

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurantes

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Nataly Glicelda Chua Calsina

Asesor:

Mg. Rosse Adeline Callata Chura

Juliaca, julio del 2022

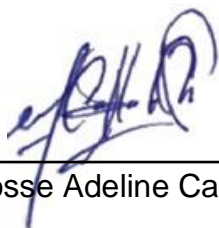
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Rosse Adeline Callata Chura, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“DEGRADACIÓN DE ACEITES Y GRASAS POR MICROORGANISMOS NATIVOS DE LODOS ACTIVADOS EN EFLUENTES PROVENIENTES DE RESTAURANTES.”** del autor **Nataly Glicelda Chua Calsina** tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 26 días del mes de Julio del año 2022.



Mg. Rosse Adeline Callata Chura



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 26 día(s) del mes de julio del año 2022, siendo las 09:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Miguel Ángel Salcedo Enríquez secretario: Mtro. Juan Eduardo Rizo Rivera y los demás miembros: Dr. Mateo Alejandro Salinas Mena

y el asesor Msc. Rose Adeline Gallata Ghura con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurantes de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Nataly Eliselda Ghua Galina b) conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental (Nombre del Título Profesional)

con mención en... El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Nataly Eliselda Ghua Galina

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Buena	Muy Buena

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Asesor

Candidato(a)

Miembro

Secretario

Miembro

Candidato(a)

AGRADECIMIENTO

Gratitud a Dios por guiar mi vida y bendecirme con personas que me motivan, inspiran y apoyan en mi formación profesional.

Gratitud a mi familia por confiar en mi y por el apoyo incondicional que me dan.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. METODOLOGIA.....	12
2.1. Análisis de datos.....	13
3. RESULTADOS.....	14
a. Variación de pH.....	14
b. Variación de conductividad eléctrica (C.E).....	15
c. Remoción de aceites y grasas	16
4. CONCLUSIONES	24
5. REFERENCIAS.....	26
6. ANEXOS	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Muestras de Bach utilizadas para la investigación</i>	13
Figura 2 <i>Comparación de degradación de aceite y grasas entre T1, T2 y T3 a los 28 días</i> 19	
Figura 3 <i>Comparación de tratamiento con el método de caja y bigotes</i>	21
Figura 4 <i>a, b y c Comparación de tratamiento con el método de caja y bigotes</i>	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variación de pH</i>	15
Tabla 2 <i>Variación de la conductividad eléctrica</i>	16
Tabla 3 <i>Degradación de aceites</i>	17
Tabla 4 <i>Degradación de aceites</i>	20

Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurantes

Degradation of oils and fats by native microorganisms of activated sludge in effluents from restaurants.

RESUMEN

Las aguas residuales de los restaurantes conllevan la presencia de aceites y grasas, constituyendo un tipo de residuo cuya disposición final inadecuada puede tener un impacto negativo en las fuentes de agua, además de ocasionar problemas en las redes de saneamiento y gastos adicionales en las estaciones depuradoras de aguas residuales. El propósito de esta investigación radica en la degradación de los aceites y grasas mediante el proceso de biodegradación a cargo de microorganismos autóctonos presentes en los lodos activados de una planta de tratamiento de aguas residuales.

El estudio se ejecutó en el laboratorio, empleando un sistema discontinuo en lotes de 90 litros de capacidad, en el cual se aplicó la biomasa de lodos activados a diferentes volúmenes (T1= 1305 ml, T2= 2655 ml, T3= 4005 ml) bajo condiciones de aireación constante a una temperatura de 25°C. Los resultados del análisis gravimétrico de las muestras monitorizadas revelaron una remoción de aceites y grasas del 99.52%. En relación a los parámetros de tiempo de contacto y cantidad de lodos activados, se concluye que un mayor tiempo y una mayor cantidad de lodos activados mezclados con las aguas residuales generan un doble beneficio: la reutilización de los lodos activados provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales y la capacidad de reducir los niveles de aceites y grasas residuales de origen doméstico.

Palabras clave: Biorremediación, grasas y aceites, degradación, medio ambiente.

ABSTRACT

Wastewater from restaurants carries the presence of oils and fats, constituting a type of waste whose inadequate final disposal can have a negative impact on water sources, in addition to causing problems in sanitation networks and additional costs in treatment plants. of sewage. The purpose of this research lies in the degradation of oils and fats through the biodegradation process carried out by autochthonous microorganisms present in the activated sludge of a wastewater treatment plant.

The study was carried out in the laboratory, using a discontinuous system in batches of 90 liters of capacity, in which the biomass of activated sludge was applied at different volumes (T1= 1305 ml, T2= 2655 ml, T3= 4005 ml) under constant aeration conditions at a temperature of 25°C. The results of the gravimetric analysis of the monitored samples revealed a 99.52% removal of oils and greases. In relation to the parameters of contact time and amount of activated sludge, it is concluded that a longer time and a greater amount of activated sludge mixed with wastewater generate a double benefit: the reuse of activated sludge from sewage treatment plants wastewater and the ability to reduce the levels of residual oils and greases of domestic origin.

Key words: Bioremediation, fats and oils, degradation, environment

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, diversos factores como el crecimiento de la población mundial, la búsqueda de mayor comodidad en la vida cotidiana y el aumento de actividades diarias han contribuido significativamente al incremento en el consumo de energía y a la generación de residuos (Tacias et al., 2016) . Uno de los desafíos más apremiantes está relacionado con la descarga de aguas residuales (ya sean municipales, domésticas o industriales) en cauces, estuarios y lagos sin previo tratamiento (García et al., 2019). Entre los contaminantes que plantean mayores dificultades en el tratamiento de aguas residuales, se encuentran las grasas y los aceites (Vidales et al., 2010). Las grasas o lípidos representan diversos compuestos químicos que pueden extraerse de plantas, animales y organismos microbianos mediante solventes orgánicos. Estas sustancias se caracterizan por ser insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el éter, cloroformo, hexano, benceno o metanol(FAO, 2010). El catabolismo de los ácidos grasos tiene lugar en las mitocondrias, a través de un proceso conocido como β -oxidación, donde se eliminan sucesivamente pares de carbonos (dos carbonos a la vez) del ácido graso, liberando acetil CoA como producto (Zussa, 2017).

