



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Determinar la eficiencia de las lipasas *Pseudomona cepacia* y *Candida rugosa* para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Infantes Leandro, Henry Felipe (orcid.org/0000-0003-4810-2279)

Linares Panduro, Nani Luisa (orcid.org/0000-0003-0198-6097)

**ASESOR:**

Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso (orcid.org/0000-0002-1384-4603)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión De Los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo está dedicado principalmente a Dios, por permitirnos llegar hasta esta etapa tan importante de nuestra formación académica y profesional. A nuestros padres y familiares por su apoyo, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer en nosotros.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres por el apoyo incondicional en toda nuestra etapa de formación universitaria y a todas aquellas personas que siempre confiaron en nosotros. A nuestra Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo por ser nuestra alma mater, en especial a nuestro asesor Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga por guiarnos en este proceso.

## Declaratoria de autenticidad del asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LIZARZABURU AGUINAGA DANNY ALONSO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023", cuyos autores son LINARES PANDURO NANI LUISA, INFANTES LEANDRO HENRY FELIPE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DANNY ALONSO LIZARZABURU AGUINAGA DNI: 17640671 ORCID: 0000-0002-1384-4603	Firmado electrónicamente por: DLIZARZABURUA el 18-07-2023 17:06:09

Código documento Trilce: TRI - 0587050



## Declaratoria de originalidad de los autores



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LINARES PANDURO NANI LUISA, INFANTES LEANDRO HENRY FELIPE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
HENRY FELIPE INFANTES LEANDRO <b>DNI:</b> 48322811 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4810-2279	Firmado electrónicamente por: HINFANTES el 12-07-2023 22:36:07
NANI LUISA LINARES PANDURO <b>DNI:</b> 47501637 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0198-6097	Firmado electrónicamente por: NLINARESP el 12-07-2023 22:34:46

Código documento Trilce: TRI - 0587052



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	10
3.2 Variables y operacionalización .....	10
3.3 Población, muestra y muestreo .....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimientos .....	12
3.6 Métodos de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS .....	18
V. DISCUSIÓN .....	28
VI. CONCLUSIONES .....	31
VII. RECOMENDACIONES .....	32
VIII. REFERENCIAS.....	33
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. Especificaciones del Biodiesel según NTP 321.125, 2008-----	8
TABLA N° 2. Variables experimentales en 2 niveles-----	13
TABLA N° 3. Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de AVU-----	18
TABLA N° 4. Resultados del porcentaje de humedad de la muestra de AVU-----	20
TABLA N° 5. Condiciones de operación empleando lipasa <i>Pseudomonas cepacia</i> -----	20
TABLA N° 6. Condiciones de operación empleando lipasa <i>Candida rugosa</i> -----	21
TABLA N° 7. Porcentaje de rendimiento obtenido según lipasa empleada-----	21
TABLA N° 8. Prueba <i>t</i> para dos muestras suponiendo varianzas iguales-----	23
TABLA N° 9. Análisis fisicoquímico de las muestras de biodiesel obtenido-----	25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N° 1: Esquema de reacción de transesterificación extraído de Serna, (2019) .....	5
Figura N° 2: Flujograma de producción de biodiesel .....	14
Gráfico N° 1: Índice de acidez del aceite obtenido.....	18
Gráfico N° 2: Densidad del aceite vegetal .....	19
Gráfico N° 3: Viscosidad del aceite obtenido .....	19
Gráfico N° 4: Porcentaje de rendimiento de biodiesel empleando lipasa Pseudomona cepacia .....	22
Gráfico N° 5 Porcentaje de rendimiento de biodiesel empleando lipasa Candida rugosa .....	22
Gráfico N° 6 Rendimiento de biodiesel por tipo de lipasa .....	24
Gráfico N° 7: Viscosidad de biodiesel empleando Pseudomonas cepacia y Candida rugosa .....	25
Gráfico N° 8: Número de acidez de biodiesel empleando Pseudomonas cepacia y Candida rugosa .....	26
Gráfico N° 9 Azufre de biodiesel empleando Pseudomonas cepacia y Candida rugosa .....	26
Gráfico N° 10: Punto de inflamación de biodiesel empleando Pseudomonas cepacia y Candida rugosa .....	27
Gráfico N° 11: Residuos de carbón de muestras de biodiesel empleando lipasa Pseudomonas cepacia y Candida rugosa .....	27



## RESUMEN

El biodiesel es un combustible renovable sustituto del diésel de petróleo, la importancia de su producción se debe al creciente deterioro de la calidad del aire por la combustión de combustibles fósiles proveniente del parque automotor. En esta investigación se obtuvo biodiesel a partir de aceite vegetal usado empleando catalizadores enzimáticos: lipasa *Pseudomona cepacia* y Lipasa *Candida rugosa* empleando metanol como alcohol, se realizaron un total de 12 ensayos, 6 repeticiones a condiciones diferentes por cada tipo de lipasa. La muestra P.C-02 correspondiente a la *Pseudomona cepacia* resultó ser más eficiente, siendo el más alto en rendimiento con el 90,146% con las siguientes condiciones empleadas 300 ml de aceite, 60 ml de metanol, 1 g de lipasa, 25 °C, 600 rpm en un tiempo de 8 horas.

**Palabras Clave:** Biodiesel, aceite de cocina usado, lipasa, *Pseudomona cepacia*, *Candida rugosa*.

## ABSTRACT

Biodiesel is a renewable fuel that replaces petroleum diesel, the importance of its production is due to the increasing deterioration of the air due to the combustion of fossil fuels from the automotive fleet. In this investigation, biodiesel was obtained from used vegetable oil using enzymatic catalysts: *Pseudomonas cepacia* lipase and *Candida rugosa* lipase using methanol as alcohol, a total of 12 tests were carried out, 6 repetitions at different conditions for each type of lipase. The P.C-02 sample corresponding to *Pseudomonas cepacia* turned out to be more efficient, being the highest in yield with 90,146% with the following conditions used: 300 ml of oil, 60 ml of methanol, 1 g of lipase, 25 °C, 600 rpm in a time of 8 hours.

**Keywords:** Biodiesel, waste cooking oil, lipase, *Pseudomonas cepacia*, *Candida rugosa*.

## I. INTRODUCCIÓN

La alta demanda de hidrocarburos a nivel mundial se ha ido incrementando un 1,8% anualmente desde el 2005 (Sharma y Singh, 2017), lo que representa gastar 3,9 millones de toneladas de diésel procedente del petróleo al 2019, enfrentando un agotamiento inminente en 50 años según las reservas probadas y el patrón de consumo actual (British Petroleum, 2020), sumado al creciente daño del medio ambiente por la contaminación ocasionado por el parque automotor, lo cual han hecho necesario la búsqueda de fuentes de energías alternas de bajo costo, más limpias y sostenibles que ayuden a reemplazar de manera total o parcial el uso de hidrocarburos.

La búsqueda de un sustituto para los combustibles fósiles toma relevancia con el pasar de los años, teniendo como alternativa de energía renovable al biodiésel debido a la mitigación de la contaminación ambiental (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2019), el biodiésel es una fuente de energía renovable derivado de aceites o grasas de origen vegetal o animal (Castro y Paula, 2017) compuesto por ésteres mono-alquílicos (Norma Técnica Peruana 321.125, 2008), la cual se usa puro o mezclado con diésel de petróleo, este combustible ha demostrado ser beneficioso en términos de biodegradabilidad, menor emisión de azufre, menor toxicidad, menor emisión de monóxido de carbono y mayor lubricidad del motor (Aboelazayem, *et al.*, 2022).

Los aceites vegetales son la fuente principal para producir biodiesel, a nivel global su producción está liderada por China con 18,7%, Indonesia con 17,6%, Argentina 12%, Malasia 11,6% y Brasil 8,2% (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2020). En el Perú, la producción de biodiesel se realiza principalmente en los departamentos de San Martín y Lima, con un 27,5% de materia prima nacional y el 72,5% importada de Malasia, España y Argentina; asimismo, al 2018 se gastó más de US\$ 500 millones al año en importar aceite de soja y biocombustible de soja para la producción de biodiesel (Ley N° 28054, 2021), estas materias primas tienen un costo elevado al competir directamente con la industria alimentaria, replanteando así la búsqueda de materias primas de segunda generación (Zárate, *et al.*, 2020).

Los restos de aceite vegetal usado es materia prima económica y abundante que resultan ser una preocupación ambiental en su manejo y disposición final (Vidal, *et al.*, 2017), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) afirma que un litro de aceite vegetal usado que se vierte a las alcantarillas contamina hasta mil litros de agua. En el Perú, el aceite vegetal es usado diariamente en el sector alimenticio; las pollerías, los restaurantes, centros de comidas rápidas y chifas son los principales consumidores de esta materia prima (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022); por ello su valorización a través de la transesterificación para la obtención de biodiesel resulta viable (Mateos, *et al.*, 2022).

Según el INEI solo en Lima al 2017 existen cerca de 50000 restaurantes formales, esta cifra se triplicaría con los informales, los cuales estarían produciendo diariamente un aproximado de entre 25000 a 50000 galones de aceite vegetal usado, de los cuales el 80% son desechados directamente por las cañerías llegando a parar a las diferentes fuentes de agua de Lima (Sedapal, 2017), por otro lado el 20% restante son vendidos en el mercado negro para su uso en el sector agropecuario informal, también llegando a parar a mano de terceros, los cuales mediante limpiadores como bicarbonato de sodio le dan la apariencia de aceite limpio para luego ser vendidos nuevamente en restaurantes y mercados (León, 2017).

Por lo mencionado con anterioridad se plantea como **problema general** de investigación ¿Qué catalizador enzimático es más eficiente para obtener biodiesel por la transesterificación de aceite vegetal usado a partir del rendimiento?, y las cuestiones **específicas** ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del aceite vegetal usado para obtener biodiésel?, ¿Cuáles son las condiciones óptimas de operación para la obtención de biodiesel por transesterificación enzimática a partir de aceite vegetal usado? y por último ¿Cuáles son las características físico químicas del biodiésel obtenido empleando las lipasas *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa* a partir de aceite vegetal usado?

Por lo expuesto, la investigación se justifica en lo **ambiental** por la mejora y conservación de la calidad del aire; ya que al producir una energía limpia se genera menor emisión de gases de efecto invernadero (Benavides, 2019); así mismo, ayuda a preservar la calidad del agua, evitando la alteración de la biota acuática al disponer los residuos de aceites vegetales usados adecuadamente, evitando que estos vayan a terminar en diferentes fuentes de agua, en lo **social**, crea cultura de concientización sobre el impacto que genera la inadecuada disposición de los restos de aceite vegetal usado hacia el medio ambiente y a la salud pública y en lo **teórico** se busca aportar conocimiento respecto al uso de catalizadores enzimáticos para la producción de biodiesel; así mismo, realizar mayor enfoque en la difusión de la importancia e investigación de este tipo de enzimas y las posibles variedades que puedan ser aplicables para este fin, ya que se pueden obtener de medios naturales.

