	9 620,90	1 0679,60	2 479,10	2 659,16
Mayo	7 538,70	10 779,02	2 018,30	2 729,51
Junio	6 058,10	8 192,91	1 574,50	2 025,74
Julio	5 934,20	8 193,17	1 519,90	1 962,62
Agosto	6 573,70	9 759,22	1 332,40	2 312,73
Setiembre	7 715,20	13 471,42	1 747,10	3 207,03
Octubre	8 605,90	14 561,54	2 073,60	3 370,81
Noviembre	7 523,30	11 277,83	1 833,70	2 748,87
Diciembre	7 575,30	10 986,90	2 001,40	2 792,14
TOTAL	**90 969,50**	**123 755,69**	**22 570,40**	**30 184,01**

Fuente: *OLAMSA, (2018).*

En la actualidad OLAMSA cuenta con dos plantas extractoras de ACP, ubicadas en el km 59,800 y km 37; estas tienen una capacidad de 24 ton RFF/hora y 12 Ton RFF/hora. Las características de las aguas residuales de la Industria OLAMSA son: T > 70 ºC; 70 000 mg/l ≤ DQO ≤ 80 000 mg/l; DBO = 25 000 mg/l; 3,5 ≤ pH ≤ 4,5; 40 000 mg/l ≤ S.S.T ≤ 50 000 mg/l y las concentraciones de Ay G = 15 000 mg/l. Ambas plantas cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales; estas aguas residuales son tratadas mediante un sistema biológico y una planta depuradora de aguas residuales, lo cual se encarga de disminuir la carga orgánica presente en el agua residual. Se realizó una visita el día 18 de Mayo del 2018 a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Industria OLAMSA km 37, pudiéndose observar y conocer cada proceso del tratamiento que brindan a sus efluentes. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARI) de OLAMSA km 37 consta de los siguientes procesos (OLAMSA, 2018):

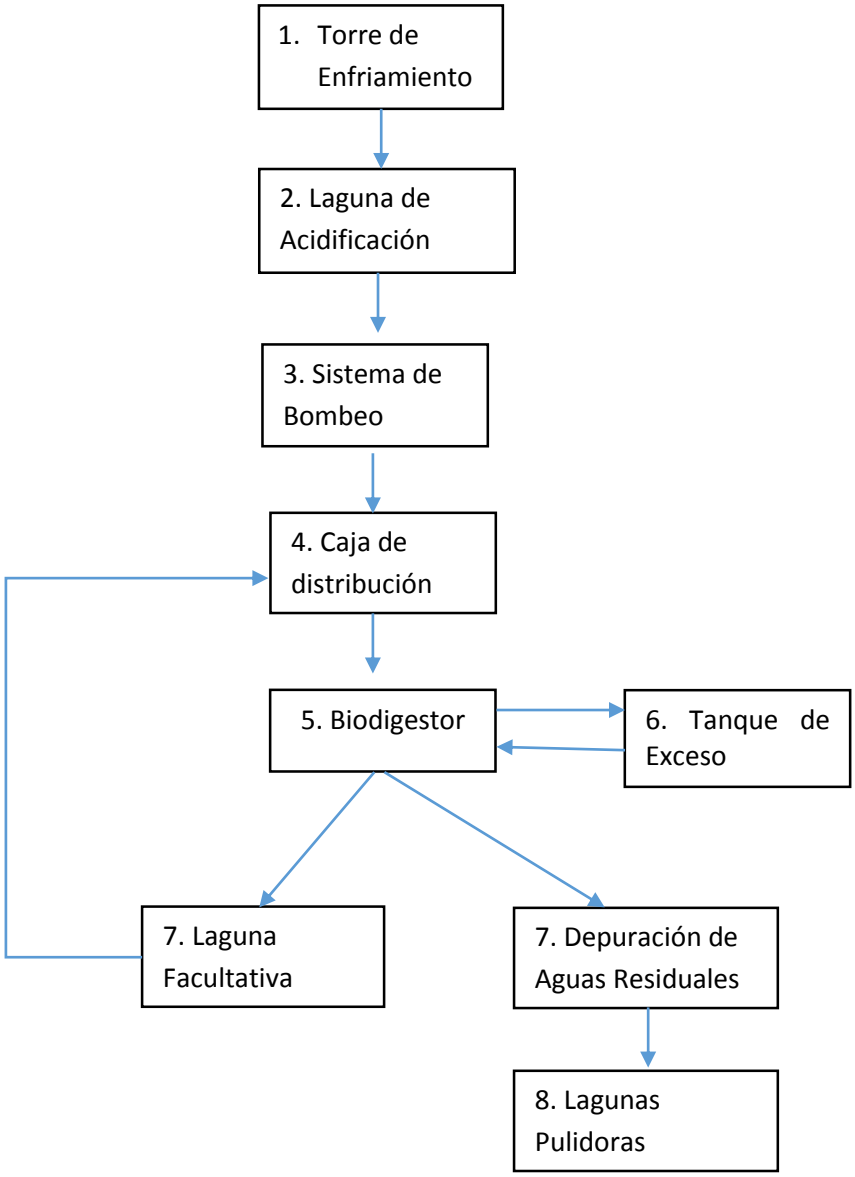


Figura 01. Diagrama de flujo de la PTARI OLAMSA.
Fuente: *Elaboración propia.*

Este proceso empieza cuando el efluente es enviado desde los tanques florentinos a la Torre de Enfriamiento (distancia de 400 m), en este primer proceso se realiza el enfriamiento de las aguas residuales mediante 2 ventiladores de aire forzado (turbinas Internas) y llegando a reducir la temperatura desde mayor a 70 ºC hasta 35 ºC. Después el agua residual previamente tratada es enviada a una Laguna de Acidificación, que cuenta con una capacidad para almacenar 2 500 m3, lo cual implica un tiempo de retención hidráulica (TRH) menor o igual a 12 días. Luego pasa al sistema de bombeo que se encarga de succionar el efluente que está 6 metros de profundidad de la laguna de acidificación, para enviarlo al siguiente proceso. Por consiguiente pasa a la caja de distribución que cuenta con dos fases: la primera fase es la caja reguladora que cuenta

con un sensor para medir los m3/h de efluente que está pasando; y la segunda fase es la caja de distribución cumple tres funciones: la primera es romper la presión que ha sido ejercida por el anterior proceso y que sirve para obtener un flujo constante en los siguientes procesos, la segunda es estabilizar el pH mediante la inyección de agua residual almacenada en la laguna facultativa (pH = 7 aprox.); y la tercera función es distribuir por tres diferentes conductos el efluente en condiciones óptimas hacia el biodigestor. El biodigestor tiene una capacidad de 18 000 m3, un TRH hasta de 27 días y tiene como función reducir la carga orgánica del efluente. Sin embargo, dentro del biodigestor se encuentran tres tubos que se encargan de retirar el exceso de efluente inyectado en el biodigestor y por gravedad son enviados a un tanque donde se almacenan los excesos. Este tanque cuenta con una capacidad de 100 m^3, de las cuales solo han llegado a usar hasta el 50% y después vuelven a inyectar el efluente por medio de doce válvulas en diferentes partes del biodigestor, que sirve como bioaumentación y bioaireación para las bacterias. Posterior a este proceso, los efluentes son enviados por gravedad a la caja de rebose, después a una laguna facultativa y planta depuradora de aguas residuales (tratamiento de lodos). La laguna facultativa tiene la función de almacenar 18 000 m3 y reducir la carga orgánica para luego ser transportado a la caja de distribución. La planta depuradora de aguas residuales tiene la función de separar los sólidos del agua mediante el uso de polímeros. Por ultimo están las lagunas pulidoras, que tiene la función de pulir el tratamiento de las aguas residuales y se obtuvo agua con DBO de 150 mg/l y concentración de Ay G de 46 mg/l (OLAMSA, 2018).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Los Efluentes de Industrias Extractoras de ACP y sus Características.

La extracción de ACP está relacionada con la contaminación ambiental por la generación de cantidades considerables de biomasa como fibra, cáscara, RFV y efluentes, así como la emisión de humo; ya que el proceso de extracción de ACP se requiere recursos naturales como: agua, aire y combustibles (Tabla 02) (Duarte Cely, 2006).

Tabla 02. Consumo de Recursos y Energía en Proceso de Extracción de ACP.

Recursos	Unidades	Consumo por T de	
		RFF	Aceite Crudo
Agua	T	1,2	5,78
Fibra (Combustible)	T	0,15	0,72
ACPM (Combustible)	Gal	1	4,81
Aire	m^3	53 000	35 517
Energía	Kwh	28	135

Fuente: *Duarte Cely, Sonia Raquel, (2006).*

Los efluentes de las industrias extractoras de ACP se generan principalmente en las etapas de clarificación y esterilización; existen otras descargas en la operación de los hidrociclones de la etapa de palmistería, aguas de lavado y en las purgas de los desarenadores y sedimentadores (Tabla 03). Estos efluentes presentan alta carga orgánica por el arrastre de material celular (fibras) y su contenido de aceite, lo cual supone un alto valor en la DBO y DQO; adicionalmente, la presencia de arenillas, piedras y tierra contribuye con el alto nivel de sólidos totales (Tabla 03) (Duarte Cely, 2006).

Tabla 03. Vertimientos que Conforman los Efluentes de una Extractora de ACP.

Origen del Efluente	m^3/(T de RFF)
Aguas lodosas de Clarificación	0,55
Condensados de Esterilización	0,1
Aguas de Palmistería (Hidrociclones)	0,05
Aguas de Lavado (Limpieza de Pisos y Purgas)	0,1
Efluente Total (sin fugas, ni purgas de desarenador y sedimentador	**0,8**

Fuente: *www.Tecnologíaslimpias.com, citado por Barbosa Arrieta, (2006).*

La cantidad de efluentes producidos en las plantas extractoras de ACP, oscila entre 0,55 y 1,20 m^3 de agua / Ton RFF, con un promedio de 0,8 m^3. El rango de capacidad

de procesamiento de las plantas extractoras en Colombia, es de 3 a 45 Ton RFF/h. Para una jornada de trabajo de 8 horas, los efluentes por día oscilarán entre 20 y 295 m^3, sin embargo, la producción de la palma de aceite presenta periodos de muy alta y muy baja producción, por lo cual, los diseños de sistemas de tratamiento deben ajustarse para el máximo caudal, así, por ejemplo, si la jornada es de 20 horas/día, los efluentes producidos serían 50 y 738 m^3/día (Tabla 03) (Barbosa Arrieta, 2006).

Tabla 04. Caracterización de efluentes de plantas extractoras de ACP-Colombia.

Parámetro	Unidades	Intervalo	Promedio
pH	-	3,87 - 5,25	4,55
Temperatura	ºC	53 - 77	67,4
DBO_5	mg/l	18 700 – 175 521	48 873
DQO	mg/l	45 256 – 232 000	79 730
Sólidos Totales (ST)	mg/l	32 482 – 111 029	45 670
Sólidos Suspendidos (SS)	mg/l	19 129 – 88 258	35 105
Sólidos Sedimentables (S.SED)	mg/l	125 – 1 000	677
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	25 530 – 98 445	48 988
Fósforo Total (P-total)	mg/l	15,7 – 113,6	66,1
Nitrógeno Total (N-total)	mg/l	67,5 - 695	284,1
Grasas y Aceites	mg/l	6 480 – 80 701	18 747
Acidez Total	mg/l	750 – 2 548	1 611

Fuente: *Cenipalma, (1996), citado por Barbosa Arrieta, (2006).*

Los efluentes de la industria palmera se caracterizan por altos valores en DBO y DQO, altas temperaturas y bajo pH (Tabla 04); la presencia de aceite en el efluente no solo es un problema ambiental grave por su baja biodegradabilidad, sino también operacional y económico porque implica una pérdida del producto; la mayor parte del aceite se recupera en el sistema conocido como florentinos (trampa de aceites). La legislación ambiental vigente exige tratamiento para este tipo de efluentes antes de ser vertidos a un cuerpo de agua, para remover hasta el 80% de los contaminantes. Sin embargo, el efluente tratado es otro recurso valioso porque contiene cantidades aprovechables de nutrientes, por lo cual algunas plantas ubicadas cerca de las plantaciones lo aplican allí como fertilizante; esta práctica permite reducir los costos de fertilización y elimina un impacto ambiental por vertimiento a un cuerpo de agua (cero desechos) (Duarte Cely, 2006).

2.2.2. Impacto de los Efluentes de Industrias Extractoras de Aceite Crudo de Palma en el Agua y Suelo.

2.2.2.1. Impactos en la calidad del agua

Los efluentes de las extractoras de ACP causan problemas ambientales debido a la descarga voluminosa que se genera durante el proceso de producción. La mayoría de los efluentes producidos por los operadores tradicionales a pequeña escala reciben poco o ningún tratamiento y por lo general se descargan en el entorno (Okwute e Isu, (2007); citado por Ohimain *et al*, (2016)). Estos pueden causar contaminación de las vías fluviales debido al agotamiento del oxígeno, el uso de la tierra y otros efectos relacionados (Sridhar y AdeOluwa, (2009); Awotoye *et al*, (2011); Okwute e Isu, (2007); Ahmad *et al*, (2003); citados por Ohimain *et al*, (2016)). Durante la temporada de lluvias, el efluente es un hábitat de reproducción de mosquitos y emite olores desagradables. Las descarga de efluentes en el ecosistema acuático convierte el agua en marrón, maloliente y viscosa (Awotoye *et al*, (2011); citado por Ohimain *et al*, (2016)), lo que puede afectar adversamente la vida acuática y la calidad del agua para fines domésticos (Ezemonye *et al*, (2007); citado por Ohimain *et al*, (2016)). Las aguas residuales pueden alterar las fuentes de agua potable (aguas superficiales y subterráneas). Awotoye *et al*, (2011) informaron que los efluentes tienen mayor concentración que los parámetros de calidad del agua, haciendo que los parámetros del cuerpo receptor como ríos aumenten, como la temperatura, pH, alcalinidad total, sólidos totales, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, magnesio, calcio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, nitrato, fosfato, zinc, hierro, manganeso, oxígeno disuelto, DBO. De manera similar, Edward *et al*, (2015) citado por Ohimain *et al*, (2016) informaron que los efluentes está teniendo un efecto en las propiedades físico-químicas (es decir, pH, temperatura, alcalinidad, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, DBO, nitrato, fosfato, potasio, AyG) en el río Ayanyan, estado de Ekiti, Nigeria. La concentración por encima del límite permitido hace que el agua no sea apta para el consumo doméstico. El exceso de nutrientes como nitrato, sulfato, fosfato, etc., en el agua podría provocar una eutrofización. La naturaleza ácida de los efluentes causa acidificación en el agua, afectando así las formas de vida en el agua (Elijah Ige, Ohimain et al, 2016).

2.2.2.2. Impactos en la calidad del suelo

La vegetación previene la erosión del suelo. La descarga de efluente en el suelo afecta su pH, que es uno de los principales factores que influyen en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Okwute e Isu, (2007); citado por Ohimain *et al*, (2016)). Esto se debe a que la mayoría de las plantas crecen y se desempeñan mejor dentro de un rango de pH de 6.5 a 7.5 (Hajek *et al*, (1990); citado por Ohimain *et al*, (2016)). El pH ácido del efluente hace que aumente la acidez del suelo. El suelo puede verse afectado por la filtración de metales pesados y otras propiedades físico-químicas del efluente. El efluente aumenta el pH (hacia ácido), carbono orgánico, nitrógeno total, fosfato, sulfato, fosforo, sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio e hidrogeno (Tabla 05). La disponibilidad de nutrientes como sodio, fósforo y potasio mejora el crecimiento de las plantas. Pero un alto contenido de nitrógeno, potasio y fósforo no puede aumentar de forma eficiente el rendimiento del cultivo, si el pH del suelo es anormal. El fósforo disponible en el suelo con efluente conduce a una alta absorción de material. Esto puede provocar un efecto de retraso en el suelo debido a la biodegradación gradual del efluente (Okwute e Isu, (2007); citado por Ohimain *et al*, (2016)) (Tabla 05).

El fósforo disponible en el suelo con efluente se debe al aumento en el nivel de pH y otros nutrientes determinantes disponibles en el suelo (Eze *et al*, (2013); citado por Ohimain *et al*, (2016)). La materia orgánica juega un papel esencial en la productividad del suelo porque los sólidos en el efluente crudo son buenas fuentes de materia orgánica (Chan *et al*, (1980); citado por Ohimain *et al*, (2016)) (Tabla 05).

Varios organismos invaden y crecen en el efluente, descomponiendo las moléculas complejas en simples, biodegradando así el efluente (Okwute e Isu, (2007); citado por Ohimain *et al*, (2016)) (Tabla 05).

Tabla 05. Parámetros Físico-Químico del suelo con Efluente Crudo y Sin Efluente.

Parámetros	Unidad	Efluente Crudo	Sin Efluente	Referencias
pH del suelo	-	6,59	3,57	Okwute e Isu, (2007)
	CaCl2	6,6	7,5	Awotoye *et al*, (2011)
	-	5,5	5,5	Eze *et al*, (2013)
% Materia Orgánica	mg/g	1,01	1,08	Awotoye *et al*, (2011)
% Carbono	-	3,39	2,31	Okwute e Isu, (2007)
	mg/g	0,59	1,05	Awotoye *et al*, (2011)
	-	3,84	0,93	Eze *et al*, (2013)
% Nitrógeno	-	13,53	13,19	Okwute e Isu, (2007)
	mg/g	0,2	0,3	Awotoye *et al*, (2011)
Fósforo Disponible	ppm	26,3	21	Okwute e Isu, (2007)
	mg/g	4,8	4,5	Awotoye *et al*, (2011)
Fosfato	mg/Kg	1,5	0,62	Eze *et al*, (2013)
Nitrato	mg/Kg	0,59	0,33	Eze *et al*, (2013)
Na^+	Cm^3	1,4	0,9	Okwute e Isu, (2007)
	Cmol/Kg	0,18	0,18	Awotoye *et al*, (2011)
	mg/Kg	116	83	Eze *et al*, (2013)
K^+	Cm^3	11,02	4,9	Okwute e Isu, (2007)
	Cmol/Kg	0,15	0,12	Awotoye *et al*, (2011)
	mg/Kg	6	3	Eze *et al*, (2013)
Ca^+	Cm^3	10	7	Okwute e Isu, (2007)
	Cmol/Kg	0,8	4,7	Awotoye *et al*, (2011)
	mg/Kg	219	156	Eze *et al*, (2013)
Mg^{2+}	Cm^3	9	9	Okwute e Isu, (2007)
	Cmol/Kg	0,8	0,4	Awotoye *et al*, (2011)
	mg/Kg	0,85	0,52	Eze *et al*, (2013)
Al^+	Cmol/Kg	0,3	0,1	Awotoye *et al*, (2011)
H^+	Cmol/Kg	0,2	0,18	

Fuente: *Ohimain et al, (2016).*

Los cambios en las propiedades físico-químicas del suelo y otros nutrientes vitales a través de la descarga del efluente, tienen el potencial de afectar la textura del suelo y el tamaño de las partículas. La descarga del efluente en el suelo, hace que aumente la densidad aparente del suelo, el porcentaje de limo y el porcentaje de arcilla disminuye (Elijah Ige, Ohimain et al, 2016) (Tabla 06).

La nueva clase de textura del suelo depende del contenido de materia orgánica del suelo donde se descarga el efluente. El efluente en el suelo retiene el agua debido a la presencia de AyG no recuperadas y escombros del procesamiento. El efluente cambia la apariencia del suelo y algunas propiedades, como la vegetación, el color, el olor y

la constitución (Tabla 07). A pesar del enriquecimiento del suelo por el efluente, este pierde su cubierta vegetal, su humedad y su humus. Esto causa obstrucción y el anegamiento de las esporas del suelo, lo que podría provocar la muerte de la vegetación, debido al contacto directo con el ambiente desnudo (Eze *et al*, (2013); citado por Ohimain *et al*, (2016)). Además de eso, también contamina el ecosistema y lo que conduce a la perdida de tierras y recursos para los habitantes locales, como la micro flora del suelo y algo de biodiversidad como la lombriz que juega un papel importante en la aireación del suelo (Sridhar y Adeoluwa, (2009); citado por Ohimain *et al*, (2016)).

Tabla 06. Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo.

