UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BIODEGRADACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA UTILIZANDO LA *Pseudomonas sp.*, UCAYALI-2023

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

ANGGIE MIRIANA PEREZ RAMIREZ

Pucallpa – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 210/2025-CGyT-UNU.

En la ciudad de Pucallpa, siendo a las 13:10 horas del día 17 de enero del 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N° 008-2025-UNU-FCFyA-CGyT, Conformado por:

Dr. Roly Baldoceda Astete.	Presidente
Dr. Mack Henry Pinchi Ramirez.	Miembro
Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón.	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de la tesis denominado: "**BIODEGRADACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA UTILIZANDO LA Pseudomonas sp., UCAYALI-2023"**, Presentado por el Bach. Anggie Miriana Perez Ramirez, asesorado por la M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio. Habiendo culminado la sustentación por el bachiller, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador las cuales fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito por otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL,** siendo las 14:24 del mismo día, se da por culminado el acto académico, firmado los jurados en señal de conformidad.

Dr. Roly Baldoceda Astete
Presidente

Dr. Mack Henry Pinchi Ramirez.
Miembro

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón. Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

En esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Roly Baldoceda Astete — Presidente

Dr. Mack Henry Pinchi Ramirez — Miembro

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón — Miembro

Mg. Jenny Paola Zeña Rubio — Asesora

Bach. Anggie Miriana Perez Ramirez — Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0469-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"BIODEGRADACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA UTILIZANDO LA PSEUDOMONAS SP., UCAYALI-2023."

Autor(es)	:	**PEREZ RAMIREZ, ANGGIE MIRIANA**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Mg. JENNY PAOLA ZEÑA RUBIO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 13/09/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Angie Mariana Perez Ramirez

Autor de la tesis titulada : Biodegradación de aceites y grasas de los aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma utilizando la Pseudomonas sp ucayali - 2023

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Jenny Pata Zeña Rubiu

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [✓]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 03 / 12 / 2025

Email: angie.perez98.6@gmail.com Firma:

Teléfono: 996246586 DNI: 72961082

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre y padres, quienes fueron el motivo de todo mi éxito, la fuerza y apoyo para cumplir mis metas.

Angie Pérez Ramírez

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por su apoyo en la ciencia y promoción de la investigación, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por ser guía y mentores como profesionales. Finalmente agradecemos a quien lee esta tesis y de esa manera nos permite compartirle un poquito de nuestro conocimiento adquirido con el desarrollo de nuestra investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE DE CONTENIDO viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN 15

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1. Formulación del problema 17

1.1.1. Problema general 19

1.1.2. Problemas específicos 19

1.1.3. Objetivo General 20

1.1.4. Objetivos Específicos 20

2. CAPITULO II 22

MARCO TEÓRICO 22

2.1. ANTECEDENTES 22

2.1.1. Internacionales 22

2.1.2. Nacionales 23

2.1.3. Locales 24

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 25

2.2.1. Palma aceitera 25

2.2.2. Uso de la palma aceitera y derivados 25

2.2.3. Producción mundial de aceites y grasas de palma 26

2.2.4. Proceso de extracción del aceite de palma 26

2.2.5. Biodegradación y *Pseudomona aeruginosa* 28

Generalidad de la Pseudomona aeruginosa 28

2.2.6. Propiedades y usos 29

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 30

CAPÍTULO III 33

METODOLOGÍA 33

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 33

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 35

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS. 35

3.3.1. Técnicas 35

3.4. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS. 42

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS. 42

4. CAPÍTULO IV 43

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43

Determinación de la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma. 43

Determinación del tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp* 45

Determinación de la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp* 48

Evaluación de la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp* 51

CAPÍTULO V 54

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54

5.1. CONCLUSIONES 54

5.2. RECOMENDACIONES 55

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS 56

Bibliografía 56

ANEXOS 68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución del experimento.....30

Tabla 2 Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto al tiempo 46

Tabla 3 Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto a la dosis.....49

Tabla 4 Análisis de Varianza de la Biodegradación de aceites y grasas según tratamiento 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de extracción del aceite de palma. 27

Figura 2 Diversas alternativas para el uso de la biomasa de la palma. 28

Figura 3 Empresa INDOLMASA para la recolección de muestras de agua residual 36

Figura 4 Empresa OLPASA para la recolección de muestras de agua residual 36

Figura 5 Empresa OLAMSA para la recolección de muestras de agua residual 37

Figura 6 Recolección de muestra de agua residual 38

Figura 7 Observación de Bacterias aisladas en el medio de cultivo selectivo para Pseudomonas sp. 39

Figura 8 Preparación de tubos con concentración de bacterias Pseudomonas sp. 40

Figura 9 Evaluación de los recipientes inoculados con la Pseudomonas. 40

Figura 10 Separación de aceites y grasas 41

Figura 11 Concentración de aceites y Grasas en las aguas residuales de extracción de aceite de palma. 43

Figura 12 Influencia del tiempo en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.* 45

Figura 13 Influencia de la dosis en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.* 48

Figura 14 Biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.* 51

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023. Donde se recolecto muestra de 3 aguas residuales de plantas procesadoras de aceite de palma, las cuales fueron analizadas el contenido de aceites y grasas, posteriormente se aisló la bacteria Pseudomonas sp. a partir de agua residual, la cual fue seleccionada y agregada a los tratamientos en diferentes dosis, evaluándose si efecto en 7 y 14 días. Como resultados se obtuvo que La Concentración de aceites y Grasas en las aguas residuales de extracción de aceite de palma en promedio es de 1322 mg/l, que el tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasa utilizando Pseudomonas sp.es de 7 días y la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasa de utilizando Pseudomonas sp. es una dosis de 1 ml/l de solución concentrada. Se concluye que la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma utilizando *Pseudomonas sp*. con una biodegradación de hasta el 68.9% con un tratamiento de dosis de 10ml/l a 14 días y el óptimo la biodegradación optima de 48.5% con un tratamiento de dosis de 1ml/l a 7 días.

Palabras claves: *Pseudomona*, aceites y grasas, agua residual, palma.

ABSTRACT

The general objective of this study was to evaluate the biodegradation of oils and fats from wastewater from the palm oil extraction industry using *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023. Where a sample of 3 wastewaters from palm oil processing plants was collected, which were analyzed for oil and fat content, then the Pseudomonas sp. bacteria was isolated from the wastewater, which was selected and added to the treatments at different doses, evaluating its effect in 7 and 14 days. As results, it was obtained that the concentration of oils and fats in palm oil extraction wastewater on average is 1322 mg / l, that the optimal time for biodegradation of oils and fat using Pseudomonas sp. is 7 days and the optimal dose for biodegradation of oils and fat using Pseudomonas sp. is a dose of 1 ml / l of concentrated solution. It is concluded that the biodegradation of oils and fats from wastewater from the palm oil extraction industry using Pseudomonas sp. with a biodegradation of up to 68.9% with a treatment dose of 10 ml / l at 14 days and the optimal biodegradation of 48.5% with a treatment dose of 1 ml / l at 7 days.

Keywords: *Pseudomona*, oils and fats, wastewater, palm.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas superficiales y cuerpos receptores es un grave problema ambiental en la actualidad. La industria alimentaria, especialmente las industrias láctea, cárnica y productora de aceites vegetales, tiene una alta incidencia en esta contaminación debido al volumen de aguas residuales que generan. Estas aguas residuales, ricas en contenido oleoso, acentúan el deterioro de los ecosistemas (Abalos et al., 2007).

En la región de Ucayali, las plantaciones de palma aceitera son de gran importancia socioeconómica. Desde 1992, el cultivo de palma aceitera se ha expandido significativamente, concentrándose principalmente en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo (Ivanova et al., 2020). Sin embargo, estas plantaciones, ubicadas cerca de ríos y arroyos, pueden deteriorar seriamente los ecosistemas acuáticos, afectando la disponibilidad de alimentos y la calidad del agua (López, 2022).

El proceso de extracción de aceite de palma africana incluye etapas desde la recepción del fruto hasta el almacenamiento, generando grandes cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Estos residuos no siempre reciben un tratamiento adecuado, provocando serios daños ambientales (Perez, 2019). Cada tonelada de racimos de fruta fresca necesita aproximadamente 1,5 m^3 de agua para su procesamiento, de la cual alrededor del 50% se convierte en residuos, principalmente provenientes del proceso de clarificación y del condensado del esterilizador (Zhang et al., 2008). Estos impactos han sido objeto de análisis constante y generan múltiples polémicas (Khokthong et al., 2019).

En Ucayali, numerosas empresas dedicadas a la extracción de aceite crudo de palma gestionan de manera ineficaz sus aguas residuales, las cuales contienen concentraciones elevadas de aceites y grasas. Aunque estas sustancias no son esenciales desde el punto de vista comercial, ejercen un impacto significativamente adverso sobre la calidad del agua y del suelo. Evaluaciones recientes han confirmado la ineficiencia del tratamiento actual, subrayando la urgente necesidad de implementar soluciones más efectivas para abordar este grave problema ambiental.

La presente investigación tiene por objetivo evaluar la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp* a escala piloto con la finalidad de ofrecer una alternativa sostenible y eficiente para la gestión de aguas residuales en la región, alineándose con las necesidades de la industria y las preocupaciones medioambientales.

Metodológicamente, el proyecto empleó técnicas adaptadas de metodologías comprobadas en la biodegradación del petróleo, cuya cadena química es considerablemente más compleja que la de los aceites de palma. Esta adaptación aplicada a los aceites y grasas presentes en las aguas residuales de la industria palmicultora ha concluido en una biodegradación positiva.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

De acuerdo con Abalos et al., (2007), En su análisis sobre las aguas residuales de la planta de refinación de aceites comestibles ERASOL están causando una significativa contaminación de las aguas superficiales y de los cuerpos receptores, lo que representa un grave problema ambiental en la actualidad. La industria alimentaria, debido a su alta contribución a la contaminación de aguas a nivel nacional, es un sector socioeconómico de gran relevancia. En particular, las industrias láctea, cárnica y la productora de aceites vegetales tienen un impacto considerable debido al gran volumen de aguas residuales que generan. Además, la presencia de grasa en las aguas residuales de esta industria agrava el daño a los ecosistemas afectados.