El **objetivo general** del presente trabajo es identificar según el rendimiento, cuál de las lipasas *Pseudomonas cepacia* o *Candida rugosa* es más eficiente en la producción de biodiésel a partir de aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023. Los **objetivos específicos** son determinar las características fisicoquímicas del aceite vegetal usado para obtener biodiesel, identificar las condiciones de operación adecuadas para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal usado y por último identificar las características fisicoquímicas del biodiésel obtenido por la transesterificación de aceite vegetal usado empleando Lipasa *Pseudomonas cepacia* y lipasa *Candida rugosa*.

Considerando los objetivos planteados tenemos la hipótesis nula - H0: La lipasa *Pseudomonas cepacia* es más eficiente que la lipasa *Candida rugosa* para la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal usado, e hipótesis alternativa - H1: La lipasa *Pseudomonas cepacia* no es más eficiente que la lipasa *Candida rugosa* para la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal usado; así mismo, se plantearon las hipótesis específicas: las características fisicoquímicas del aceite vegetal usado influyen en la obtención de biodiésel, las condiciones óptimas de operación permitirán obtener mayor porcentaje de rendimiento del biodiesel y, por último, las características fisicoquímicas de las muestras de biodiesel obtenido cumplen con lo establecido en la NTP 321.125: Biodiesel.

## II. MARCO TEÓRICO

El **biodiesel** es un combustible que puede sustituir al diésel convencional, está compuesto por ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadenas cortas derivados de aceites vegetales o grasas animales (Ramos, *et al.*, 2019), se produce por una reacción entre el aceite y un alcohol en presencia de un catalizador que dan lugar al proceso de transesterificación, dando como resultado la producción de éster alquílico y glicerol como subproductos (Suzihaque, A. *et al.*, 2022).

La elaboración de biodiesel creció de 7 veces entre los años 2005 y 2015 y se espera un crecimiento del 35% al 2035 (Naylor y Higgins, 2018), Europa es el mayor productor de biodiesel a nivel mundial, esto debido a su política medioambiental (Ramos, *et al.*, 2019), para su producción se pueden emplear diferentes materias primas, entre las que destacan productos de primera generación (aceite vegetal virgen y grasa animal), segunda generación (aceite vegetal usado) y tercera generación (microalgas) (Sharma y Sing, 2017). Los aceites vegetales comestibles son los más utilizados para la producción de biodiesel, sin embargo, su uso compite directamente con la producción de cultivos alimentarios contribuyendo al incremento de los precios de los alimentos (Ramos, *et al.*, 2019).

El aceite vegetal está compuesto principalmente por ésteres de tres ácidos grasos unidos a un glicerol denominado triglicéridos. Una de las reacciones generadas en este proceso es la hidrólisis, la cual incrementa la cantidad de ácidos grasos, formación de glicerol libre, mono y diglicérido, oxidación para la obtención de biodiesel.

Existen diferentes tipos de procesos para la obtención de biodiesel entre las cuales tenemos la transesterificación, esterificación, mezcla de craqueo, micro emulsión y pirólisis, siendo el primer método el más utilizado (Decarpigny, *et al.*, 2022). La **transesterificación** es un proceso en el que los triglicéridos del aceite reaccionan con un alcohol en presencia de un catalizador y producen biodiesel (Ramos, *et al.*, 2019). Este proceso se realiza en una sucesión de tres

reacciones, tal como se detalla en la Figura N° 1: esquema de reacción de transesterificación, los triglicéridos del aceite se transforman en diglicéridos, para después convertirse en monoglicéridos y finalmente transformarse en glicerol; en cada reacción se produce un éster, obteniéndose tres moléculas de éster en una molécula de triglicérido (Serna, 2019).

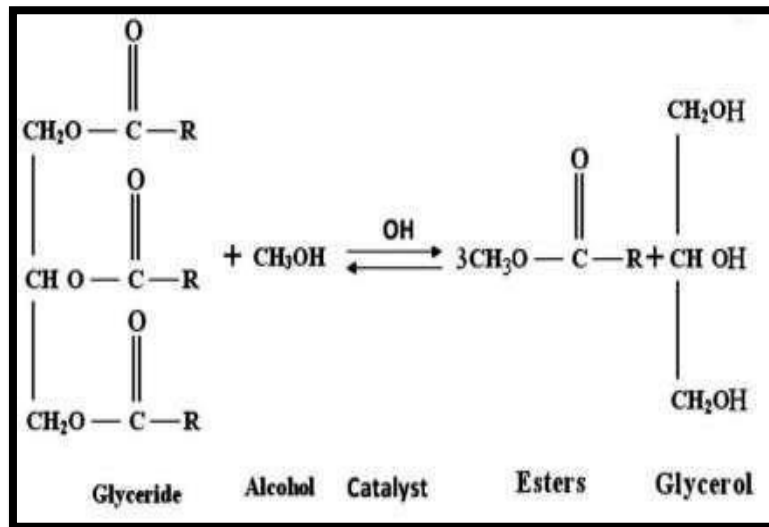


Figura N° 1: Esquema de reacción de transesterificación, extraído de Serna, (2019).

Este proceso se rige en base a varios parámetros, el cual está relacionado a las propiedades fisicoquímicas del aceite para lograr una mayor conversión: temperatura y presión de la reacción, velocidad de agitación, tiempo de reacción, tipo y concentración del catalizador, tipo de alcohol, relación molar alcohol: aceite, humedad y ácidos grasos libres (Tyagi, *et al.*, 2019).

Para producir biodiesel se pueden utilizar diferentes **alcoholes** como el metanol, etanol, propanol, pentanol, butanol y alcohol isopropílico. Lo mejor es usar un alcohol de cadena corta como metanol, el aumento de cadena del alcohol disminuye la generación de biodiesel. El metanol es el alcohol más empleado debido a su bajo valor comercial, posee una polaridad más pequeña y altos niveles de conversión (Tyagi, *et al.*, 2019) a comparación de alcoholes de cadena más larga como el etanol (Gómez, *et al.*, 2021). La relación molar óptima del metanol aceite a partir de AVU es de 1:6 (Suzihaque, *et al.*, 2022).

Los **catalizadores** tienen la función de dividir las moléculas de aceite en presencia de un alcohol, el cual se combina con un éster para producir este alquilo. Los catalizadores mejoran la velocidad en la reacción y el rendimiento, determinar el tipo y concentración del catalizador es fundamental para el proceso de transesterificación, existen catalizadores homogéneos y heterogéneos y dependiendo de su naturaleza pueden ser ácidos, básicos o enzimáticos (Ramos, *et al.*, 2019). Los catalizadores homogéneos básicos poseen reacción rápida, de alto rendimiento sin embargo son sensibles al contenido de ácidos grasos libres del aceite que causan subproductos no deseados (Fattah, *et al.*, 2020). El hidróxido de sodio y potasio son los catalizadores alcalinos más utilizados debido a su mayor disponibilidad, bajo costo y fácil manejo (Serna, 2018).

Mollendo (2017) en su tesis realizada en la ciudad de Juliaca utilizó hidróxido de potasio (KOH) para obtener biodiesel a partir de aceite vegetal usado (AVU) proveniente de pollerías, llegando a obtener un rendimiento de hasta el 80% de biodiesel, sin embargo, Zarate, Lujan y Llaque (2020), en un estudio realizado en la ciudad de Trujillo obtuvieron un rendimiento del 93,06% de biodiesel empleando el mismo catalizador.

Los **catalizadores enzimáticos** vienen llamando la atención debido a que el proceso es más eficaz, selectivo y respetuoso con el medio ambiente (Zhang, *et al.*, 2019), la ventaja principal del uso de enzimas es que los compuestos del aceite usado como el agua, ácidos grasos libres y otras impurezas sólidas no influyen en los procesos catalíticos a comparación de los catalizadores ácidos o alcalinos, además, en el proceso de transesterificación permiten recuperar el biodiesel y glicerol con facilidad con un bajo nivel de impurezas (Acevedo, *et al.*, 2019).

Las lipasas son enzimas provenientes de animales, plantas y microorganismos, según su naturaleza pueden ser extracelulares o intracelulares (Amini, *et al.*, 2016), las lipasas extracelulares son recuperados del caldo de microorganismos que posteriormente son purificados, las intracelulares están en las paredes productoras de células o dentro de las células (Rizwanul,



*et al.*, 2020). Son consideradas muy eficaces para reacciones de transesterificación, poseen buena actividad catalítica y estabilidad en medios acuosos (Decarpigny, *et al.*, 2022), las más estudiadas a la fecha han sido los microorganismos como cándida antártica, *Thermomyces lanuginose*, *Chromobacterium viscosum*, *Penicillium sp.*, *Pseudomonas sp.* y *Rhizopus sp.* (Zhang, *et al.*, 2019).

Chaudhry *et al.*, (2017) obtuvieron biodiesel mediante transesterificación enzimática de aceite vegetal usado, empleo 0,782 g *Pseudomonas aeruginosa* como biocatalizador, metanol, 44 °C de temperatura, relación molar metanol:aceite (3,05:1), 170 rpm de velocidad de rotación con periodo de incubación de 24 h, obteniendo biodiesel con un rendimiento real de 85,8%.

En Colombia en el año 2019 se realizó un estudio para evaluar la calidad y rendimiento de la elaboración de biodiesel a partir de aceite vegetal usado empleando catalizadores químicos y enzimáticos, emplearon KOH al 1% como catalizador químico, a 60 °C de temperatura, la relación molar aceite:metanol fue de 1:6, con una demora en la reacción de 70 min alcanzando un porcentaje de conversión de 96,15%, a comparación del 48,8% obtenido empleando lipasa XX25 Split líquida como catalizador enzimático, a 38 °C de temperatura, la relación molar aceite:metanol fue de 1:3 y un tiempo de reacción de 3 h (Acevedo, *et al.*, 2019).

El proceso de transesterificación es una reacción endotérmica, generalmente, la producción de biodiesel aumenta con el incremento de la **temperatura** lo que contribuye a la disminución de la viscosidad del aceite. El aumento de la temperatura por encima de la óptima reduce la síntesis de biodiesel al evaporar el alcohol, la temperatura óptima en el proceso de transesterificación es de 60 °C. (Decarpigny, *et al.*, 2022).

La producción de biodiesel es mayor a medida que el **tiempo** de reacción aumenta, el cual depende de la materia principal, el catalizador y la concentración, a comparación del catalizador ácido, el catalizador básico produce mayor biodiesel, las investigaciones realizadas determinan que el

tiempo de reacción óptimo para el proceso de transesterificación de AVU varía entre 1 y 5 h (Suzihaque, *et al.*, 2022).

El proceso de transesterificación da como resultado dos fases, en la parte inferior tenemos la glicerina como subproducto y en la parte superior el biodiesel, el cual aún contiene glicerol libre, alcohol, jabón, catalizador que deben ser eliminados. Para la purificación del biodiesel se realiza el lavado con agua destilada o agua desionizada. Como último paso el biodiesel lavado debe ser secado, este paso genera efluentes de aguas residuales el cual puede omitirse realizando un lavado en seco utilizando adsorbentes sólidos como el carbón activado, sílice entre otros (Ramos, *et al.*, 2019).

Una vez obtenido biodiesel este debe cumplir ciertos límites establecidos por las normas ASTM y en el caso de Perú la NTP 321.125, 2008: Biocombustibles (ver tabla N° 1), los cuales proporcionan valores admisibles para su uso.