Tipo de Suelo	Unidad	Suelo con Efluente Crudo	Suelo sin Efluente	Referencia
% Limo	-	22	6	Okwute e Isu, 2007
	g/Kg	12	32	Awotoye et al., 2011
% Arena	-	50,4	66,4	Okwute e Isu, 2007
	g/Kg	82	54	Awotoye et al., 2011
% Arcilla	-	27,6	27,6	Okwute e Isu, 2007
	g/Kg	6	14	Awotoye et al., 2011
Densidad Aparente	g/cm3	1,66	1,49	Awotoye et al., 2011
Clase Textural	-	Arcillo Arenoso	Franco Arenoso	Okwute e Isu, 2007
	-	Areno Arcilloso	Suelo Franco	Awotoye et al., 2011

Fuente: *Ohimain et al, (2016).*

Tabla 07. Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo.

Características	Suelo con Efluente	Suelo sin Efluente
Vegetación	Desnudo	Crece malas hierbas
Color	Marrón oscuro con humus	Marrón y arenoso
Humedad	Humeda	Seco
olor	Desprende mal olor	Sin olor
Constituyentes	Residuos de la industria	Residuos de vegetación

Fuente: *Awotoye et al, (2011); Okwute and Isu, (2007); citado por Ohimain et al, (2016).*

2.3. EL ACEITE CRUDO DE PALMA

2.3.1. Plantaciones de Palma de Aceite

2.3.1.1. Historia

La palma africana de aceite es un cultivo tropical perenne, de tardío y largo rendimiento, y crecen en climas cálidos y es originaria del Golfo de Guinea (África occidental), por eso que su nombre científico es Elaeis guineensis Jacq. Y crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar (Barbosa Arrieta, 2006) (Figura 02).



Figura 02. Palma africana de aceite
Fuente: *Barbosa Arrieta, (2006)*

Su introducción a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que lo usaban como parte de su dieta alimentaria de los esclavos en el Brasil (Barbosa Arrieta, 2006).

La expansión de los cultivos de palma aceitera fue tanto en el mundo como en el Perú. En el año 2001 se publicó el Plan Nacional de Palma Aceitera 2000-2010 (MINAG, 2001) y se presentó la situación del cultivo a julio del 2000 como línea de base. El total acumulado de hectáreas sembradas al año 2000 era 14,667. De acuerdo con estimados de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura-MINAG, para el año 2008 ya existían 35,379 hectáreas de palma, y este número alcanzó los 44,396 hectáreas para el 2010 (Dammert B. et al, 2012).

En el año 2011 la superficie instalada de palma aceitera era de 55 980 hectáreas. Hasta finales del año 2012 se ha incrementado en un 3% siendo el área de palma aceitera de 57 752 hectáreas, constituida de la sumatoria de áreas de las regiones de San Martin (49%), Ucayali (26%), Loreto (23%) y Huánuco (2%), que son las zonas potenciales del país. A finales del año 2012, la superficie de producción es de 32 567 hectáreas, siendo el 56% del total, ya que algunas plantaciones iniciaron su producción al completar el tercer año de edad (MINAGRI, 2012) (Tabla 08).

Tabla 08. Ubicación de Áreas Instaladas de Aceite de Palma.

Región	En Producción Has	En Crecimiento Has	Superficie Total Has	Producción TM RFF	Aceite Crudo TM
San Martín					
Tocache-Caymarachi	23 134	5 523	28 657	462 680	92 536
Ucayali					
Neshuya-Aguaytía	3 392	11 349	14 741	61 056	12 211
Loreto					
Nauta-Yurimaguas-Contamana	5 970	7 384	13 354	71 640	14 328
Huánuco					
Honoria	71	1 000	1 000	568	114
TOTAL	**32 567**	**25 256**	**57 752**	**595 944**	**119 189**

Fuente: *MINAGRI, (2012).*

La produccion y el rendimiento por hectárea de las plantaciones de palma aceitera en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Departamento de Ucayali fueron los siguientes (Zevallos Rios, 2015) (Figura 03):

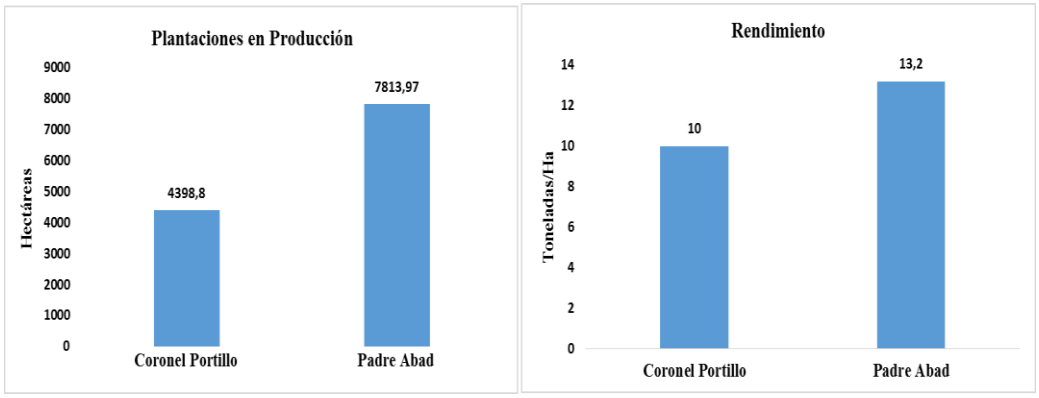


Figura 03. Área de producción y rendimiento por hectárea de palma aceitera.
Fuente: *Zevallos Rios, (2015)*

En la figura 02, se muestra que la Provincia de Padre Abad tiene mayor número de plantaciones en producción con un total de 7 813,97 hectáreas, que tiene un rendimiento de 13,2 Ton RFF/ha; mientras que la Provincia de Coronel Portillo tiene

4 398,8 hectáreas de plantaciones de palma aceitera en producción y tienen un rendimiento de 10 Ton RFF/ha. Esto se debe a que en Padre Abad existe mayor demanda de RFF porque la mayoría de Plantas Extractoras de Aceite Crudo de Palma están en dicha provincia (Zevallos Rios, 2015).

2.3.1.2. Tipos de palma africana

Los tipos de palma africana más relevantes se establecen de acuerdo con el grosor del cuesco o endocarpio del fruto, característica íntimamente ligada con la producción de aceite. Se clasifican en tres tipos (Barbosa Arrieta, 2006):

A) Pisífera: Son palmas cuyos frutos prácticamente no tienen cuesco, sino un cartílago blando. Carecen de interés para cualquier cultivo comercial (Barbosa Arrieta, 2006).

B) Dura: Se cultivó comercialmente en todo el mundo hasta finales de los años sesenta. Su principal característica era la presencia de un gran cuesco, de dos a ocho milímetros de espesor en los frutos, en detrimento del porcentaje de pulpa, y por tanto, del contenido de aceite. Este cultivo es poco rentable y competitivo (Barbosa Arrieta, 2006).

C) Ténera: Es un híbrido obtenido del cruzamiento de pisífera y dura, por lo tanto el cuesco del fruto es delgado y la proporción de pulpa bastante mayor; por ende el contenido de aceite es significativamente más abundante. Las palmas de este tipo son las más sembradas en plantaciones comerciales a nivel mundial (Barbosa Arrieta, 2006).

2.3.1.3. Condiciones agroecológicas del cultivo

A) Clima

Este es el más importante para el desarrollo del cultivo, es decir la precipitación, temperatura, luminosidad y radiación solar. En cuanto a los requerimientos de precipitación pluviométrica, estos deben oscilar entre los 1,800 a 2,000 mm bien distribuidos en los 12 meses del año ya que la palma aceitera produce ininterrumpidamente durante todo el año (MINAGRI, 2012).

La temperatura es muy importante ya que este cultivo es sensible a las variaciones extremas porque afecta el desarrollo de la planta. Los requerimientos promedio son como máxima promedio de 29 a 33 ºC, media de 25 a 27 ºC y mínima promedio de 22 a 24 ºC. Con respecto a la luminosidad, se requiere como mínimo 5 horas de sol cada

día de todo el año. Se requiere de radiación fotosintética activa alrededor de las 500 calorías-gr por cm2 al día (MINAGRI, 2012).

B) Fisiografía

La fisiografía también es un factor de importancia para el desarrollo de la palma ya que constituye una variable discriminante en la elección de terrenos porque influye directamente en los costos de instalación, puesto que un terreno muy accidentado exigirá la realización de mayores obras de adecuación para la instalación apropiada de la plantación. Entre otros factores, el costo de la red de carreteras depende mucho de las condiciones topográficas (MINAGRI, 2012).

C) Suelos

La palma aceitera se adapta a una amplia diversidad de suelos, sin embargo, es preferible cultivarla en tierras planas o ligeramente onduladas, aunque se puede hacer en terrenos con pendiente y hasta algo escarpados. Respecto a la textura, los suelos francos son los más recomendables, mas no así las arenas puras o muy arcillosas que además tienen una estructura compacta y contenidos altos de elementos gruesos. La aireación es una condición muy importante en los suelos y está influenciada por la textura, estructura, densidad aparente, porosidad y otros factores físicos. En cuanto a la fertilidad del suelo, el nitrógeno, potasio y fosforo son los elementos primarios que se requieren en mayor cantidad, mientras que el calcio y el magnesio son los que mayormente se encuentran deficientes en la palma. Dentro de los elementos menores, los más importantes en el desarrollo de la palma son el cloro y el boro (MINAGRI, 2012).

D) Drenaje

La palma aceitera no soporta un terreno inundado por más de dos semanas seguidas. La inundación puede ser debida a las aguas de lluvia que se evacuan muy despacio, al desbordamiento de los ríos, a la elevación del nivel freático. El saneamiento del terreno impone establecer una red de drenaje (limpieza de ríos, apertura de zanjas, entre otras) unos terrenos inundados pueden tener rendimientos muy buenos cuando pueden drenarse (MINAGRI, 2012).

A continuación se presentan variables agroclimáticas, así como sus valores ideales a tener en cuenta:

Tabla 09. Valores ideales de variables agroclimáticas para plantaciones de palma aceitera.

Variables Agroclimáticas	Valor o Rango Ideal
Precipitación anual	1,800 - 2,000 mm.
Precipitación mensual	Ningún mes menos de 100 mm.
Déficit de precipitación anual	Menos de 200 mm.
Irradiación solar	Más de 1,800 horas/año.
Brillo solar diario	Más de 5 horas/día.
Humedad relativa	75 - 85%.
Suelos profundos	Bien drenados.
Fisiografía plana	Ligeramente ondulados.
Condiciones Físicoquímicas	Suelos francos, franco arcillosos.
pH	Suelos neutros o ligeramente ácidos
Materia Orgánica	Buen contenido de materia orgánica.
Disponibilidad de macro elementos ó elementos primarios	Buen contenido de elementos primarios N, P, K.
Micro elementos ó elementos secundarios	Contenido de Ca y Mg, microelementos Boro, Cloro y Zinc.

Fuente: *MINAGRI, (2012).*

2.3.2. Proceso de Extracción de Aceite Crudo de Palma

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se realiza en la planta de beneficio o planta extractora, donde se desarrolla la extracción del aceite crudo de palma y de las almendras, mediante un proceso que consta de las operaciones requeridas para esterilizar, desgranar el racimo, y macerar los frutos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante (Duarte Cely, 2006) (Figura 04).

A) Recepción

Los RFF obtenidos del cultivo de palma son recibidos en la extractora donde son pesados y clasificados de acuerdo a sus características de maduración (Duarte Cely, 2006).

B) Esterilización

Los RFF se esterilizan con vapor de agua a una presión de 40 psi (3 kg/cm^2) durante 90 min, esto inactiva a la enzima lipasa evitando el incremento de los Ácidos

Grasos Libres (AGL), debilita la unión entre los frutos y el racimo facilitando el desfrute, reduce la resistencia de los tejidos de la pulpa para extraer el aceite (coagulación de proteínas y materia mucilagosa), deshidrata parcialmente las almendras contenidas en la nuez del fruto favoreciendo la posterior recuperación y minimiza el rompimiento de las nueces y el quebrado de las almendras durante el prensado (Duarte Cely, 2006).

C) Desfrutamiento

Los racimos esterilizados son alimentados por un extremo de un tambor cilíndrico horizontal rotatorio donde los frutos se desprenden y separan del racimo por la acción de los continuos golpes; los frutos sueltos son transportados mecánicamente a los digestores, mientras los RFV que salen por el otro extremo del tambor rotatorio, se llevan a la zona asignada para su disposición (Duarte Cely, 2006).

D) Digestión

Por medio de la digestión se prepara el fruto para prensado, la cual se realiza en recipientes cilíndricos o digestores donde el fruto es macerado y calentado hasta 100 ºC por medio de vapor. Los digestores constan de un eje rotativo con brazos agitadores que separan el mesocarpio y rompen las células de aceite; cada digestor debe mantenerse al nivel más alto de capacidad para garantizar el máximo tiempo de retención y la mayor presión posible sobre el fruto que se encuentra en el fondo del recipiente, esto último para mejorar el macerado; el fruto digerido se va drenando por el fondo, al tiempo que se repone fruto por la parte superior para mantener el nivel del digestor. El calentamiento contribuye con la reducción de pérdidas de aceite y aumenta la elasticidad de las nueces, lo cual evita que se quiebren durante el prensado. Una adecuada digestión reduce las pérdidas de aceite en la fibra, la cual es perceptible en la torta obtenida en la prensadora; no obstante, el contenido de aceite en la fibra puede establecerse puede establecerse en laboratorio (Duarte Cely, 2006).

E) Prensado

El fruto digerido se alimenta a la prensa, donde se comprime hasta extraer el aceite bruto (mezcla de aceite, agua e impurezas orgánicas y minerales) que pasa a través de una canasta perforada, dentro de la cual se forma torta, compuesta por fibra de mesocarpio y las nueces que contiene la almendra. Al liberarse la torta de la prensa, se

transporta mecánicamente hasta una columna de separación neumática para retirar las nueces de la fibra; generalmente esta fibra se usa como combustible en las calderas que generan vapor para el mismo proceso; las nueces obtenidas se transportan mecánicamente a la etapa de palmistería (Duarte Cely, 2006).

F) Clarificación

El aceite bruto se lleva a un desarenador para retirar impurezas generalmente provenientes del cultivo. Las fases acuosa y aceitosa se conducen a un clarificador, donde se separan por diferencia de densidad; la fase acuosa (agua, lodo y aceite) obtenida se desaceita en reclarificadores, centrifugas desoladoras y trampas de grasa (florentinos) devolviendo el aceite recuperado a la fase aceitosa y conduciendo el efluente obtenido a la etapa de tratamiento y disposición (lagunas de estabilización); mientras tanto, la fase aceitosa obtenida o aceite clarificado se conduce a la operación de secado (Duarte Cely, 2006).

G) Secado

Por las características de la extracción, el aceite clarificado contiene una cantidad considerable de humedad que pueda deteriorar la calidad del producto durante el almacenamiento (oxidación), por lo tanto, la humedad del aceite se reduce mediante calentamiento y posteriormente el aceite de palma obtenido se lleva a los tanques de almacenamiento, quedando listo para su despacho (Duarte Cely, 2006).

H) Palmistería

Cada nuez contiene en su interior una almendra, la cual se obtiene rompiendo la nuez con equipos especiales, luego la cascara es separada de la almendra en columnas neumáticas o hidrociclones, que clasifican las fases por sus diferencias en la forma y la densidad. La almendra obtenida se seca y empaca quedando lista para su despacho, mientras la cáscara o cuesco se usa generalmente en el mantenimiento de vías en plantaciones (Duarte Cely, 2006).

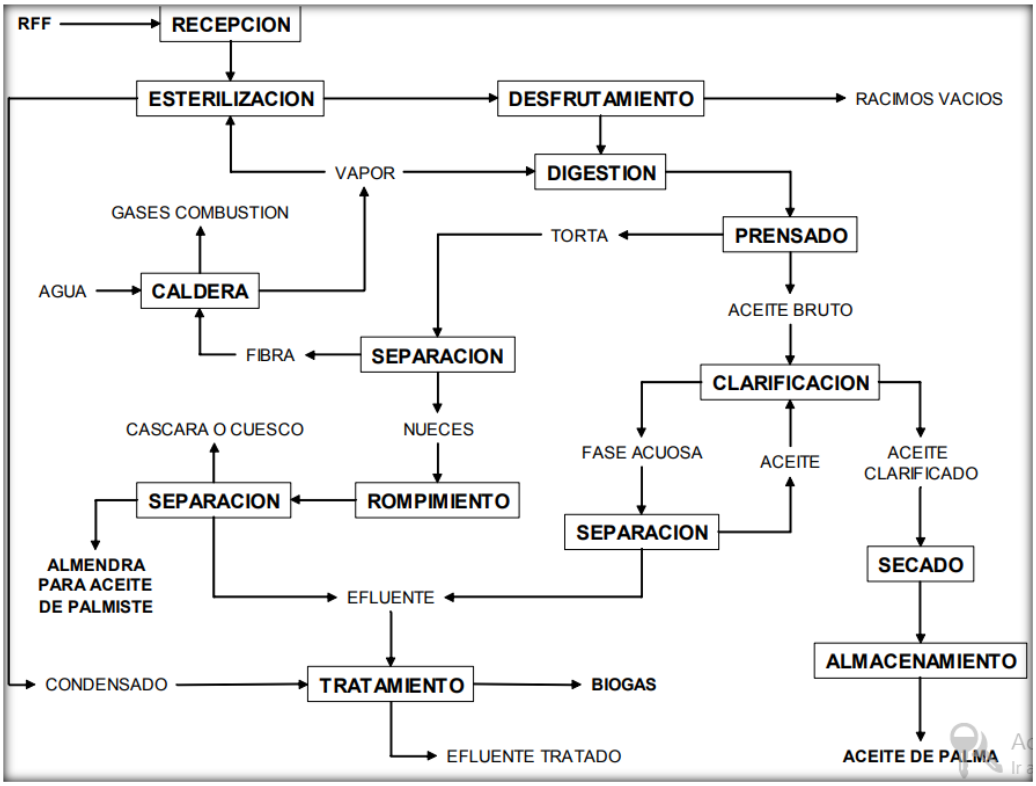


Figura 04. Diagrama de Bloques del Proceso de Extracción de Aceite de Palma
Fuente: *Zevallos Rios, (2015).*

2.3.2.1. Residuos de palma aceitera

Los residuos de biomasa generados en la extracción de aceite de palma están compuestos principalmente por fibras, cuescos y RCV o escobajo (EFB, por su sigla en inglés), que llegan a ser el 42% del peso del racimo de fruta fresca (RFF) (Jaramillo, 2012) (Figura 05).

A) Escobajo o RFV:

Es un material lignocelulósico con 60 a 65 % de humedad y 1 a 2,5 % de aceite vegetal impregnado, producto de la separación física de los frutos de su soporte (Ramírez Contreras, Nadia Elizabeth et al, 2011); posee una estructura dura e impermeable, difícil de cortar. Tiene un gran tamaño y un tronco sólido para soportar el gran peso debido a la cantidad de frutos. El escobajo de palma aceitera sale diariamente de las fábricas, material orgánico que es trasladado a los rellenos sanitarios, botaderos, orillas de ríos y quebradas, y en algunos casos puestos en las parcelas de los palmeros de la zona (Miranda & Panduro, 2014).

Este escobajo es descompuesto en el lugar donde lo botaron, también son quemados por los agricultores, y un mínimo porcentaje es usado como componente

orgánico, estos agricultores que en la actualidad usan el escobajo como componente orgánico para su plantaciones están obteniendo varios beneficios, tales como retención y acumulación de la humedad del suelo debajo del escobajo, control de las malezas y aplicación de fertilizantes en mínima proporción y en cualquier época del año (Miranda & Panduro, 2014).

B) Fibra:

Este residuo se obtiene de la masa desaceitada que expele la prensa comúnmente llamada torta, la cual está compuesta básicamente por fibras, nueces y humedad. Luego de secarse, la torta pasa al proceso de desfibración, donde las fibras son arrastradas por una corriente de aire y las nueces son separadas, para someterlas a las etapas de acondicionamiento y rompimiento que permiten recuperar la almendra o palmiste. (ALNICOLSA, 2015).

C) Cuesco o cascarilla de palmiste:

El palmiste es la semilla extraída del fruto de palma, conocida como almendra, esta es triturada para extraer el aceite de palmiste, quedando así un residuo sólido conocido como cascarilla o cuesco de nuez de palmiste. El cuesco posee una alta resistencia mecánica, dureza y de bajo peso; este material constituye entre 5 – 7% del peso total del fruto. El cuesco es similar a las cascaras de coco en su dureza y textura (Gaona, 2014).