Las plantaciones de palma de aceite ubicadas cerca de ríos y arroyos podrían provocar un daño considerable a los hábitats de estos ecosistemas, además de afectar negativamente los servicios ambientales, como la provisión de alimentos y la conservación de la calidad del agua (López, 2022). El uso de la palma aceitera como cultivo de sustitución tiene origen en Ucayali en 1992. La producción de palma aceitera es de suma importancia para la región Ucayali. En el periodo 2009 - 2018, los volúmenes de producción de RFF de la región incrementaron continuamente. Los cultivos de palma se concentran en la provincia de Padre Abad (62 %) con áreas sembradas en los distritos de Irazola, Padre Abad y Curimaná y en la provincia de

Coronel Portillo (38%), mayoritariamente en el distrito de Campo Verde (Ivanova et al., 2020).

Villegas y Martínez (2021), indican que un litro de aceite usado puede contaminar hasta 40,000 litros de agua, una cantidad equivalente al consumo anual de agua de una persona en su hogar. Esto ocurre porque el aceite usado tiene aproximadamente 5,000 veces más carga contaminante que el agua residual de alcantarillado y sistemas de saneamiento.Desde el punto de vista ambiental, la liberación de aceites y grasas en el agua introduce contaminantes como una alta Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que interfiere con el intercambio gaseoso. Estas sustancias se extienden por la superficie del agua, reduciendo su oxigenación y calidad físico-química, poniendo en peligro a las especies acuáticas. Además, afectan la fotosíntesis al bloquear la radiación solar necesaria para este proceso, y pueden cubrir la piel y las branquias de los peces, provocando asfixia y muerte(OAB, 2019).

En la región de Ucayali, varias compañías extractoras de aceite crudo de palma realizan un tratamiento ineficiente de sus aguas residuales, las cuales contienen altos niveles de aceites y grasas. Estas sustancias, aunque no son necesarias para el valor comercial del producto, afectan significativamente la calidad del agua y del suelo, provocando un impacto ambiental negativo.

Esta investigación tiene como objetivo reducir el contenido de aceites y grasas en las aguas residuales de la extracción de aceite crudo de palma mediante el uso de microorganismos biorremediadores, específicamente la bacteria *Pseudomonas sp*. Se busca ofrecer una solución de biorremediación a la creciente

contaminación de los cuerpos de agua en Ucayali, donde la industria genera más de 1000 m³ de aguas residuales al día.

El estudio aportará nuevos conocimientos sobre la eficiencia de *Pseudomonas sp*. en la biodegradación de contaminantes, evaluando su capacidad para degradar aceites y grasas, además del tiempo necesario. Además, demostrará la viabilidad de utilizar bacterias nativas en beneficio del medio ambiente, utilizando metodologías probadas en la biodegradación de petróleo, que se adaptarán para este fin específico, con la expectativa de obtener resultados favorables.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Es factible la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*?
- ¿Cuál es el grado la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp,* Ucayali-2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma.
- Determinar el tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.*
- Determinación de la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

H0 = La biodegradación tiene un efecto significativo en los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023.

Ha = La biodegradación no tiene un efecto significativo en los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

H1 = La concentración de aceites y grasas es mayor a 100 mg/l en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma e.

H2 = El tiempo óptimo es mayo a 7 días para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*.

H3 = Determinación de la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según mencionan García et al. (2019), en su estudio titulado “Biorremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango” evaluaron el proceso de biorremediación de hidrocarburos totales en aguas residuales. Para ello, utilizaron un cultivo mixto de microorganismos capaces de degradar hidrocarburos y sus derivados (TPH), empleando una combinación de bacterias como Acinetobacter sp., Pseudomonas sp., y Mycobacterium sp. durante un período de 30 días. Los resultados mostraron que la técnica de bioaumentación fue efectiva, logrando una remoción del TPH del 92% con un valor p de 0,003.

De acuerdo con Arenas (2018), en su trabajo “Proceso de biodegradación para el tratamiento de derrames de petróleo por medio de Pseudomonas”, evaluó la biodegradación para el tratamiento de derrames de petróleo por medio de Pseudomonas, obtuvo que la biodegradación tardó poco tiempo debido a la concentración de hidrocarburos totales presentes era de 4,62%, lo cual daba pasa a una buena descomposición del hidrocarburo, ya que si hubieran sido mayores al 8% disminuiría la acción bacteriana, por lo cual la técnica de Landfarming, alcanzó un 50% de efectividad, resaltando el papel que llevaron a cabo las Pseudomonas por ayudar a mantener los niveles de nitrógeno normales. Por lo cual la técnica de

Landfarming, alcanzo un 50 % de efectividad, resaltando el papel que llevaron a cabo las Pseudomonas.

Nápoles et al. (2019), en su estudio sobre la “Degradación de diésel en agua de mar utilizando un consorcio bacteriano”, los objetivos fueron caracterizar el agua de mar de la playa Mar Verde y llevar a cabo experimentos para la degradación de diésel comercial en dicha agua usando un consorcio bacteriano. Los resultados mostraron que el consorcio microbiano, que incluía Pseudomonas aeruginosa, logró una biodegradación del 53% en un medio estéril y del 62% en un medio no esterilizado, tras un período de 30 días. Estos hallazgos demostraron que el consorcio microbiano puede ser eficaz para la biorremediación de agua de mar contaminada con diésel.

Según indican Castro et al. (2015), en su estudio “Biorremediación de agua contaminada por diésel y petróleo empleando un microbioma y sustancias húmicas”, cuyo objetivo fue la degradación de la fracción soluble de los hidrocarburos totales de petróleo en agua contaminada por diésel y petróleo, se evaluó el impacto de la incorporación de sustancias húmicas. Utilizando un microbioma con bacterias del género Pseudomonas sp. durante un período de 12 horas, se logró una remoción de hidrocarburos solubles en el agua que osciló entre el 80% y el 95% al añadir una concentración de 1000 mg/l de sustancias húmicas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Como señala Del Rosario et al. (2021), en su investigación, que tuvo como objetivo determinar la degradación del aceite lubricante por Pseudomonas aeruginosa, se evaluó la degradación de manera indirecta observando el

crecimiento bacteriano en el Medio Mínimo de Davies (MMD) con el aceite lubricante, utilizando la técnica de recuento en placa cada 48 horas durante 6 días. Los resultados cualitativos mostraron que P. aeruginosa comenzó a degradar el lubricante a partir de las 48 horas. Tras 144 horas en el biorreactor a temperatura ambiente (22±3 °C), se observó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5) disminuyó de 582,42 a 62,563 mgO2/L, y los aceites y grasas redujeron de 1% a 0,56%, alcanzando una eficiencia de degradación del aceite lubricante del 44%. Se concluyó que P. aeruginosa, con un inóculo del 15%, tiene la capacidad de degradar el aceite lubricante SAE-20W50.

Según Mendoza y Soto (2022), mencionan en su investigación titulada “Técnicas de biodegradación de grasas y aceites en aguas residuales”, se encontraron resultados que indican que la bioestimulación, a nivel de laboratorio, ha logrado altas tasas de remoción de grasas y aceites, sólidos volátiles en suspensión y DQO. Los porcentajes de remoción fueron del 97,9% para grasas y aceites, 89,97% para aceites, 76,0% para sólidos volátiles en suspensión, y 97,0% para DQO. Esta técnica empleó principalmente bacterias de los géneros Bacillus y Pseudomonas para degradar compuestos orgánicos. En resumen, la bioestimulación se considera la técnica más eficiente para la degradación de grasas y aceites debido a la acción catalizadora de la lipasa en la hidrólisis de los enlaces moleculares de los triglicéridos.

2.1.3. Antecedentes Locales

Rojas y Rengifo (2021), en su investigación sobre la "Biodegradación de petróleo por *Pseudomonas aeruginosa* en aguas de derrame de la actividad

petrolera, Ucayali-2020", aislaron la bacteria a partir del efluente de la antigua refinería Maple Gas Corporación del Perú S.R.L., que fluye por la quebrada Anís Caño. En siete botellas de 500 ml, añadieron 250 ml de caldo preenriquecido, 7,5 ml de petróleo y 14 ml de caldo nutritivo activo, sometiendo las mezclas a un baño maría a 37 grados con agitación constante durante 7 días. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar el porcentaje de biodegradación del petróleo, obteniendo resultados de 82,65%, 81,41%, 80,33% y 81,16% en cuatro de las muestras tras 7 días de tratamiento. El crudo utilizado tenía una densidad de 0,91 gr/cm3 según el grado API, y las unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en las muestras fueron de $38x10^{8}$ UFC/ml y $257x10^{9}$ UFC/ml.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Palma aceitera

La palma africana es originaria del Golfo de Guinea (África occidental) y se encuentra hasta en territorios ubicados en los 15° de latitud norte y sur. Es un cultivo que tarda entre 2 y 3 años en empezar a producir frutos y, dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, es el que produce mayor cantidad de aceite por hectárea. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3 000 a 5 000 kg de aceite de pulpa por hectárea, además de 600 a 1 000 kg de aceite de palmiste (almendra del fruto**)** (MIDAGRI, 2014).

2.2.1.1. Uso de la palma aceitera y derivados

La palma de aceite es relevante debido a la amplia gama de productos que se derivan de ella y que son esenciales tanto en la alimentación como en la industria.

Tanto el aceite extraído de la pulpa como el de la almendra se utilizan en la fabricación de margarina, manteca, aceite comestible, aceite para cocinar y jabones. Además, el aceite de palma es una materia prima ampliamente empleada en la producción de jabones y detergentes, así como en la elaboración de grasas lubricantes y secadores metálicos utilizados en la fabricación de pinturas, barnices y tintas (MIDAGRI, 2014).