**TABLA N° 1. Especificaciones del Biodiesel según NTP 321.125, 2008**

Propiedades	Método de ensayo	Biodiésel B100	Unidades
Contenido de calcio y magnesio combinado	EN 14538	5 máx.	ppm (µg/g)
Punto de inflamación (copa cerrada)	ASTM D 93	93 min.	°C
Agua y sedimentos	ASTM D 93	0,05 máx.	% volumen
Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM D 445	1,9 – 6,0	mm <sup>2</sup> /s
Cenizas sulfatadas	ASTM D 874	0,020 máx.	% masa
Azufre	ASTM D 5453	0,0015 máx.	%masa (ppm)
Numero de cetano	ASTM D 613	47 min.	-
Residuos de carbón	ASTM D 4530	0,050 máx.	%masa
Numero de acidez	ASTM D 664	0,50 máx.	mg KOH/g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0,020 máx.	% masa
Glicerina total	ASTM D 6584	0,240 máx.	% masa
Contenido de fosforo	ASTM D 4951	0,001 máx.	% masa

*Fuente: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2008.*

Las principales propiedades fisicoquímicas evaluadas son el **número de cetano** que mide el tiempo de retardo del encendido y la calidad de la combustión, la alta **viscosidad** del biodiesel mide la capacidad de fluidez del combustible del motor, a mayor viscosidad provoca una eficiencia térmica reducida y depósito de hollín y una baja viscosidad produce gotas de combustible más finas hacen que el inyector bombee combustible fácilmente a la cámara de combustión (Sakthivela, *et al.*, 2017), la NTP 321.125 establece un rango 1,9 – 6,0 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C para este parámetro; el **contenido de humedad** elevado favorece al crecimiento microbiano, corrosión, emulsión e hidrólisis, para ello la NTP 321.125 establece un límite máximo de 0,05% para este parámetro. La **densidad** puede producir más potencia en los motores, el valor calorífico del biodiesel a partir de AVU es inferior en un 12% debido al oxígeno presente en su molécula lo cual reduce la eficiencia térmica del motor (Haseeb, Y. *et al.*, 2021).

El **punto de inflamación** es la temperatura más baja en la cual los vapores del combustible volátil se encienden al exponerse a una fuente de ignición, no está relacionado directamente con el desempeño del motor sin embargo es importante con respecto a cuestiones de seguridad en el almacenamiento y manipulación, el diésel convencional tiene un punto de inflamación de entre 50 – 60 °C y el biodiesel supera los 150 °C lo que significa mayor seguridad en almacenamiento y tránsito (Sakthivela, *et al.*, 2017), según la NTP 321.125 establece un valor mínimo de 93 °C.

Determinar el contenido de **azufre** en el combustible es importante debido a la generación de lluvia ácida ocasionado por la liberación de dióxido de azufre, el biodiesel contiene niveles muy bajos de azufre, la NTP 321.125 establece un límite máximo de 0,0015 %; el **índice de acidez** permite determinar el cantidad de ácidos grasos libres (FFA) presentes en el combustible, un mayor contenido de FFA provoca corrosión en el motor y se expresa en mg KOH/g (Sakthivela, R. *et al.*, 2017), según la NTP 321.125 se establece un límite máximo de 0,50 mg KOH/g.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada ya que a través de la investigación básica pura o fundamental nos formulamos problemas e hipótesis para resolver problemas presentes en la sociedad (Nieto, 2018) con base a nuestra investigación buscamos mejorar, optimizar o perfeccionar la producción del biodiesel por la transesterificación de residuos de aceite vegetal usado del sector alimenticio del distrito de Mi Perú, Ventanilla.

Este trabajo se realizó con un diseño de tipo cuasi experimental, el cual tiene como característica principal la verificación cuantitativa de la causalidad de una variable sobre otra, esto se realiza mediante manipulación de la variable independiente con la finalidad de probar los efectos sobre la variable dependiente (Arias y Covinos, 2021) ya que se busca obtener biodiesel a partir de residuos de aceite vegetal usado en el distrito de Mi Perú, Ventanilla.

#### 3.2 Variables y operacionalización

Para el presente trabajo de investigación se estudian dos variables tanto independiente como dependiente, las que se detallan en el ANEXO N° 1: Matriz de operacionalización de variables.

**Variable independiente:** Catalizadores enzimáticos. Lipasas: *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa*.

- **Definición conceptual:** Las enzimas son proteínas que se encuentran en las plantas, animales, hongos y bacterias que permiten catalizar la hidrólisis de triglicéridos del aceite (Salazar *et al.*, 2020). las lipasas se encuentran en secreciones pancreáticas, permite la síntesis de ésteres de ácidos grasos (Merck, 2023).

- **Definición operacional:** Determinar las proporciones y las condiciones óptimas de operación para el proceso de transesterificación nos permitirá obtener altos rendimientos de biodiesel.
- **Dimensiones:** Análisis fisicoquímicos del aceite vegetal usado: índice de acidez, densidad, viscosidad y humedad. Condiciones de operación.

**Variable Dependiente:** Obtención de biodiesel.

- **Definición conceptual:** El Biodiesel es un combustible que contiene mezcla de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadenas largas provenientes de aceites o grasas vegetales o animales (Ramos, *et al.*, 2019).
- **Definición operacional:** El biodiesel se obtiene mediante el método de transesterificación y su calidad será evaluada mediante análisis fisicoquímico cuyas propiedades deben cumplir con lo establecido en la NTP 321.125, 2008 Biocombustibles, Biodiesel. Especificaciones.
- **Dimensiones:** Propiedades fisicoquímicas del biodiesel: Viscosidad a 40 °C, número de acidez, azufre, punto de inflamación y residuos de carbón.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** En este trabajo tiene como población a los residuos de aceite vegetal usados generados en los diferentes establecimientos alimenticios ubicados en el distrito de Mi Perú, Ventanilla.

**Muestra:** Para el desarrollo de esta investigación se planteó realizar 12 ensayos empleando 300 ml de aceite vegetal usado en cada prueba para producir biodiesel a partir de 3,6 L de muestra.

**Muestreo:** Este trabajo tiene como tipo de muestreo no probabilístico, este tipo de trabajo no requiere aplicar métodos estadísticos, las muestras fueron seleccionadas a criterio del investigador (Arias, 2021).

**Unidad de análisis:** Para el siguiente estudio se tiene como unidad de análisis 0,3 litros de aceite vegetal usado.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos de recopilación de datos son mecanismos que ayudan al investigador responder preguntas y obtener conocimiento científico a través de procedimientos y actividades empleando instrumentos orientados a crear condiciones de medición (Mendoza, *et al.*, 2020).

Para el siguiente trabajo se utilizó la técnica de recopilación de datos de tipo observación directa y se emplearon como instrumentos 3 fichas las cuales fueron validadas en primera instancia por nuestro asesor para luego ser derivados a juicio de profesionales expertos en el tema, quienes nos brindaron su opinión y la validación. Los instrumentos se detallan en el ANEXO N° 2: instrumentos de recolección de datos, y son: Ficha N° 1: Análisis fisicoquímico de aceite vegetal usado, Ficha N° 2: Condiciones de operación y rendimiento del diseño experimental y Ficha N° 3: Análisis fisicoquímico del biodiesel.

### **3.5 Procedimientos**

#### **Preparación de la muestra y análisis fisicoquímico del aceite.**

La parte experimental comenzó con la recolección de aceite vegetal usado en diferentes pollerías del distrito de Mi Perú, Ventanilla, posterior a ello se realizó el pretratamiento con el filtrado del AVU con el objetivo de eliminar restos de comida, luego se sacó una muestra de 500 ml, la cual fue llevado al laboratorio SGS Perú SAC acreditado por INACAL para la determinación de los siguientes parámetros: Índice de acidez, densidad y viscosidad. En este punto se emplea nuestra Ficha N° 1: Análisis fisicoquímico de aceite vegetal usado.

Por otra parte, se determinó el porcentaje de humedad del aceite en el laboratorio de la UCV aplicando fórmula de la ecuación N° 1, esta se detalla en el ANEXO N° 4: Determinación de la humedad del aceite vegetal usado.

$$\% \text{ humedad} = \frac{M1-M2}{M1} \times 100 \quad \text{Ec. 01}$$

**Determinar las condiciones de operación para obtener porcentaje de rendimiento.**

Para la parte experimental del presente trabajo se usaron 6 variables: aceite, metanol, catalizador, temperatura, velocidad de agitación y tiempo, de las cuales las variables metanol, catalizador y temperatura se trabajaron en base a dos niveles tal como se indica en la Tabla N° 2.

**TABLA N° 2. Variables experimentales en 2 niveles**

VARIABLES INDEPENDIENTES	UND. MEDIDA	Mínimo	Máximo
Metanol	ml	40	60
Catalizador	gr	1	1,5
Temperatura	°C	25	45

Las variables restantes fueron fijas para todos los experimentos realizados, aceite: 300 ml, velocidad de agitación: 600 rpm y 8 h de reacción. Teniendo en cuenta las variables de la Tabla N° 2, aplicando factorial a cada uno de estos se obtuvieron 6 ensayos para cada tipo de lipasa (*Candida rugosa* y *Pseudomona cepacia*) detallados en la Tabla N° 3 y la Tabla N° 4 respectivamente.

## Proceso de obtención de biodiesel

El proceso de obtención de biodiesel se detalla en la Figura N° 2:

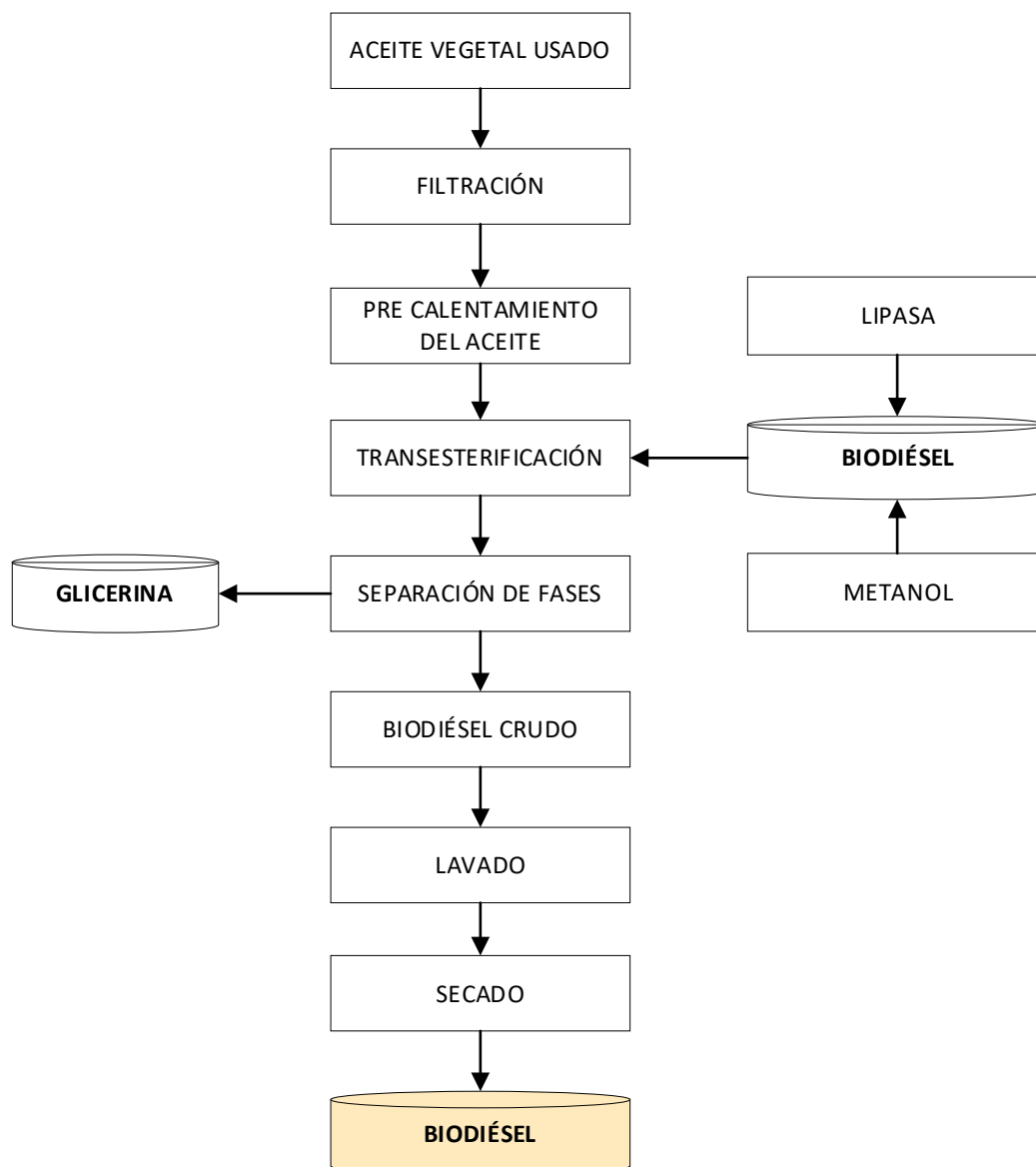


Figura N° 2: *Flujograma de producción de biodiesel*

Una vez obtenido los resultados del análisis fisicoquímico del aceite y teniendo claro las condiciones de operación a emplear se procedió a realizar la obtención del biodiesel en el laboratorio de la UCV, el registro fotográfico del procedimiento se encuentra en el ANEXO N° 2.

**Filtrado del aceite:** Este proceso consiste en acondicionar el aceite vegetal usado con el objetivo de eliminar sólidos en suspensión y restos de comida con ayuda de un tamiz.



**Medición de los insumos:** Realizamos la medición de aceite vegetal usado que en nuestro caso empleamos 300 ml para cada muestra y metanol según cantidades determinadas para realizar el experimento.

**Pesado del catalizador:** Realizamos el pesado de la lipasa con ayuda de una balanza.

**Preparación de la lipasa con el metanol:** se realiza la mezcla de la lipasa con el metanol con ayuda de una plancha de agitación y agitador magnético.

**Pre calentamiento del aceite:** a modo de pretratamiento se calentamiento con el objetivo de bajar su viscosidad a una temperatura no mayor a 60 °C.

**Transesterificación:** Se agrega la mezcla anterior de metanol con la lipasa al aceite previamente calentado para realizar el proceso de transesterificación a temperatura y velocidad de agitación establecidos, este proceso se realiza con ayuda de una plancha de agitación y calentamiento.

**Separación de fases:** La mezcla se pasa a un embudo de decantación para separación de fases, en la parte superior se encuentra el biodiesel y en la parte inferior la glicerina.

**Extracción del subproducto:** Se retira la glicerina del embudo de decantación.

**Lavado del biodiesel:** Una vez retirada la glicerina se procede al lavado del biodiesel con agua destilada a precalentada a 60 °C con la finalidad de eliminar restos de lipasa, alcohol y glicerina, este proceso se realiza hasta que el agua de lavado tenga pH neutro.

**Secado del biodiesel:** Se colocó el biodiésel obtenido a la estufa para eliminar agua y humedad a 60 °C por 24 horas.

**Biodiesel obtenido:** Biodiesel obtenido listo para ser analizado.

### **Determinación del rendimiento de biodiesel producido**

Al finalizar la parte experimental se procedió a determinar el rendimiento de biodiesel producido en cada ensayo, lo cual se determinó aplicando la fórmula de la ecuación N° 2, la cual se detalla en el ANEXO N° 6: Determinación del rendimiento de producción del biodiesel.

$$Rendimiento = \frac{Biodiésel}{Aceite+Alcohol} \times 100 \quad \text{Ec. 02}$$

### **Análisis fisicoquímico de biodiesel obtenido**

Una vez obtenido biodiesel se procedió a llevarlo a un laboratorio para determinar las características fisicoquímicas cuyos parámetros deben cumplir con lo establecido en la NTP 321.125, para luego con los resultados obtenidos en los ensayos se procede a realizar los informes respectivos.

#### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Se empleó estadística descriptiva para la cual se elaboran tablas y gráficos que ayudan a simplificar los datos obtenidos que nos permite hacer inferencias sobre la población a partir de la muestra de datos (Borrego, S., 2008). También se empleó estadística inferencial con el objetivo de comprobar las hipótesis planteadas mediante la prueba *t-student*. El procesamiento de datos se hizo con el software Excel, plasmando los resultados mediante tablas, gráficos de barras, y gráfico de bigotes las cuales nos permitió determinar datos puntuales de la investigación, como es el caso del porcentaje de rendimiento, comparación de valores límite permitidos y/o establecidos en la normativa referencial que se detalla más adelante.

### **3.7 Aspectos éticos**

#### **Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo**

Aprobado por resolución de consejo universitario N° 0262-2020/UCV y sus principios, los cuales son acatados por los integrantes: El cumplimiento de la competencia profesional y científica, ya que los integrantes cuentan con la formación académica requerida para llevar a cabo este trabajo de investigación, siendo justos en la participación y responsabilidad compartida del desarrollo e intervención de aportes. Así mismo, esta investigación respeta la propiedad intelectual sobre los trabajos realizados por otros autores, para ello se realiza las citas y referenciar de manera correcta sobre la información mencionada, siguiendo los lineamientos de la normativa ISO 690 el cual se puede validar mediante software Turnitin que la universidad tiene implementado que permite determinar el porcentaje de similitud el cual por normativa no debe ser mayor a 25%. Finalmente, el reporte de los resultados se realizó con la mayor transparencia, teniendo en cuenta el respeto y cuidado hacia el medio ambiente y la biodiversidad en todas las etapas y procesos de desarrollo de esta investigación sin poner en riesgo nuestra población de estudio.

#### IV. RESULTADOS

##### Análisis de muestra de aceite vegetal usado:

Los resultados de los análisis fisicoquímicos evaluados se detallan en la Tabla N° 3, los parámetros evaluados fueron: Índice de acidez, Densidad y Viscosidad y estos se encuentran en el ANEXO N° 4: Informe de ensayo de aceite vegetal usado.

**TABLA N° 3. Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de AVU**

PARÁMETRO	U. MED	RESULTADO
Índice de acidez	mg KOH/g	1,56
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0,9151
Viscosidad	mm <sup>2</sup> /s	51

El análisis de los resultados obtenidos se detalla en las siguientes gráficas:

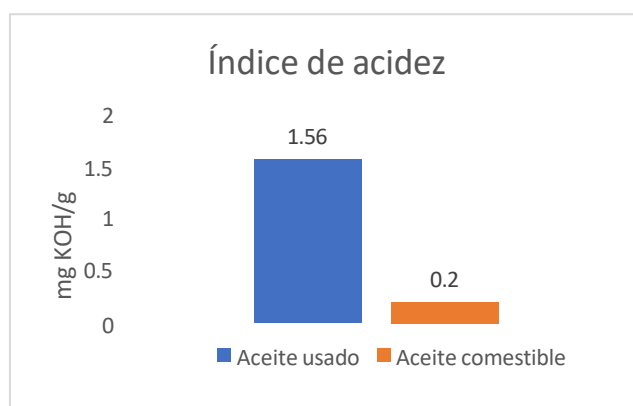


Gráfico N° 1: Índice de acidez del aceite obtenido.

De acuerdo con el Gráfico N° 1 el índice de acidez obtenido fue de 1,56 mg KOH/g, encontrándose fuera del límite máximo permisible de la NTP 09.001:1983 Aceites vegetales comestibles de 0,2 mg KOH/g, lo cual indica que la muestra de aceite vegetal obtenido ha sido sometida a altos periodos de cocción.

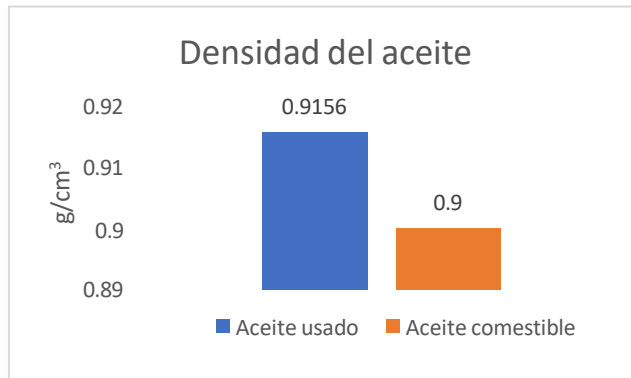


Gráfico N° 2: *Densidad del aceite vegetal.*

De acuerdo con el Gráfico N° 2 la densidad obtenida es de 0,9156 g/cm<sup>3</sup>, si bien es cierto en nuestra normativa peruana no existe un límite permitido para este parámetro, el rango establecido en la normativa europea para el biodiesel está entre 0,86 y 0,9 g/ml, el resultado obtenido supera el rango permitido.

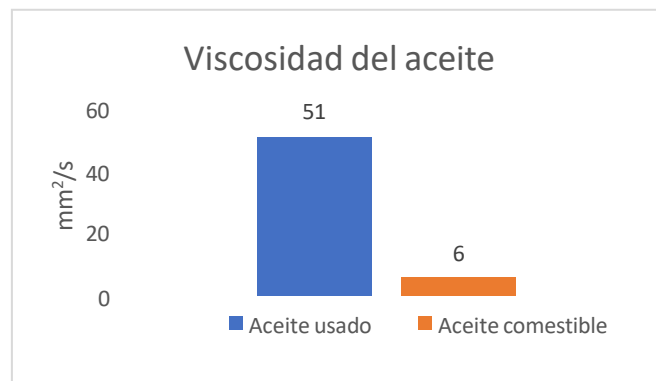


Gráfico N° 3: *Viscosidad de aceite obtenido.*

De acuerdo con el Gráfico N° 3 la viscosidad obtenida muestra un valor de 51 mm<sup>2</sup>/s superior al límite establecido en la normativa peruana de 1,9 a 6 mm<sup>2</sup>/s.

La determinación del porcentaje de humedad se realizó en el laboratorio de la UCV, para lo cual se realizó un primer pesado de la muestra del biodiesel obtenido y un segundo pesado de la muestra de biodiesel posterior al secado en estufa por un periodo de 24 horas, el resultado de esta operación se detalla en la Tabla N° 4.