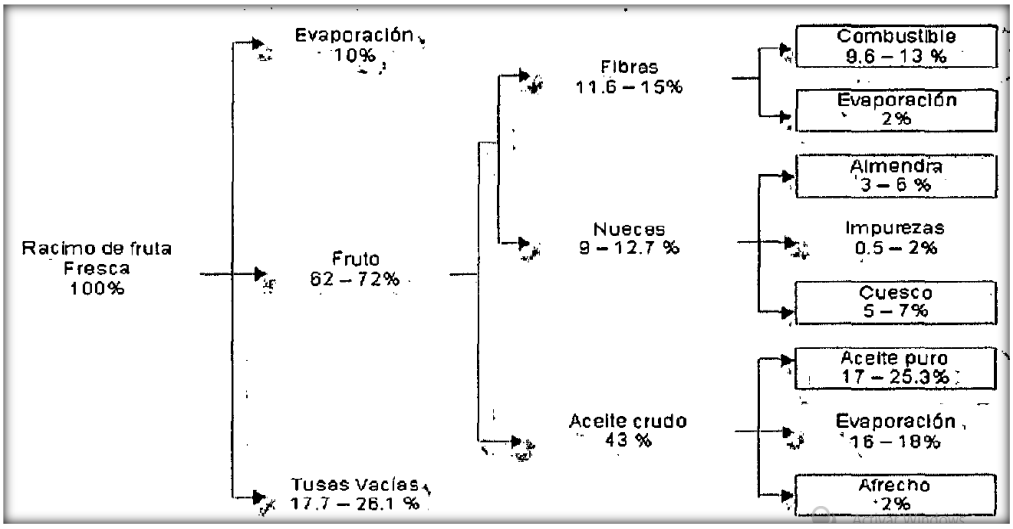


Figura 05. Diagrama de Flujo de la Transformación del Aceite de Palma.
Fuente: *Zevallos Rios, (2015).*

2.3.2.2. Características del aceite de palma

El ACP se compone de alrededor de 50% de ácidos saturados (esencialmente palmítico) y 50% de ácidos grasos insaturados (ácido oleico y linoléico). Difiere mucho de otros aceites vegetales como el de girasol o de soya, que se componen principalmente de ácidos grasos insaturados, y de los aceites de palmiste y coco, que contienen esencialmente ácidos grasos saturados. El color rojizo característico es debido a los carotenoides liposolubles (0,05 – 0,2 %), que también son responsables del contenido elevado en provitamina A del aceite de palma. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en que se utiliza dentro de productos comestibles, el aceite es decolorado y este proceso de refinado destruye la provitamina A (Barbosa Arrieta, 2006).

Algunas propiedades físico-químicas del ACP son mostradas en la tabla 10:

Tabla 10. Propiedades Físico-químicas del ACP.

Densidad (50 ºC)	0,893 g/ml
Índice Refracción (60ºC)	1 4510
Índice Yodo	196,4 - 206
Índice Saponificación	34,2 - 58,5

Fuente: *Barbosa Arrieta, (2006).*

2.4. EL SISTEMA TOHÁ

2.4.1. Historia

El método de tratamiento, Sistema Tohá, para residuos industriales líquidos orgánicos y de aguas servidas fue creado por el Profesor José Tohá Castellá junto a su equipo de colaboradores en el Laboratorio de Biofísica de la Universidad de Chile (Hernández Bórquez, 2005).

José Tohá fue médico Cirujano de la Universidad de Chile en 1947. Dedicó su talento a la investigación científica con el fin de mejorar las condiciones de vida de sus semejantes. Fue académico en el área de Fisiología en la Universidad de Concepción entre 1949 y 1955, para luego trabajar en la Universidad de Chile hasta su muerte. Fue becado en 1957 por la Rockefeller Foundation en Estados Unidos, recibió el Premio de la Sociedad de Biología de Chile en 1956 (Hernández Bórquez, 2005).

El sistema Tohá ha sido estudiado ampliamente en la estación de Cexas, Melipilla (perteneciente a EMOS), primera planta de tratamiento de aguas servidas para una población de 1,000 personas construida en 1994 con el financiamiento de FONDEF. Además se sigue estudiando en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad de Chile (Hernández Bórquez, 2005).

Los resultados de esta experiencia presentan gran eficacia en la remoción de materia orgánica, así también como la de microorganismos patógenos. Además es económica respecto a la inversión y operación del sistema en comparación con otras tecnologías utilizadas para el tratamiento de residuos industriales líquidos (Hernández Bórquez, 2005).

El sistema Tohá es un sistema ecológico de tratamiento de aguas servidas y residuos industriales líquidos utilizado en diversos lugares del país y del mundo, en definitiva para solucionar problemas de escasez de agua y mejorar las condiciones de vida. Este sistema da a lugar a un biofiltro dinámico y aeróbico que consiste en una serie de procedimientos y materiales a emplear, que sin duda son temas de estudio para diseñar y conocer el funcionamiento del Lombrifiltro, también llamado así porque a diferencia de otros Biofiltros, éste consiste en un filtro compuesto de lombrices que degradan la materia orgánica de los residuos industriales líquidos. Con el propósito de conocer la forma específica el funcionamiento de sus partes es que se trata en puntos separados los temas de interés que conllevan al lombrifiltro y el sistema de biofiltro como tal (Hernández Bórquez, 2005).

2.4.2. Descripción del Sistema Tohá

El sistema Tohá, representado esquemáticamente en la figura 6, está compuesto fundamentalmente por (Salazar Miranda, 2005):

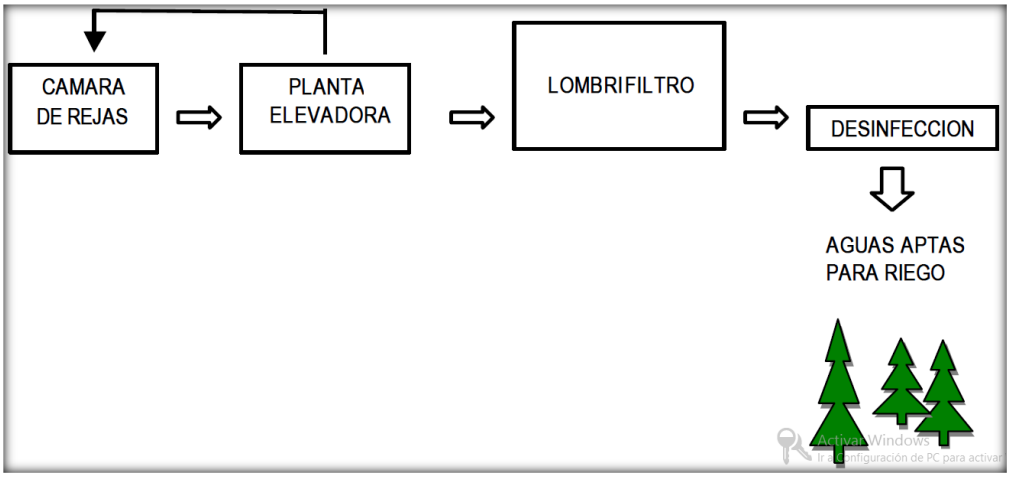


Figura 06. Esquema General del Sistema Tohá.
Fuente: *Salazar Miranda, (2005).*

Previo al lombrifiltro, se encuentra una cámara de rejas o canastillo, que cumple la función de tamizar las aguas servidas y evitar la entrada de materiales que no deben ser tratados en la planta, como plástico, basuras, etc (Salazar Miranda, 2005).

Entre la cámara de rejas y el lombrifiltro se encuentra la planta elevadora, que tendrá por objetivos, elevar el caudal de agua servida afluente a él o los módulos del lombrifiltro para poder ser tratada y otro porcentaje de agua será devuelta a la cámara de rejas, cuyo objetivo es disgregar los sólidos orgánicos que hayan sido retenidos en la cámara de rejas o canastillo (Salazar Miranda, 2005).

El afluente se retiene por un tiempo breve en la planta elevadora, para luego ser impulsada hacia el lombrifiltro. Para esto, en el fondo de esta piscina se encuentra la bomba sumergida la cual funciona con un sensor de nivel, el cual indica las partidas de la bomba, según la llegada el afluente (Salazar Miranda, 2005).

Cabe mencionar, que para el caso de una residencia privada, la planta elevadora además de cumplir con la función de elevar las aguas servidas al lombrifiltro, ésta funcionará como una cámara de rejas (Salazar Miranda, 2005).

Después el agua es llevada al lombrifiltro, construido de hormigón armado y albañilería reforzada, cuya profundidad mínima es de un metro, el ancho y largo

dependerán del diseño (volumen de agua residual a tratar), en donde el agua residual escurre por gravedad a través de éste (Salazar Miranda, 2005).

El agua residual es regada a través de un sistema de aspersión o un dosificador de flujo, sobre un lecho compuesto por distintos estratos, conteniendo en su parte superior un alto número de lombrices. El afluente percola a través de los distintos estratos del filtro, quedando retenida la materia orgánica en las capas superiores del mismo, para luego ser consumida por las lombrices y la flora bacteriana asociada (A.V.F. Ingeniería Ambiental, (2003) citado por Salazar Miranda, (2005)).

La materia orgánica del agua es consumida por las lombrices, oxidándola a anhídrido carbónico y agua, pasando una parte menor a construir masa corporal de las lombrices y otra parte mayor en deyecciones de las mismas, lo que constituye el humus de lombriz (Quezada, (2001); citado por Salazar Miranda, 2005)).

Los microorganismos presentes en el agua residual pasan a ser reducidos en dos órdenes de magnitudes debido a sustancias que son generadas por las lombrices y los demás microorganismos consumidores de materia orgánica que vive junto con las lombrices (Salazar Miranda, 2005).

Desde que el agua es asperjada sobre el filtro y sale del sistema transcurren aproximadamente 40 minutos. Este lapso es corto para que no se genere olores: el agua servida no alcanza a perder oxígeno suficiente para su descomposición. Luego, el efluente del lombrifiltro es derivado a una cámara a de desinfección. La cual puede estar compuesta por una cámara ultravioleta o de cloración en donde se logra la eliminación de las bacterias patógenas (Salazar Miranda, 2005).

El estanque de acumulación es optativo, en el cual se instalará una pequeña bomba impulsora. La que tendrá como finalidad, de utilizar las aguas tratadas de mejor manera (para riego) (Salazar Miranda, 2005).

2.4.3. Descripción de las Capas del Lombrifiltro

El lombrifiltro está compuesto de un medio filtrante y un soporte (Figura 07).

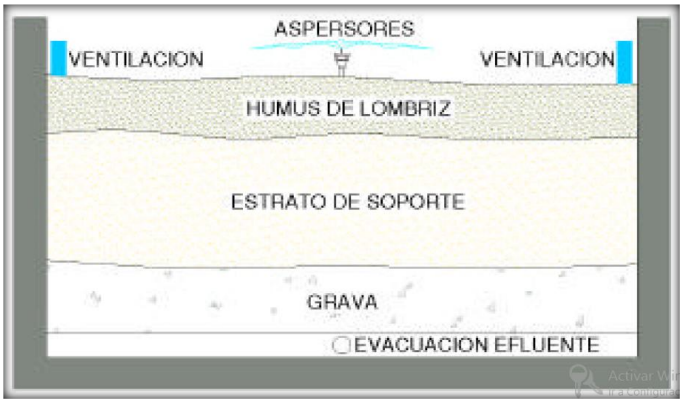


Figura 07. Capas del Lombrifiltro.
Fuente: *Salazar Miranda, (2005).*

El medio filtrante será una capa de humus de espesor teórico 2 cm. de profundidad, en el cual habitan en mancomunión microorganismos y lombrices de la especie *Eisenia foetida*. El soporte estará constituido por tres capas, la primera de ellas de aserrín o viruta (debajo del humus), la segunda, ripio o grava y la tercera de bolones (Salazar Miranda, 2005).

La primera capa de soporte y que también sirve de filtro, el aserrín o viruta, puede ser de ulmo o tepa, cuyo espesor debe ser, por lo menos, de 25 cm. para lograr la franja operativa necesaria de la lombriz en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente (Salazar Miranda, 2005).

La segunda capa estará constituida por ripio o grava y la tercera capa de bolones con un espesor aproximado de 25 cm., las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior y las de menor en la parte superior, esta capa está destinada al drenaje y aireación del sistema. En las piedras también se forma una flora bacteriana que digiere la materia orgánica del agua que pasa por ella y que no fue retenida en las capas superiores del lombrifiltro (Salazar Miranda, 2005).

Entre los estratos de aserrín y arena se dispone una malla tipo Raschell, que sirve como elemento de separación y retención para el estrato de aserrín y las lombrices.

El piso del filtro, también denominado falso fondo, consiste en un radier con cierta pendiente (aproximadamente de 1%) para que fluya el agua hacia la canaleta de evacuación, la cual también posee cierta pendiente (0,50%) (Salazar Miranda, 2005).

En el perímetro interno del lombrifiltro se instalan tubos de PVC de 110 mm. De diámetro, cada 2 metros aproximadamente, los cuales van en forma vertical, apoyados en su parte inferior en el radier y su parte superior sobresale 20 cm. del lecho filtrante (humus) (Salazar Miranda, 2005).

2.4.4. Biología de Lombriz de Tierra *(Eisenia foetida)*

La lombriz californiana o *Eisenia foetida* pertenece al Reino: Animal, División: Anélidos, Clase: Clitelados, Orden: Oligoquetos, Familia: Lombrícidos, Género: Eisenia, Especie: Foetida (Díaz, 2002).

La *Eisenia foetida*, es un anélido seleccionado para ser criado en cautiverio. Se dice que tiene un promedio de vida de 16 años, aunque en realidad vive aproximadamente tres años, y cuando muere es desintegrada rápidamente por la actividad microbiana, hongos, actinomicetos, y la misma lombriz de tierra. Se reproduce cada semana y cada día come materia orgánica equivalente a su peso, tiene 182 aparatos excretores, 6 riñones y 5 corazones. Necesita de compañía para aparearse porque es un hermafrodita incompleta, y alcanza su madures sexual a los 3 meses. En el estado adulto mide 8 a 10 centímetros de longitud después de 9 meses (Pérez Herrera, 2003).

Las lombrices no tienen pulmones, absorben el oxígeno directamente a través de su piel húmeda, ya que contienen en su cuerpo de un 75 a 90% de agua. Deben tener mucha humedad el medio ambiente para evitar la deshidratación que es letal para ellas. Los suelos secos las deshidratan, e impiden la toma requerida de oxígeno del suelo, resultando con esto su muerte (Pérez Herrera, 2003).

Su capacidad de reproducción es asombrosa: 1 000 000 de lombrices al cabo de un año se convierten en 12 000 000 y en dos años 144 000 000. Durante este tiempo habrán transformado 240 000 toneladas de estiércol en 150 000 toneladas de humus (Pérez Herrera, 2003).

Las lombrices, en su acción de transformación física y química movilizan, trituran, mezclan y airean la materia orgánica y contribuyen a la proliferación de los microorganismos, quienes a su vez metabolizan y transforman muchas sustancias que la lombriz no podría digerir por si misma; de tal forma se da esta asociación de lombrices – microorganismos, que ambas partes se benefician y en conjunto dura el justo tiempo que la lombriz tarda en comer y defecar la materia orgánica, lo que se ha calculado en no más de 4 – 5 horas (Edwards y Bholen, (1996); citado por Pérez Herrera, (2003)).

2.5. NORMATIVIDAD

En la presente investigación, se realizó comparaciones con algunas leyes, las cuales se detallan a continuación:

2.5.1. Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente

El Límite Máximo Permisible – 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 puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente.

Tabla 11. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los Efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6,5 - 8,5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	ºC	< 35

Fuente: *Decreto Supremo Nº 003 – 2010 - MINAM*

2.5.2. Artículo 121º.- Del Vertimiento de Aguas Residuales

El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales, o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas, como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

2.5.3. Ley Nº 29338, Ley de Recursos Hídricos

2.5.3.1.Artículo 83º.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a esta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia bioacumulación. La autoridad ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece criterios y la relación de sustancias prohibidas.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Geográfica

La presente investigación se desarrolló en el Área de Lombricultura del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) (coordenadas UTM: 9071529 N; 539541 E; 154 m.s.n.m.; Zona 18S), ubicada al margen derecho de la Carretera Federico Basadre Km 12,400; donde se instaló cuatro tratamientos.



Figura 08. Ubicación de la Investigación.
Fuente: *Elaboración propia.*

3.1.2. Condiciones Climáticas

Según la información proveniente de la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali (km. 6,2 C.F.B), durante el tiempo de evaluación se reportó una temperatura máxima promedio de 30,7 ºC y mínima de 22,2 ºC, con media mensual de 26,6 ºC. La precipitación pluvial promedio mensual total fue 157,9 mm. La humedad relativa media mensual fue 87 %.

3.2. METODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación determinó el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombrices de tierra (Eisenia foetida) para tratar efluentes de la Industria Palm oleo S.A.C.

El tipo de investigación es experimental ya que se manipularon deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador (Sampieri et al, 2006).

3.2.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es Exploratorio y Sampieri et al, (2006) nos menciona que el objetivo de este nivel es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. En la presente investigación se tomó como referencia el sistema de lombrifiltro usado en Chile para el tratamiento de aguas residuales domésticas y agroindustriales, pero que no se usó para el tratamiento de efluentes de industrias oleaginosas, para lo cual se adecuó este sistema al Departamento de Ucayali.

3.2.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue factorial de tres factores con dos niveles los dos primeros factores y de tres niveles el tercer factor (2 x 2 x 3) y tres repeticiones. El modelo estadístico que se empleó fue:

$$\boldsymbol{Y_{ijkl} = \mu + E_i + L_j + T_k + (EL)_{ij} + (ET)_{ik} + (LT)_{jk} + (ELT)_{ijk} + e_{ijkl}}$$

Donde:

$Y_{ijkl} =$ *Observación realizada en el i-ésimo peso de escobajo en la j-ésimo unidades de lombriz de tierra en el k-ésimo tiempo de la muestra y en el l-ésimo repetición.*

$\mu =$ *Media general de todos los tratamientos.*

$E_i =$ *Escobajo de palma aceitera.*

$i =$ *Pesos de escobajo de palma aceitera.*

L_j = *Lombrices de tierra.*

j = *Unidades de lombrices de tierra.*

T_k = *Tiempo*

k = *Quince días*

$(EL)_{ij}$ = *Interacción de peso de escobajo de palma aceitera y unidades de lombrices de tierra.*

$(ET)_{ik}$ = *Interacción de peso de escobajo de palma aceitera y quince días.*

$(LT)_{jk}$ = *Interacción de unidades de lombrices de tierra y quince días.*

$(ELT)_{ijk}$ = *Interacción de peso de escobajo de palma aceitera, unidades de lombrices de tierra y quince días.*

e_{ijk} = *Error experimental.*

Tabla 12. Análisis de la Varianza (ANOVA).

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
E[a]	1
L[b]	1
T[c]	2
E L	1
ET	2
LT	2
ELT	2
Error	24
Total	35

Fuente: *Elaboración propia.*
[a]Escobajo de palma aceitera
[b]Lombriz de tierra
[c]Tiempo

En la investigación se colocó diferentes pesos (Kg) de escobajo de palma aceitera y unidades de lombrices de tierra *(Eisenia foetida)* los cuales se distribuyó en 36 unidades experimentales. Según se aprecia en la Tabla 13.

Tabla 13. Combinaciones de 36 unidades experimentales.

Tratamientos	Combinaciones	Repeticiones
T_1	$E_1L_1T_1$	3
T_2	$E_1L_2T_1$	3
T_3	$E_2L_1T_1$	3
T_4	$E_2L_2T_1$	3
T_5	$E_1L_1T_2$	3
T_6	$E_1L_2T_2$	3
T_7	$E_2L_1T_2$	3
T_8	$E_2L_2T_2$	3
T_9	$E_1L_1T_3$	3
T_{10}	$E_1L_2T_3$	3
T_{11}	$E_2L_1T_3$	3
T_{12}	$E_2L_2T_3$	3
Total		36 unidades experimentales

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 14 se muestra los componentes de los tratamientos de acuerdo al diseño factorial que se estableció en campo.

Tabla 14. Combinaciones de 12 tratamientos del experimento factorial.