2.2.1.2. Producción mundial de aceites y grasas de palma

El aceite de palma (ciclo largo) ocupa el segundo lugar en el mercado mundial de aceites y grasas, detrás del aceite de soya (ciclo corto), con una producción de aproximadamente 30 millones de TM./año. La producción se incrementó en el período 1999-2004 a un ritmo promedio anual de 6,4%, mientras que la incorporación de nuevas áreas cultivadas se ha mantenido con un crecimiento promedio anual de 5%. Actualmente tiene 21 200 hectáreas instaladas, de las cuales el 60% se encuentra en actual producción con diferentes rendimientos. La empresa privada Palmas del Espino presenta uno de las ratios de rendimiento más altos del mundo: 5 TM/ha (MIDAGRI, 2014).

2.2.1.3. Proceso de extracción del aceite de palma

El proceso de extracción de aceite no involucra el uso de solventes químicos, sino que se realiza mediante un método físico que produce principalmente aceite crudo de palma, aceite crudo de palmiste y harina de palmiste. Además, se generan subproductos que pueden utilizarse como alimento para ganado y residuos orgánicos, como el raquis, los lodos, la fibra, la cascarilla de nuez y el cernido, que

sirven para fertilizar plantaciones o como combustible para la caldera. La extracción del aceite crudo de palma y del palmiste se lleva a cabo en la planta extractora, comenzando con la esterilización de los frutos, seguida del desgranado del racimo, la maceración para extraer el aceite de la pulpa, la clarificación y la recuperación de las almendras de la torta de palmiste resultante, de las cuales se obtiene el aceite de palmiste (INDUAGRO, 2014).

Figura 1

Proceso de extracción del aceite de palma.

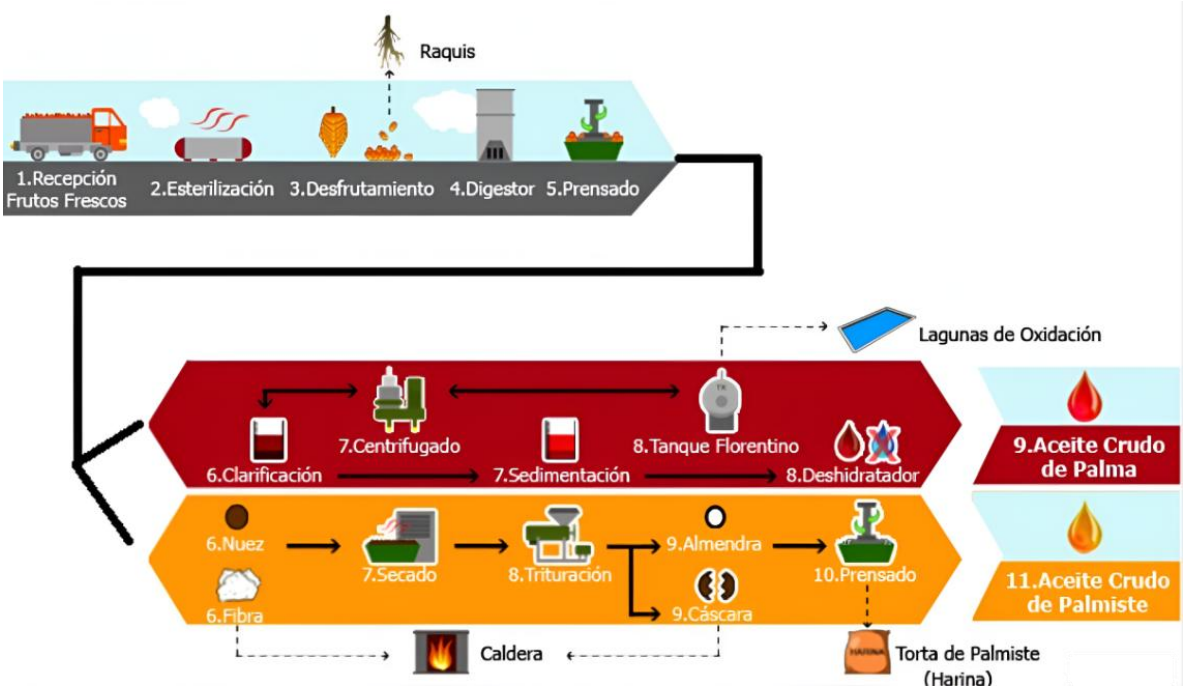
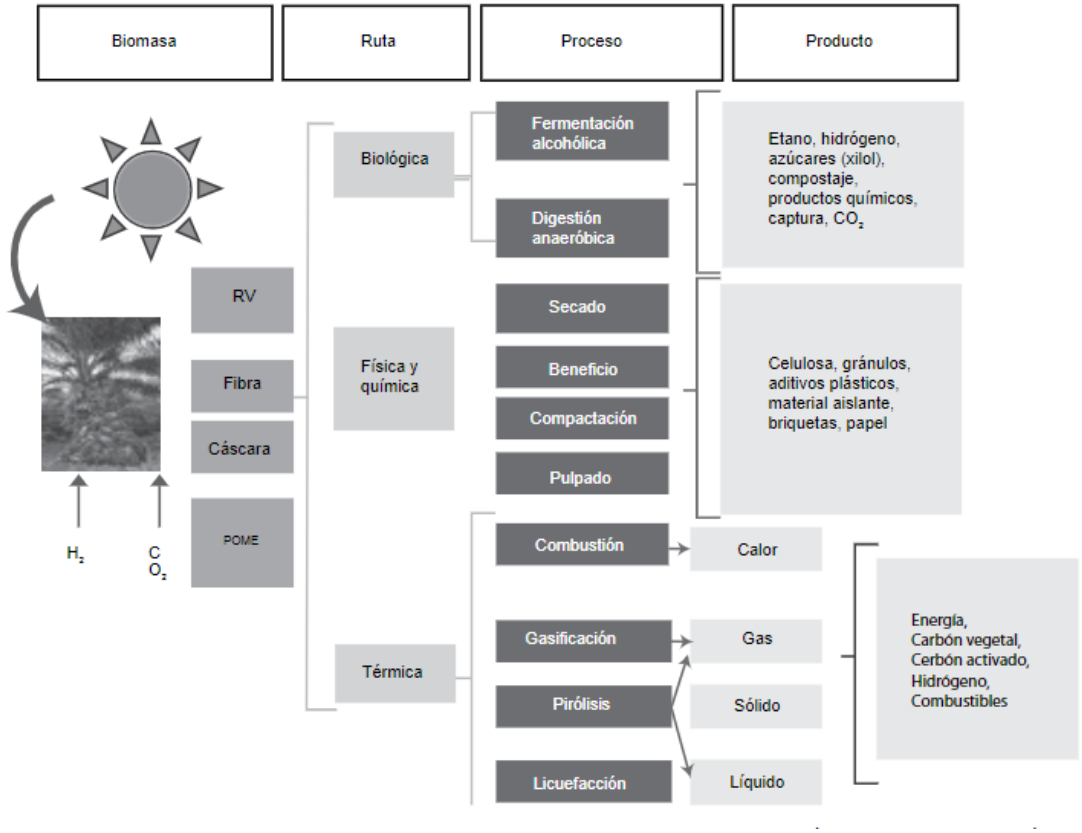


Figura 2

Diversas alternativas para el uso de la biomasa de la palma.



Fuente: (Mosquera y López, 2017)

2.2.2. Biodegradación y *Pseudomonas sp*

2.2.2.1. Generalidad de la Pseudomonas sp

La bacteria Pseudomonas aeruginosa pertenece a la familia Pseudomonadaceae y se clasifica dentro de la rama "γ" de las proteobacterias, la misma rama que incluye a las enterobacterias. Es un bacilo gramnegativo aerobio con flagelación polar. Cuando se cultiva en medios adecuados, produce piocianina, un pigmento azul no fluorescente. Además, muchas cepas también generan pioverdina, un pigmento verde fluorescente. Al igual que otras Pseudomonas

fluorescentes, P. aeruginosa produce catalasa y oxidasa, genera amoníaco a partir de la arginina y es capaz de utilizar citrato como única fuente de carbono (Dasgupta y Ramphal, 2000).

Se ha reportado el aislamiento de *P.aeruginosa* en ambientes tan inhóspitos e hostiles como son el combustible de aviones, soluciones químicas de clorhexidina y jabón, tienen una distribución globalizada, se le considera como una bacteria cosmopolita (Das y Mukherjee, 2007).

2.2.2.2. Propiedades y usos

La *Pseudomona aeruginosa* se clasifica como Bacilo gram negativo, de Tamaño en Medición de 0,5 a 0,8 micras por 1,5 a 3,0 micras, tiene un requerimiento nutricional en condiciones mínimas, un metabolismo que posee una gran versatilidad metabólica (factores de crecimiento orgánico), vive a una temperatura óptima de crecimiento 37°C y es capaz de crecer a temperaturas tan altas como 42°C, tolerante a amplias condiciones físicas, incluyendo la temperatura, predilección por ambientes húmedos, los cuales probablemente un reflejo de su existencia natural en el suelo y el agua (Benitez, 2016).

Chen et al. (2003), Nos señalan que "esta bacteria tiene diversas aplicaciones tecnológicas, especialmente en el ámbito ambiental, ya que es uno de los pocos organismos capaces de degradar alcanos de cadena ramificada". En la actualidad, la biorremediación, que consiste en el uso de microorganismos para eliminar contaminantes, es una de las técnicas más utilizadas para la remediación de hidrocarburos de petróleo, debido a que es rentable y convierte estos compuestos en subproductos inocuos como dióxido de carbono y agua. Las

bacterias son a menudo seleccionadas para este proceso porque poseen tasas metabólicas rápidas, múltiples vías metabólicas para diversos contaminantes orgánicos y pueden ser modificadas genéticamente para mejorar sus capacidades de biorremediación (Prakash y Irfan, 2011). Según Salgado et al. (2008), Pseudomonas aeruginosa "utiliza y degrada n-alcanos con entre 11 y 40 átomos de carbono, alcanzando un 60% de efectividad al utilizar C20 como sustrato".