**TABLA N° 4. Resultados del porcentaje de humedad de la muestra de AVU**

PARÁMETRO	U. MED	RESULTADO
Humedad	%	0,023 %

El porcentaje de humedad del aceite vegetal usado obtenido fue de 0,023% lo que indica que hubo exposición de la muestra con la humedad del ambiente.

### Condiciones de operación

Teniendo en cuenta los datos establecidos en la Tabla N° 2 y las variables fijas se determinó realizar 6 condiciones de operación, al tener los catalizadores diferentes el procedimiento se duplicó por cada tipo de lipasa con un total de 12 muestras, Las condiciones establecidas para la lipasa *Pseudomonas cepacia*. Se detallan en la Tabla N° 5 y para la lipasa *Candida rugosa* se detalla en la tabla N° 6.

**TABLA N° 5. Condiciones de operación empleando lipasa *Pseudomonas cepacia***

VARIABLES	UNID. MEDIDA	PSEUDOMONA CEPACIA					
		P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Aceite	ml	300	300	300	300	300	300
Metanol	ml	40	60	60	40	40	60
Catalizador	gr	1	1	1	1,5	1,5	1,5
Temperatura	°C	25	25	45	25	45	45
Velocidad de agitación	rpm	600	600	600	600	600	600
Tiempo	horas	8	8	8	8	8	8

En la Tabla N° 5 se detallan las condiciones de operación a emplear en las 6 muestras usando lipasa *Pseudomona cepacia* como catalizador. Se establecieron 3 variables fijas: 300 ml de aceite, 600 rpm de velocidad de agitación y 8 horas de reacción; el resto de las variables varían para el caso del metanol se empleó 40 y 60 ml, el catalizador empleado fue 1 y 1,5 g y la temperatura empleada fue de 25 y 45 °C.

**TABLA N° 6. Condiciones de operación empleando lipasa *Candida rugosa***

VARIABLES	UNID. MEDIDA	CANDIDA RUGOSA					
		C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Aceite	ml	300	300	300	300	300	300
Metanol	ml	40	60	60	40	40	60
Catalizador	gr	1	1	1	1,5	1,5	1,5
Temperatura	°C	25	25	45	25	45	45
Velocidad de agitación	rpm	600	600	600	600	600	600
Tiempo	horas	8	8	8	8	8	8

En la Tabla N° 6 se detallan las condiciones de operación a emplear en las 6 muestras usando lipasa *Candida rugosa* como catalizador. Se establecieron 3 variables fijas, 300 ml de aceite, 600 rpm de velocidad de agitación y 8 horas de reacción; el resto de las variables varían para el caso del metanol se empleó 40 y 60 ml, el catalizador empleado fue 1 y 1,5 gr y la temperatura empleada fue de 25 y 45 °C.

Una vez obtenidas las muestras de biodiesel se procedió a realizar la determinación del rendimiento por cada condición de operación empleada según tipo de lipasa la cual se detalla en la Tabla N° 7.

**TABLA N° 7. Porcentaje de rendimiento obtenido según lipasa empleada**

LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO (%)	LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO (%)
PSEUDOMONA CEPACIA	P.C-01	81,00	CANDIDA RUGOSA	C.R-01	79,69
	P.C-02	90,15		C.R-02	85,25
	P.C-03	88,19		C.R-03	71,53
	P.C-04	74,17		C.R-04	86,88
	P.C-05	83,61		C.R-05	81,00
	P.C-06	76,10		C.R-06	81,96

De las 12 muestras de biodiesel realizada en laboratorio la muestra que obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento es la muestra P.C-02 con un valor de 90,15 %, el detalle de las muestras por tipo de lipasa empleada se presenta en los Gráficos N° 4 y N° 5.

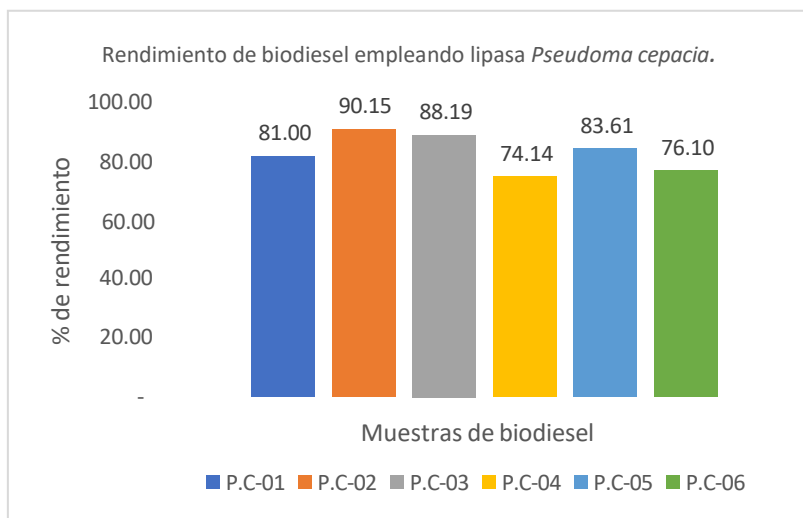


Gráfico N° 4: Porcentaje de rendimiento de biodiesel empleando lipasa *Pseudomonas cepacia*

De acuerdo con el Gráfico N° 4 el mayor porcentaje de rendimiento obtenido de biodiesel empleando lipasa *Pseudomonas cepacia* corresponde a la muestra P.C-02 con un valor de 90,146 %, seguido de la muestra P.C-03 con un valor obtenido de 88,19 % y la muestra con menor porcentaje de rendimiento corresponde a la muestra P.C-04 con un valor obtenido de 74,14%.

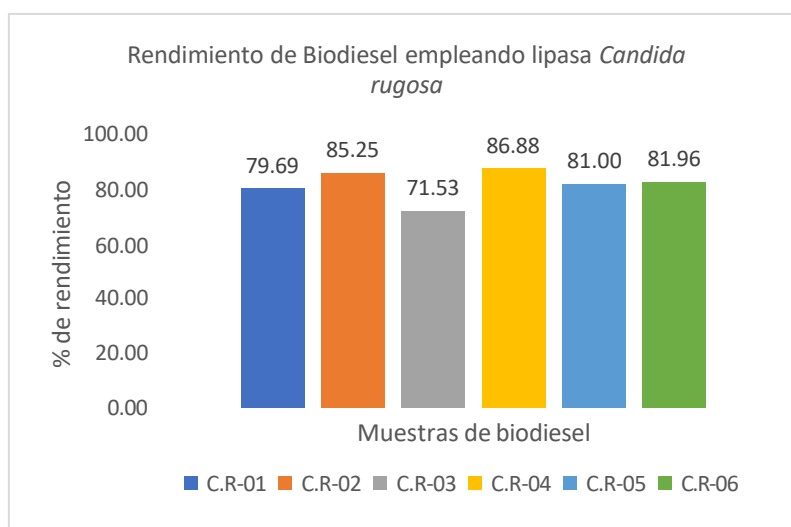


Gráfico N° 5: Porcentaje de rendimiento de biodiesel empleando lipasa *Candida rugosa*.

De acuerdo con el Gráfico N° 5 el porcentaje de rendimiento de biodiesel empleando lipasa *Candida rugosa* corresponde a la muestra C.R-04 con un valor de 86,88 %, seguido de la muestra C.R-02 con un valor obtenido de 85,25 % y la muestra con menor porcentaje de rendimiento corresponde a la muestra C.R-03 con un valor obtenido de 71,53 %.



## Comprobación de hipótesis.

De acuerdo con el objetivo general se procedió a validar las hipótesis planteadas, para ello se analizó los porcentajes de rendimiento por cada tipo de lipasa aplicando la prueba estadística *t-student*, cuyo resultado se detalla en la Tabla N° 8 y el Gráfico N° 6.

H<sub>0</sub>: La lipasa *Pseudomona cepacia* es más eficiente que la lipasa *Candida rugosa* en la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal usado.

H<sub>1</sub>: La lipasa *Pseudomona cepacia* no es más eficiente que la lipasa *Candida rugosa* en la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal usado.

**TABLA N° 8. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales**

	<i>Pseudomona Cepacia</i>	<i>Candida rugosa</i>
Media	82,1983333	81,05
Varianza	40,9368567	28,97112
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	34,9539883	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	0,33641878	
P(T<=t) una cola	0,37175402	
Valor crítico de t (una cola)	1,81246112	
P(T<=t) dos colas	0,74350804	
Valor crítico de t (dos colas)	2,22813885	

Si P valor  $\geq 0,05$  %, se acepta la hipótesis nula H<sub>0</sub>

Si P valor  $\leq 0,05$  %, se acepta la hipótesis alternativa H<sub>1</sub>

El resultado del P valor obtenido fue de 0,074; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, la lipasa *Pseudomona cepacia* es más eficiente que la lipasa *Candida rugosa* en la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal usado.

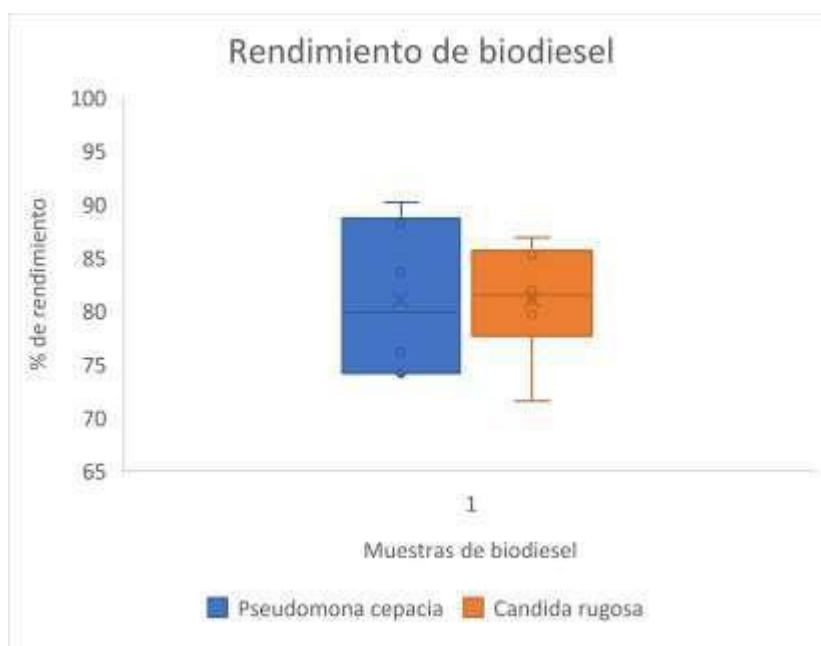


Gráfico N° 6 Rendimiento de biodiesel por tipo de lipasa.

Tomando en consideración los datos obtenidos en la Tabla N° 8 nos permite demostrar mediante Gráfica N° 6 que la muestra empleando biodiesel *Pseudomonas cepacia* es más eficiente con un valor medio de rendimiento de 82,20 % a comparación de las muestras empleando *Candida rugosa* con un valor medio de 81,05%.