INSUMOS	**TRATAMIENTOS**											
	T1	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**T7**	**T8**	**T9**	**T10**	**T11**	**T12**
Efluente (l)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Escobajo de palma aceitera	2 Kg	2 Kg	3 Kg	3 Kg	2 Kg	2 Kg	3 Kg	3 Kg	2 Kg	2 Kg	3 Kg	3 Kg
Lombriz de tierra *(Eisenia foetida)*	200 unidades	400 unidades	200 unidades	400 unidades	200 unidades	400 unidades	200 unidades	400 unidades	200 unidades	400 unidades	200 unidades	400 unidades
Tiempo	0-15 días	0-15 días	0-15 días	0-15 días	16-30 días	16-30 días	16-30 días	16-30 días	31-45 días	31-45 días	31-45 días	31-45 días
Carbón Vegetal	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.4. Población y Muestra

3.2.4.1. Población

La población estuvo conformada por los efluentes generados en el proceso de extracción de aceite crudo de palma de la Industria Palm Oleo S.A.C.

3.2.4.2. Muestra

Se tomó como muestra 300 litros de efluente, que fueron vertidos de manera interdiaria (3 litros) en cada tratamiento para evaluar el tiempo de filtrado y mantener un ambiente adecuado para las lombrices de tierra *(Eisenia foetida)*. Las muestras que se enviaron al laboratorio estaban compuestas por 1 litro por cada parámetro (DBO y AyG) a analizar por cada tratamiento y el testigo (efluente crudo).

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Lápiz
- Lapicero
- Formatos de campo
- Capota
- Baldes
- Guantes de látex verdes de nitrilo
- Mascarilla
- 5 frascos de vidrios (1L), con tapa hermética
- 5 frascos de plástico (1L)
- Tarjetas de rotulación
- Cooler
- Tampones para oídos
- Lentes de seguridad

3.3.2. Equipos

- pH metro digital
- Termómetro digital
- Cámara digital

- Balanza digital (100Kg)
- Cronómetro

3.3.3. Herramientas

- Kit de jardinería
- Balanza Romana

3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la Figura 09 se observa los diferentes pasos y procesos que se realizó para la instalación y evaluación del experimento.

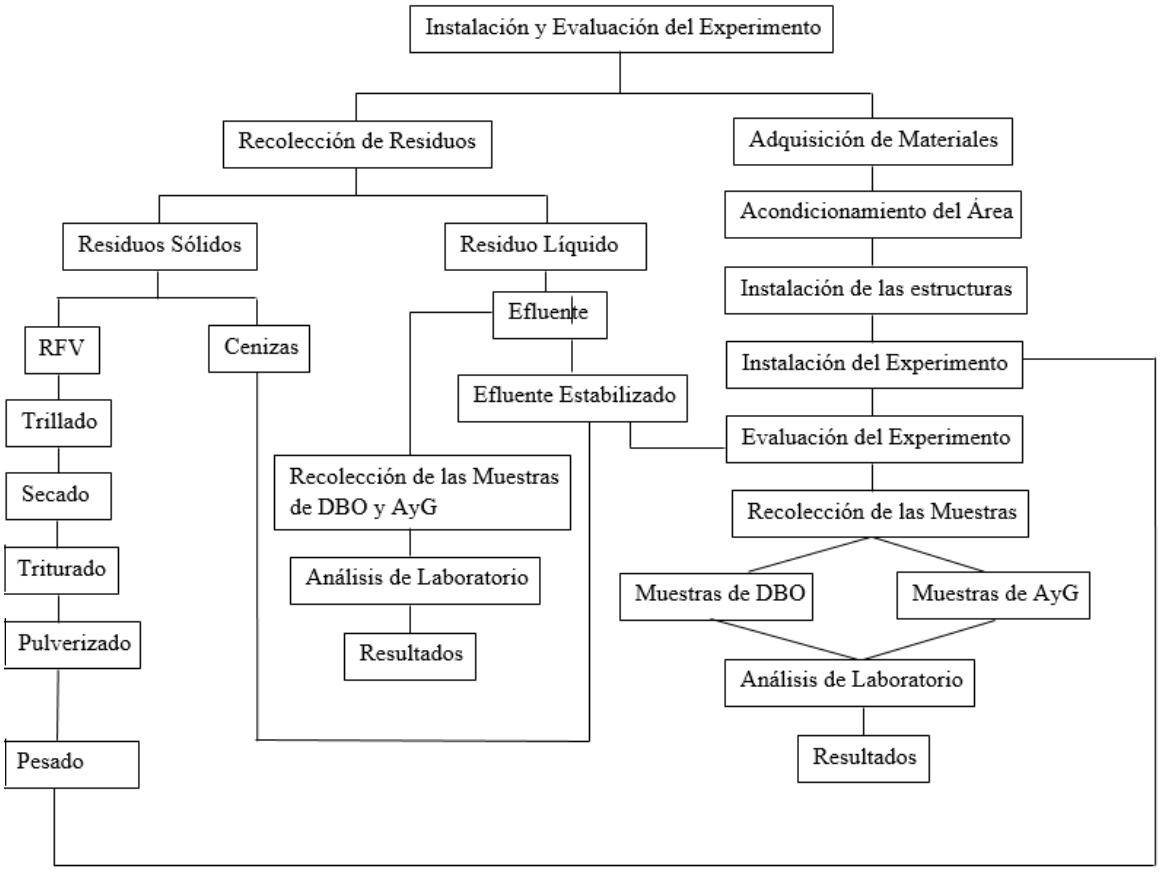


Figura 09. Pasos y procesos realizados en la tesis
Fuente: *Elaboración propia.*

3.4.1. Recolección y Pre-Tratamiento de Residuos Sólidos y Líquidos

3.4.1.1. Residuo sólido

La recolección de RFV o residuo sólido se realizó en costales de 50 Kg de capacidad, luego fue transportado al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), donde fue pesado en materia fresca. Posteriormente se realizó el trillado (separar por espiga) y se colocó al aire libre para secarlo y después fue pesado en materia seca. Luego fue triturado en la máquina trituradora de martillo, en la cual se colocó una malla de 1 cm de diámetro. Después fue pesado y transportado a la maquina pulverizadora, donde se pulverizó el escobajo y se puso una malla de 1 mm de diámetro (Figura 10).

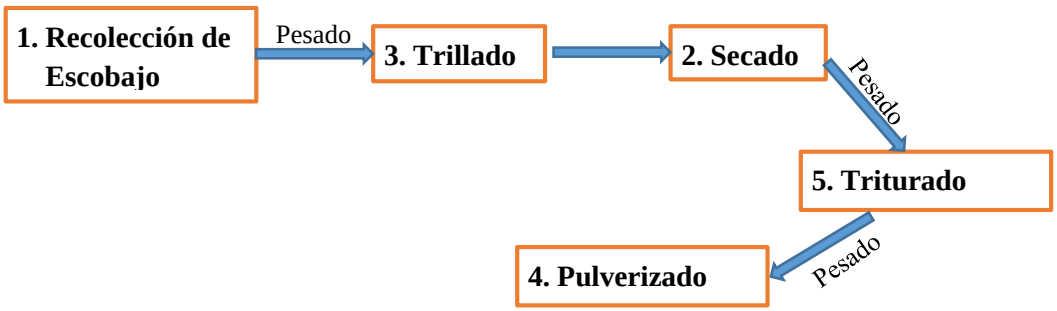


Figura 10. Diagrama de procesos del escobajo de palma aceitera
Fuente: *Elaboración propia.*

También se recolectó cenizas de la misma industria con la finalidad de ser mezclado con el efluente para estabilizar el pH y verter en el lecho con lombrices (Anexo 3).

3.4.1.2. Residuo líquido

El residuo líquido o efluente se recolectó en baldes de plástico (20L) a la salida de los tanques florentinos y se trasladó al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Posterior se pasó a medir el pH del efluente para luego verter poco a poco las cenizas y mezclarlo mediante un agitador manual hasta obtener un pH = 6,5 aproximadamente.

3.4.2. Evaluación del Tiempo de Filtrado

La evaluación de tiempo de filtro se realizó mediante un cronómetro digital y se vertió tres (3) litros de efluentes pre-tratado por día sobre el lecho de lombrices y escobajo; y se registró en el formato de campo (Ver Anexo 1) el tiempo que tardó en filtrar los 3 litros de efluentes vertido.

3.4.3. Recolección de Muestras

Las muestras de DBO fueron recolectadas después del filtro de carbón vegetal de cada tratamiento, en recipientes de plástico con capacidad de un (1) litro. Las muestras tomadas fueron de 1 L por cada tratamiento (llenados hasta el borde del envase, sin contenido de burbujas y sin preservante) y luego fue enviado al laboratorio de Natura Analítica, donde se realizó el análisis.

Las muestras de concentración AyG se realizaron después del filtro de carbón vegetal de cada tratamiento, en envases de vidrio con capacidad de 1.5 L. Las muestras tomadas fueron de 1 litro por cada tratamiento y se vertió 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) (preservante) y luego fue enviado al laboratorio de Natura Analítica, donde se realizó el análisis respectivo.

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS RECOLECTADOS

Los datos obtenidos del análisis de laboratorio y el tiempo de filtrado se sometió al programa estadístico InfoStat para el ANOVA a una probabilidad de 0.05 y se realizó la prueba de medias de LSD Fisher para determinar el mejor tratamiento (Di Rienzo, J. A. et al, 2008).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DBO DEL EFLUENTE CRUDO (TESTIGO) DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C.

El efluente crudo tuvo un comportamiento ascendente con respecto al tiempo de almacenamiento, alcanzando a los primeros 15 días un total de 5 415,70 mgDBO/l (±865,70); luego a los 30 días alcanzó un total de 7 171,87 mgDBO/l (±1303,72); por último a los 45 días se obtuvo 9 137,20 mgDBO/l (±980,61). Como se puede observar en la Figura 10, el efluente crudo aumenta la DBO mientras mayor sea el tiempo que se encuentre en el ambiente, esto se debe a que las bacterias requieren oxígeno para poder degradar la materia orgánica presente en el agua (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014), no obstante E.T. (Error Típico) es elevado y a los 30 días este puede aumentar o disminuir, en comparación a los 15 y 45 días (Figura 11 y Tabla 15).

Tabla 15. Resumen de medias y error típico de DBO del efluente crudo con respecto al tiempo.

Tratamiento	Teimpo	Variable	n	Media	E.T.
T0	15d	DBO (mg/l)	3	5415,70	± 865,70
T0	30d	DBO (mg/l)	3	7171,87	± 1303,72
T0	45d	DBO (mg/l)	3	9137,20	± 980,61

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

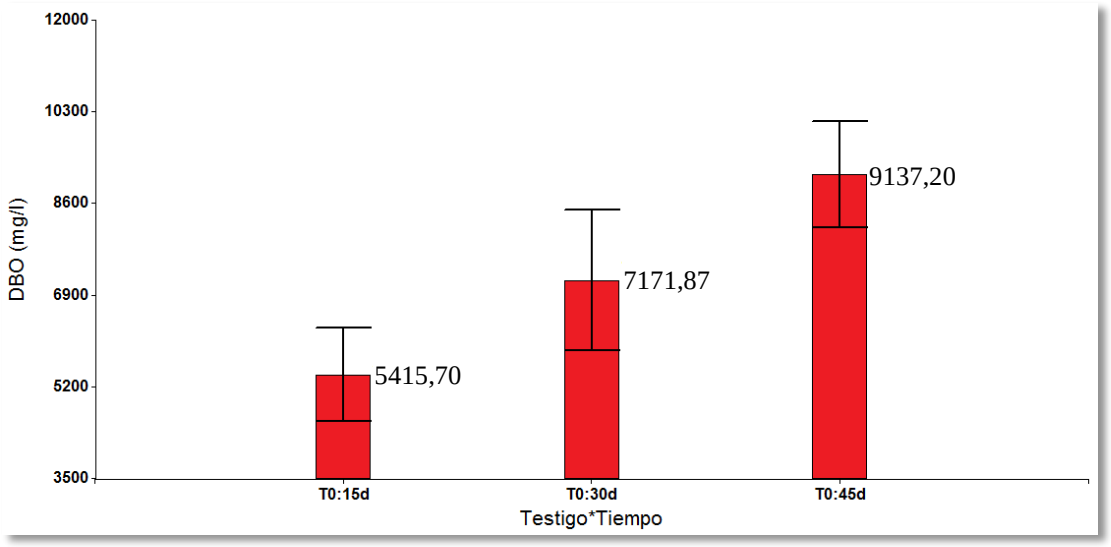


Figura 11. DBO del efluente crudo con respecto al tiempo.
Fuente: *Elaboración propia.*

Sin embargo, Petitpierre, (1982) indica que la DBO de efluentes de industrias oleaginosas en Malasia puede llegar fácilmente a 20 000 mg/l, este resultado es mayor a lo encontrado en la presente investigación, probablemente esto se deba al clima que hay en cada lugar, al tipo de análisis de la DBO y el tiempo que se encontraba el efluente en el ambiente, pero Petitpierre no hace mención ninguno de estos, lo que complica saber porque existe gran diferencia entre estos resultados.

Por otro lado, Barbosa Arrieta, (2006) realizó el análisis de la DBO del efluente de la Empresa Palmas Oleaginosas de Casacará (CESAR) Palmacará LTDA, lo cual resultó ser igual a 11 250 mg/l, lo cual es mayor a la DBO a los 45 días de la presente investigación (Figura 11), posiblemente se deba al clima o al tiempo que se encuentra este efluente en el ambiente porque el método de análisis que se utilizó es igual a lo utilizado en la presente investigación. De igual manera, Duarte Cely, (2006) analizó la DBO de los efluentes de cuatro plantas extractoras de ACP ubicadas en la zona de Puerto wilches; la primera planta obtuvo una DBO de 12 191,15 mg/l, lo cual es mayor a lo encontrado en la presente investigación; la segunda de 4 084,92 mg/l, se aproxima al resultado encontrado a los 15 días; la tercera de 2 978,38 mg/l es menor al resultado de la investigación; y la cuarta de 6 548,89 mg/l se aproxima a lo encontrado a los 30 días (Figura 11). Probablemente esto se deba al método de análisis de la DBO el cual igual para ambos casos, pero no especifica el tiempo que se encuentra el efluente en el ambiente y tampoco la temporada en que fueron tomadas estas muestras.

Sin embargo, en el Perú la DBO del efluente crudo de la empresa Oleaginosas del Perú S.A. fue 12 115,25 mg/l según lo indicado por De la Cruz Espinoza, (2016), lo cual es diferente a los datos de la investigación, probablemente se deba al método de análisis (APHA-AWWA WPCF, 1992) y el usado en la presente investigación (SM 5210 B); posiblemente las condiciones climáticas hayan afectado la DBO del efluente de Oleaginosas del Perú S.A. que se encontraban almacenadas en lagunas sin ningún tipo de protección donde la temperatura, precipitación y radiación solar afecta el metabolismo de las bacterias haciendo que la DBO sea mayor o menor acorde la temperatura del lugar (De la Cruz Espinoza, 2016), mientras que los efluentes de la presente investigación se almacenaron en lugares cerrados donde las condiciones climáticas no afectaron la DBO. De la misma manera, en la Región Ucayali OLAMSA almacena su efluente en lagunas y obtuvo una DBO igual a 25 000 mg/l, siendo aproximadamente el triple a lo encontrado (OLAMSA, 2018).

4.2. CONCENTRACIÓN DE AyG DEL EFLUENTE CRUDO (TESTIGO) DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C.

En la Figura 12 y Tabla 16 se observa que a los 45 días de haber extraído las muestras de efluente de la industria Palm Oleo S.A.C. se obtuvo 8 768,23 mg/l de concentración de AyG (± 1505,23); a los 30 días se obtuvo 6 984 mg AyG/l (± 888,13) y por último se obtuvo 2 366 mg AyG/l (± 612,82) a los 15 días; siendo de manera ascendente la concentración de este contaminante con respecto al tiempo; ya que a mayor tiempo que este se encuentre en el ambiente, mayor será el grado de contaminación. Se obtuvo que a los 45 días el error típico es mayor que a los 15 y 30 días, esto implica que la concentración de AyG en el afluente podría aumentar conforme pase el tiempo o podría ser menor (Tabla 16).

Tabla 16. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG del efluente crudo con respecto al tiempo.

Tratamiento	Teimpo	Variable	n	Media	E.T.
T0	15d	AyG (mg/l)	3	8768,23	± 1505,23
T0	30d	AyG (mg/l)	3	6983,80	± 888,13
T0	45d	AyG (mg/l)	3	2365,70	± 612,82

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

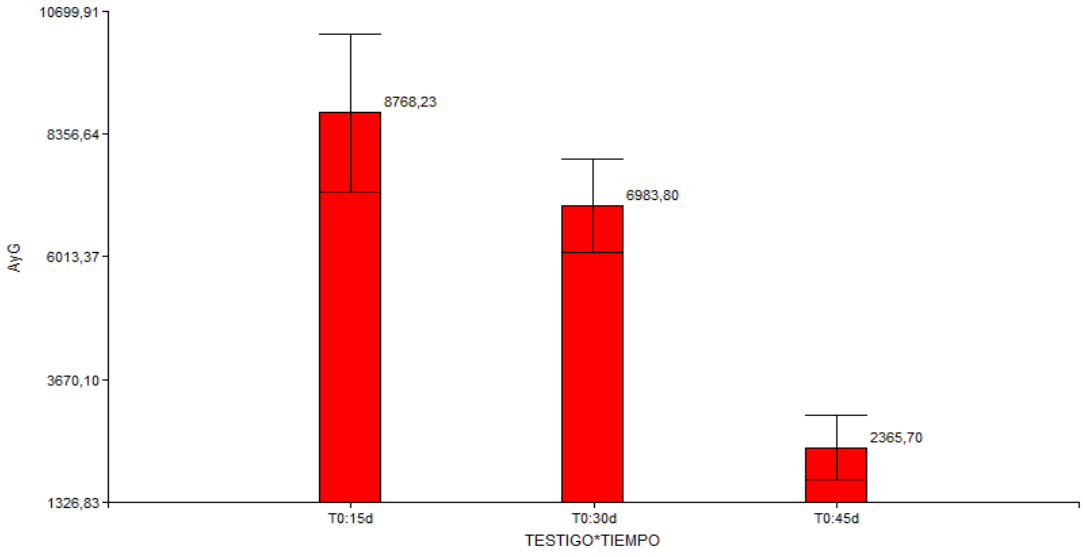


Figura 12. Concentración de AyG del efluente crudo con respecto al tiempo.
Fuente: *Elaboración propia.*

Por otra parte, en Colombia Barbosa Arrieta, (2006) analizó la concentración de AyG de la Empresa Palmas Oleaginosas de Casacará (CESAR) Palmacará LTDA, lo cual resultó 589,61 mg/l, que es menor a lo encontrado en la investigación y esto

posiblemente sea por el método de análisis, el clima y el tiempo que se encuentra este efluente en el ambiente, porque en la Figura 12 se observa que la concentración de AyG disminuye con respecto al tiempo y probablemente sea la principal razón de la diferencia entre estos efluentes. De la misma manera, Duarte Cely, (2006) encontró que la concentración de AyG en cuatro empresas dedicadas a la extracción de ACP la primera fue de 3 531,48 mg/l que es similar a lo obtenido en la presente investigación; la segunda fue 313,69 mg/l, la tercera fue 368,73 mg/l y la cuarta fue 808,44 mg/l. Los resultados de la segunda, tercera y cuarta empresa son menores a los resultados de la investigación, posiblemente esto se deba al tiempo en el cual los efluentes tienen en el ambiente y en las condiciones climáticas que se encuentran.

En la región Ucayali, OLAMSA (2018) menciona que la concentración de AyG de su efluente es igual a 15 000 mg/l que es aproximadamente el doble que al encontrado en la presente investigación (Figura 12), probablemente esta diferencia sea por el tiempo que tiene el efluente en el ambiente o en que parte de sus tratamiento haya sido tomado la muestra.

4.3. DBO DESPUES DE CADA TRATAMIENTO

En la Figura 13 y Tabla 17 se observa los resultados del análisis de la DBO de los 12 tratamientos, donde las muestras que se tomaron dentro de 15 primeros días fueron T1 con DBO igual 499,67 mg/l (± 64,66), T2 con 333,63 mg/l (± 100,02), T3 igual a 363,43 mg/l (± 102,48) y T4 igual a 309,33 mg/l (± 106,24); las muestras que se tomaron dentro de los 30 días fueron T5 con 172,93 mgDBO/l (± 61,42), T6 con 177,93 mgDBO/l (± 81,13), T7 con 215,03 mgDBO/l (± 76,76) y T8 igual a 171,17 mgDBO/l (± 70,51); por último dentro de los 45 días se obtuvo un DBO menor a las otras muestras con T9 igual a 33,37 mg/l (± 19,76), T10 con 14,60 mg/l (± 1,08), T11 con 27,27 mg/l (± 17,51) y T12 con 16,67 mg/l (± 16,67).