Las grasas y aceites, ampliamente utilizados en entornos domésticos, institucionales, hoteles y especialmente en restaurantes (González & González, 2015), históricamente han sido eliminados mediante métodos físicos para prevenir su llegada a las etapas de tratamiento biológico, como lo señala (Cisterna Osorio, 2015). Estos componentes representan un desafío considerable en el tratamiento de aguas residuales debido a su alta estabilidad y su falta de miscibilidad con el agua. En su mayoría, provienen de desechos alimentarios, a excepción de los aceites minerales que tienen diferentes orígenes. Dado su carácter inmisible, estas grasas tienden a acumularse en la superficie, generando capas de natas y espumas. Estas acumulaciones obstaculizan cualquier proceso de tratamiento, ya sea biológico o físico-químico, al tiempo que crean una capa oleosa que disminuye el nivel de oxígeno en el agua,

con consecuencias perjudiciales para los ecosistemas acuáticos, como el aumento de la eutrofización, entre otros (Bravo et al., 2016). En última instancia, esta problemática resulta en costosos esfuerzos de mantenimiento en las plantas de tratamiento, subrayando la importancia de eliminar las grasas y aceites en las primeras etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales (Vidales et al, 2010).

Los lodos activados representan uno de los pilares fundamentales en el tratamiento de aguas residuales, basándose en la utilización de microorganismos capaces de degradar la materia orgánica, eliminar nutrientes y convertir compuestos tóxicos en productos inofensivos, como señala (Chambi et al., 2019). Este proceso no solo contribuye significativamente a la reducción de costos al evitar la necesidad de importar productos químicos de otros países o producirlos internamente para estos fines, como sugiere (Agua, 2018), sino que también desempeña un papel crucial en la disminución de los niveles de aceites y grasas residuales de origen doméstico. La biodegradación llevada a cabo por microorganismos presentes en los lodos activados de una planta de tratamiento de aguas residuales, en condiciones controladas de pH, temperatura y tiempo de contacto, logra reducir eficazmente los contenidos de aceites y grasas, como lo respalda (Esquirva Rivas, 2009). Además, es importante destacar que la agitación mecánica se erige como el mecanismo ideal para la mezcla en este tipo de procesos, tal como sugiere (Cisterna Osorio, 2015).

El propósito de estas acciones es minimizar el impacto potencial en el medio ambiente y en los sistemas de tratamiento, dado que nuestro proyecto se basa en la utilización de microorganismos vivos, los cuales desempeñan un papel fundamental en el tratamiento biológico de aguas residuales. Los microorganismos más comunes que se encuentran en los flóculos de lodo activado incluyen bacterias, hongos, protozoos y rotíferos, todos los cuales tienen la particularidad de ser inofensivos para el entorno ambiental. Esta elección representa una solución altamente efectiva y de menor costo de implementación, además de ser respetuosa

con el medio ambiente. Al mismo tiempo, contribuye a la reducción de los problemas asociados con las plantas depuradoras. Como señalan (Bejarano y Escobar, 2015), el crecimiento de estos microorganismos está influenciado por diversos factores ambientales, entre los que destacan la temperatura, el pH y la actividad del agua, los cuales son determinantes clave en el control del crecimiento bacteriano, según (Dos Santos Eduardo, 2007). Dado que estos microorganismos contienen bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, el pH se convierte en un factor esencial que influye en su desarrollo y reproducción, como indican (Santillán y Paredes, 2018).

El objetivo central de nuestra investigación es la degradación de aceites y grasas mediante el empleo de microorganismos autóctonos presentes en los lodos activados, aplicado específicamente a los efluentes procedentes de restaurantes

2. METODOLOGIA

Las muestras de aguas residuales domésticas fueron recolectadas en restaurantes y pollerías ubicados en el distrito de Juliaca. El estudio se llevó a cabo a nivel de laboratorio utilizando un sistema discontinuo tipo batch con una capacidad de 90 litros. Se utilizaron inóculos de biomasa que contenían microorganismos autóctonos provenientes de los lodos activados de la planta depuradora de Yunguyo.

La concentración de aceites y grasas (A y G) se determinó mediante el método Soxhlet, siguiendo la metodología 5520 D de la Asociación (Association, 2012). Se realizaron ensayos por triplicado en reactores tipo Batch, cada uno con un volumen de 90 litros. El experimento se llevó a cabo a una temperatura constante de 25°C, con control de temperatura mediante un termostato, y se mantuvo una aireación constante utilizando una bomba aireadora de burbujas finas durante un período de 24 horas. Se monitorearon los parámetros de pH y conductividad eléctrica a lo largo de un período de 28 días, con análisis de las muestras de laboratorio

realizados a intervalos de 7 días (en los días 7, 14, 21 y 28). A continuación, se presenta el diseño experimental utilizado en el estudio.