### **Análisis fisicoquímico de biodiesel obtenido**

Se realizó los análisis fisicoquímicos de las muestras de biodiesel con valor más alto de rendimiento obtenido según tipo de lipasa: P.C-02 (*Pseudomonas cepacia*) y C.R-04 (*Candida rugosa*), los análisis se realizaron en el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los parámetros evaluados fueron: Viscosidad, número de acidez, azufre, punto de inflamación y residuos de carbón los cuales se compararon con los límites establecidos por la NTP 321.125 Biodiesel cuyos resultados se detallan en la Tabla N° 9 y el reporte realizado por el laboratorio se encuentra en el ANEXO N° 7: REPORTE DE ANÁLISIS DE BIODIESEL.

**TABLA N° 9. Análisis fisicoquímico de las muestras de biodiesel obtenido**

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LIMITE	RESULTADOS	
			PSEUDOMONA CEPACIA	CANDIDA RUGOSA
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1,9 – 6,0	4,08	5,58
Número de acidez	mg KOH/g	0,50 máx.	0,31	0,66
Azufre	% masa (ppm)	0,0015 máx.	0,00164	0,0281
Punto de inflamación	°C	93 min.	98	95
Residuos de carbón	% en masa	0,050 máx.	0,00798	0,03853

En la Tabla N° 9 se detalla los resultados obtenidos de ambas muestras, también se detalla el límite permitido de acuerdo con lo establecido en la NTP 321.125 el cual nos permitirá hacer la comparación en las siguientes graficas:

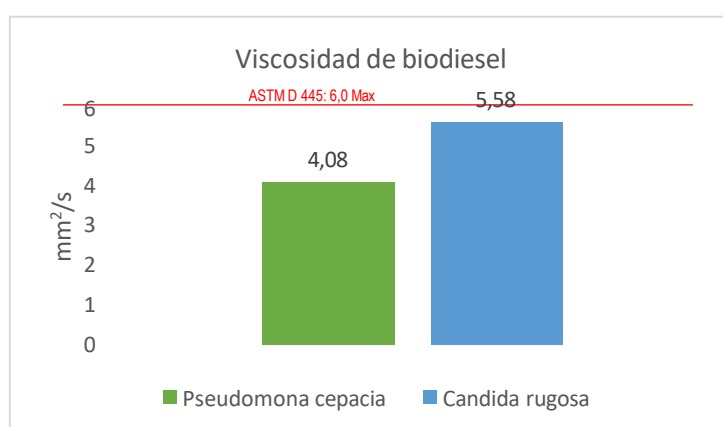


Gráfico N° 7: Viscosidad de biodiesel empleando *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa*

De acuerdo con el Gráfico N° 7, la viscosidad obtenida de nuestras muestras de biodiesel en el caso de la *Pseudomonas cepacia* fue de 4,08 mm<sup>2</sup>/s y 5,58 mm<sup>2</sup>/s para la *Candida rugosa* ambas muestras se encuentran dentro del límite establecido por la NTP 321.125 Biodiesel el cual se encuentra en un rango de 1,9 – 6,0 mm<sup>2</sup>/s.

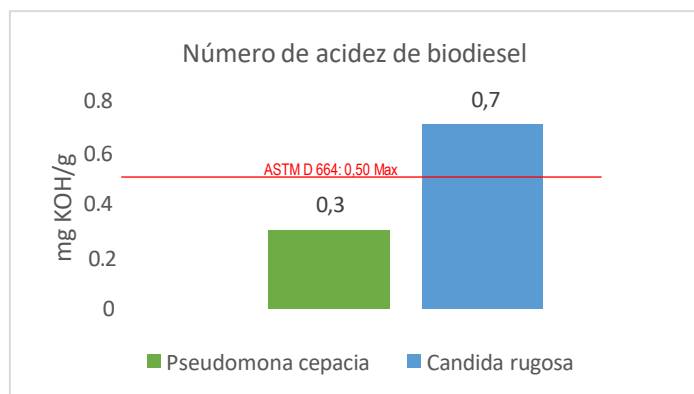


Gráfico N° 8: Número de acidez de biodiesel empleando *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa*.

De acuerdo con el Gráfico N° 8, el número de acidez obtenido de muestras de biodiesel para el caso de la *Pseudomonas cepacia* fue de 0,31 mgKOH/g y 0,66 mgKOH/g para la *Candida rugosa*, la primera muestra cumple el límite establecido por la NTP 321.125 Biodiesel a diferencia de la muestra empleando *Candida rugosa* la cual está fuera del límite máximo establecido por la NTP de 0,50 mg KOH/g.

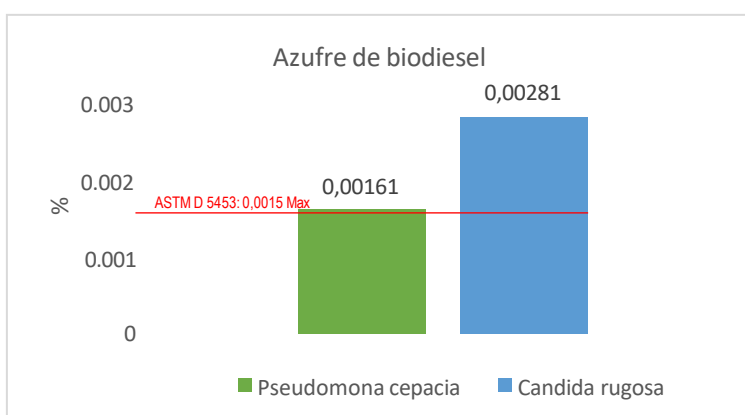


Gráfico N° 9 Azufre de biodiesel empleando *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa*.

De acuerdo con el Gráfico N° 9, el porcentaje de Azufre obtenido de nuestras muestras de biodiesel están por encima de límite máximo permitido por la norma de 0,0015 % masa (ppm), siendo la muestra de *Candida rugosa* la que más porcentaje de azufre tiene 0,00281 % masa (ppm) y la muestra empleando *Pseudomonas cepacia* la que se acercó más al máximo permitido con 0,00161 %.

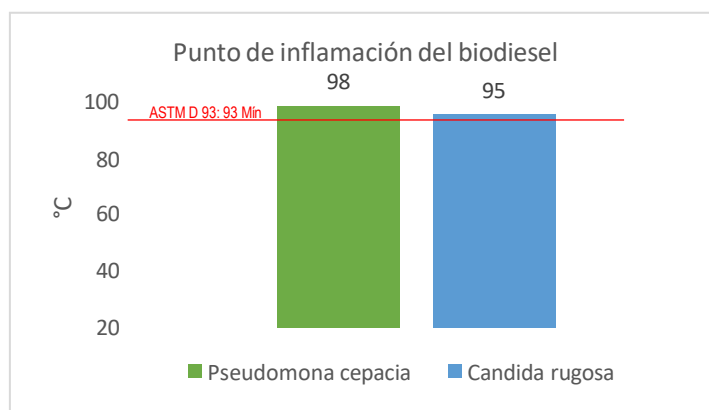


Gráfico N° 10: *Punto de inflamación de biodiesel empleando Pseudomonas cepacia y Candida rugosa.*

El límite mínimo establecido por la norma de para punto de inflamación es de 93 °C, ambas muestras de biodiesel exceden este límite, la muestra empleando *Pseudomona cepacia* obtuvo un valor de 98 °C y la muestra empleando *Candida rugosa* se acercó más al límite con 95 °C.

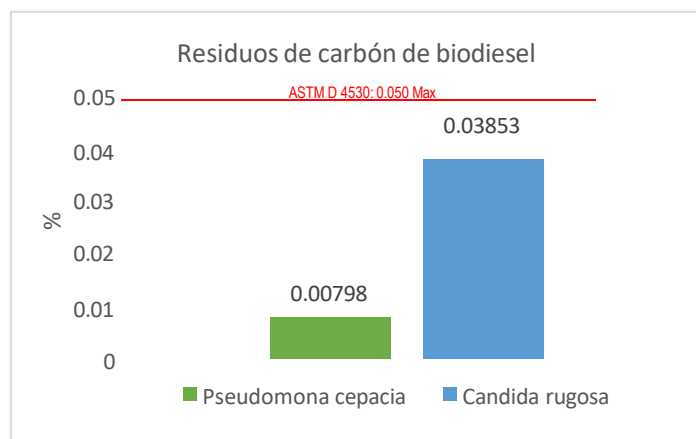


Gráfico N° 11: *Residuos de carbón de muestras de biodiesel empleando lipasa Pseudomonas cepacia y Candida rugosa.*

Para el caso de Residuos de Carbón, ambas muestras están por debajo del límite máximo establecido por la norma de 0,050 %, siendo la muestra empleando *Pseudomona cepacia* la muestra que obtuvo un valor más bajo de 0,00798 % y la muestra empleando *candida Rugosa* 0,03853 %.

## V. DISCUSIÓN

En el análisis del aceite vegetal usado el índice de acidez obtenido de nuestra muestra fue de 1,56 mg KOH/g, encontrándose fuera del límite máximo permisible según lo establecido en la NTP 09.001:1983 Aceites vegetales comestibles de 0,2 mg KOH/g, y la NTP 321.125:2008 Especificaciones Técnicas Biodiésel de 0,5 mg HOH/g, resultado similar fue obtenido por Zarate (2020) en su trabajo de investigación realizado en la ciudad de Trujillo, los resultados obtenidos estuvieron en un rango de 1,965 hasta 2,923 mg KOH/g lo cual indica que las muestras de aceite vegetal analizadas han sido sometida a altos periodos de cocción.

La densidad obtenida del aceite vegetal usado es de 0,9156 g/cm<sup>3</sup>, si bien es cierto en la normativa peruana no existe un límite permitido para este parámetro, el rango establecido en la normativa europea para el biodiesel está entre 0,86 y 0,9 g/ml, Chirinos y Delgado (2020) obtuvieron resultados similares los cuales estuvieron en un rango de 0,9176 a 0,95 g/cm<sup>3</sup> en su trabajo realizado en la Ciudad de Arequipa, siendo este parámetro relacionado directamente a la longitud de cadena de los ácidos grasos que lo componen acorde a lo que mencionan Chaves, José, *et al.*, (2020), a mayor densidad, mayor concentración de pureza del aceite.

La viscosidad obtenida muestra un valor de 51 mm<sup>2</sup>/s superior al límite establecido en la normativa peruana de 1,9 a 6 mm<sup>2</sup>/s, un resultado similar fue obtenido por en su investigación que obtuvo 3,5 a 5 mm<sup>2</sup>/s, por otra parte, José, *et al.*, (2020), mencionan que la viscosidad de los aceites vegetales aumenta con la cantidad de cadena de los triglicéridos y disminuye con la insaturación.