De acuerdo con el ANOVA realizado (Tabla 23), el factor tiempo fue el más significante ($\rho < 0,0001$), ya que mientras pasa el tiempo las lombrices van digiriendo el escobajo mezclado con la carga orgánica del efluente y lo transforman en humus y adquiere nuevas características que mejoran el filtrado del efluente, hasta obtener un DBO bajo (T10). Sin embargo, al realizar el Test de LSD Fisher comparamos las medias de cada factor y sus interacciones entre sí, resultando que no existe diferencia significante en el uso de 2 o 3 kg de escobajo (Tabla 24), al igual que en el uso de 200 o 400 unidades de lombrices (Tabla 25), pero si existen diferencias significantes con respecto a los días (15 días, 30 días y 45 días) que pasó desde que se instaló los experimentos (Tabla 26).

Tabla 17. Resumen de medias y error típico de DBO después de cada tratamiento.

Tratamientos	Escobajo	Lombriz	Tiempo	Variable	n	Media	E.T.
T1	2 kg	200 unidades	0-15 días	DBO (mg/l)	3	499,67	± 64,66
T2	2 kg	400 unidades	0-15 días	DBO (mg/l)	3	333,63	± 100,02
T3	3 kg	200 unidades	0-15 días	DBO (mg/l)	3	363,43	± 102,48
T4	3 kg	400 unidades	0-15 días	DBO (mg/l)	3	309,33	± 106,24
T5	2 kg	200 unidades	16-30 días	DBO (mg/l)	3	172,93	± 61,42
T6	2 kg	400 unidades	16-30 días	DBO (mg/l)	3	177,93	± 81,13
T7	3 kg	200 unidades	16-30 días	DBO (mg/l)	3	215,03	± 76,76
T8	3 kg	400 unidades	16-30 días	DBO (mg/l)	3	171,17	± 70,51
T9	2 kg	200 unidades	31-45 días	DBO (mg/l)	3	33,37	± 19,76
T10	2 kg	400 unidades	31-45 días	DBO (mg/l)	3	14,60	± 1,08
T11	3 kg	200 unidades	31-45 días	DBO (mg/l)	3	27,27	± 17,51
T12	3 kg	400 unidades	31-45 días	DBO (mg/l)	3	16,67	±16,67

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

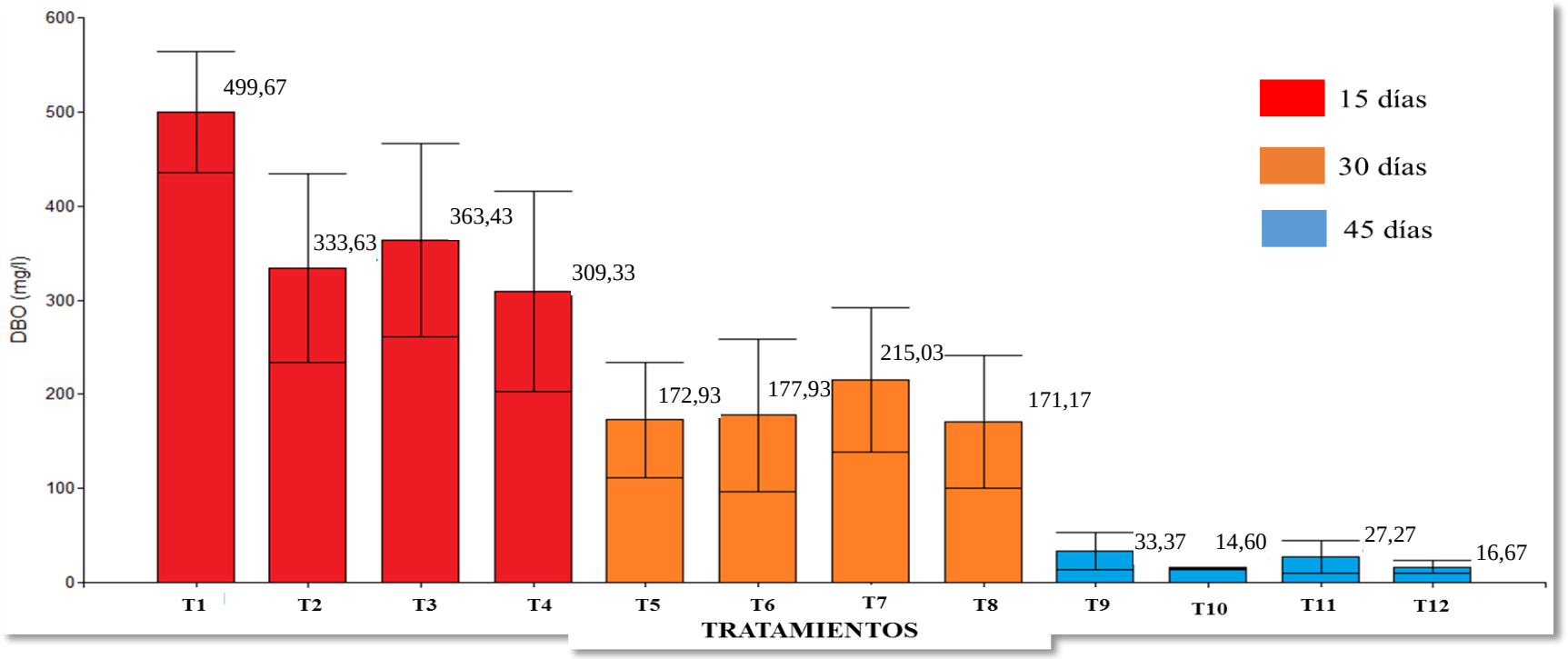


Figura 13. DBO después de cada tratamiento.

Fuente: *Elaboración propia.*

Las empresas extractoras de ACP en Malasia han optado por uso de tratamientos biológicos (biodigestores) porque los procesos físicos tales como la sedimentación, filtración, secado, floculación, centrifugación, por sí solos o combinados, demostraron ser costosos e inefectivos con el tiempo, debido al estado de dispersión y emulsificación parcial de los sólidos en suspensión en el efluente (Petitpierre, 1982). El uso de biodigestores redujo entre 85 y 95% la DBO y en la presente investigación se redujo entre 90,77 y 99,99% la DBO, obteniendo mejor calidad de agua tratada; probablemente en Malasia solo usaron el biodigestor y no un post-tratamiento para mejorar mejorar el tratamiento del agua.

Por otro lado, en la Empresa Palmas Oleaginosas de Casacará (CESAR) Palmacará LTDA; Bucaramanga-Colombia, mediante tratamiento del sistema de lagunaje, lograron reducir la DBO desde 11 250 mg/l hasta 17,5 mg/l. De la misma manera, Duarte Cely, (2006) nos menciona que en las cuatro plantas extractoras de ACP mediante sistemas de lagunajes lograron reducir: la primera redujo desde 12 191,15 mg/l hasta 78,68 mg/L; la segunda desde 4 084,92 mg/l hasta 23,94 mg/l; la tercera desde 2 978,38 mg/l hasta 5,75 mg/l; la cuarta desde 6 548,09 hasta 3,89 mg/l. los sistemas de lagunajes usados en Colombia obtuvieron una alta reducción de la DBO y en algunos casos es menor a los obtenidos en la presente investigación.

En el ámbito nacional, la empresa OLPESA obtuvo una reducción de la DBO desde 12 115,25 mg/l hasta 487,35 mg/l mediante el sistema de lagunas de oxidación (De la Cruz Espinoza, 2016). Por otra, industrias del Shanusi S.A. a su tratamiento biológico añadió el sistema de filtración y aireación a escala para mejorar el tratamiento de sus aguas residuales donde se alcanzó reducir hasta 95,92% de la DBO. No obstante, OLAMSA, (2017) optó por añadir una planta depuradora de aguas residuales a su tratamiento biológico, donde separa sólidos del agua mediante coagulante y logró reducir la DBO desde 25 000 mg/l hasta 150 mg/l. En la presente investigación se obtuvieron mejores resultados a los 45 días, obteniendo agua tratada apta para regadíos de vegetales (DBO = 20 mg/l).

En la Figura 14 y Tabla 18 se observa las medias generales de las diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra (Eisenia foetida) para el tratamiento de efluentes de la industria Palm Oleo S.A.C., obtuvo el DBO más bajo en la combinación E2L2 con 165,72 mg/l (± 56,08), seguido por E1L2 con 175,39 mg/l (± 59,19), luego E2L1 con 201,91 mg/l (± 61,29) y por último E1L1 con 235,32 mg/l (± 73,95).

Tabla 18. Resumen de medias y error típico de DBO después de cada mezcla de escobajo y lombriz.

Escobajo	Lombriz	Variable	n	Media	E.T.
E1	L1	DBO (mg/l)	9	235,32	± 73,95
E1	L2	DBO (mg/l)	9	175,39	± 59,19
E2	L1	DBO (mg/l)	9	201,91	± 61,29
E2	L2	DBO (mg/l)	9	165,72	± 56,08

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

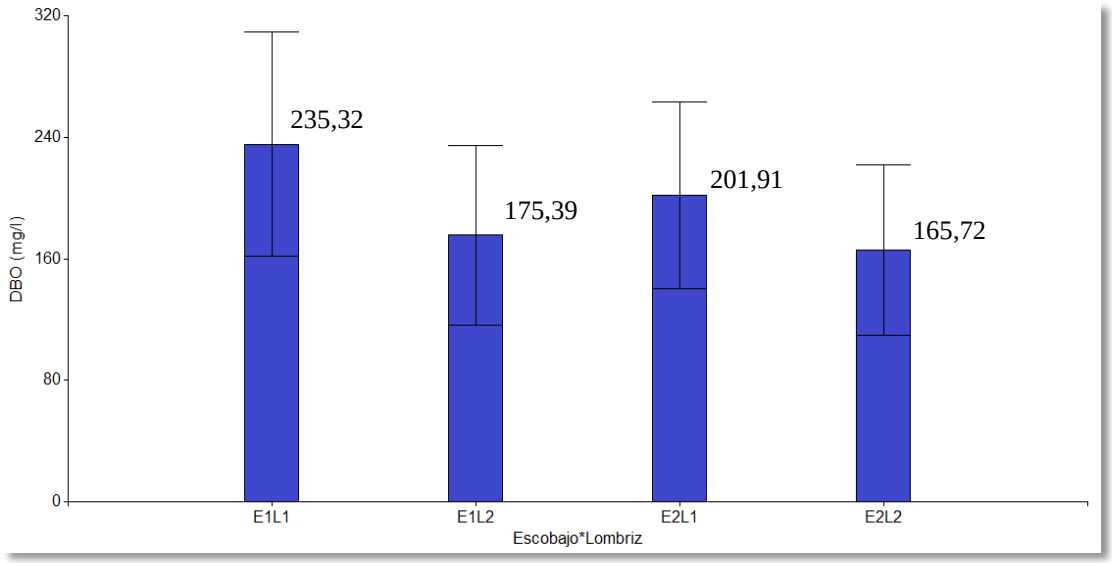


Figura 14. DBO después de cada mezcla de escobajo y lombriz.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.4. CONCENTRACIÓN DE AyG DESPUES DE CADA TRATAMIENTO

En los primeros 15 días se obtuvo la concentración de AyG más baja en el T4 con 13 mg/l (± 3,79), seguido por T2 con 17,33 mg/l (± 2,33), T1 con 17,67 mg/l (± 4,26) y T3 con 18,33 mg/l (± 6,39); a los 30 días T6 obtuvo la concentración de AyG más baja con 8,67 mg/l (± 2,96), luego T8 con 10,33 mg/l (± 3,38), seguido por T7 con 11,33 mg/l (± 2,33) y T5 con 14,00 mg/l (± 4,73); a los 45 días T10 obtuvo 3,97 mg AyG/l (± 1,07), seguido por T11 y T12 con 7,00 mg AyG/l (± 2,52 y ± 3,00 respectivamente) y T9 con 9,03 mgAyG/l (± 3,76) (Tabla 19 y Figura 15).

En el Anova (Tabla 30) se observa que el factor tiempo fue el más significante con $\rho < 0,0031$, sin embargo al realizar la prueba de LSD Fisher se observó que no existe diferencia significativa entre los 30 y 45 días, pero si existe con respecto a los 15 días (Tabla 33), porque el escobajo está absorbiendo el exceso de AyG presente en el efluente, pero el escobajo también contiene concentraciones de AyG dentro de su composición química (Ramírez Contreras et al, 2011). Por esta razón durante los 15 primeros días la concentración de AyG es mayor a los otros días. Con respecto a la comparación de media del factor escobajo y lombriz, no existe diferencia significante (Tabla 31 y 32); sin embargo, la interacción de escobajo*tiempo (Tabla 34) muestra que el uso de 2 o 3 kg de escobajo a los 30 días no existe significancia porque este muestra letras iguales (A B) con respecto a los otros. Sin embargo, en la interacción lombriz*tiempo (Tabla 35) muestra que usar 200 y 400 unidades de lombrices es significante con respecto al tiempo porque tienen letras diferentes (C y A).

Tabla 19. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG después de cada tratamiento.

Tratamientos	Escobajo	Lombriz	Tiempo	Variable	n	Media	E.T.
T1	2 kg	200 unidades	0-15 días	AyG (mg/l)	3	17,67	± 4,26
T2	2 kg	400 unidades	0-15 días	AyG (mg/l)	3	17,33	± 2,33
T3	3 kg	200 unidades	0-15 días	AyG (mg/l)	3	18,33	± 6,39
T4	3 kg	400 unidades	0-15 días	AyG (mg/l)	3	13,00	± 3,79
T5	2 kg	200 unidades	16-30 días	AyG (mg/l)	3	14,00	± 4,73
T6	2 kg	400 unidades	16-30 días	AyG (mg/l)	3	8,67	± 2,96
T7	3 kg	200 unidades	16-30 días	AyG (mg/l)	3	11,33	± 2,33
T8	3 kg	400 unidades	16-30 días	AyG (mg/l)	3	10,33	± 3,38
T9	2 kg	200 unidades	31-45 días	AyG (mg/l)	3	9,03	± 3,76
T10	2 kg	400 unidades	31-45 días	AyG (mg/l)	3	3,97	± 1,07
T11	3 kg	200 unidades	31-45 días	AyG (mg/l)	3	7,00	± 2,52
T12	3 kg	400 unidades	31-45 días	AyG (mg/l)	3	7,00	± 3

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

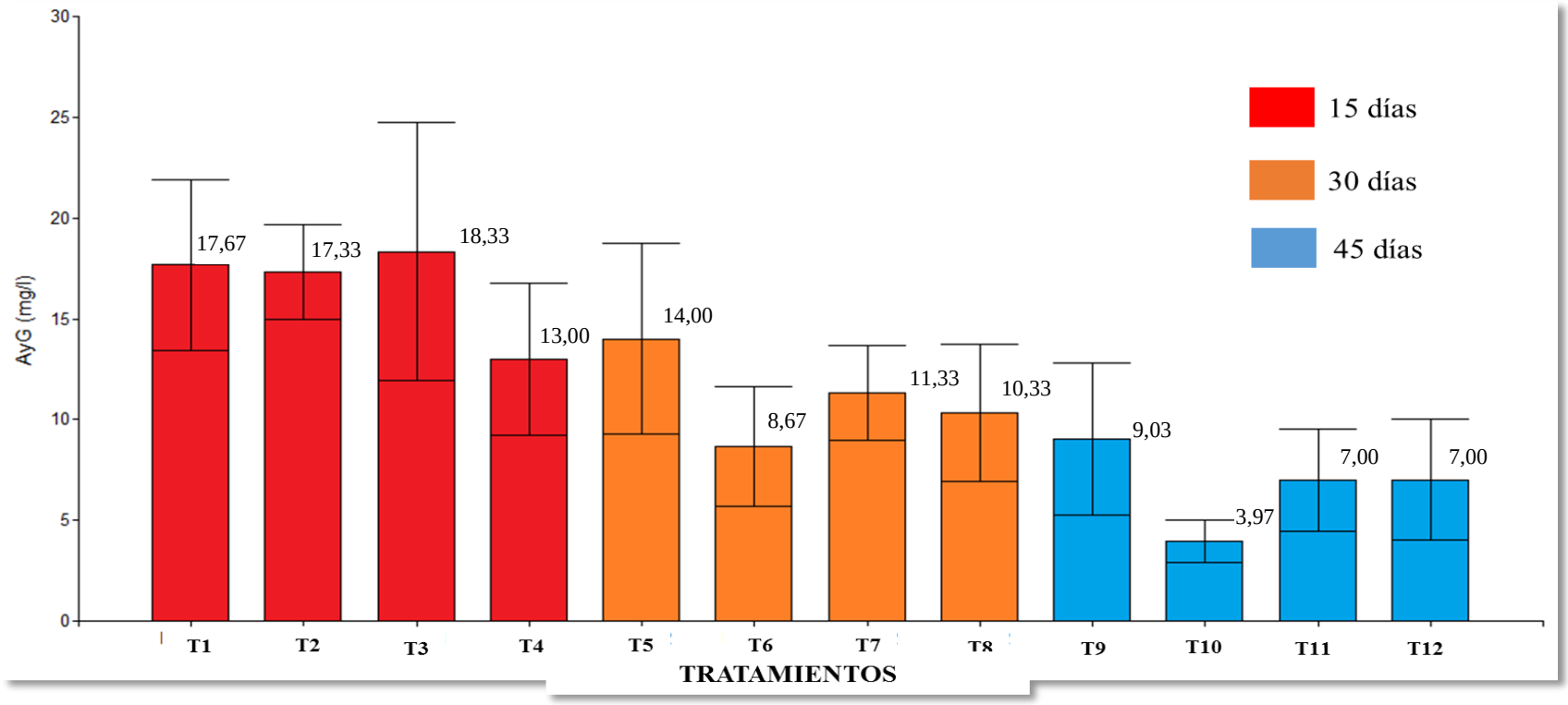


Figura 15. Concentración de AyG después de cada tratamiento.

Fuente: *Elaboración propia.*

En Colombia, Barbosa Arrieta, (2006) nos menciona que la empresa Palmas Oleaginosas de Cascará redujo la concentración de AyG de 589,61 mg/l a 15,96 mg/l mediante el sistema de lagunaje, siendo esto semejante a lo obtenido en la investigación (T5) (Figura 14 y Tabla19). Así mismo, Duarte Cely, (2006) indica que 4 plantas extractoras de ACP ubicadas en la zona de puerto wilches, redujeron la concentración de AyG en: Palmas Oleaginosas Bucarelia de 3 531,48 a 0,57 mg/l; Promociones Agropecuarias monterrey de 313,69 mg/l a 0,09 mg/l; Palmas Oleaginosas Las Brisas S.A. de 368,73 a 0,20 mg/l; Palmeras de Puerto Wilches de 808,44 a 0,02 mg/l; estos resultados son menores a los obtenidos en la investigación. Sin embargo, en nuestro país OLPESA mediante el sistema de lagunas de oxidación, lo cual es similar a lo usado en Colombia, redujo la concentración de AyG desde 4 036,3 mg/l hasta 25,8 mg/l (De la Cruz Espinoza, 2016). OLAMSA que añadió una planta depuradora de aguas residuales a su sistema biológico, redujo desde 15 000 mg/l hasta 46 mg/l en la concentración de AyG; siendo estos resultados superiores a los obtenidos en Colombia. Sin embargo, en la presente investigación se redujo hasta 3,97 mg/l de concentración de AyG, siendo mejor que los otros tratamientos usados en el país.

Dentro de los 12 tratamientos del experimento (Figura 15 y Tabla 19), el T10 resultó ser el mejor tratamiento porque redujo la concentración de AyG desde 8 768 mg/l hasta 3,97 mg/l, equivalente a 99,95% y estando por debajo del ECA aptas para regadíos de vegetales y bebidas de animales (5 mgAyG/l); no obstante, los 12 tratamientos se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles (AyG=20 mg/l) para PTAR.