2.2.3. Normativa de calidad del agua

Tabla 1 Normativa de calidad del agua

Normativa	Parametro	Unidad	Limite
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM – E2: RIOS de la Selva	Aceites y grasas	mg/L	20
Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda. DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINA	Aceites y grasas	mg/L	20
Límites Máximos Permisibles para Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto Decreto Supremo N° 010-2018-MINAM	Aceites y grasas	mg/L	350

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Biodegradación:

Según CIT (2007), la biodegradación es un proceso en el cual los organismos vivos descomponen una sustancia en fragmentos más pequeños. En este caso, los microorganismos como las bacterias y hongos actúan como agentes, degradando la materia a fragmentos más pequeños y de menor peso molecular.

Vázquez et al. (2019), indican que la biodegradación es resultado de la acción de microorganismos como hongos y bacterias, o de las enzimas que estos liberan durante sus procesos biológicos. Este proceso típicamente ocurre en materiales que contienen una proporción elevada de carbono en sus moléculas.

Palma:

Arce (2012), Botánicamente, la palma de aceite es conocida como Elaeis guineensis, nombre asignado por Jacquin en 1763. El término proviene de la palabra griega "elaoin", que significa aceite, y "guineensis", que rinde homenaje a la región de Guinea, de donde se cree que es originaria.

Aceites:

Zamora (2019), los aceites y grasas (A&G) son sustancias complejas e insolubles en agua, lo que dificulta su degradación. Su comportamiento está determinado por varias características físico-químicas, como el pH, la cantidad de sólidos volátiles, la presencia de hierro y calcio, así como el contenido de humedad y metales.

Género *Pseudomona:*

Gutierrez (2018), se señala que el género Pseudomonas pertenece a la familia Pseudomonadaceae, la cual se encuentra dentro del orden Pseudomonadales. Se cree que este género fue introducido por primera vez en 1895 por Walter Migula en el Instituto Bacteriológico de la Escuela Técnica Superior de Karlsruhe, en una publicación titulada "Ueber ein neues System der Bakterien", donde describía y comparaba todas las bacterias conocidas hasta ese momento.

Bacterias:

Velasco (2003), se menciona que las bacterias constituyen un grupo sumamente diverso de organismos, con amplias variaciones en sus propiedades morfológicas, ecológicas y fisiológicas. Son los principales responsables de la degradación de compuestos orgánicos naturales y xenobióticos en el suelo. La clasificación de las bacterias se basa en sus características físicas, químicas, genéticas y metabólicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El presente estudio en función de su propósito es de tipo aplicado, ya que se generará una metodología aplicable para el tratamiento de las aguas residuales generadas por la industria de extracción de palma. La investigación de tipo aplicada se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio (Arias, 2022).

3.1.2. Nivel de investigación

Por la manipulación de variables y datos, es de tipo experimental, ya que se tendrá las condiciones del experimento en diferentes temperaturas y tiempo. En los diseños experimentales, la variable independiente se refiere al tratamiento, factor, condiciones o intervención que el investigador manipula y/o controla con el fin de observar sus efectos sobre la variable dependiente (Arias, 2022).

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental para realzar el análisis de las variables cuantitativas de la investigación “Biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma utilizando la *pseudomonas sp*., Ucayali-2023”, se tomó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 16 unidades muéstrales experimentales que se evaluaron al iniciar. Para evaluar la variación de los promedios de los

tratamientos, se utilizó la prueba de ANOVA de Tukey con un nivel de 0.05 de significancia.

Modelo estadístico.

$$\boldsymbol{Yij=\mu+Ti+\varepsilon ij}$$

Dónde:

Yij = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima medida repetida.

u = Media poblacional del nivel de aceites y grasas

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Eij = Error experimental o residual.

Los tratamientos para el análisis fueron los siguientes

Tabla 2 Tratamientos de investigación

	Aplicación de tratamiento
T0	Testigo con una dosis de Pseudomonas sp. de 0 ml de solución por cada 100 ml de agua residual.
T1	Con una dosis de Pseudomonas sp. de 1 ml de solución por cada 100 ml de agua residual.
T2	Con una dosis de Pseudomonas sp. de 5 ml de solución por cada 100 ml de agua residual.
T3	Con una dosis de Pseudomonas sp. de 10 ml de solución por cada 100 ml de agua residual.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población se consideró a las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma.

La muestra fue no probabilística, siguiendo los criterios del investigador basada en la metodología de trabajo y las condiciones del experimento, siendo un diseño experimental de factores, donde se tomó la muestra de agua residual de 3 plantas extractoras de aceite de palma, esta muestra fue recolectad después del tratamiento final conocido como florentinos de recuperación luego pasa a las lagunas de estabilización, de estas se analizaron el contenido de aceites y grasas antes y después de la aplicación de la *pseudomona*. Los factores del experimento fueron el tiempo y la dosis, como se muestra en la siguiente tabla de distribución experimental. En total se trabajará con 16 muestras, de las cuales se recopilaron los resultados, en 3 días diferentes.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. Técnicas

3.3.1.1. Recolección de muestras de agua residual

Para la recolección de muestras se siguió la metodología del ANA (2016), del protocolo nacional de monitoreo de calidad de recursos hídricos, siendo los lineamientos recomendados que se recolecto 1 litro de agua residual en un recipiente de vidrio ámbar u oscuro, que sea analizado en un tiempo menor a 48 y que se transporte en condiciones recomendables de una temperatura menor a 4ºC hasta la entrega al laboratorio, cumpliendo con una correcta cadena de custodia para asegurar la calidad del análisis.

Figura 3

Empresa INDOLMASA para la recolección de muestras de agua residual



Figura 4

Empresa OLPASA para la recolección de muestras de agua residual



Figura 5

Empresa OLAMSA para la recolección de muestras de agua residual



Figura 6

Ubicación de los puntos de toma de muestras antes del ingreso al sistema de tratamiento de aguas residuales de cada planta



Figura 7

Recolección de muestra de agua residual



3.3.1.2. Aislamiento de bacterias

El método a usado es con el medio de cultivo Cetrimida agar bases, Medio utilizado para el aislamiento selectivo de *Pseudomonas sp* y de otras especies del género. El medio es un agar sólido, que se preparó diluyendo 45 a 46 gramos del polvo en 1 litro de agua purificada, adicionalmente se agregó 10 ml de gliceriana, se diluye y agita durante 1 minuto en calor, luego se esteriliza en una autoclave a 121°C durante 15 minutos y se coloca en caliente en placas o tubos según sea necesario. Su incubación se dio a 35°C durante 24-48 horas. Para identificar se observó el crecimiento microbiano, seleccionando las que tienen una pigmentación amarillo verdoso – azulado (Rossi, 2021).

Figura 8

Observación de Bacterias aisladas en el medio de cultivo selectivo para *Pseudomonas sp*.



3.3.1.3. Preparación del inoculo para las dosis de Pseudomonas sp.

Se utilizó el método propuesto por Rojas y Rengifo (2021), la fase de enriquecimiento constara de un proceso de 3 semanas, inicialmente pasados los 7 días de incubación de las muestras pre enriquecidas, se tomará 1 ml de estas y se sembraran en cada tubo con caldo de enriquecimiento (caldo mineralizado + 1% de aceite). Se incubaron por 7 días con agitación continua a 37 °C en baño maría. Las bacterias pre seleccionadas fueron activadas en caldo nutritivo e incubadas a 35°C por 24 horas. Posteriormente se realizó la siembra masiva en agar mineralizados con 1% de aceite a 30 °C por 7 días. Cada dosis contenía una concentración de *Pseudomonas sp.* de 5 x 10^2 UFC / ml.

Figura 9

reparación de tubos con concentración de bacterias *Pseudomonas sp*.



Figura 10

Evaluación de los recipientes inoculados con la *Pseudomonas sp*.

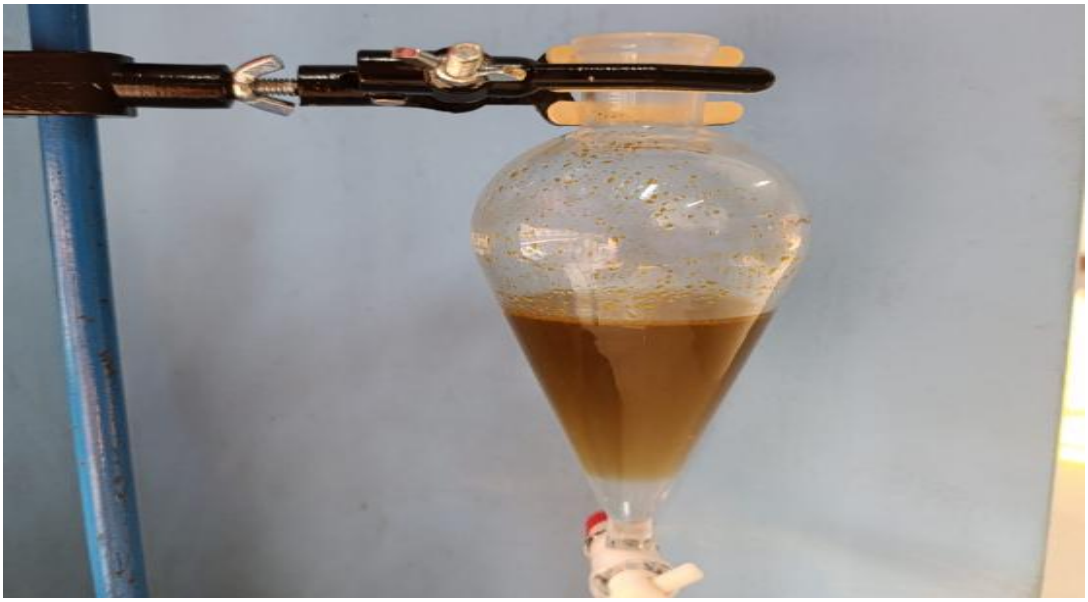


3.3.1.4. Análisis de aceites y grasas

Para el análisis de aceites y grasas se siguió el método de extracción Soxhlet. El método consistió en recuperar los aceites y grasas mediante una sustancia soluble que separa a estos del agua y genera capas de fragmentación, retirándose el agua y otros componentes por gravedad, dejándose en la parte superficial el solvente y los aceites y grasas extraídos, se procede a calentar esta solución, siendo que el solvente se evapora a menor temperatura este es recuperado por el sistema de refrigeración Soxhlet y dejando el balón los aceites y grasas, que posteriormente son pesados. Este método referido por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 21 ed., New York. 2005 (IDEAM,2007).