El porcentaje de rendimiento más alto de biodiesel obtenido corresponde a la muestra empleando *Pseudomonas cepacia* P.C-02 con un valor de 90,146 % en las siguientes condiciones de operación 25 °C, 600 rpm y 8 horas de reacción. Para el caso de las muestras empleando *Candida rugosa* el valor de rendimiento más alto corresponde a la muestra R.C-04 con un valor de 86,88 % teniendo las siguientes condiciones de operación 25 °C, 600 rpm y 8 horas de reacción. Tan

*et al.*, (2014) en su trabajo de investigación realizada en China en el año 2014, obtuvieron un 97% de rendimiento de biodiesel a 40 °C durante 4,2 horas de reacción; por otra parte, Kuo, Shaw y Lee en su investigación realizada en Taiwán en el 2015 obtuvieron un 95,3% de biodiesel a 37 °C en un tiempo de reacción de 48 horas, ambos trabajos empleando lipasa *Candida rugosa*.

La viscosidad del biodiesel es importante ya que si esta es elevada se daría una combustión incompleta y si es baja produciría fugas que disminuyen la eficiencia del biodiesel. Los resultados del análisis de las muestras de biodiesel en el caso de la *Pseudomonas cepacia* fue de 4,08 mm<sup>2</sup>/s y 5,58 mm<sup>2</sup>/s para la *Candida rugosa*, ambas muestras se encuentran dentro del límite establecido por la NTP 321.125 Biodiesel, la cual se encuentra en un rango de 1,9 – 6,0 mm<sup>2</sup>/s. Natarajan Yasvathrajan en su trabajo de investigación realizado en Malasia empleando lipasa de *Rhizopus Oryzae* inmovilizada obtuvo un resultado similar de 4,59 mm<sup>2</sup>/s, estos resultados determinan una buena lubricidad del combustible lo cual se refleja en una combustión eficiente.

El número de acidez obtenido de las muestras de biodiesel obtenido empleando *Pseudomonas cepacia* fue de 0,31 mg KOH/g y 0,66 mg KOH/g para *Candida rugosa*, la primera muestra cumple el valor límite establecido por la NTP 321.125 Biodiesel a diferencia de la muestra empleando *Candida rugosa* la cual está fuera del límite máximo establecido por la NTP de 0,50 mg KOH/g. Acevedo, (2019) en su trabajo de investigación realizado en Colombia empleando lipasa *XX 25 Split* líquida realizó 4 muestras de biodiesel todas se encontraron fuera del límite máximo, siendo 1,327 mg KOH/g el valor más bajo obtenido. La importancia de este parámetro radica en que si este es elevado causará corrosión al motor.

El porcentaje de Azufre obtenido de nuestras muestras de biodiesel están por encima del valor límite máximo permitido de 0,0015 % establecido por la norma NTP 321.125, BIOCOMBUSTIBLES. Biodiésel. Especificaciones, siendo la muestra de *Candida rugosa* la que más porcentaje de azufre presenta con un valor de 0,00281 % y la muestra empleando *Pseudomona cepacia* la que se más se aproximó al máximo permitido con un resultado del 0,00161 %.

El límite mínimo establecido por la NTP 321.125 Biodiesel para el parámetro punto de inflamación es de 93 °C, ambas muestras superan el valor mínimo establecido, la muestra empleando *Pseudomonas cepacia* obtuvo un valor de 98 °C y la muestra empleando *Candida rugosa* se acercó más al límite con 95 °C. Un resultado similar fue obtenido por Encinar [et. al] en su investigación empleando lipasa *Novozym 435* obtuvo 194 °C fuera del límite establecido según la norma europea EN 14214 que establece un límite de 120 C°, este parámetro está relacionado con la seguridad en el almacenamiento del biodiesel, mientras más alta sea la temperatura menor será el riesgo de incendio.

Para el caso de Residuos de Carbón, ambas muestras están por debajo del límite máximo establecido por la norma de 0,050 %, siendo la muestra empleando *Pseudomonas cepacia* la muestra que obtuvo un valor más bajo de 0.00798 % y la muestra empleando *Candida rugosa* 0,03853 %. Un resultado similar fue obtenido por Encinar [et. al] en su investigación empleando lipasa *Novozym 435* que obtuvieron valor de 0,07% inferior a lo establecido por la norma europea EN 14214 de 0,30 %. La importancia de que este valor sea bajo evitará su acumulación en el motor.



## VI. CONCLUSIONES

1. La lipasa *Pseudomona cepacia* es más eficiente con un valor de 90,146% sobre la lipasa *Candida rugosa* con un valor de 86,880% para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal usado, lo cual confirma nuestra hipótesis nula. Además, los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de biodiesel determinaron que la lipasa *Pseudomona cepacia* cumple con los parámetros de Viscosidad, número de acidez, punto de inflamación y residuos de carbón sobre la lipasa *Candida rugosa* que cumple.
2. Del análisis fisicoquímico del aceite vegetal usado indican que estas no cumplen con lo establecido en la NTP 09.001:1983 Aceites vegetales comestibles, a pesar de ello, se logró obtener biodiésel realizando un filtrado y un precalentamiento del aceite para regular la viscosidad del aceite usado y mejorar el proceso de transesterificación.
3. La obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal usado se da en todas las condiciones estudiadas, pero al realizar el ensayo empleando 60 ml de metanol, 1 gr de catalizador (*Pseudomona cepacia*), a una temperatura de 25 °C se obtiene mejores resultados tanto en las características fisicoquímicas y el rendimiento para ambos catalizadores.
4. Del análisis fisicoquímico del biodiesel obtenido empleando *Pseudomonas cepacia* los parámetros: número de acidez, viscosidad, residuos de carbón cumplen con lo establecido en la NTP 321.125 Biodiésel, así mismo el parámetro azufre es la más cercana a lo que indica la normativa referencial, mientras que el parámetro punto de inflamación excede en mayor cantidad en comparación con la norma y el biodiesel producido por la lipasa *Candida rugosa*.

## VII. RECOMENDACIONES

- Ampliar las pruebas a nivel de laboratorio empleando mayor cantidad de lipasa con el objetivo de mejorar el rendimiento y las características fisicoquímicas del biodiesel obtenido.
- Realizar pruebas empleando tiempos de reacción superiores a las 8 horas empleadas en este trabajo de investigación, los tiempos recomendados serían entre 12 a 24 horas con el objetivo de obtener mejores porcentajes de rendimiento y calidad del biodiesel.
- Al ser un proceso que implica tiempos de reacción largos lo recomendable sería realizar el proceso de transesterificación a temperatura ambiente lo cual ha demostrado ser eficiente y de esta forma se ahorra energía.
- Profundizar el estudio sobre microorganismos alternativos para producción de lipasas a nivel nacional debido a que las lipasas comerciales tienen costos elevados y la adquisición en Perú es escasa, lo cual es un limitante para la producción de biodiesel a nivel industrial.

## VIII. REFERENCIAS

ABOELAZAYEM, Omar, GADALLA, Mamdouh y SAHA Basudeb. Comprehensive Optimisation of Biodiesel Production Conditions via Supercritical Methanolysis of Waste Cooking Oil. *Energies* [en línea]. No. 15, 2022. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en15103766>

ADNAN, Miaad, LI, Kai y YAN Yunjun. X-Shaped ZIF-8 for Immobilization Rhizomucor miehei Lipase vía Encapsulation and Its Application toward Biodiesel Production. *Catalysts* [en línea]. Vol. 8, 96, 2018. [Fecha de consulta: 20 de abril 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/catal8030096>

A multi-component reaction for covalent immobilization of lipases on amine-functionalized magnetic nanoparticles: production of biodiesel from waste cooking oil por Yalda Amini [et al]. *Bioresour. Bioprocess.* [en línea]. Vol. 9, 2022. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2023]. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.037>

APARICIO Vivanco, Angeli Dayana. Manejo de aceites de cocina usados (ACU) en pollerías para su valorización en el distrito de Ayacucho, 2020. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61017>

A review on the properties, performance and emission aspects of the third generation biodiesel por R. Sakthivel [et al]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea]. Volume 82, Part 3, 2018. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.037>  
ISSN 1364-0321

BARDALES, Albert y CASAS, Sandra. Evaluación de alternativas de financiamiento para implementar una planta procesadora de biodiesel a partir de aceites usados y grasas animal en la provincia de Chiclayo. Tesis (Contador público). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018. Disponible en <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2156>

BENAVIDES Reyes, Juan. Comportamiento estándar de un motor de combustión interna de encendido por compresión operado con sustitución de glp y combustible piloto diésel a condiciones de Bogotá. Tesis (Ingeniería mecánica). Bogotá. Universidad Libre, 2019. Disponible en <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/15855/TESIS.Pdf?sequence%20=1&isAllowed=y>

BIODIESEL and Bioplastic Production from Waste-Cooking-Oil Transesterification: An Environmentally Friendly Approach por Cristina Almeida da Silva [et al]. *Energies* 15, [en línea]. Enero de 2022, no. 3: 1073. [Fecha de consulta: 20 de abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en15031073>

BIODIESEL from waste frying oils: Methods of production and purification por Jhessica Marchini Fonseca [et al]. *Energy Conversion and Management* [en línea]. Vol 184, 205-218, 2019. [Fecha de consulta: 05 de septiembre, 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.061>  
ISSN 0196-8904

BIODIESEL production from waste cooking oil using onsite produced purified lipase from *Pseudomonas aeruginosa* FW\_SH-1: Central composite design approach por Chaudhry Haider Ali [et al]. *Renewable Energy* [en línea]. Vol. 109, 2017. [Fecha de consulta: 20 de abril 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.018>.  
ISSN 0960-1481

BIODIESEL production from waste cooking oil: A brief review por M.U.H. Suzihaque [et al]. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. Vol 63, mayo 2022. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.527>  
ISSN 2214-7853

BIODIESEL Production Processes and Sustainable Raw Materials por Martha Ramos [et al]. *Energies* [en línea]. 12(23), noviembre de 2019. [Fecha de consulta: 16 de noviembre, 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en12234408>

BIODIESEL production: Technologies, Challenges and Future Prospects por R. D. Tyagi [et al]. *Technologies, Challenges, and Future Prospects*, [en línea]. American Society of Civil Engineers, 2019. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucv/reader.action?docID=5984822>  
ISBN 9780784482285

Bioprocesses for the Biodiesel Production from Waste Oils and Valorization of Glycerol por Cédric Decarpigny [et al]. *Energies* [en línea]. Vol. 15, 3381, 2022. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en15093381>

CABELLO, C, RINCÓN, S, y ZEPEDA, A. Catalizadores heterogéneos utilizados para la obtención de biodiesel. *Afinidad* [en línea]. Vol. 74, 2017. [Fecha de consulta: 13 de septiembre 2022]. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/320756/411247>

CARACTERIZACIÓN, clasificación y usos de las enzimas lipasas en la producción industrial por Luz Salazar [et al]. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* [en línea]. Vol. 30, 2020. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v39n4/1561-3011-ibi-39-04-e620.pdf>

CASTRO, Paula, COELLO, Liliana y CASTILLO Liliana. Opciones para la producción y uso del biodiésel en el Perú [en línea]. Lima: Soluciones prácticas, 2017. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2023]. Disponible en: [https://infohub.practicalaction.org/bitstream/handle/11283/620375/prous\\_bio.pdf;jsessionid=D56EE8AF88E09D726E451DA3D9D941BF?sequence=1](https://infohub.practicalaction.org/bitstream/handle/11283/620375/prous_bio.pdf;jsessionid=D56EE8AF88E09D726E451DA3D9D941BF?sequence=1)

ISBN: 9789972471390

CHIRINOS, Harold y BOCARDO Edwin. Characterization of Recycled Edible Oils in their Physicochemical Properties as a Source of Bioglycerin and Biodiesel, in the city of Arequipa. *LACCEI* [en línea]. 18th, Julio 2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2023]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.204>

ISSN: 2414-6390

ESTUDO da produção enzimática de biodiesel a partir de óleo residual por Vinicius Souza [et al]. *Ecléctica química* [en línea]. Vol. 39, 200 - 215, 2014. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/429/42955127018.pdf>

GOMEZ, Edward, NABARLATZ, Débora, y AVELLANEDA Fredy. Obtención de biodiésel por transesterificación in situ a partir de semillas de *Jatropha curcas* L. *Revista UIS Ingeniería* [en línea]. Vol. 21, n.º2, pp. 21-38, 2022. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revuin.v21n2-2022003>

ISSN: 2145 - 8456

INDECOPI. N.T.P. 321.125 2008: Biocombustibles. Biodiesel. Especificaciones. Lima, 2008. 29 pp.