Figura 1:

Muestras de Bach utilizadas para la investigación

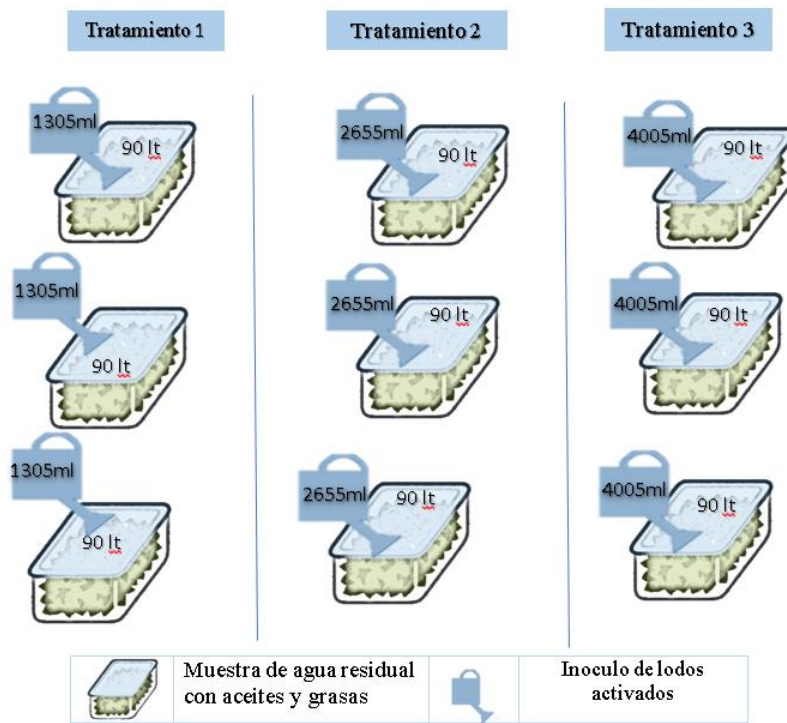


Figura 2

Nota: la figura muestra T_1 =tratamiento 1, T_2 = tratamiento 2, T_3 =tratamiento

- ✓ T_1 agua residual domestica del restaurant + 1305 ml de lodos activados.
- ✓ T_2 agua residual domestica del restaurant + 2655 ml de lodos activados.
- ✓ T_3 agua residual domestica del restaurant + 4005 ml de lodos activados

2.1. Análisis de datos

En el presente estudio, se implementó un diseño completamente aleatorio para la experimentación. La comparación de las medias se llevó a cabo mediante la Prueba de Tukey y la Prueba de Dunkey, utilizando la plataforma estadística SPSS. Para el análisis cinético de los datos, se aplicó el método de decaimiento exponencial, que se rige por la siguiente ecuación:

$$y=A.e^{(-k.t)}$$

3. RESULTADOS

Los análisis físico-químicos de las aguas residuales procedentes de restaurantes arrojaron los siguientes resultados significativos: la conductividad eléctrica (C.E.) se registró a 2.91 uS/cm, indicando una naturaleza salina. En cuanto al pH, se obtuvo un valor de 6.26, lo que denota un carácter ácido. Es importante destacar que estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos para la descarga en la red de alcantarillado.

Sin embargo, la concentración de aceites y grasas (A y G) se situó en 6118.9 mg/L, una cifra notablemente alta. De acuerdo con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, este valor supera ampliamente el umbral de 100 mg/L establecido para A y G. Estos resultados indican que la caracterización inicial de los niveles de A y G excede los valores máximos admisibles (VMA), lo que clasifica a estas aguas residuales como no domésticas.

a. Variación de pH

A diferencia de los valores iniciales, se observó una variación significativa en el parámetro de pH en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3) a partir de la primera semana, como se detalla en la Tabla 1. Después de 7 días de evaluación, se registró un aumento en los valores de pH. Este aumento puede atribuirse a la presencia de una cantidad considerable de lodos activados y a la influencia de la temperatura, que tienden a elevar el pH. Este incremento continuó hasta la cuarta semana, en la que se observó que la reducción biológica de la materia orgánica (A y G) estaba relacionada con el aumento de los valores de pH.

Este comportamiento del pH se puede explicar siguiendo la observación de (Ghanizadeh & Sarrafpour, 2001). Según estos autores, este fenómeno se promueve mediante la liberación de Sustancias Poliméricas Extracelulares (SPE) durante el proceso de asimilación y transformación de A y G. Estas sustancias generalmente poseen carga negativa, por lo que

un aumento en su producción conduce a un incremento del pH por encima del punto isoelectrico, que en la mayoría de las bacterias se sitúa en un pH de 7.0 unidades. Este comportamiento favorece la capacidad de enlace entre las células bacterianas, lo que, en última instancia, mejora los procesos de floculación biológica.

Tabla 1

Variación de pH

Semana	pH		
	T1	T2	T3
1	6.66	7	6.52
2	7.27	7.4	7
3	7.47	7.64	7.41
4	7.59	7.76	7.46

Durante el transcurso del experimento, se pudo observar un aumento gradual en el pH a medida que avanzaba el tiempo. Este fenómeno puede atribuirse a la actividad de los microorganismos presentes en el medio, como lo sugiere (Agualimpia et al, 2016). Al aplicar los microorganismos al sustrato, se produce un incremento exponencial del pH como resultado de la acción de consumo de sustrato graso y la degradación de ácidos grasos, lo que conlleva a la liberación de dióxido de carbono (CO₂) y agua. El CO₂, al entrar en el medio, alcaliniza el entorno, lo que resulta en un aumento del pH, como explican (Otálora et al., 2000).

b. Variación de conductividad eléctrica (C.E)

Los valores del parámetro de Conductividad Eléctrica (C.E) se encuentran detallados en la tabla 2. En contraste con los valores iniciales, los tratamientos (T1, T2, T3) muestran una variación en la conductividad eléctrica desde la primera semana hasta la cuarta semana, caracterizada por una tendencia a la disminución. Esta tendencia puede ser atribuida posiblemente a la ausencia de sales metálicas capaces de funcionar como conductores, como

señalan (Romero et al., 2009). En otras palabras, para que los microorganismos puedan prosperar, requieren un suministro mínimo de nutrientes, incluyendo agua, una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno y algunas sales minerales, las cuales ayudan a equilibrar la presencia de aceites y grasas en el medio, tal como destacan (Caycedo et al., 2021).