Figura 11

Separación de aceites y grasas



3.4. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la recolección de datos se aplicó una ficha (ver anexo 4), que recopila información básica descriptiva del experimento y resultados, como el código de muestra, dosis, temperatura, tiempo y resultados de aceites y grasas, esta ficha aplicada para prueba experimental.

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS.

Los datos se procesaron estadísticamente mediante el programa MINITAB 19, se llevó a cabo el análisis de la prueba estadística mediante el análisis de varianza (ANOVA), este método sirve para comparar las medias de las mediciones de los tratamientos que permitió evaluar las medias. Se trabajó a un nivel de confianza de un 95% aceptando la hipótesis < 0.05 de significancia y se rechaza > 0.05.

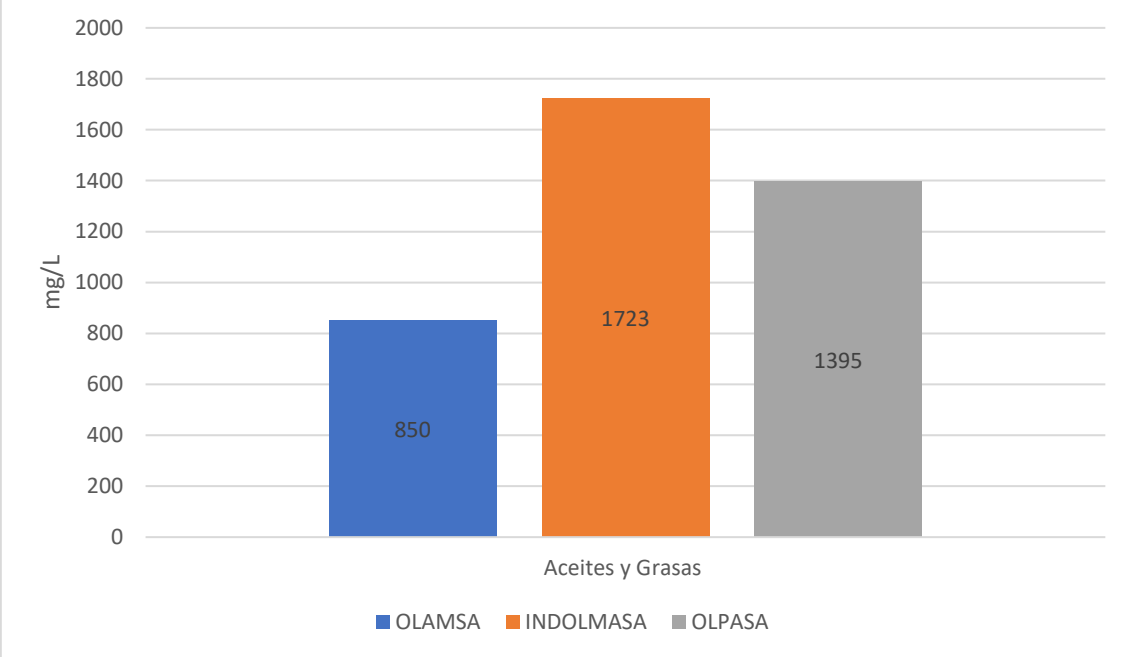
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma.

Figura 12

Concentración de aceites y Grasas en las aguas residuales de extracción de aceite de palma.



En la figura 12, se aprecia la concentración de los Efluentes de plantas extractoras de aceite de palma en la región de Ucayali, se obtuvo una concentración promedio de Aceites y Grasas de 1322 mg/l, con el máximo de 1723 mg/l y mínimo de 850 mg/l.

En comparacion con otros estudiosn, como el de Rodríguez et al. (2022), evaluaron los efluentes de producción de aceite de palma en Colombia, donde la

concentración promedio fue de 2074 mg/l. Así mismo Peña y Lara (2022), evaluaron los efluentes de una planta extractora de aceite de nombre Extractora Vizcaya S.A.S. donde los resultados de aceites y grasas fueron de 1058 a 1386 mg/l. Otro estudio como el de Briones et al.(2020), caracteriso las aguas residuales de una refineria de acites y grasas, obteniendo un contenido de acites y grasas de 1650 mg/l. Cuero (2019), caracterizo el contenido de acites y grasas en un planta liofilizadora, donde obtuvo un concentracion de aceites y grasas en el agua residual de 2597 mg/l.

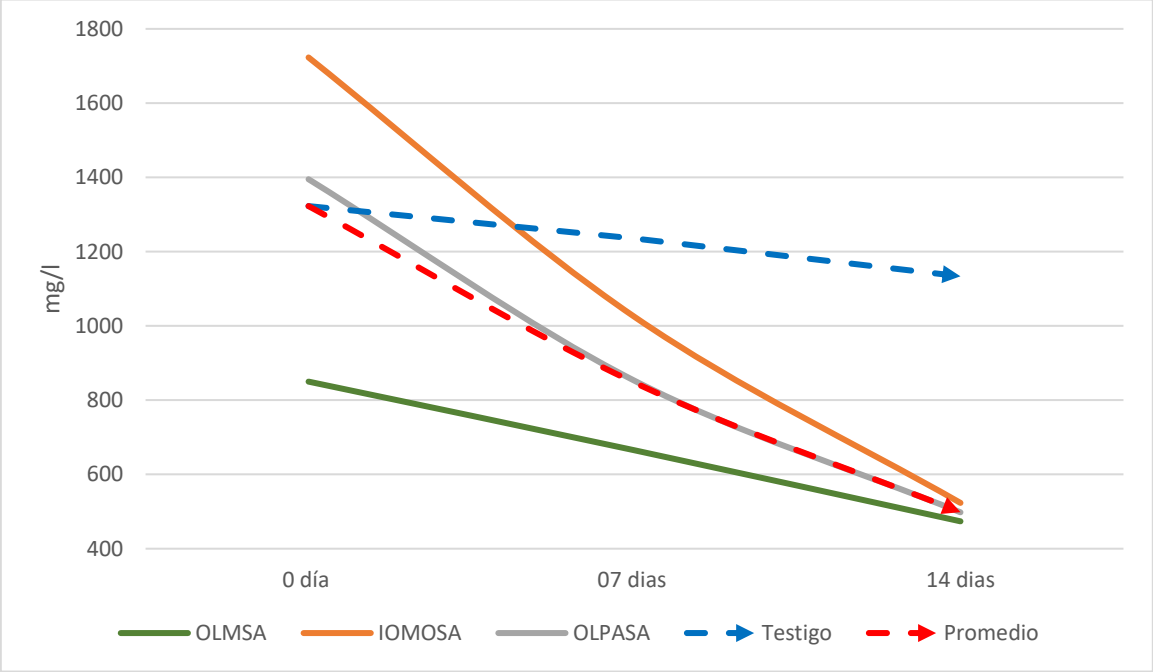
A diferencia, evaluaron efluentes de agua residual de la planta agroindustrial OLPESA, estos son previamente tratados con sistemas de florentino y lagunas, obteniendo resultados de Aceites y Grasas de 66.5 mg/L. También Sangucho y Rodriguez (2018), evaluó las concentraciones de Aceites y Grasas, obteniendo una concentración promedio de 347 mg/L. Pero el contenido de aceites y grasas sin ningún tratamiento previo, como menciona Perez (2019), presentan concentraciones de 14 000 y 15 000 mg/l de aceites y grasas. Así mismo Perez y Rios (2018), evaluó el contenido obteniendo un resultado de 9611 mg/l de aceites y grasas.

Como se aprecia en otros estudios los niveles de aceites y grasas de los efluentes de plantas extractoras de aceites sin tratamiento van de 14 000 a 15000 mg/l, en efluentes con un pretratamiento de florentinos van de 1058 mg/l hasta los 2597 mg/l, pero con la aplicación de un sistema de tratamiento de florentino y lagunas esos niveles pueden llegar hasta 66.5 mg/l. Viendo que nuestros resultados están en comparativa con los de efluente con un pre tratamiento con florentinos.

4.2. Determinación del tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando Pseudomonas sp.

Figura 13

Influencia del tiempo en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.*



En la figura 13, se aprecia la Influencia del tiempo en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando Pseudomonas sp., en el día 0 en promedio se tuene un concentración de aceites y grasas (A y G) de 1323 mg/l, para el día 7 es concentración bajo a 944 mg/l de A y G en el testigo tuvo una concentración de 1236 mg/l de Ay G y por ultimo al día 14 la concentración disminuyo a 657 mg/l y en el

testigo la concentración disminuyo a 1134 mg/l, generándose una diferencia de 897 mg/l de aceites y grasas, obteniendo una tasa de reducción por día de 64 mg/l de A y G y en total redujo un 67% aplicando la *Pseudomonas sp.* con una tendencia de a mayor tiempo mayor la biodegradación de Aceites y Grasas.

Tabla 3

Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto al tiempo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	2673964	1336982	10.94	0.000
Error	33	4031603	122170		
Total	35	6705567			

En la tabla 3, se muestra los resultados del Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto al tiempo, donde se aprecia un valor p de 0.000 el cual es menor a 0.05, por lo cual las medias son significativamente diferentes rechazando la hipótesis nula que todas las medias son iguales y aceptando la hipótesis alterna, confirmándose mediante la comparación de parejas de Tukey indica que las medias del día 0 don diferentes significativamente a las medias del día 7 y 14, a diferencia de las medias de 7 y 14 que no presentan diferencias significativas entre sí. Por tanto, al no haber una diferencia significativa de en los tratamientos con respecto a los 7 y 14 días, se considera estadísticamente el tiempo óptimo de 7 días.