En la Figura 16 y Tabla 20 se muestra las medias generales y error típico de la concentración de AyG después de cada mezcla escobajo y lombriz, obteniendo como mejor mezcla para el tratamiento del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. a E1L2 con 9,99 mg/l (± 2,26), seguido por E2L2 con 10,11 mg/l (± 1,91), después por E2L1 con 12,22 mg/l (± 2,67) y por último E1L1 con 13,57 mg/l (± 2,47).

Tabla 20. Resumen de medias y error típico de concentración de AyG después de cada mezcla de escobajo y lombriz.

Escobajo	Lombriz	Variable	n	Media	E.T.
E1	L1	AyG (mg/l)	9	13,57	± 2,47
E1	L2	AyG (mg/l)	9	9,99	± 2,26
E2	L1	AyG (mg/l)	9	12,22	± 2,67
E2	L2	AyG (mg/l)	9	10,11	± 1,91

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

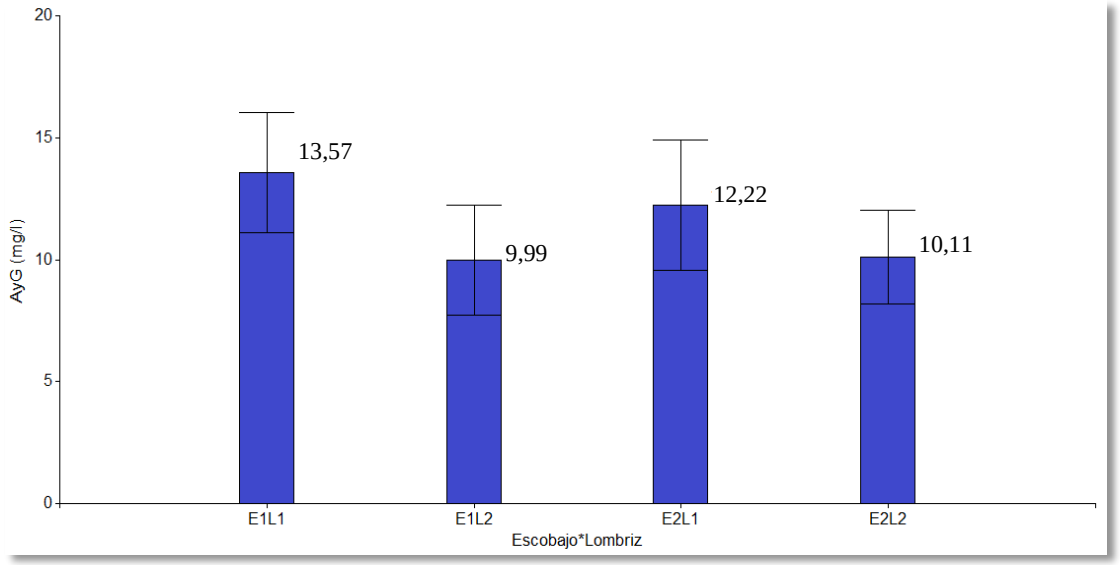


Figura 16. Concentración de AyG después de cada mezcla de escobajo y lombriz.
Fuente: *Elaboración propia.*

4.5. TIEMPO DE FILTRADO DE CADA TRATAMIENTO.

En la Figura 17 y Tabla 21 se observa que durante los primeros 15 días el tiempo de filtrado fue mayor, siendo el más alto T3 con 100,67 min (± 5,7), seguido por T4 con 96,33 min (± 5,33), luego T1 con 91,33 min (± 2,96) y el menor fue T2 con 76,67 min (± 2,19); a los 30 días el más alto fue T7 con 90,00 min (± 3,06), después T8 con 85,00 min (± 3,51), T5 con 79,00 min (± 3,21) y T6 con 69,00 min (± 4,36); a los 45 días se obtuvo a T11 como el más alto con 77,67 min (± 4,06), seguido por T12 con 73,33 min (± 4,48), luego T9 con 70,67 min (± 3,84) y por último a T10 con 59,33 min (± 4,48). Estos resultados van de manera descendiente con respecto vaya pasando el tiempo que este lleve en operación.

Los factores escobajo y tiempo fueron los más significantes en el experimento ($\rho < 0,0001$) y el factor lombriz también fue significante ($\rho < 0,0017$), lo cual indica que el tiempo de filtrado será menor mientras pase el tiempo porque las lombrices irán digiriendo la carga orgánica que quedaron adheridos en el escobajo, transformándolos en humus, lo cual disminuye el tiempo de filtrado (Tabla 37). El Test de LSD Fisher para las comparaciones de medias de los factores, mostró que existe diferencia significante entre el uso de 2 y 3 kg, resultando mejor el uso de 2 kg porque al ser menos cantidad menor será el tiempo de filtrado (Tabla 38). Sin embargo, el uso de más unidades de lombrices (400 unidades) hace que el tiempo de filtrado sea menor porque las lombrices percolan el sustrato en busca de alimento y de esa manera mejoran la aireación y el tiempo filtrado (Tabla 39).

Tabla 21. Resumen de medias y error típico de tiempo de filtrado después de cada tratamiento.

Tratamientos	Escobajo	Lombriz	Tiempo	Variable	n	Media	E.T.
T1	2 kg	200 unidades	0-15 días	TF (min)	3	91,33	± 2,96
T2	2 kg	400 unidades	0-15 días	TF (min)	3	76,67	± 2,19
T3	3 kg	200 unidades	0-15 días	TF (min)	3	100,67	± 5,7
T4	3 kg	400 unidades	0-15 días	TF (min)	3	96,33	± 5,33
T5	2 kg	200 unidades	16-30 días	TF (min)	3	79,00	± 3,21
T6	2 kg	400 unidades	16-30 días	TF (min)	3	69,00	± 4,36
T7	3 kg	200 unidades	16-30 días	TF (min)	3	90,00	± 3,06
T8	3 kg	400 unidades	16-30 días	TF (min)	3	85,00	± 3,51
T9	2 kg	200 unidades	31-45 días	TF (min)	3	70,67	± 3,84
T10	2 kg	400 unidades	31-45 días	TF (min)	3	59,33	± 4,48
T11	3 kg	200 unidades	31-45 días	TF (min)	3	77,67	± 4,06
T12	3 kg	400 unidades	31-45 días	TF (min)	3	73,33	± 4,48

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

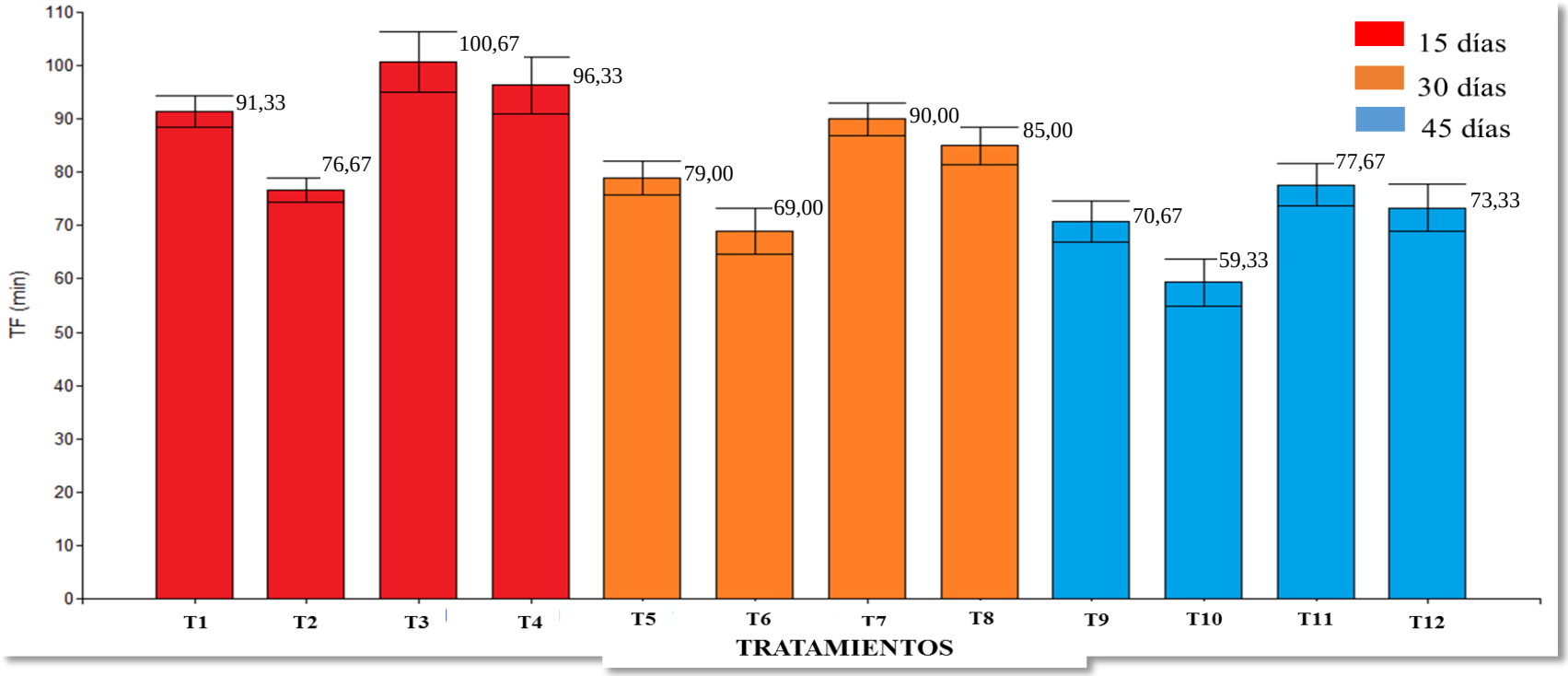


Figura 17. Tiempo de Filtrado después de cada tratamiento.
Fuente: *Elaboración propia.*

En la Figura 18 y Tabla 22 se observa que la mejor combinación con respecto al tiempo de filtrado fue E1L2 con 68,33 min (± 3,15), siendo el menor tiempo con respecto a las otras combinaciones, por consiguiente es E1L1 con 80,33 min (± 3,44), luego E2L2 con 84,89 min (± 4,01) y por último y siendo el más alto E2L1 con 89,44 min (± 3,99).

Tabla 22. Resumen de medias y error típico de tiempo de filtrado después de cada mezcla de escobajo y lombriz.

Escobajo	Lombriz	Variable	n	Media	E.T.
E1	L1	TF (min)	9	80,33	± 3,44
E1	L2	TF (min)	9	68,33	± 3,15
E2	L1	TF (min)	9	89,44	± 3,99
E2	L2	TF (min)	9	84,89	± 4,01

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

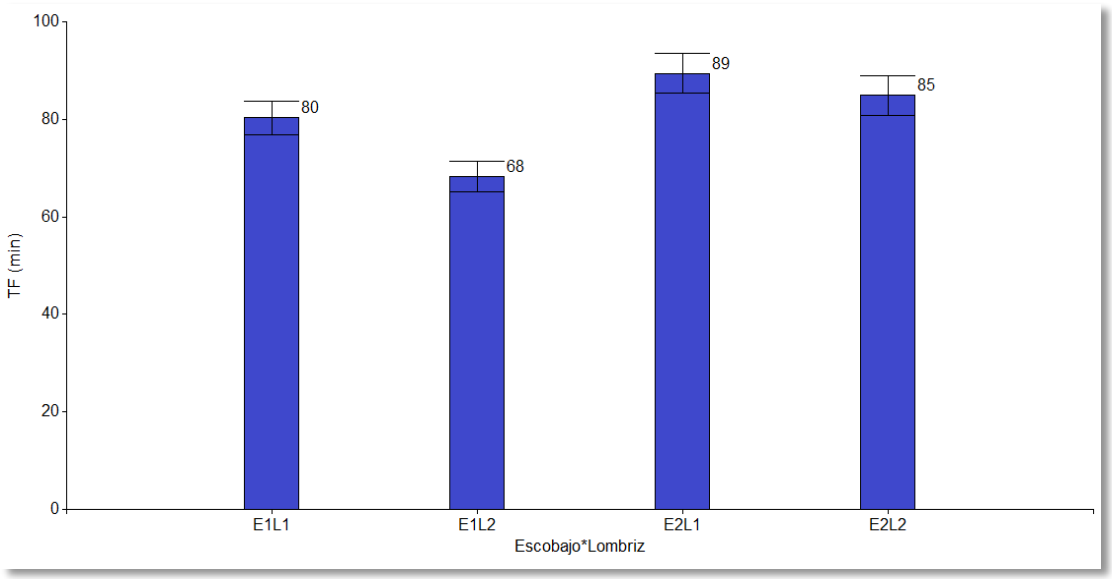


Figura 18. Tiempo de Filtrado después de cada tratamiento.
Fuente: *Elaboración propia.*

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se determinó que el mejor tratamiento para reducir la DBO y concentración de AyG del efluente de la industria Palm Oleo S.A.C. es T10 (2 kg de escobajo, 400 unidades de Lombriz a los 45 días), logrando reducir hasta 14,60 mg/l (± 1,08) de DBO; 3,97 mg/l de concentración de AyG y con un TF de 59,33 min.

- Se determinó que el efluente crudo de la Industria Palm Oleo S.A.C. tiene un DBO a los 15 días de 5 415,70 mg/l (±865,70) y se redujo hasta 309,33 mg/l (±106,24) (T4); a los 30 días fue 7 171,87 mg/l (± 1 303,72) y se redujo hasta 171,17 mg/l (±70,51) (T8); a los 45 días fue 9 137,20 mg/l (± 980,61) y se redujo hasta 14,60 mg/l (± 1,08) (T10).

- La Concentración de AyG del efluente de la Industria Palm Oleo S.A.C. tuvo su valor más alto a los 15 días con 8 768,23 mg/l (±1 505,23) y se redujo hasta 13,00 mg/l (±3,79) (T4); 6 983,80 mg/l (±888,13) a los 30 días y se redujo hasta 8,67 mg/l (±2,96) (T6); a los 45 días fue 2 365,70 mg/l (± 612,82) y se logró reducir hasta 3,97 mg/l (±1,07)(T10).

- Se determinó que a los 45 días el tiempo de filtrado es menor, resultando como mejor tratamiento el T10 con 59 min; sin embargo, T3 obtuvo el mayor tiempo de filtrado con 100,67 min (± 5,7).

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas experimentales con el humus producido en la presente investigación, con la finalidad de conocer el efecto de su aplicación en la producción de racimo de fruto fresco de las plantaciones de palma aceitera u otras plantaciones.

- Usar equipos de protección personal (guantes y mascarilla) antes de hacer contacto con las aguas residuales porque tienen un alto contenido de bacterias que pueden afectar la salud.

- Aumentar y promocionar las investigaciones en tratamiento de aguas residuales industriales y/o domésticas para generar nuevos conocimientos y tecnologías que beneficiarán la calidad del agua superficial en nuestro país.

- Considerar la reutilización del agua tratada como fertilizante líquido y realizar experimentos para conocer el efecto de su aplicación en la producción de diferentes plantaciones agrícolas.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALNICOLSA. (18 de Agosto de 2015). *Aceite de Palma: Usos, Orígenes e Impactos. Obtenido de Desfibración de la Torta y recuperación de las nueces.* Obtenido de http://taninos.Tripod.com/aceitepalma.htm

- Barbosa Arrieta, J. L. (2006). Evaluación del Arranque, Operación y Seguimiento del Sistema de Tratamiento *Biológico de Efluentes Residuales de la Empresa Palmas Oleaginosas Casacará (CESAR) Palmacará LTDA. Pág. 10.* Obtenido de http://studylib.es/doc/8026767/evaluación-del-arranque--operación-y-seguimiento-del-Sistema-de-Tratamiento-Biológico-de-Efluentes-Residuales-de-la-Empresa-Palmas-Oleaginosas-Casacará-(CESAR)-Palmacará-LTDA.

- Camilo A. Cortés G. et all. (2006). Respuesta de Palma de Vivero a la Aplicación de Residuos de la Planta Extractora. Desarrollo vegetativo y distribución de materia seca. *PALMAS*, 23-28.

- Conil, P. (1997). *La Valorización de los Subproductos de la Planta de Tratamiento de los Efluentes de la Extractora de Aceite de Palma "Palmar Santa Elena" en Tumaco, Colombia. Pág. 2.* Obtenido de https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/792/792

- Dammert B. et al. (Junio de 2012). *Potenciales Impactos Ambientales y Sociales del Establecimiento de Cultivos de Palma Aceitera en el Departamento de Loreto. Cuaderno de Investigacón Nº 8. pág. 09.* Obtenido de http://www.biofuelobservatory.org/Documentos/Otros/Potenciales-Impactos-Ambientales-y-Sociales-del-establecimiento-de-Cultivos-de-Palma-Aceitera-en-el-Departamento-de-Loreto.pdf

- De la Cruz Espinoza, R. D. (11 de Enero de 2016). *Evaluación Fisicoquímica de las Aguas Residuales Industriales Tratadas en el Sistema de Lagunas de Oxidación de la Empresa Oleaginosas del Perú S.A. Pág. 30-45.* Obtenido de https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVALUACI%C3%93N%20FISICOQU%C3%8DMICA%20DE%20LAS%20AGUAS%20RESIDUALES%20INDUSTRIALES%20TRATADAS%20EN%20EL%20SISTEMA%20DE%20LAGUNAS%20DE%20OXIDACI%C3%93N%20DE%20LA%20EMPRESA

- Di Rienzo, J. A. et al. (2008). InfoStat, versión 2008. *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*.

- Díaz, E. (2002). Lombricultura una Alternativa de Producción para emprendedores y productores del agro. *Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior*, pp. 08 - 10.

- DRAU. (Marzo de 2018). Producción de Aceite Crudo de Palma en la Región de Ucayali. (J. A. Delgado Saenz, Entrevistador)

- Duarte Cely, S. R. (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. Pág. 20.* Obtenido de http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7574/2/120213.pdf

- Elijah Ige, Ohimain et al. (10 de 08 de 2016). Environmental Impacts of Oil Palm Processing in Nigeria. Pág. 137-138. *Biotechnological research Vol. 2(3)*, pp. 132-141. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/311709429_Environmental_Impacts_of_Oil_Palm_Processing_in_Nigeria

- Gaona, D. (2014). *Mezcla de Cascarilla de Nuez de Palmiste y Raquis como Combustible Alternativo para Generación Eléctrica.* Quito: Tesis de Grado para la Obtención del Título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador.

- Gronerth Rengifo, D., & Peña Malca, E. (2015). *Aplicación del Sistema de Filtración y Aireación a Escala a partir del Efluente del Decanter para el mejoramiento del STAR de Industrias del Shanusi S.A., Yurimaguas, Moyobamba-Perú.* Obtenido de http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2583/SANITARIA%20-%20Dante%20Gronerth%20y%20Elizabeth%20Pe%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Hernández Bórquez, Y. P. (2005). *Anteproyecto de Construcción para Aplicación de Lombricultura al Tratamiento de Planta Llau-Llao de Salmonera Invertec S.A. Pág. 69-71.* Obtenido de cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557a/doc/bmfcih557a.pdf.

- Ibañez, J. Q. (30 de Marzo de 2015). *Plan de Gestión de Manejo de Sistema Sanitario de Aguas Servidas por Sistema Tohá, Putre-Chile. Pág. 4-14.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/.../1PlanManejoSistAguasResidualesSistToha-Putre

- Jaramillo, R. (2012). *Ventajas Económicas y Ambientales de Industrializar los Desechos de Palma Aceitera.* Tingo María: II Congreso Internacional de Palma Aceitera.

- Ma.A.N.;Cheah,S.C;Chow. M.C. (1990). *Current Status on Treatment of Palm Oil Industrial Wastes in Malaysia.* Mardi: Workshop of the NationalWorking Group for Enviromental Biotechnology.

- Martínez, G. (05 de Octubre de 2013). *Seminario: "La Agroindustria de la Palma de Aceite: un negocio sostenible e inclusivo". Pág. 9-11.* Obtenido de http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Panoramaagroindustriapalmeraretosyoportunidades_opt.pdf

- MINAGRI. (2012). *Principales aspectos de la cadena agroproductiva de la PALMA ACEITERA. Pág. 10-15.* Lima: Dirección de Información Agraria.

- Miranda, E., & Panduro, G. (2014). Determinación del Tiempo de Descomposición del Escobajo de Palma Aceitera (Elaeisguineensis, jacq), bajo condiciones ambientales en el Distrito de Campo Verde-Provincia de Coronel Portillo. *Tzhoecoen*, VOL. 6/ Nº 1, ISSN: 1997-3985.