Tabla 2

Variación de la conductividad eléctrica

Dias	C.E (uS/cm)		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
7	2.72	2.69	2.91
14	2.66	2.59	2.84
21	2.60	2.55	2.81
28	2.51	2.5	2.69

En cuanto a la conductividad eléctrica, los resultados revelan que se sitúa por debajo de los 2.91 uS/cm. Es relevante destacar que el valor máximo aceptable para la conductividad se extiende hasta los 1000 uS/cm. Además, es importante resaltar la estrecha relación que guarda este parámetro con la temperatura, dado que niveles elevados de conductividad pueden afectar de manera adversa a los procesos biológicos de depuración. Esto, a su vez, podría obstaculizar el desarrollo óptimo de la comunidad bacteriana (Carchi y García, 2021).

c. Remoción de aceites y grasas

El estudio revela que los niveles de aceites y grasas (A y G) en mg/L experimentan una reducción en los tratamientos T1 y T2 al cabo de un promedio de 28 días. No obstante, en el caso del tratamiento T3, se observa una disminución especialmente significativa, como se detalla en la tabla 3. Las aguas residuales con elevados contenidos de A y G crean un ambiente propicio para el desarrollo de poblaciones microbianas que utilizan los lípidos presentes en el entorno como fuente de carbono y sustrato para su metabolismo. En este sentido, la inoculación de estos microorganismos nativos en mayores cantidades, junto con la prolongación del tiempo

de contacto, la influencia de la temperatura y el uso del mecanismo de inyección de aire, contribuyeron de manera significativa a la degradación de los A y G (Pedroza-Padilla et al., 2017).

Tabla 3

Degradación de aceites

Aceites y grasas (mg/L)			
Día	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
	1	2	3
0	6118.70	6118.70	6118.70
7	1870.20	1609.45	1386.43
14	699.07	633.07	517.63
21	572.67	523.07	274.67
28	86.37	55.56	28.80

La diferencia en la degradación de aceites y grasas se hace evidente al observar la Figura 2, donde el tratamiento T3 alcanza un porcentaje de degradación sustancialmente superior en comparación con los demás. Mientras que el valor inicial de concentración de A y G en el agua residual era de 6118.9 mg/L, al día 28, el T3 muestra una notable degradación del 99.52%, llegando a una concentración final de 28.80 mg/L de A y G. En contraste, el contenido de aceites y grasas en el T1 (1305 ml de lodos activos) a los 28 días se redujo a 86.37 mg/L, una disminución menor en comparación con el T3 (4005 ml de lodos activos), donde la concentración disminuyó de manera mucho más significativa a 816 mg/L.

Este comportamiento puede ser explicado de manera análoga a lo encontrado en un ensayo anterior con un reactor de 60 litros, donde se logró un porcentaje máximo de remoción de aceite del 40% a los 15 días (Aguilimpia et al., 2016). En resumen, se puede afirmar que a medida que se incrementa la cantidad de lodos activados con la presencia de microorganismos

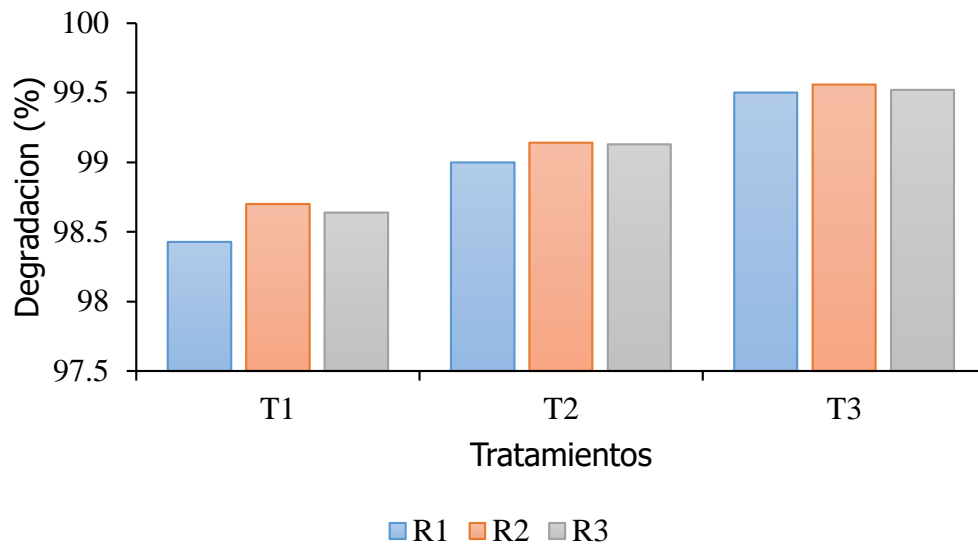
nativos (inóculo) y se prolonga el tiempo de contacto, los niveles de A y G tienden a disminuir debido a la acción de los microorganismos, que se encargan de hidrolizar las grasas para transformarlas o degradarlas. Esto facilita la biodisponibilidad de las grasas al reducir su complejidad molecular y tamaño polimérico hasta convertirlas en monómeros de ácidos grasos (Aguilimpia Valderrama, 2013).

Además, es importante destacar que los lodos activados con la presencia de microorganismos nativos desempeñan un papel significativo en la reducción de aceites y grasas. Esta disminución se observa especialmente en condiciones de temperatura constante de 25 °C y aireación continua (Cisterna Osorio, 2015). Los sistemas de tratamiento biológico basados en fangos activos tienen la capacidad de soportar la presencia de grasas y aceites, logrando biodegradar más del 40% de estos compuestos en diversas condiciones. Sin embargo, cuando se trabaja con una adecuada agitación de las aguas residuales y una hidrodinámica óptima en el tanque de aireación, es posible alcanzar tasas de degradación que superan el 60%, como menciona Cisterna Osorio.

Por otro lado, Aluyor et al.(2009) enfatiza que la degradación de aceites y grasas por parte de los microorganismos representa un tipo de tratamiento que puede lograr una remoción de contaminantes en un rango que va desde el 70% hasta el 100%. Este proceso conduce a la generación de subproductos seguros para el medio ambiente, gracias a que los microorganismos involucrados en el proceso de degradación poseen la maquinaria enzimática necesaria para incorporar las grasas a su metabolismo, transformándolas en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O).