No se pudo encontrar estudios de biodegradación en aceites crudo de palma presente en efluentes, pero estudios orientados o con el uso de la Pseudomonas indican como de Rojas y Rengifo (2021), degradaron petroleo ligero llego hasta el

86% como maximo en y dias en condiciones a una temperatura de 37° con agitacion. También He et al (2017) nos indican que en condiciones de laboratorio el petróleo crudo ha sido removido entre un 58 a 95% en 14 días de duración del tratamiento. del Rosario et al. (2021), quienes degradaron acite lubricante utilizando la pseudomonas, llegando a una eficiencia del 44% en 6 dias. Bustamante (2022), obtuvo una degradacion del acite residual de talleres automotrices utilizando la pseudomona, del 84.6% en 28 dias.

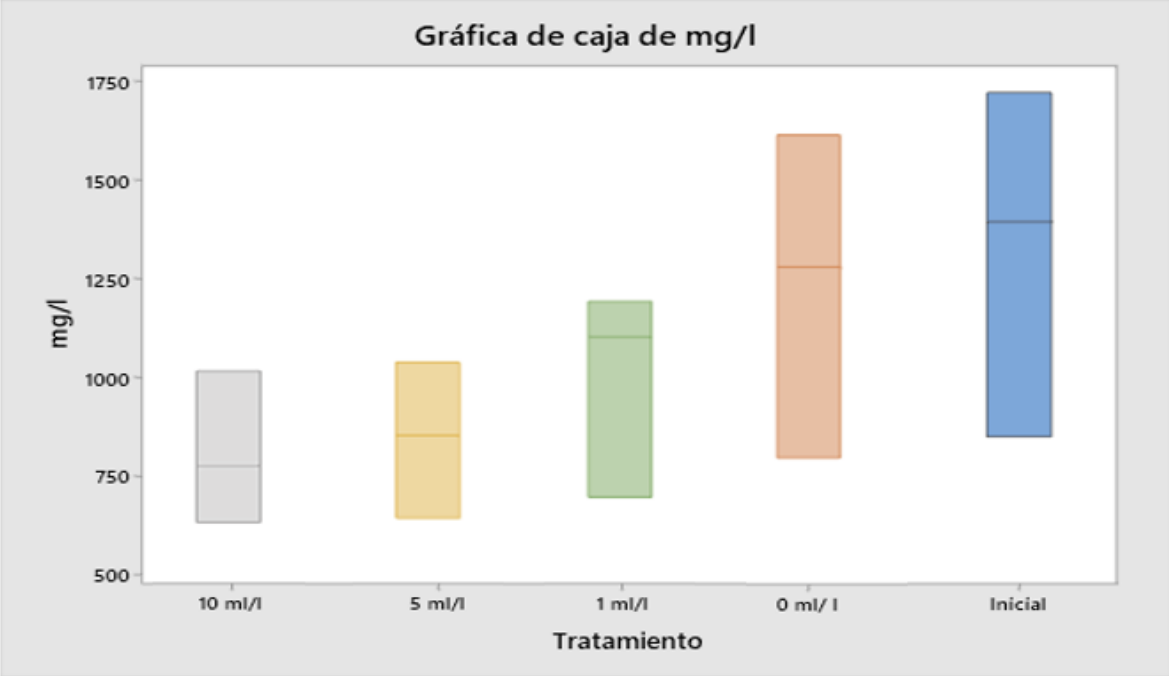
Asimismo Napoles et al. (2019) en su trabajo el consorcio bacteriano (dentro del cual se encuentra la pseudomona aeruginosa) fue capaz de degradar un 62% de hidrocarburos en 30 días. Asi mismo Chirre et al. (2022), utilizando el consorcio bacteriano oil eating microbes (Rhodococcus, Pseudomonas y Bacillus), para degradar hidrocarburos totales de petróleo (HTP), obteniendo una una eficiencia de 57% en 20 dias. Maricielo y Viton (2019), aislo una cepa especializada de pseudomona para degradar hidrocarburos totales de petróleo (HTP), la cual degrado el 94% en 48 horas.

Como se puede observar y comparar la biodegradacion responde al tiempo, según una dosis y condiciones de tratamiento, como podemos observar en condiciones normales la biodegradacion con pseudomonas ronda de 6 a 15 dias con eficiencias que rondan del 50 a 90 %. Pero en consorcios microbiamos podemos ver que este tiempo aumenta de 20 a 30 dias con eficiciecas del 57 al 62%, siendo un caso ecepcional una cepa especialmente aisalda con una eficiencia del 94% solo en 2 dias, viendo que la pseudomona como cepa sola trabaja con una buena eficiencia y mas aun con una selección especifica.

4.3. Determinación de la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*.

Figura 14

Influencia de la dosis en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.*



En la figura 14, se aprecia la Influencia de la dosis en la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando Pseudomonas sp., inicialmente se presenta una concentración promedio de Aceites y Grasas de 1323 mg/l, con la dosis 0 ml/l o testigo se obtuvo un promedio se redujo A y G a 1230 mg/l, con la dosis 1 ml/l o testigo se obtuvo un promedio se redujo A y G a 1006 mg/l, con la dosis de 5 ml/l o testigo se obtuvo un promedio se redujo A y G a 847 mg/l y con la dosis de 10 ml/l o testigo se obtuvo un

promedio se redujo A y G a 847 mg/l. Obteniendo una tendencia que a mayor la Dosis mayor la reducción de Aceites y Grasas.

Tabla 4

Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto a la dosis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	3	974858	214953	1.81	0.164
Error	32	5730709	179085		
Total	35	6705567			

En la tabla 4, se muestra los resultados del Análisis de Varianza de la biodegradación con respecto a la dosis, donde se aprecia un valor p de 0.164 el cual es mayor a 0.05, por lo cual las medias no son significativamente diferentes aceptando la hipótesis nula que todas las medias son iguales y rechazando la hipótesis alterna, confirmándose mediante la comparación de parejas de Tukey indica que las medias de las dosis de 1 ml/l, 5 ml/l y 10 ml/l no son presenta diferencia de agrupación a la muestra testigo con una dosis de 0 ml/l. Por tal se considera estadísticamente la dosis la de 1 ml/l.

Se ha demostrado que la *Pseudomonas sp* . mejora la degradación del petróleo crudo, lo que demuestra el potencial de esta cepa para beneficiar la remediación biológica (Zheng et al, 2018). Farag y Abde (2018), utilizaron la *Pseudomonas sp*. mostró una capacidad para consumir hidrocarburos aromáticos (fenol y naftaleno) y alifáticos (pentadecano) alcanzando hasta 79; 73; 62%, respectivamente. El estudio de Chen et al. (2023), utilizando la Pseudomonas llego a degradar el 91.4% del compuesto beta-cipermetrina, gracias al metabolismo de

esta. Esto ocurre gracias al mecanismo de degradación empleado por las bacterias actualmente aisladas no está claro y sus eficiencias de degradación son insuficientes, pero la Pseudomonas tiene la capacidad de reducir hasta los plásticos de polietileno hasta en 5.95% en 8 semanas. (Hou et al, 2022). Las especies del género Pseudomonas, juegan un papel particular en la biodegradación ya que el género tiene el potencial de descomponer varios hidrocarburos y compuestos, utilizándolos como su única fuente de carbono (Medić y Karadzic , 2022). Los hallazgos indican que la inoculación de las cepas bacterianas pertenecientes a las especies de Pseudomonas puede estimular la degradación de compuestos de Hidrocarburos de bajo y alto peso molecular y mantener la biomasa bacteriana (Tariq et al. , 2022).

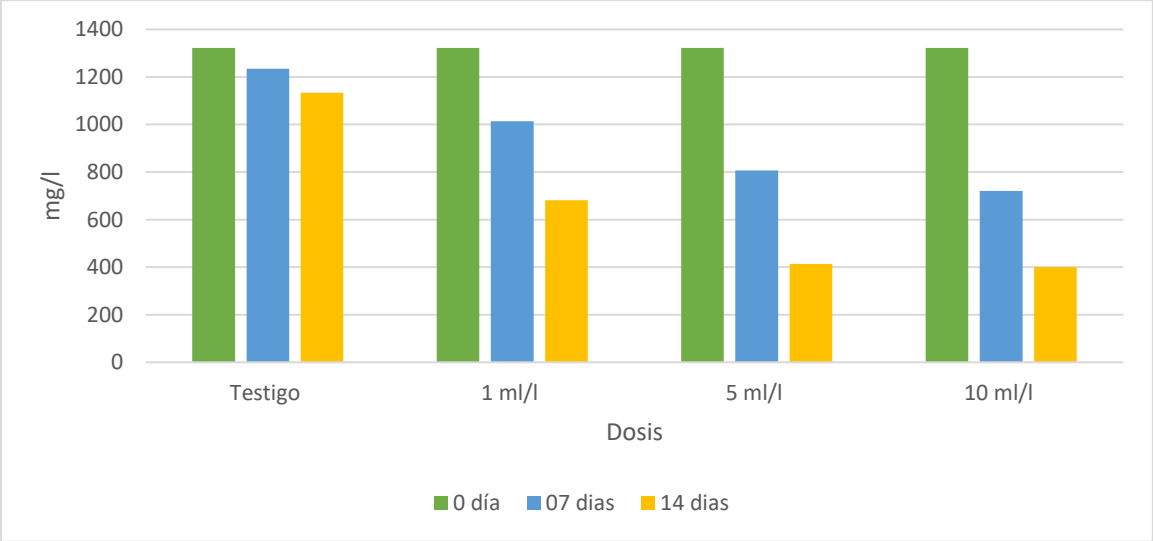
En general, las enzimas extracelulares y los compuestos activos de superficie (biosurfactantes) producidos por cepas bacterianas que son claves en la biodegradación del petróleo (Muthukumar et al., 2022). Los biosurfactantes son biomoléculas tensioactivas anfifílicas que contienen grupos hidrófilos e hidrófobos producidos por microorganismos como bacterias y hongos (Govarthanan et al., 2022). El papel de los biosurfactantes ha sido ampliamente reconocido en la mejora de la biodegradación de contaminantes de hidrocarburos (Varjani y Upasani, 2017).