- Múnevar, F. (2001). *Fertilización de la Palma de Aceite para Obtener Altos Rendimientos. Pág. 10.* Obtenido de https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/888/888.

- OLAMSA. (mayo de 2018). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. (J. A. Saenz, Entrevistador)

- Pérez Herrera, J. A. (2003). *Cinética de la Lombriz de Tierra (Eisenia foetida) (Edwards y Bholen, (1996)) en la generación de Humus para la Producción de Nopal Verdura. Pág. 41- 44.* Obtenido de http://eprints.uanl.mx/5394/1/1020149305.PDF

- Petitpierre, G. (1982). *Tratamiento del Efluente del Aceite de Palma y Producción de Biogás. Pág. 21-22*. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/41-41-1-PB.pdf

- Salazar Miranda, P. I. (2005). *Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Pág. 73 - 78.* Valdivia: Universidad Austral de Chile.

- Sampieri, R. H. et al. (2006). *Concepción o Elección del Diseño de Investigación. En Metodología de la Investigación Sexta Edición. Pág. 188-192.* México: McGrawHill.

- Torres, R et al. (2004). Proyecto Comercial de Compostaje de los Desechos Agroindustriales de la Palma Aceitera. *Palmas. Vol. 25 (Especial, Tomo II)*, pp. 379-380.

- Van Dam, J. (2016). Subproductos de la Palma de Aceite como Materias Primas de Biomasa. *Palmas, 37(Especial Tomo II)* , pp. 149-156.

- Yeow, K.H. & Gurmit Singh. (1983). *Land application of plantation effluent.* MOPGC/MRPC international Report.

- Zevallos Rios, S. P. (2015). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali. Pág. 25-30.* Pucallpa.

ANEXOS

ANEXO 1. ANALISIS ESTADISTICO

A) Variable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (mg/l)

Tabla 23. Anova con respecto a la variable DBO.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
DBO (mg/l)	36	0,70	0,57	61,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	821502,63	11	74682,06	5,16	0,0004
Escobajo	4175,10	1	4175,10	0,29	0,5963
Lombriz	20789,31	1	20789,31	1,44	0,2426
Tiempo	751863,46	2	375931,73	25,96	<0,0001
Escobajo*Lombriz	1268,67	1	1268,67	0,09	0,7698
Escobajo*Tiempo	16100,85	2	8050,42	0,56	0,5808
Lombriz*Tiempo	17335,56	2	8667,78	0,60	0,5576
Escobajo*Lombriz*Tiempo	9969,68	2	4984,84	0,34	0,7122
Error	347576,00	24	14482,33		
Total	1169078,62	35			

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 24. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo.

Error: 14482,3332 gl: 24

Escobajo	Medias	n	E.E.	
3k	183,82	18	28,37	A
2k	205,36	18	28,37	A

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Donde:

2k = Dos kilogramos de escobajo de palma aceitera.

3k = Tres kilogramos de escobajo de palma aceitera.

Tabla 25. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz.

Error: 14482,3332 gl: 24

Lombriz	Medias	n	E.E.	
400u	170,56	18	28,37	A
200u	218,62	18	28,37	A

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Donde:

200u = Doscientas unidades de lombrices de tierra *(Eisenia foetida).*

400u = Cuatrocientas unidades de lombrices de tierra *(Eisenia foetida).*

Tabla 26. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor tiempo.

Error: 14482,3332 gl: 24

Tiempo	Medias	n	E.E.		
45d	22,98	12	34,74	A	
30d	184,27	12	34,74		B
15d	376,52	12	34,74		C

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Donde:

15d = Quince días.

30d = Treinta días.

45d = Cuarenta y cinco días.

Tabla 27. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo.

Error: 14482,3332 gl: 24

Escobajo	Tiempo	Medias	n	E.E.			
3k	45d	21,97	6	49,13	A		
2k	45d	23,98	6	49,13	A		
2k	30d	175,43	6	49,13		B	
3k	30d	193,10	6	49,13		B	C
3k	15d	336,38	6	49,13			C D
2k	15d	416,65	6	49,13			D

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 28. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo.

Error: 14482,3332 gl: 24

Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.			
400u	45d	15,63	6	49,13	A		
200u	45d	30,32	6	49,13	A		
400u	30d	174,55	6	49,13		B	
200u	30d	193,98	6	49,13		B	C
400u	15d	321,48	6	49,13			C D
200u	15d	431,55	6	49,13			D

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 29. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo.

Error: 14482,3332 gl: 24

Escobajo	Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.			
2k	400u	45d	14,60	3	69,48	A		
3k	400u	45d	16,67	3	69,48	A		
3k	200u	45d	27,27	3	69,48	A		
2k	200u	45d	33,37	3	69,48	A		
3k	400u	30d	171,17	3	69,48	A	B	
2k	200u	30d	172,93	3	69,48	A	B	
2k	400u	30d	177,93	3	69,48	A	B	
3k	200u	30d	215,03	3	69,48	A	B	
3k	400u	15d	309,33	3	69,48		B	C
2k	400u	15d	333,63	3	69,48		B	C
3k	200u	15d	363,43	3	69,48		B	C
2k	200u	15d	499,67	3	69,48			C

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

B) Variable: Concentración de AyG (mg/l)

Tabla 30. Anova con respecto a la variable concentración AyG

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
AyG (mg/l)	36	0,43	0,17	54,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	719,98	11	65,45	1,66	0,1433
Escobajo	3,36	1	3,36	0,09	0,7725
Lombriz	72,82	1	72,82	1,85	0,1862
Tiempo	582,89	2	291,44	7,41	0,0031
Escobajo*Lombriz	4,84	1	4,84	0,12	0,7288
Escobajo*Tiempo	8,22	2	4,11	0,10	0,9011
Lombriz*Tiempo	0,60	2	0,30	0,01	0,9924
Escobajo*Lombriz*Tiempo	47,25	2	23,62	0,60	0,5564
Error	943,61	24	39,32		
Total	1663,59	35			

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 31. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo.

Error: 39,3172 gl: 24

Escobajo	Medias	n	E.E.	
3k	11,17	18	1,48	A
2k	11,78	18	1,48	A

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 32. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz.

Error: 39,3172 gl: 24

Lombriz	Medias	n	E.E.	
400u	10,05	18	1,48	A
200u	12,89	18	1,48	A

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 33. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor tiempo.

Error: 39,3172 gl: 24

Tiempo	Medias	n	E.E.		
45d	6,75	12	1,81	A	
30d	11,08	12	1,81	A	
15d	16,58	12	1,81		B

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 34. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo.

Error: 39,3172 gl: 24

Escobajo	Tiempo	Medias	n	E.E.		
2k	45d	6,50	6	2,56	A	
3k	45d	7,00	6	2,56	A	
3k	30d	10,83	6	2,56	A	B
2k	30d	11,33	6	2,56	A	B
3k	15d	15,67	6	2,56		B
2k	15d	17,50	6	2,56		B

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 35. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo.

Error: 39,3172 gl: 24

Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.			
400u	45d	5,48	6	2,56	A		
200u	45d	8,02	6	2,56	A	B	
400u	30d	9,50	6	2,56	A	B	
200u	30d	12,67	6	2,56	A	B	C
400u	15d	15,17	6	2,56		B	C
200u	15d	18,00	6	2,56			C

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 36. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo.

Error: 39,3172 gl: 24

Escobajo	Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.			
2k	400u	45d	3,97	3	3,62	A		
3k	200u	45d	7,00	3	3,62	A	B	
3k	400u	45d	7,00	3	3,62	A	B	
2k	400u	30d	8,67	3	3,62	A	B	C
2k	200u	45d	9,03	3	3,62	A	B	C
3k	400u	30d	10,33	3	3,62	A	B	C
3k	200u	30d	11,33	3	3,62	A	B	C
3k	400u	15d	13,00	3	3,62	A	B	C
2k	200u	30d	14,00	3	3,62	A	B	C
2k	400u	15d	17,33	3	3,62		B	C
2k	200u	15d	17,67	3	3,62			C
3k	200u	15d	18,33	3	3,62			C

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

C) Variable: Tiempo de Filtrado (min)

Tabla 37. Anova con respecto a la variable tiempo de filtrado.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
TF (min)	36	0,81	0,72	8,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4913,42	11	446,67	9,07	<0,0001
Escobajo	1482,25	1	1482,25	30,11	<0,0001
Lombriz	616,69	1	616,69	12,53	0,0017
Tiempo	2646,00	2	1323,00	26,88	<0,0001
Escobajo*Lombriz	124,69	1	124,69	2,53	0,1246
Escobajo*Tiempo	26,00	2	13,00	0,26	0,7701
Lombriz*Tiempo	6,89	2	3,44	0,07	0,9326
Escobajo*Lombriz*Tiempo	10,89	2	5,44	0,11	0,8957
Error	1181,33	24	49,22		
Total	6094,75	35			

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 38. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor escobajo.

Error: 49,2222 gl: 24

Escobajo	Medias	n	E.E.		
2k	74,33	18	1,65	A	
3k	87,17	18	1,65		B

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 39. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor lombriz.

Error: 49,2222 gl: 24

Lombriz	Medias	n	E.E.		
400u	76,61	18	1,65	A	
200u	84,89	18	1,65		B

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 40. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias del factor tiempo.

Error: 49,2222 gl: 24

Tiempo	Medias	n	E.E.			
45d	70,25	12	2,03	A		
30d	80,75	12	2,03		B	
15d	91,25	12	2,03			C

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 41. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo y tiempo.

Error: 49,2222 gl: 24

Escobajo	Tiempo	Medias	n	E.E.				
2k	45d	65,00	6	2,86	A			
2k	30d	74,00	6	2,86		B		
3k	45d	75,50	6	2,86		B		
2k	15d	84,00	6	2,86			C	
3k	30d	87,50	6	2,86			C	
3k	15d	98,50	6	2,86				D

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 42. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores lombriz y tiempo.

Error: 49,2222 gl: 24

Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.				
400u	45d	66,33	6	2,86	A			
200u	45d	74,17	6	2,86	A	B		
400u	30d	77,00	6	2,86		B	C	
200u	30d	84,50	6	2,86			C	D
400u	15d	86,50	6	2,86				D
200u	15d	96,00	6	2,86				E

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

Tabla 43. Test de LSD Fisher para comparaciones de medias de la interacción entre los factores escobajo, lombriz y tiempo.

Error: 49,2222 gl: 24

Escobajo	Lombriz	Tiempo	Medias	n	E.E.					
2k	400u	45d	59,33	3	4,05	A				
2k	400u	30d	69,00	3	4,05	A	B			
2k	200u	45d	70,67	3	4,05	A	B			
3k	400u	45d	73,33	3	4,05		B	C		
2k	400u	15d	76,67	3	4,05		B	C		
3k	200u	45d	77,67	3	4,05		B	C		
2k	200u	30d	79,00	3	4,05		B	C	D	
3k	400u	30d	85,00	3	4,05			C	D	E
3k	200u	30d	90,00	3	4,05				D	E
2k	200u	15d	91,33	3	4,05					E
3k	400u	15d	96,33	3	4,05					E
3k	200u	15d	100,67	3	4,05					

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

Fuente: *Di Rienzo, J. A. et al, (2008).*

ANEXO 2. FORMATOS DE CAMPO

A) ESCOBAJO O RFV

ID	NOMBRE DEL EVALUADOR	LUGAR DE RECOLECCIÓN	FECHA	PESO FRESCO DE ESCOBAJO (Kg)	FECHA DE SECADO	PESO SECO DE ESCOBAJO (Kg)	FECHA DE TRITURADO	**TRITURADO 1** (TRITURADORA DE MARTILLO)			FECHA DE PULVERIZADO	**TRITURADO 2** (Pulverizadora)		TOTAL DE ESCOBAJO TRITURADO (kg)
								Escobajo triturado (kg)	Recuperar (kg)	Resto (kg)		Escobajo triturado (kg)	Resto (kg)	
1	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	12/10/2017	22,7	14/10/2017	12,8	15/10/2017	8,4	3,7	0,6	17/10/2017	3,1	0,6	11,5
2	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	06/02/2018	25,5	08/02/2018	13,1	09/02/2018	9,1	3,5	0,5	11/02/2018	2,5	0,9	11,6
3	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	16/04/2018	28,4	18/04/2018	14,3	19/04/2018	9,6	4,1	0,6	21/04/2018	3,4	0,7	13

B) EFLUENTE

ID	NOMBRE DEL EVALUADOR	LUGAR DE RECOLECCIÓN	FECHA	RECIPIENTE		VOLUMEN DE EFLUENTE (L)	pH DEL EFLUENTE	PESO DE CENIZAS RECOLECTADOS (kg)
				Tipo	Cantidad			
1	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	19/10/2017	Baldes de Plastico HR (20 L)	15	300	4,98	24,4
2	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	13/02/2018	Baldes de Plastico HR (20 L)	15	300	4,94	23,7
3	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	PALM OLEO S.A.C.	23/04/2018	Baldes de Plastico HR (20 L)	15	300	4,97	25,1

C) ESTABILIZACIÓN DE pH

ID	NOMBRE DEL EVALUADOR	FECHA	pH inicial	ESTABILIZACIÓN DE pH		
				Litros de efluente	kg de cenizas	pH final
1	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	19/09/2017	4,98	20	1,40	6,14
2	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	22/09/2017	4,92	20	1,45	6,12
3	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	26/09/2017	4,85	20	1,49	6,11
4	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	30/09/2017	4,77	20	1,52	6,08
5	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	02/10/2017	4,70	20	1,56	6,05
6	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	04/10/2017	4,64	20	1,60	6,01
7	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	06/10/2017	4,57	20	1,63	6,00
8	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10/10/2017	4,51	20	1,68	5,98
9	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	12/10/2017	4,42	20	1,73	5,97
10	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	16/10/2017	4,34	20	1,77	5,94
11	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	20/10/2017	4,27	20	1,80	5,93
12	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	22/10/2017	4,22	20	1,83	5,93
13	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	26/10/2017	4,17	20	1,87	5,91
14	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	30/10/2017	4,13	20	1,92	5,89
15	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	02/11/2017	4,05	20	1,99	5,89
16	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	13/02/2018	4,94	20	1,40	6,13
17	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	16/02/2018	4,90	20	1,45	6,10
18	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	20/02/2018	4,86	20	1,49	6,09
19	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	24/02/2018	4,81	20	1,52	6,08
20	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	26/02/2018	4,76	20	1,56	6,06

21	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	28/02/2018	4,69	20	1,60	6,00
22	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	02/03/2018	4,63	20	1,63	5,98
23	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	04/03/2018	4,53	20	1,68	5,96
24	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	08/03/2018	4,47	20	1,73	5,95
25	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10/03/2018	4,39	20	1,77	5,94
26	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	14/03/2018	4,32	20	1,80	5,91
27	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	18/03/2018	4,28	20	1,83	5,89
28	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	20/03/2018	4,23	20	1,87	5,88
29	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	24/03/2018	4,18	20	1,92	5,85
30	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	28/03/2018	4,12	20	1,99	5,83
31	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	23/04/2018	4,97	20	1,40	6,15
32	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	26/04/2018	4,95	20	1,45	6,12
33	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	30/04/2018	4,93	20	1,49	6,10
34	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	04/05/2018	4,85	20	1,52	6,09
35	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	06/05/2018	4,83	20	1,56	6,06
36	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	08/05/2018	4,80	20	1,60	6,02
37	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10/05/2018	4,76	20	1,63	5,99
38	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	12/05/2018	4,73	20	1,68	5,96
39	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	16/05/2018	4,68	20	1,73	5,91
40	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	18/05/2018	4,66	20	1,77	5,88
41	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	22/05/2018	4,57	20	1,80	5,87
42	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	26/05/2018	4,49	20	1,83	5,84
43	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	28/05/2018	4,46	20	1,87	5,83
44	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	01/06/2018	4,38	20	1,92	5,79
45	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	05/06/2018	4,31	20	1,99	5,76

D) TIEMPO DE FILTRADO

ID	TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN	NUMERO DE REPETICIÓN	CÓDIGO	FECHA DE EVALUACIÓN	NOMBRE DEL EVALUADOR	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	TIEMPO DE FILTRADO (min)	OBSERVACIONES
1	T1	E1L1T1	R1	T1R1	20/09/2017 al 05/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:55	10:25	90	
2	T2	E1L2T1	R1	T2R1	20/09/2017 al 05/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:03	10:18	75	
3	T3	E2L1T1	R1	T3R1	20/09/2017 al 05/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:08	10:44	96	
4	T4	E2L2T1	R1	T4R1	20/09/2017 al 05/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:13	10:44	91	
5	T5	E1L1T2	R1	T5R1	06/10/2017 al 20/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:05	11:09	74	
6	T6	E1L2T2	R1	T6R1	06/10/2017 al 20/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:11	11:13	62	
7	T7	E2L1T2	R1	T7R1	06/10/2017 al 20/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:16	11:44	88	
8	T8	E2L2T2	R1	T8R1	06/10/2017 al 20/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:22	11:43	81	
9	T9	E1L1T3	R1	T9R1	21/10/2017 al 04/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:01	10:06	65	
10	T10	E1L2T3	R1	T10R1	21/10/2017 al 04/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:05	9:58	53	
11	T11	E2L1T3	R1	T11R1	21/10/2017 al 04/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:10	10:21	71	
12	T12	E2L2T3	R1	T12R1	21/10/2017 al 04/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:16	10:23	67	
13	T1	E1L1T1	R2	T1R2	14/02 al 28/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:48	12:25	97	
14	T2	E1L2T1	R2	T2R2	14/02 al 28/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:53	12:14	81	
15	T3	E2L1T1	R2	T3R2	14/02 al 28/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:58	12:50	112	
16	T4	E2L2T1	R2	T4R2	14/02 al 28/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:07	12:54	107	

17	T5	E1L1T2	R2	T5R2	01/03 al 15/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:58	10:23	85	
18	T6	E1L2T2	R2	T6R2	01/03 al 15/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:03	10:20	77	
19	T7	E2L1T2	R2	T7R2	01/03 al 15/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:08	10:44	96	
20	T8	E2L2T2	R2	T8R2	01/03 al 15/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	9:14	10:46	92	
21	T9	E1L1T3	R2	T9R2	16/03 al 30/02	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:27	12:45	78	
22	T10	E1L2T3	R2	T10R2	16/03 al 30/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:34	12:42	68	
23	T11	E2L1T3	R2	T11R2	16/03 al 30/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:39	12:59	85	
24	T12	E2L2T3	R2	T12R2	16/03 al 30/03	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:45	1:07	82	
25	T1	E1L1T1	R3	T1R3	24/04 al 08/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:18	9:45	87	
26	T2	E1L2T1	R3	T2R3	24/04 al 08/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:24	9:38	74	
27	T3	E2L1T1	R3	T3R3	24/04 al 08/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:31	10:05	94	
28	T4	E2L2T1	R3	T4R3	24/04 al 08/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	8:36	10:07	91	
29	T5	E1L1T2	R3	T5R3	09/05 al 23/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:42	12:00	78	
30	T6	E1L2T2	R3	T6R3	09/05 al 23/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:48	11:56	68	
31	T7	E2L1T2	R3	T7R3	09/05 al 23/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:53	12:19	86	
32	T8	E2L2T2	R3	T8R3	09/05 al 23/05	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	10:59	12:21	82	
33	T9	E1L1T3	R3	T9R3	24/05 al 07/06	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:49	12:58	69	
34	T10	E1L2T3	R3	T10R3	24/05 al 07/06	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	11:55	12:52	57	
35	T11	E2L1T3	R3	T11R3	24/05 al 07/06	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	12:02	1:19	77	
36	T12	E2L2T3	R3	T12R3	24/05 al 07/06	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	12:06	1:17	71	