Figura 2

Comparación de degradación de aceite y grasas entre T1, T2 y T3 a los 28 días



Nota: R₁=repetición 1, R₂= repetición 2, R₃ = repetición

Asimismo, Pacheco et al. (2018), en su investigación sobre el tratamiento con microorganismos, demostraron una eficiente remoción de aceites y grasas (A y G), logrando reducir hasta un impresionante 98% de los A y G totales presentes en el agua a tratar. Los valores exhibidos prácticamente se eliminaron por completo gracias a la biodegradación, lo que resultó en concentraciones mínimas de A y G. La eficiencia de la biodegradación superó el 99%, un porcentaje notorio que se logró gracias a la constante aireación, la cual favorece la interacción entre la biomasa y el aceite (Cisterna Osorio, 2015). Este proceso implica la inyección de volúmenes de aire a través de sopladores y difusores para mezclar y suministrar oxígeno a las bacterias, acelerando así su degradación en un tiempo menor (Aqualimpia et al, 2016).

En consecuencia, se observa un aumento significativo en la flotación del aceite, lo que contribuye a mantener un alto nivel de eliminación, ya que la eliminación por flotación adquiere un papel predominante debido a la mayor acumulación de aceite. Esto, a su vez,

facilita la coalescencia de las partículas de aceite, aumentando aún más la eficiencia de eliminación (Cisterna Osorio, 2015).

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4, que muestra el porcentaje de remoción de A y G en función del tiempo mediante un análisis estadístico con las pruebas de Dunkey y Tukey. Estos análisis revelaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos a un nivel de significancia de $P = 0.05$. Esto se refleja en la Figura 3, que muestra un diagrama de caja y bigotes que compara el porcentaje de remoción de A y G entre los tratamientos. Se observa que el T1 presenta un rendimiento menor en comparación con el T3, que logra un rendimiento superior al 99.50% de la mediana, destacando así su superioridad. Esta diferencia se atribuye a la dosificación inicial de una mayor concentración de lodos activados en el tratamiento T3.

Principio del formulario

Tabla 4

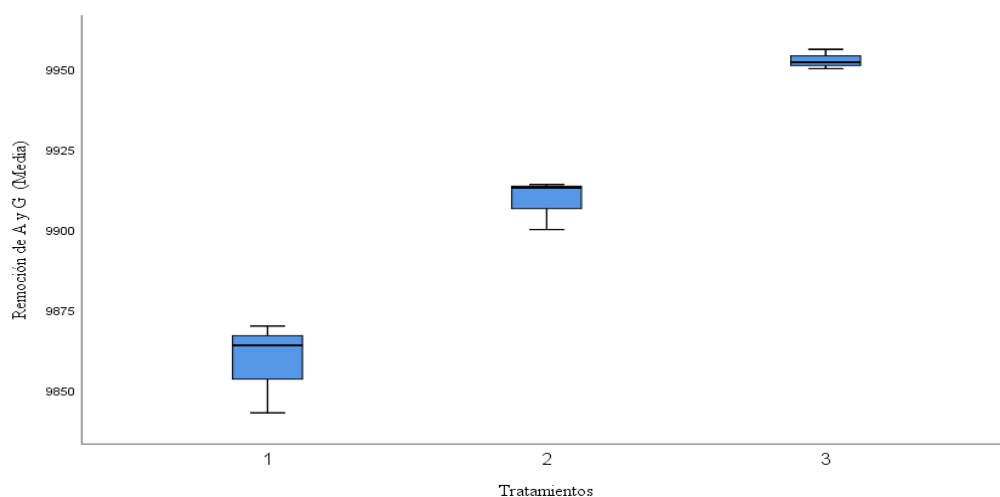
Degradación de aceites

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	g l	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	13180,222 ^a	2	6590,1	72,864	,000
Intersección	883318027,1	1	8833180 27,1	9766415, 533	,000
Tratamiento	13180,2	2	6590,1	72,864	,000
Error	542,6	6	90,4		
Total	883331750,0	9			
Total corregido	13722,8	8			

a. R al cuadrado = .960 (R al cuadrado ajustada = .947)

Figura 3:

Comparación de tratamiento con el método de caja y bigotes



La remoción de aceites y grasas se basa en su menor densidad en comparación con el agua, que oscila entre 920 y 964 g/L, lo que facilita su flotación (Cisterna Osorio, 2015). La Figura 3 muestra una marcada diferencia entre los tres tratamientos, lo que indica que los tres enfoques difieren significativamente en términos de eficiencia en la degradación de aceites y grasas.

De acuerdo con Aluyor et al. (2009), la biodegradación de grasas y aceites por microorganismos es un proceso aplicable en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria de extracción y refinación de aceites y grasas, ya que este método permite lograr una remoción que varía entre el 70% y el 100% (Saifuddin & Chua, 2006).