Como se observa en los resultados comprados con otros estudios, es evidente la biodegradación, pero esto se debe a que la Pseudomonas dentro de su metabolismo requieren consumir compuestos de carbono, que estos son degradados por enzimas conocidas como biosurfactantes, es por tal la eficiencia de esta bacteria como tecnología en la biodegradación de hidrocarburos y aceites.

4.4. Evaluación de la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando Pseudomonas aeruginosa, Ucayali-2023.

Figura 15

Biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.*



En la figura 15, se observa la Biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp.* Esta biodegradación varia en condición del factor tiempo y dosis, el testigo presenta una concentración inicial de 1323 mg/l de Aceites y Grasas, con una dosis de 0 ml/l al día 7 presenta una concentración de 1235 mg/l reduciendo en un 6.6% y al día 14 concentración de 1133 mg/l reduciendo en un 14.3%. El tratamiento con una dosis de 1 ml/l al día 7 presenta una concentración de 1014 mg/l reduciendo en un 23.4% y al día 14 la concentración es de 681.6 mg/l reduciendo un 48.5% de Aceites y Grasas. El tratamiento con una dosis de 5 ml/l al día 7 presenta una concentración de 806.6 mg/l reduciendo en un 39% y al día 14

la concentración es de 413.3 mg/l reduciendo un 68.8% de Aceites y Grasas. El tratamiento con una dosis de 10 ml/l al día 7 presenta una concentración de 721 mg/l reduciendo en un 45.5% y al día 14 la concentración es de 400 mg/l reduciendo un 69.8% de Aceites y Grasas. Presentando una tendencia que a mayor tiempo y dosis la biodegradación de aceites y grasas es más eficiente.

Tabla 5

Análisis de Varianza de la Biodegradación de aceites y grasas según tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	11	21733	1975.77	27.71	0.000
Error	24	2184	90.99		
Total	35	23917			

En la tabla 5, se muestra los resultados del Análisis de Varianza de la biodegradación de aceites y grasas según el tratamiento, donde se aprecia un valor p de 0.000 el cual es menor a 0.05, por lo cual las medias son significativamente diferentes rechazando la hipótesis nula que todas las medias son iguales y aceptando la hipótesis alterna, confirmándose mediante la comparación de parejas de Tukey indica que las medias del tratamiento testigo no son significativamente diferentes a los tratamientos con 0 días y dosis de1,5 y 10 ml/l, pero si presentan diferencias significativos con los tratamientos de 1, 5 y 10 ml/l al día 7 y así mismo presentan diferencias significativos con los tratamientos de 1, 5 y 10 ml/l al día 14, entre los tratamientos los tratamientos de 1, 5 y 10 ml/l al día 7 y los tratamientos de 1, 5 y 10 ml/l al día 14 de la misma manera presentan diferencias significativas. Por tal los tratamientos se ven influencia con mayor significancia la dosis que el

tiempo, por ende, el tratamiento con mayor eficiencia es con una dosis de 10 ml/l en 14 días, pero el tratamiento optimo seria con una dosis de 1 ml/l en 7 días, que la eficiencia no presenta grandes diferencias entre los tratamientos con mayor dosis y tiempo.

En los estudios realizados por Lora y colaboradores (2021), se observó una eficiencia del 15% en la degradación del aceite lubricante SAE 20W50 en un biorreactor con inóculo de P. aeruginosa después de 144 horas de incubación, en comparación con un biorreactor sin inóculo. Del Rosario y colegas (2021) evaluaron los aceites y grasas al cabo de 144 horas, encontrando una disminución con una eficiencia de degradación del 44% para el aceite lubricante. García y su equipo (2019) emplearon una mezcla de bacterias Acinetobacter sp., Pseudomonas sp., y Mycobacterium sp. durante 30 días, logrando una remoción efectiva del TPH del 92%. Por otro lado, Nápoles y colaboradores (2019) obtuvieron una biodegradación del 53% en un medio estéril y del 62% en un medio no esterilizado, utilizando un consorcio microbiano que incluía Pseudomonas aeruginosa, durante un período de 30 días. Tambien Rojas y Rengifo (2021), en su trabajo pusieron a baño maría a 37 grados con agitación constante durante 7 días, obtuvieron una biodegradación de 81,16%. Como se puede ver la biodegradación se ve afectada positivamente por el tiempo, lo cual favorece a las bacterias, como indica Caycedo et al. (2021), el crecimiento bacteriano es el crecimiento de su poblacion, lo cual requiere nutrientes, el cual en este caso las pseudomonas utilizan a los aceites y grasas, al pasar el tiempo la poblacion aumenta, consumiento mas este contaminante.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma utilizando *Pseudomonas sp*. con una biodegradación de hasta el 68.9% con un tratamiento de dosis de 10ml/l a 14 días y el óptimo la biodegradación optima de 48.5% con un tratamiento de dosis de 1ml/l a 7 días.
- La Concentración de aceites y Grasas en las aguas residuales de extracción de aceite de palma en promedio es de 1322 mg/l.
- El tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*.es de 7 días.
- La dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasa de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*. es una dosis de 1 ml/l de solución concentrada.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realiza estudios para determinar las condiciones óptimas de crecimiento y actividad de *Pseudomonas sp*. en el tratamiento de aguas residuales, como temperatura, pH, concentración de oxígeno, y nutrientes.
- Comparar la biodegradación de aceites y grasas con diferentes técnicas de tratamiento, como la adición de co-sustratos o la modificación del medio de cultivo.
- Implementa un sistema de monitoreo continuo para evaluar las condiciones del proceso y ajustar los parámetros en tiempo real, de los efluentes de industria de extracción de aceite de palma.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

Abalos, A., Marañón, A., Fernández, J. M., Aguilera, I., & Despaigne, M. F. (2007). Caracterización de las aguas residuales de la planta refinadora de aceites comestibles ERASOL. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 38*(3), 220-223. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/1812/181221643008.pdf

Arce Góngora, J. (2012). *Palma aceitera, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta.* Iquitos: Insituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/micro/zee_iquitos_nauta/18_Palma_Aceitera.pdf

Arenas Piza, D. (2018). *Proceso de biodegradación para el tratamiento de derrames de petróleo por medio de pseudomonas.* Colombia: Fundación Universidad de América. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7130/1/392273-2018-I-GA.pdf

Benitez Perez, I. (2016). *Tratamiento de agua dulce contaminada con hidrocarburos del tipo de las gasolinas y su remediación a partir de Pseudomonas aeruginosa con nanojets comerciales.* Veracruz: Universidad Autónoma

Metropolitana. Obtenido de https://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6911

Briones Ponce, G., Burgos Briones, G., Rosero Delgado, E., & Moreira Mendoza, C. (2020). APLICACIONES DE SALES INORGÁNICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROCEDENTE DE LA REFINACIÓNDE ACEITES Y GRASAS. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios,* *7*(2), 1-14. Obtenido de https://portal.amelica.org/ameli/journal/215/2151282005/2151282005.pdf

Bustamante Velarde, A. (2022). *Biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices: Revisión sistemática, 2022.* Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104119

Castro, C. D. (2015). *Biorremediacion de Agua Contaminada por Diesel y Petroleo empleando un microbioma y sustancias Humicas.* México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/quimica-organica/biorremediacion-de-agua-contaminada-por-diesel-y-petroleo-empleando-un-microbioma-y-sustancias-humicas/64237468

Caycedo Lozano, L., Corrales Ramírez, L., & rujillo Suárez, D. (2021). Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova, 19*(36), 49-94. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-24702021000100049&script=sci_arttext

Chen, F., Xia, Q., & Ju, L.-K. (2003). Aerobic Denitrification of Pseudomonas aeruginosa Monitored by Online NAD(P)H Fluorescence. *Applied Enviromental Microbiology, 69*(11), 6715-6722. Obtenido de https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/aem.69.11.6715-6722.2003

Chen, W.-J., Wenping Zhang, Qiqi Lei, Shao-Fang Chen, Yaohua Huang, Kalpana Bhatt, . . . Xiaofan Zhou. (2023). Pseudomonas aeruginosa based concurrent degradation of beta-cypermethrin and metabolite 3-phenoxybenzaldehyde, and its bioremediation efficacy in contaminated soils. *Environmental Research, 236*(1), 116619. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935123014238

Chirre Flores, J., Feliciano Muñoz, O., & Robles Calderón, R. (2022). Determinación del rendimiento de la biodegradación de residuos de aceite lubricante retenidos en bentonita usando el consorcio bacteriano oil eating microbes (Rodhococus, Pseudomonas y Bacillus). *Quality and environment, 43*(43), 103-115. Obtenido de https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/6111

CIT. (2007). *La relación entre la Biodegradación y los Residuos Plásticos.* Argentina: PLASTIVIDA. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ecoplas.org.ar/pdf/8.pdf

Cuero Caicedo, L. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES FUNDAMENTADO EN PROCESOS DE RIZOFILTRACIÓN Y LECHOS ORGANICOS FILTRANTES CAPACES DE DISMINUIR EL CONTENIDO DE GRASAS Y ACEITES PRESENTES EN UNA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE UNA SUCURSA.* Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/595d1e0e-ef49-4fb2-87a5-b554ed9c8fcb/content

Das, K., & Mukherjee, A. (2007). Differential utilization of pyrene as the sole source of carbon by Bacillus subtilis and Pseudomonas aeruginosa strains: role of biosufactants in enhancing bioavailability. *Journal of Applied Microbiology, 102*(1), 195–203. Obtenido de https://academic.oup.com/jambio/article/102/1/195/6719103

Dasgupta, N., Arora, S., & Ramphal , R. (2000). fleN, a gene that regulates flagellar number in Pseudomonas aeruginosa. *J Bacteriol, 182*(2), 357-364. Obtenido de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC94283/

Del Rosario Lora Cahuas, C. E., Otiniano García, N. M., & Robles Castillo, H. M. (2021). Degradación del aceite lubricante por Pseudomonas aeruginosa. *REBIOL, 41*(2), 213-220. Obtenido de https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/4054

del Rosario Lora Cahuas, C., Otiniano García, N., & Robles Castillo, H. (2021). DEGRADACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE POR Pseudomonas aeruginosa. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (REBIOL), 41*(2), 213-220. Obtenido de https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/4054