E) CONCENTRACIÓN DE AyG

ID	TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN	NUMERO DE REPETICIÓN	CÓDIGO	FECHA DE ENVIO DE MUESTRAS	FECHA DE RECEPCION DE ANALISIS	NOMBRE DEL EVALUADOR	RECIPIENTE	HORA DE RECOLECCION DE MUESTRAS	AyG (mg/l)	OBSERVACIONES
1	T0	E0L0T1	R1	T0R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:55	8265	Con preservante (30 ml H2SO4)
2	T1	E1L1T1	R1	T1R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:55	15	Con preservante (30 ml H2SO4)
3	T2	E1L2T1	R1	T2R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:55	18	Con preservante (30 ml H2SO4)
4	T3	E2L1T1	R1	T3R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:55	17	Con preservante (30 ml H2SO4)
5	T4	E2L2T1	R1	T4R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:55	20	Con preservante (30 ml H2SO4)
6	T0	E0L0T2	R1	T0R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:20	6445	Con preservante (30 ml H2SO4)
7	T5	E1L1T2	R1	T5R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:20	12	Con preservante (30 ml H2SO4)
8	T6	E1L2T2	R1	T6R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:20	13	Con preservante (30 ml H2SO4)
9	T7	E2L1T2	R1	T7R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:20	15	Con preservante (30 ml H2SO4)
10	T8	E2L2T2	R1	T8R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:20	17	Con preservante (30 ml H2SO4)
11	T0	E0L0T3	R1	T0R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:47	3588	Con preservante (30 ml H2SO4)
12	T9	E1L1T3	R1	T9R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:47	8	Con preservante (30 ml H2SO4)
13	T10	E1L2T3	R1	T10R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:47	6	Con preservante (30 ml H2SO4)
14	T11	E2L1T3	R1	T11R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:47	12	Con preservante (30 ml H2SO4)
15	T12	E2L2T3	R1	T12R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:47	13	Con preservante (30 ml H2SO4)
16	T0	E0L0T1	R2	T0R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:10	11591	Con preservante (30 ml H2SO4)
17	T1	E1L1T1	R2	T1R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:10	12	Con preservante (30 ml H2SO4)
18	T2	E1L2T1	R2	T2R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:10	13	Con preservante (30 ml H2SO4)
19	T3	E2L1T1	R2	T3R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:10	8	Con preservante (30 ml H2SO4)
20	T4	E2L2T1	R2	T4R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:10	7	Con preservante (30 ml H2SO4)

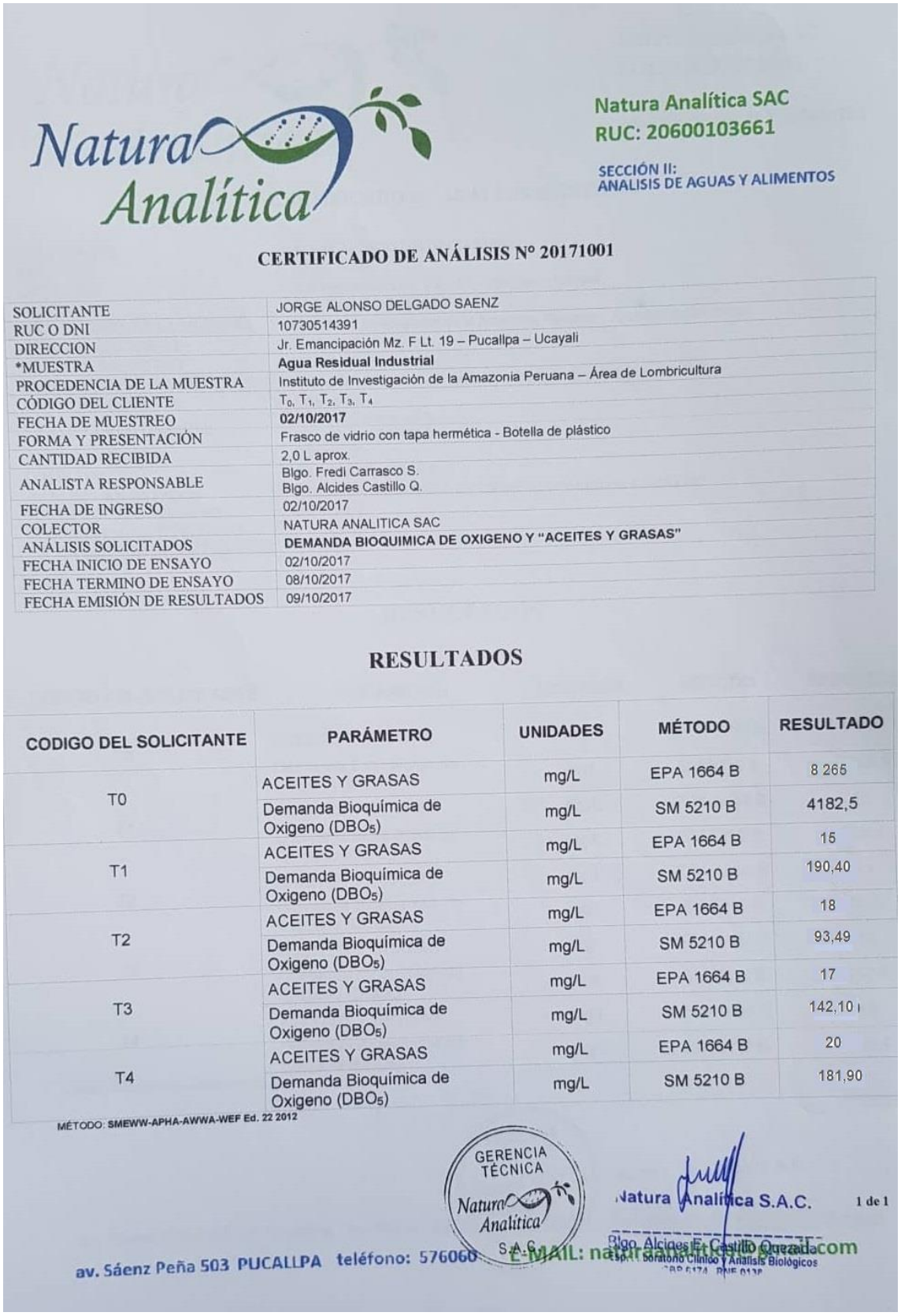
21	T0	E0L0T2	R2	T0R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:43	8719	Con preservante (30 ml H2SO4)
22	T5	E1L1T2	R2	T5R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:43	7	Con preservante (30 ml H2SO4)
23	T6	E1L2T2	R2	T6R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:43	3	Con preservante (30 ml H2SO4)
24	T7	E2L1T2	R2	T7R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:43	7	Con preservante (30 ml H2SO4)
25	T8	E2L2T2	R2	T8R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:43	6	Con preservante (30 ml H2SO4)
26	T0	E0L0T3	R2	T0R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:58	1832,8	Con preservante (30 ml H2SO4)
27	T9	E1L1T3	R2	T9R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:58	3,1	Con preservante (30 ml H2SO4)
28	T10	E1L2T3	R2	T10R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:58	2,4	Con preservante (30 ml H2SO4)
29	T11	E2L1T3	R2	T11R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:58	4	Con preservante (30 ml H2SO4)
30	T12	E2L2T3	R2	T12R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	10:58	4	Con preservante (30 ml H2SO4)
31	T0	E0L0T1	R3	T0R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:33	6448,7	Con preservante (30 ml H2SO4)
32	T1	E1L1T1	R3	T1R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:33	26	Con preservante (30 ml H2SO4)
33	T2	E1L2T1	R3	T2R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:33	21	Con preservante (30 ml H2SO4)
34	T3	E2L1T1	R3	T3R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:33	30	Con preservante (30 ml H2SO4)
35	T4	E2L2T1	R3	T4R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	11:33	12	Con preservante (30 ml H2SO4)
36	T0	E0L0T2	R3	T0R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	12:07	5787,4	Con preservante (30 ml H2SO4)
37	T5	E1L1T2	R3	T5R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	12:07	23	Con preservante (30 ml H2SO4)
38	T6	E1L2T2	R3	T6R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	12:07	10	Con preservante (30 ml H2SO4)
39	T7	E2L1T2	R3	T7R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	12:07	12	Con preservante (30 ml H2SO4)
40	T8	E2L2T2	R3	T8R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	12:07	8	Con preservante (30 ml H2SO4)
41	T0	E0L0T3	R3	T0R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:39	1676,3	Con preservante (30 ml H2SO4)
42	T9	E1L1T3	R3	T9R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:39	16	Con preservante (30 ml H2SO4)
43	T10	E1L2T3	R3	T10R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:39	3,5	Con preservante (30 ml H2SO4)
44	T11	E2L1T3	R3	T11R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:39	5	Con preservante (30 ml H2SO4)
45	T12	E2L2T3	R3	T12R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Frasco de Vidrio con Tapa Hermética (1 L)	9:39	4	Con preservante (30 ml H2SO4)

F) DBO

ID	TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN	NUMERO DE REPETICIÓN	CÓDIGO	FECHA DE ENVIO DE MUESTRAS	FECHA DE RECEPCIÓN DE ANÁLISIS	NOMBRE DEL EVALUADOR	RECIPIENTE	HORA DE TOMA DE MUESTRAS	DBO (mg/l)	OBSERVACIONES
1	T0	E0L0T1	R1	T0R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:55	4182,5	
2	T1	E1L1T1	R1	T1R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:55	190,4	
3	T2	E1L2T1	R1	T2R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:55	93,49	
4	T3	E2L1T1	R1	T3R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:55	142,1	
5	T4	E2L2T1	R1	T4R1	02/10/2017	09/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:55	181,9	
6	T0	E0L0T2	R1	T0R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:20	5158,3	
7	T5	E1L1T2	R1	T5R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:20	87,3	
8	T6	E1L2T2	R1	T6R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:20	75,6	
9	T7	E2L1T2	R1	T7R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:20	112,9	
10	T8	E2L2T2	R1	T8R1	16/10/2107	22/10/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:20	156,4	
11	T0	E0L0T3	R1	T0R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:47	7225,8	
12	T9	E1L1T3	R1	T9R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:47	72,6	
13	T10	E1L2T3	R1	T10R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:47	16,3	
14	T11	E2L1T3	R1	T11R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:47	60,7	
15	T12	E2L2T3	R1	T12R1	01/11/2017	07/11/2017	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:47	28,7	
16	T0	E0L0T1	R2	T0R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:10	1832,8	
17	T1	E1L1T1	R2	T1R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:10	616	
18	T2	E1L2T1	R2	T2R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:10	469	
19	T3	E2L1T1	R2	T3R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:10	488	
20	T4	E2L2T1	R2	T4R2	26/02/2018	04/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:10	446	

21	T0	E0L0T2	R2	T0R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:43	8719	
22	T5	E1L1T2	R2	T5R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:43	271,4	
23	T6	E1L2T2	R2	T6R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:43	319,6	
24	T7	E2L1T2	R2	T7R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:43	361,1	
25	T8	E2L2T2	R2	T8R2	12/03/2018	18/03/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:43	300	
26	T0	E0L0T3	R2	T0R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:58	11591	
27	T9	E1L1T3	R2	T9R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:58	9,6	
28	T10	E1L2T3	R2	T10R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:58	14,9	
29	T11	E2L1T3	R2	T11R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:58	1,5	
30	T12	E2L2T3	R2	T12R2	21/03/2018	31/04/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	10:58	6,6	
31	T0	E0L0T1	R3	T0R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:33	1676,3	
32	T1	E1L1T1	R3	T1R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:33	392,6	
33	T2	E1L2T1	R3	T2R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:33	138,4	
34	T3	E2L1T1	R3	T3R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:33	160,2	
35	T4	E2L2T1	R3	T4R3	03/05/2018	10/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	11:33	100,1	
36	T0	E0L0T2	R3	T0R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	12:07	5787,4	
37	T5	E1L1T2	R3	T5R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	12:07	60,1	
38	T6	E1L2T2	R3	T6R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	12:07	38,6	
39	T7	E2L1T2	R3	T7R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	12:07	101,1	
40	T8	E2L2T2	R3	T8R3	14/05/2018	22/05/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	12:07	57,1	
41	T0	E0L0T3	R3	T0R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:39	6448,7	
42	T9	E1L1T3	R3	T9R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:39	17,9	
43	T10	E1L2T3	R3	T10R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:39	12,6	
44	T11	E2L1T3	R3	T11R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:39	19,6	
45	T12	E2L2T3	R3	T12R3	04/06/2018	11/06/2018	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ	Botella de Plástico (1 L)	9:39	14,7	

ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 20171001

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**02/10/2017**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox.
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	02/10/2017
COLECTOR	NATURA ANALITICA SAC
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	02/10/2017
FECHA TERMINO DE ENSAYO	08/10/2017
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	09/10/2017

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	8 265
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	4182,5
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	15
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	190,40
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	18
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	93,49
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	17
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	142,10
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	20
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	181,90

MÉTODO: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012

GERENCIA TÉCNICA Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.

Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
Esp. Laboratorio Clínico y Análisis Biológicos

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@hotmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20171006

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	16/10/2017
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox.
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	16/10/2017
COLECTOR	NATURA ANALITICA SAC
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	16/10/2017
FECHA TERMINO DE ENSAYO	22/10/2017
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	22/10/2017

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	6 445
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	5 138,30
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	12
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	87,30
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	13
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	75,6
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	15
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	112,90
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	17
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	156,4

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.

Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
Esp. Laboratorio Clínico y Análisis Biológicos
CBP 5174 RNE 0118

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: [illegible]@hotmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20171011

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	01/11/2017
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox.
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	01/11/2017
COLECTOR	NATURA ANALITICA SAC
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	01/11/2017
FECHA TERMINO DE ENSAYO	07/11/2017
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	07/11/2017

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	3 588
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	7 225,8
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	8
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	72,6
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	6
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	16,3
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	12
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	60,7
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	13
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	28,7

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA
Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
Esp. Laboratorio Clínico y Análisis Biológicos
CBP 4137 RNE 4137

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20180236

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**26/02/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	26/02/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	26/02/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	03/03/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	04/03/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	11 591
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	7088,3
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	12
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	616,0
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	13
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	469,3
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	8
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	488,0
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	7
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	446,0

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA
Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
Esp. Laboratorio Clínico y Análisis Biológicos
CEP 6174 RNE 0138

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20180315

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**12/03/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	12/03/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	12/03/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	18/03/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	18/03/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	8719
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	9613,3
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	7
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	271,4
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	3
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	319,6
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	7
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	361,1
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	6
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	300,9

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA
Natura Analítica
S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
Laboratorio Clínico y Análisis Biológicos

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20180333

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**21/03/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	21/03/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	21/03/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	28/03/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	31/04/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	1 832,8
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	10 473,3
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	3,1
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	9,6
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	2,4
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	14,9
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	4
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	1,5
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	4
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	6,6

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA
Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.
Quim. Ariu Pinto Tuco Velasquez
COP. 808
GERENTE TÉCNICO

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20180506

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**03/05/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	03/05/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	03/05/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	08/05/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	10/05/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	6 448,7
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	4981,3
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	26
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	392,6
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	21
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	138,4
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	30
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	160,2
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	12
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	100,1

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA Natura Analítica S.A.C.

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 20180514

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**14/05/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	14/05/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	14/05/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	21/05/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	22/05/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	5 787,40
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	6 744
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	23
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	60,1
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	10
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	38,6
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	12
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	101,1
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	8
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	57,1

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA Natura Analitica S.A.C. Natura Analítica S.A.C.

Quim. Kelly Paola Taco Velasq.
C.Q.P. 800
GERENTE TÉCNICO

1 de 1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661

SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 20180607

SOLICITANTE	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
RUC O DNI	10730514391
DIRECCION	Jr. Emancipación Mz. F Lt. 19 – Pucallpa – Ucayali
*MUESTRA	**Agua Residual Industrial**
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – Área de Lombricultura
CÓDIGO DEL CLIENTE	T_0, T_1, T_2, T_3, T_4
FECHA DE MUESTREO	**04/06/2018**
FORMA Y PRESENTACIÓN	Frasco de vidrio con tapa hermética - Botella de plástico
CANTIDAD RECIBIDA	2,0 L aprox/ muestra
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	04/06/2018
COLECTOR	JORGE ALONSO DELGADO SAENZ
ANÁLISIS SOLICITADOS	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y "ACEITES Y GRASAS"**
FECHA INICIO DE ENSAYO	04/06/2018
FECHA TERMINO DE ENSAYO	10/06/2018
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	11/06/2018

RESULTADOS

CODIGO DEL SOLICITANTE	PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
T0	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	1 676,3
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	9 712,5
T1	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	16
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	17,9
T2	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	3,5
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	12,6
T3	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	5
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	19,6
T4	ACEITES Y GRASAS	mg/L	EPA 1664 B	4
	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	mg/L	SM 5210 B	14,7

MÉTODO: **SMEWW-APHA-AWWA-WEF Ed. 22 2012**

GERENCIA TÉCNICA Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S.A.C.

Quim. Kelly Paola Taco Velasquez
CQP: 800
GERENTE TECNICO

1 de

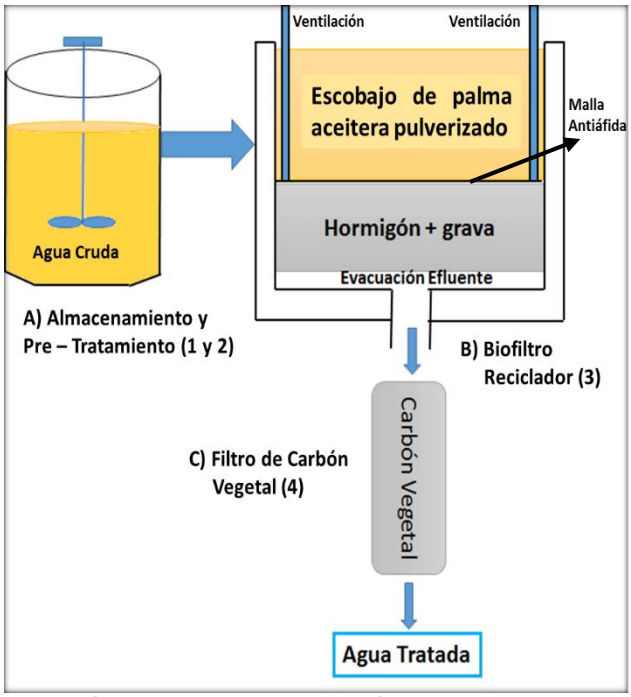
av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com

ANEXO 4. FLUJOGRAMA DE PROCESO PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTE

Los procesos para el tratamiento de las aguas residuales de la Industria Palm Oleo S.A.C. fueron:

1.- Almacenamiento. Los efluentes son almacenados en un recipiente de 31,4 cm de diámetro, 38,9 cm de altura y capacidad de 20 L., el material es de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

2.- Pre - Tratamiento. Se realizó en los baldes de almacenamiento, donde se vertió cenizas/cal y se mezcló mediante un agitador manual, hasta neutralizar el efluente (desde pH = 3,5 aprox. hasta pH = 7 aprox.). Las cenizas que se utilizaron fueron las que se generan en los calderos de las mismas industrias oleaginosas.



3.- Lombrifiltro. Su estructura fue de un buyón de agua con un diámetro de 25 cm y una profundidad de 40 cm; se cortó el área transversal del buyón y se colocó de manera que el pico quede en la parte inferior por donde evacuará el agua tratada por medio de la gravedad.

El lombrifiltro constó de dos estratos, el estrato inferior (base) está compuesto por hormigón y grava; el estrato superior está compuesto por escobajo de palma aceitera o cascarilla de arroz (pulverizado) y lombriz de tierra *(Eisenia foetida)*. El efluente se verte de manera manual en el estrato superior del lombrifiltro, donde quedará retenido los sólidos suspendidos, grasas y aceites, los cuales serán digeridos por las lombrices de tierra hasta que el sustrato artificial (Escobajo o Cascarilla de arroz) se haya degradado y pueda ser digerido; la capa inferior cumple la función de drenaje y aireación del lombrifiltro, ya que en las piedras también se forman flora bacteriana que digiere la materia orgánica. Entre cada estrato se coloca una malla antiáfida para evitar que las lombrices de tierra pasen al estrato inferior. También se colocó dos tubos de PVC de 1/2” por 25 cm de alto en cada extremo, que servirá para mantener aireado la parte inferior del sustrato superior.

4. Filtro de Carbón Vegetal. Se usó el carbón vegetal de bolaina blanca *(Guazuma crinita)* y su función fue mejorar el agua tratada,

ICONOGRAFIA



Fotografía 1. Trillado de escobajo de palma aceitera



Fotografía 2. Secado de escobajo de palma aceitera



Fotografía 3. Triturado de escobajo de palma aceitera



Fotografía 4. Pulverizado de escobajo de palma aceitera



Fotografía 5. Vertimiento de cenizas al efluente crudo



Fotografía 6. Agitación de cenizas con efluente crudo



Fotografía 7. Medición de pH



Fotografía 8. Elaboración de la primera capa del lombrifiltro



Fotografía 9. Tratamientos instalados



Fotografía 10. Vertimiento de efluente y remoción en cada tratamiento



Fotografía 11. Filtro de carbón vegetal



Fotografía 12. Agua tratada.