d. Estudio cinético

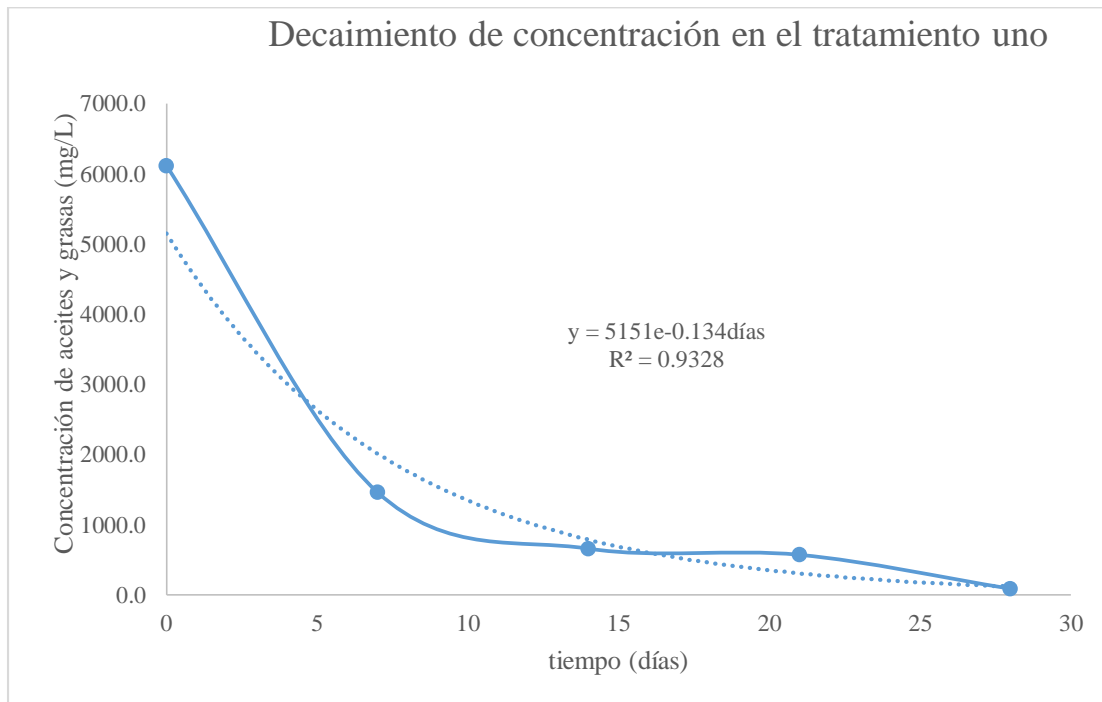
Para determinar los coeficientes cinéticos, se aplicó la ecuación de decaimiento exponencial, y los resultados se representaron gráficamente para evaluar su ajuste a dicha ecuación.

El estudio revela una reducción en los niveles de aceites y grasas (A y G) en mg/L en los tratamientos T1 y T2 después de un período de 28 días. Sin embargo, se observa una

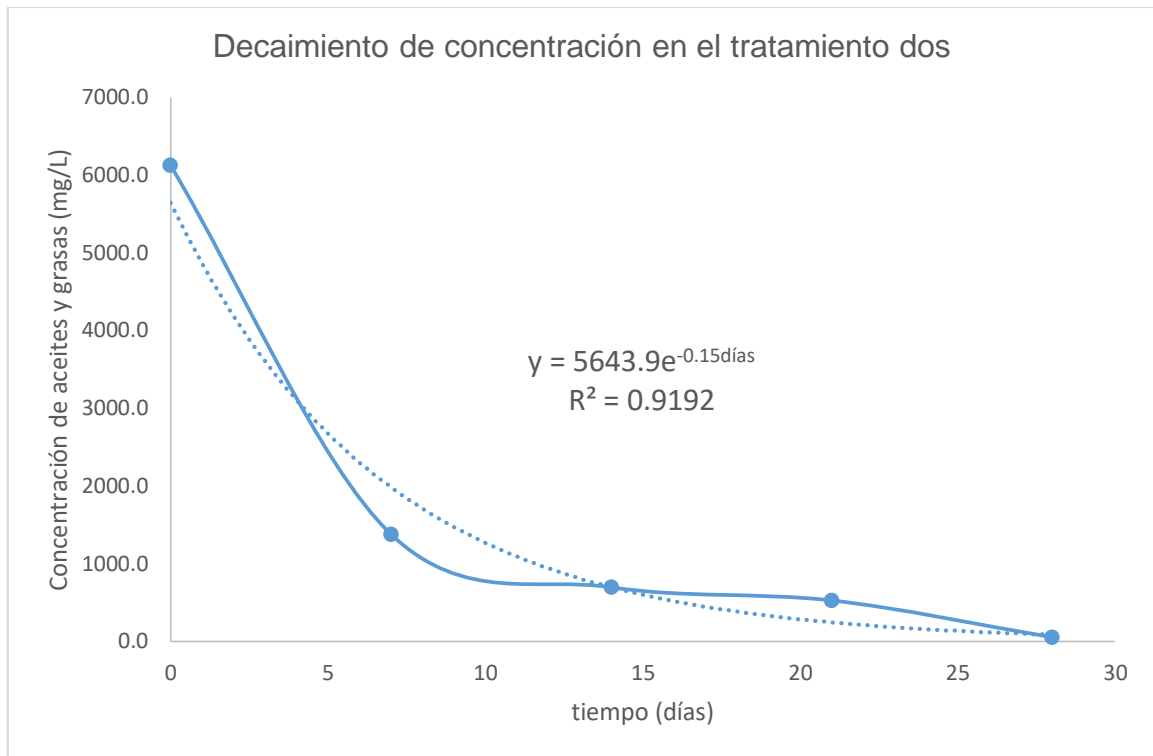
disminución aún más significativa en el tratamiento T3, como se muestra en la tabla 3. Las aguas residuales con elevados contenidos de A y G crean ambientes propicios para el desarrollo de poblaciones microbianas que utilizan los lípidos presentes en el medio como fuente de carbono y sustrato para su metabolismo. La inoculación de mayores cantidades de estos microorganismos nativos, junto con la prolongación del tiempo de contacto, la temperatura adecuada y el uso del mecanismo de inyección de aire, contribuyeron significativamente a la degradación de los A y G (Pedroza-Padilla et al., 2017).