Farag, S., Soliman, N., & Abdel-Fattah, Y. (2018). Statistical optimization of crude oil bio-degradation by a local marine bacterium isolate Pseudomonas sp. sp48. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 16*(2), 409-420. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X18300015

García González, J., Peñafiel Heredia, D., & Rodríguez, R. (2019). Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango. *Enfoque UTE, 10*(1), 185-196. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422019000100185&script=sci_arttext

Govarthanan, M., Liang, Y., Seralatán Kamala-Kannan, & Kim Woong. (2022). Eco-friendly and sustainable green nano-technologies for the mitigation of emerging environmental pollutants. *Chemosphere, 287*(2), 132234. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521027065?via%3Dihub

Gutierrez Taipe, K. Y. (2018). *Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria pseudomona aeruginosa en Huancayo.* Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4507/4/IV_FIN_107_TE_Gutierrez_Taipe_2018.pdf

Hou, L., Jiao Xi, Jiaxi Liu, Peiyuan Wang, Tengqi Xu, Tingting Liu, . . . Yan Bing Lin. (2022). Biodegradability of polyethylene mulching film by two Pseudomonas bacteria and their potential degradation mechanism. *Chemosphere, 286*(3), 131758. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565352102230X

INDUAGRO. (2014). Obtenido de https://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html

Ivanova, Y., Tristán, M. C., Romero, M., Charry, A., Lema, S., Sánchez Choy, J., . . . Quintero, M. (2020). Hacia una cadena de palma aceitera, que contribuya a la conservación de bosques y reducción de gases de efecto invernadero en la región Ucayali. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 144. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sanchez-Choy/publication/344702308_Hacia_una_cadena_de_palma_aceitera_que_

contribuya_a_la_conservacion_de_bosques_y_reduccion_de_gases_de_efecto_invernadero_en_l

Kadarusman, Y. B., & Herabadi, A. G. (2018). Improving sustainable development within Indonesian palm oil: the importance of the reward system. *Sustainable Development, 26*(4), 422–434. doi:https://doi.org/10.1002/sd.1715

Khokthong, W., Zemp, D. C., Irawan, B., Sundawati, L., Kreft, H., & Hölscher, D. (2019). Drone-Based Assessment of Canopy Cover for Analyzing Tree Mortality in an Oil Palm Agroforest. *Frontiers in Forests and Global Change, 2*(12), 1–10. Obtenido de https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00012

López, D. (2022). Aceite de palma también amenaza ecosistemas acuáticos. *SciDev.Net*. Obtenido de https://www.scidev.net/america-latina/news/aceite-de-palma-tambien-amenaza-ecosistemas-acuaticos/

Maricielo Wendoline, R., & Viton Castañeda, S. (2019). *Eficacia de degradacion de aceite residual de fritura para la produccion de PHA con dos tipos de fuentes de nitrogeno usando Pseudomonas sp. aisladas de suelo de la empresa Papelera Trupal.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/49c84feb-9c6a-418c-97db-a69d37c2b907/content

Medić, A., & Karadzic , I. (2022). Pseudomonas in environmental bioremediation of hydrocarbons and phenolic compounds- key catabolic degradation enzymes and new analytical platforms for comprehensive investigation. *World Journal*

of Microbiology and Biotechnology, 38(165). Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-022-03349-7

Mendoza Castillo, J. S., & Soto Zelaya, R. O. (2022). *Técnicas de biodegradación de grasas y aceites en aguas residuales.* Trujillo: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101098

MIDAGRI. (2014). Obtenido de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/PROINVERSION/ProInversion-PromocionDeLaPalmaAceitera.pdf

Mosquera Montoya, M., & López Alfonso, D. (2017). Aceite de palma certificado sostenible: análisis de la cadena de valor. *Fedepalma, 38*(1), 11-25. Obtenido de http://52.200.198.20/handle/123456789/140680

Muthukumar, B., al-Salhi, M., Narenkumar, J., Devanesan, S., Nageswara Rao , P., Woong Kim, & Aruliah Rajasekar. (2022). Characterization of two novel strains of Pseudomonas aeruginosa on biodegradation of crude oil and its enzyme activities. *Environmental Pollution, 304*, 119223. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122004377?via%3Dihub

Nápoles Alvarez, J., Bahín Deroncelé, L., Gutiérrez Rojas, M., Del Toro Álvarez, D., & Abalos Rodríguez, A. (2019). Degradación de diesel en agua de mar utilizando un consorcio bacteriano. *Tecnología Química, 39*(2), 403-420. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852019000200403&script=sci_arttext&tlng=en

OAB. (2019). *Aceite de cocina, otra amenaza para los acuíferos.* Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente, Observatorio Ambiental de Bogotá. Obtenido de https://oab.ambientebogota.gov.co/aceite-de-cocina-otra-amenaza-para-los-acuiferos/

Perez Ramirez, B. (2019). *Caracterización de las aguas residuales del proceso de extracción de aceite en la industria Papsa.* Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Obtenido de https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2276?show=full

Prakash, B., & Irfan, M. (2011). Pseudomonas aeruginosa is Present in Crude Oil Contaminated Sites of Barmer Region (India). *Journal of Biorremediation & Biodegradation, 2*(5), 129-130. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281546127_Pseudomonas_aeruginosa_is_Present_in_Crude_Oil_Contaminated_Sites_of_Barmer_Region_India

Rojas García , M. A., & Rengifo Torrejón , N. J. (2021). *Biodegradación de petróleo por Pseudomonas aeruginosa en aguas de derrame de la actividad petrolera, Ucayali-2020.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5316/B4_2022_UNU_ECONOMIA_2022_T_ABIGAIL-ROJAS-GARCIA_ET_AL.pdf?sequence=1

Rossi, A. (15 de Mayo de 2021). *Britanialab*. Obtenido de https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070668da829e.pdf

Salgado Brito, R., Pineda Flores, G., Mesta Howard, A., Díaz Cedillo, F., & Wang Hu, E. (2008). *Degradación de n-alcanos por Pseudomonas aeruginosa MGP-1.* Investigación universitaria multidisciplinaria. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28299174_Degradacion_de_n-alcanos_por_Pseudomonas_aeruginosa_MGP-1

Tariq Baig, Z., Ali Abbasi, S., Ghaffar Memon, A., Naz, A., & Fatah Soomro, A. (2022). Assessment of degradation potential of Pseudomonas species in bioremediating soils contaminated with petroleum hydrocarbons. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 97*(2), 455-465. Obtenido de https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6820

Varjani, S., & Upasani, V. (2017). Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant. *Bioresource Technology, 232*, 389-397. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417301645

Vázquez Morillas, A., Sotelo Navarro, P. X., Espinosa Valdemar, R. M., Velasco Pérez, M., Quecholac Piña, X., Beltrán Villavicencio, M., & Álvarez Zeferino, J. C. (2019). Degradación & Biodegradación de Plásticos. *Asociación Nacional*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/330524250_Degradacion_Biodegradacion_de_Plasticos_RESUMEN_EJECUTIVO_2018

Velasco Casal , P. (2003). *Biorremediación: Biodisponibilidad de xenobióticos en suelos. Papel de la quimiotaxis bacteriana.* España: Instituto de recursos naturales y agrobiología de Sevilla. Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/66266/1/Biorremediaci%C3%B3n.%20Biodisponibilidad%20de%20xenobi%C3%B3ticos%20en%20suelos..pdf

Villegas Córdoba , A. R., & Martínez Rojas , J. M. (2021). *Evaluación de la disposición final del Aceite Vegetal Usado en el municipio de Yaguará Huila.* Yaguará Huila : Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40541/jmmartinezoj.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Zamora Chuquillanqui, H. Y. (2019). *Características físico - químicas de aceites y grasas y sus efectos en los sistemas de alcantarillados.* Lima: Universidad Científica del Sur. Obtenido de https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1179

Zhang, Y., Yan, L., Qiao, X., Chi, L., Niu, X., & Mei, Z. (2008). Integration of biological method and membrane technology in treating palm oil mill effluent. *Journal of Environmental Sciences, 20*(5), 558–564. doi:https://doi.org/10.1016/S10010742(08)62094-X

Zheng, M., Wang, W., Hayes, M., Nydell, A., Tarr, M., Van Bael, S., & Papadopoulos, K. (2018). Degradation of Macondo 252 oil by endophytic Pseudomonas putida. *Degradation of Macondo 252 oil by endophytic Pseudomonas putida, 6*(1), 643-648. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343717307108

ANEXOS

Anexo 1:Matriz de consistencia

Biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas aeruginosa*, Ucayali-2023.						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Parámetros	Indicador
General	General	General				
¿Es factible la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*, Ucayali-2023?	Evaluar la biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp,* Ucayali-2023.	La biodegradación de aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp,* es mayor al 50%.	**Variable Independiente:** Aguas residuales de la industria de la extracción de palma de aceite.	Aguas residuales	Concentración de aceites y grasas	mg/L
Especifico	Especifico	General				
¿Cuál la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma?	Determinar la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma.	La concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de palma, es menor a 10 000 mg/L.				
¿Cuál es el tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*?	Determinar el tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*	El tiempo óptimo para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp,* es de 12 días.	**Variable Dependiente**: Biodegradación con *Pseudomonas sp*	Biodegradación	Tiempo Dosis Degradación Temperatura	Días ml Sol./ ml. Ag. Rs. % ºC
¿Cuál es la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*	Determinar la dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp*	Dosis óptima para la biodegradación de los aceites y grasas de las aguas residuales de la industria de extracción de aceite de Palma utilizando *Pseudomonas sp, es de 1 ml/l de solución de pseudomonas.*				

Anexo 2: Panel Fotografico

Figura 16 Pesado de medio de cultivo



Figura 17 Preparación de medio de cultivo



Figura 18 Preparación de tubos para conteo bacteriano



Figura 19 Observación de muestras de prueba de inóculos de Pseudomonas en medio enriquecido



Figura 20 Observación de la degradación de aceite de palma con la Pseudomonas