Figura 4: a, b y c

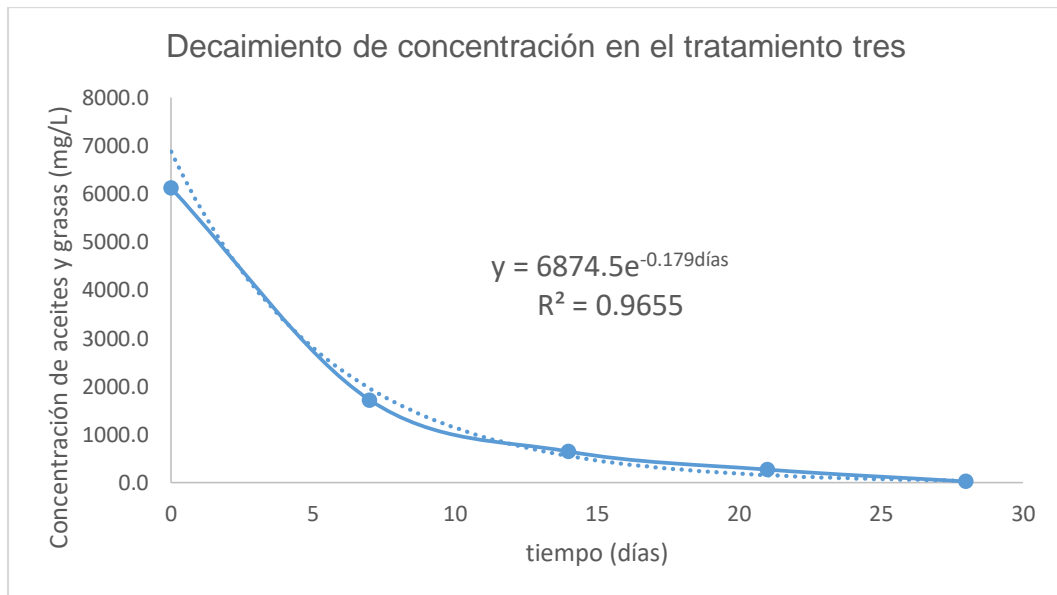
Comparación de tratamiento con el método de caja y bigotes



(a)



(b)



(c)

Nota: la figura muestra (a)=tratamiento 1, (b)= tratamiento 2, (c) =tratamiento 3

La figura 4 presenta los resultados de las ecuaciones cinéticas, con los datos obtenidos para la reacción cinética en los tres tratamientos. En el primer tratamiento, se obtuvieron

valores de $R^2 = 0.9328$ y una constante de velocidad cinética de decaimiento (k) de -0.134 . En el segundo tratamiento, se registraron valores de $R^2 = 0.9192$ y $k = -0.15$. En contraste, el tercer tratamiento mostró un comportamiento lineal en la tasa de cambio, con valores de $R^2 = 0.9655$ y una constante de velocidad cinética de decaimiento (k) de -0.179 , como se evidencia en la figura 4 (c). Todos estos resultados indican un buen ajuste de los datos a las ecuaciones cinéticas, y muestran que la constante cinética (k) es más alta en el tratamiento tres.

Los resultados revelan que la degradación de aceites y grasas es más lenta en el primer y segundo tratamiento, ya que la concentración de lodos activados fue menor, con 1305 ml y 2655 ml, respectivamente. Por otro lado, en el tercer tratamiento, la figura 4 (c) muestra una constante de velocidad (k) de -0.17 , lo que indica que la reacción es más rápida y la degradación de aceites y grasas fue más eficiente que en los tratamientos anteriores, gracias a la mayor concentración de 4005 ml de lodos activados. Además, esta degradación se logró en un período de tiempo más corto.

4. CONCLUSIONES

Los procesos y resultados que hemos presentado hasta ahora claramente indican que a medida que aumenta el tiempo y la cantidad de lodos activados mezclados con aguas residuales y aceites y grasas (A y G), se produce una mayor degradación de estos contaminantes. Es importante señalar que las evaluaciones realizadas a los 28 días pueden representar una etapa intermedia en el catabolismo de los ácidos grasos, lo que no reflejaría completamente la capacidad degradadora real de los microorganismos, ya que la bioquímica de la reacción podría requerir un tiempo mayor para su completitud.

Los resultados de esta investigación presentan un doble beneficio: la utilización de los lodos activados de las plantas de tratamiento de agua residual como un recurso valioso, dado que son uno de los principales subproductos generados en estas instalaciones, y la capacidad demostrada de reducir los niveles de aceites y grasas residuales domésticas. En cuanto a la

cinética, la constante "k" obtenida en el tratamiento tres indica una velocidad de degradación de aceites y grasas más eficiente al utilizar los lodos activados. Esto resalta la eficacia de esta metodología en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con aceites y grasas.

5. REFERENCIAS

- Agua, C. (2018). *La importancia de la separación de aceites y grasas en el tratamiento del agua residual urbana* (pp. 1–4). <https://www.iagua.es/noticias/teqma/importancia-separacion-aceites-y-grasas-tratamiento-agua-residual-urbana>
- Agualimpia et al. (2016). Evaluation of native microorganisms for biodegradation of oil and grease in palm oil refinery effluents. *Biotechnologia Aplicada*, 33, 1221–1226. <https://repositorio.udes.edu.co/items/f9d78e47-10e2-4496-a059-2dba6f32ea4d>
- Agualimpia Valderrama, B. E. (2013). Microorganismos con capacidad para degradar las grasas y aceites vegetales presentes en el efluente del proceso de refinación de aceites de C.I. Sacies S. A. In *Universidad Industrial de Santander*. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/147491.pdf>
- Aluyor et al. (2009). Chromatographic analysis of vegetable oils: A review. *Scientific Research and Essays*, 4(4), 191–197. <https://www.researchgate.net/publication/228343692%0AChromatographic>
- Association, A. P. H. (2012). *Standard methods for the examination of water an wastewater* (22nd ed.). <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=70902>
- Bejarano, M. E. y Escobar, M. (2015). Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual. In *Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1298&context=ing_ambiental_sanitaria
- Bravo et al. (2016). Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa “Productos Verdes” laboratorio de biotecnología, Unan – Managua,

- Marzo - Julio 2016. In *Unam Managua*. <https://core.ac.uk/download/80118421.pdf>
- Carchi, J. W. y García, B. A. (2021). *Tratamiento de lodos de fosas sépticas con humedales de flujo vertical en Cuenca, Ecuador*.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10951/1/16493.pdf>
- Caycedo et al. (2021). Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova*, 19(36), 49–94.
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/5293/5084>
- Chambi et al. (2019). Avances y perspectivas para la optimización de microorganismos relevantes y limitación de bacterias filamentosas en lodos activados: una revisión. *Revista de Investigacion Científica Ñawparisun*, 1(4), 55–62.
[file:///C:/Users/usuario/Downloads/45-154-1-PB \(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/45-154-1-PB%20(1).pdf)
- Cisterna osorio, P. E. (2015). *Biodegradabilidad y eliminación de aceites y grasas mediante tratamiento biológico por fangos activos*.
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/37409>
- Cisterna Osorio, P. E. (2015). *Biodegradabilidad y eliminación de aceites y grasas mediante tratamiento biológico por fangos activos*. <http://hdl.handle.net/10651/37409>
- Dos Santos Eduardo, A. (2007). Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. In *Universidad Autonoma de Barcelona* (Vol. 1). <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5691/ajse1de1.pdf>
- Esquirva Rivas, K. G. (2009). *Gestión ambiental de residuos sólidos y líquidos aeroportuarios-propuesta para el aeropuerto internaciona Jorge Chávez*.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_b37aa416175b747145ebdb498e414594/Details
- FAO. (2010). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. In *FAO food and nutrition paper*. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/8c1967eb->

69a8-5e62-9371-9c18214e6fce

- García et al. (2019). Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango. *Enfoque UTE*, 10(1), 185–196.
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n1/1390-6542-enfoqueute-10-01-00185.pdf>
- Ghanizadeh, G., & Sarrafpour, R. (2001). The effects of temperature and PH on settlability of activated sudge flocs. *Iranian Journal of Public Heath*, 30(3–4), 139–142.
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/1661-Article Text-1663-1-10-20151003.pdf>
- González, I. y, & González, J. (2015). Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras. *Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia*, 1–8.
<https://www.residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>
- Otálora et al. (2000). Evaluación de la capacidad degradadora de aceite por bacterias lipolíticas en el lodo residual de la extracción de aceite de palma. *Palmas*, 21, 283–293.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/796/796>
- Pacheco et al. (2018). Biorremediacion de residuos industriales(aceite y grasas) mediante un contactor biologico rotativo con biopelículas formadas por cepas nativas de planococcus Sp. *Scientiarvm*, 4(1), 23–29. <https://doi.org/10.26696/sci.epg.0068>
- Pedroza-Padilla et al. (2017). Actividad lipolítica de microorganismos aislados de aguas residuales contaminadas con grasas. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 36–44. <http://dx.doi.org/10.18684/BSAA>
- Romero et al. (2009). Bioingeniería y suelo: Abundancia microbiológica, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión. *Umbral Científico*, 15(1), 67–74.
<https://www.redalyc.org/pdf/304/30415144008.pdf>
- Saifuddin, N., & Chua, K. H. (2006). Biodegradation of lipid-rich waste water by

combination of microwave irradiation and lipase immobilized on chitosan. In *Biotechnology* (Vol. 5, Issue 3, pp. 315–323).

<https://doi.org/10.3923/biotech.2006.315.323>

Santillán, L. M. y Paredes, L. P. (2018). Remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la industria alimenticia. *Granja*, 27(1), 112–123. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.09>

Tacias et al. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: Un caso de estudio. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 32(3), 303–313.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.05>

Vidales et al. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una industria automotriz. *ConCiencia Tecnológica*, 40, 29.

<https://www.redalyc.org/pdf/944/94415759007.pdf>

Zussa, D. (2017). Metabolismo de las grasas, diferentes modos de programación del ejercicio y sus efectos en la composición corporal. In *Memoria Académica compartimos lo que sabemos*. <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1385/te.1385.pdf>

ANEXOS

a. Evidencia de sumisión

The screenshot shows the OJS submission dashboard for a manuscript titled "Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurantes" by NATALY GLICELDA CHUA CALSINA. The dashboard includes a navigation menu with "Envíos", "Revisión", "Editorial", and "Producción". The "Archivos de envío" section shows a list of files, including "glicelda123_9_Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurante.docx". The "Discusiones prerrevisión" section is currently empty, displaying "No hay artículos". The footer indicates the platform is OJS / PKP.

The screenshot shows a Gmail email from Ricardo Zárate Gómez (rzarate@ucp.edu.pe) to Nataly Glicelda Chua Calsina, dated 18 Jul 2022, 13:49. The subject is "[ca] Acuse de recibo del envío". The email content reads: "Gracias por enviar el manuscrito 'Degradación de aceites y grasas por microorganismos nativos de lodos activados en efluentes provenientes de restaurantes' a Ciencia Amazónica (Iquitos). Con el sistema de gestión de publicaciones en línea que utilizamos podrá seguir el progreso a través del proceso editorial tras iniciar sesión en el sitio web de la publicación. URL del manuscrito: <https://ojs.ucp.edu.pe/index.php/cienciaamazonica/authorDashboard/submission/350> Nombre de usuario/a: glicelda123 Si tiene alguna duda puede ponerse en contacto conmigo. Gracias por elegir esta editorial para mostrar su trabajo. Ricardo Zárate Gómez". The email is signed by Dr. Álvaro Tresierra Ayala, Editor en Jefe of Ciencia Amazónica (Iquitos).

b. Copia de resolución de Inscripción



“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”

RESOLUCIÓN N° 0864/A-2020/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 10 de diciembre de 2020

VISTO:

El expediente de **Nataly Glicelda Chua Calsina**, identificada con Código Universitario N° 201321944, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Nataly Glicelda Chua Calsina**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Microorganismos nativos que contribuyen a la Degradación de aceites y grasas en aguas residuales de la depuradora de Yunguyo 2020” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 09 de diciembre de 2020, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “Microorganismos nativos que contribuyen a la Degradación de aceites y grasas en aguas residuales de la depuradora de Yunguyo 2020” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a la **MSc. Rose Adeline Callata Chura** como ASESORA para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera** y el **MSc. Mateo Alejandro Salinas Mena**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. María Valles Atalaya de Cornejo
DECANA



Mg. Sergio Omar Valladares Castillo
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

c. Fotografías