KUO, Ting, SHAW, Jey y LEE Guan. Conversion of crude *Jatropha curcas* seed oil into biodiesel using liquid recombinant *Candida rugosa* lipase isozymes. *Bioresource Technology*. Vol. 192, Mayo 2015. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.008>

Ley N° 28054. Ley de promoción del mercado de combustibles. Ministerio del ambiente, Lima, Perú, 15 de julio de 2003.

LÓPEZ, Luisa; BOCANEGRA, Jenny y MALAGÓN, Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ingeniería* [en línea]. Vol. 19 (1): 155-172. Enero - junio de 2015. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282313546\\_Obtencion\\_de\\_biodiesel\\_a\\_partir\\_de\\_aceite\\_usado\\_de\\_cocina\\_por\\_trans-esterificacion](https://www.researchgate.net/publication/282313546_Obtencion_de_biodiesel_a_partir_de_aceite_usado_de_cocina_por_trans-esterificacion) ISSN: 0123-2126

MANUAL de producción de biodiésel a partir del aceite de piñón blanco (*Jatropha curcas* L) [en línea]. 2da ed. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, 2019. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2022]. Disponible en [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1381671/pub\\_Manual%20de%20producci%C3%B3n%20de%20biodi%C3%A9sel.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1381671/pub_Manual%20de%20producci%C3%B3n%20de%20biodi%C3%A9sel.pdf)

MEDINA, Mauricio, OSPINO, Yesid y TEJADA, Lesly. Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. *Revista Luna Azul* [en línea]. no 40, junio 2015. [Fecha de consulta: 05 de septiembre, 2022]. Disponible en: <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1775/1691> ISSN 1909-2474

MERCK KGaA Sigma Aldrich. Disponible en: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/product/sigma/11754>

METODOLOGÍA de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis por José Arias [et al]. Puno: Inudu, 2022. ISBN: 978-612-5069-04-7

MOLLENDO Mamani, Percy. Aprovechamiento de aceites usados en pollerías para la producción de biodiesel. Tesis (Licenciado en biología). Juliaca:

Universidad Nacional del Altiplano, 2017. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6650>

PORTELLA Camones, Carlos Alberto. Obtención de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina. Tesis (Ingeniero Químico). Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/6173>

POTENTIAL of Waste Cooking Oil Biodiesel as Renewable Fuel in Combustion Engines: A Review por Haseeb Yaqoob [et al]. *Energies* [en línea]. Vol. 14, 2021. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/9/2565>

PRODUCTION of Biodiesel Catalyzed by Candida rugosa Lipase at Interface of w/o Microemulsion System por [et al]. *J. Braz Chemical* [en línea]. Vol. 25, 2014. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20140165>

QUISPE Puma, Katerin Yaleni. Obtención de biodiesel a partir de la mezcla de aceite doméstico residual y aceite de soya en la región del Cusco - 2020. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61327>

RAMIREZ Nieves, Teresa. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles. Tesis (Magíster en Ingeniería). México: CIDETEQ, 2018. Disponible en: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/369>

REYES Vargas, Hugo. Estudio de la generación de aceites usados en los diferentes establecimientos de comida y su reutilización industrial. Tesis (Ingeniero Industrial). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2018. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1381/IND-REY-VAR-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



SERNA, Edgar. Una revisión técnico ambiental de la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura residual en Colombia. [en línea]. 4ta ed. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en <http://doi.org/10.5281/zenodo.3387679>  
ISBN 978-958-52333-0-0

SISTEMATIZACIÓN de experiencias en las capacitaciones realizadas en el uso y manejo del aceite vegetal usado por Martha Jarquín Pascua [et al]. *Compromiso Social* [en línea]. Enero - junio 20202. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.5377/recoso.v2i3.13419>

STATE of the Art of Catalysts for Biodiesel Production por Rizwanul Fattah [et al]. *Frontiers in Energy Research* [en línea]. Vol. 8, Art. 101, junio 2020. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00101>

STUDY of the production of biodiesel by enzymatic and chemical processes from used cooking oil por Juan Camilo Acevedo Páez [et al]. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería* [en línea]. Vol. 7, Número 2, julio - diciembre 2019. [Fecha de consulta: 06 de agosto de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.15649/2346030X.566>

SUNFLOWER oil transesterification with methanol using immobilized lipase enzymes por Encinar [et al]. *Bioprocess and Biosystems Engineering* [en línea]. Vol. 42, julio 2028. [Fecha de consulta: 06 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00449-018-2023-z>

TRANSESTERIFICACIÓN enzimática de aceite usado en cocción por Paula Mateos [et al]. *XXII Congreso Argentino de Catálisis 16-18* [en línea]. Marzo 2022. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2023]. Disponible en: <https://congresos.unlp.edu.ar/xxiicac2021/wp-content/uploads/sites/28/2022/03/5683.pdf>

VIDAL, Ana, QUINTERO, Juan y HERRERA, Israel. Life cycle analysis of biodiesel production from used oil. *DYNA* [en línea]. Vol. 84, 155-162, abril - junio 2017. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/54469/60024>  
ISSN 2346-2183

ZÁRATE, José, LUJÁN, Jessica y LLAQUE, Grantt. Índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. *LACCEI* [en línea]. Diciembre de 2021. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en <https://laccei.org/LEIRD2021-VirtualEdition/meta/FP35.html>  
ISSN: 2414-6390

## ANEXOS

### ANEXO N°1: Matriz de operacionalización de variables

Título: Determinar la eficiencia de las Lipasas *Pseudomonas cepacia* y *Candida rugosa* para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD / ESCALA
<b>Lipasas: <i>Pseudomonas cepacia</i> y <i>Candida rugosa</i></b>	Las enzimas son proteínas que se encuentran en las plantas, animales, hongos y bacterias que permiten catalizar la hidrólisis de triglicéridos del aceite (Mandari y Kumar, 2021).	Determinar las proporciones y las condiciones de operación en el proceso de transesterificación nos permitirá obtener altos rendimientos de biodiesel.	Análisis físicoquímico de AVU	Densidad	g/cm <sup>3</sup>
				Viscosidad	mm <sup>2</sup> /s
				Índice de acidez	mg KOH/g
			Condiciones de operación	Aceite	ml
				Metanol	ml
				Cantidad de lipasa	gr
				Temperatura	°C
				Velocidad de agitación	rpm
				Tiempo	horas
				<b>Obtención de biodiesel</b>	El Biodiesel es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadenas largas provenientes de aceites o grasas vegetales o animales (Ramos, <i>et al.</i> , 2019).
Número acidez	mg KOH/g				
Azufre	% masa (ppm)				
Punto de inflamación	°C				
Residuos de carbón	% en masa				

**ANEXO N° 2:** Instrumentos de recolección de datos.

**FICHA N° 1: ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO**

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

**FUENTE Y CANTIDAD DE ACEITE VEGETAL USADO OBTENIDO**

<b>NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>TIPO DE ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	
<b>VOLÚMEN OBTENIDO</b>	

**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO.**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>U. MED</b>	<b>RESULTADO</b>
Índice de acidez	mg KOH/g	
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	
Viscosidad	Mm <sup>2</sup> /g	
Humedad	%	

  
Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450  
RENACYT: P0030155



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

**Apellidos y nombres:** Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

**Cargo e institución donde labora:** Docente de la universidad César Vallejo.

**Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de residuos

**Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha N° 2: Condiciones de operación para la transesterificación.

**Autores de instrumento:** Henry Felipe Infantes Leandro y Nani Luisa Linares Panduro.

### II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible										X			
OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos										X			
ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis										X			
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores										X			
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probarlas hipótesis										X			
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación X \_\_\_\_\_
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación \_\_\_\_\_

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450  
RENACYT: P0030155

## FICHA N° 2: CONDICIONES DE OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

VARIABLES	UND. MEDIDA	PSEUDOMONAS CEPACIA					
		P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Aceite	mL						
Metanol	mL						
Catalizador	g						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

VARIABLES	UND. MEDIDA	CANDIDA RUGOSA					
		C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Aceite	ml						
Metanol	ml						
Catalizador	gr						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO	LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO
PSEUDOMONA CEPACIA	P.C-01		CANDIDA RUGOSA	C.R-01	
	P.C-02			C.R-02	
	P.C-03			C.R-03	
	P.C-04			C.R-04	
	P.C-05			C.R-05	
	P.C-06			C.R-06	

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnubar  
 CIP N° 25450  
 RENACYT: P0030155



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

**Apellidos y nombres:** Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

**Cargo e institución donde labora:** Docente de la universidad César Vallejo.

**Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de residuos

**Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha N° 3: Análisis fisicoquímico del biodiesel.

**Autores de instrumento:** Henry Felipe Infantes Leandro y Nani Luisa Linares Panduro.

### II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible										X			
OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos										X			
ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis										X			
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores										X			
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probarlas hipótesis										X			
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 %



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450  
RENACYT: P0030155

### FICHA N° 3: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BIODIESEL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	PSEUDOMONAS CEPACIA					
			P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	CANDIDA RUGOSA					
			C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450  
 RENACYT: P0030155





## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

**Apellidos y nombres:** Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

**Cargo e institución donde labora:** Docente de la universidad César Vallejo.

**Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de residuos

**Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha N° 1: Análisis fisicoquímico de AVU.

**Autores de instrumento:** Henry Felipe Infantes Leandro y Nani Luisa Linares Panduro.

### IV. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible										X			
OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos										X			
ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis										X			
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores										X			
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probarlas hipótesis										X			
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación X \_\_\_\_\_
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación \_\_\_\_\_

**VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450  
RENACYT: P0030155

## FICHA N° 1: ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

### FUENTE Y CANTIDAD DE ACEITE VEGETAL USADO OBTENIDO

<b>NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>TIPO DE ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	
<b>VOLÚMEN OBTENIDO</b>	

### ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>U. MED</b>	<b>RESULTADO</b>
Índice de acidez	mg KOH/g	
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	
Viscosidad	Mm <sup>2</sup> /g	
Humedad	%	

  
LUIS FERMIR  
HOLGUIN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111111





## FICHA N° 2: CONDICIONES DE OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

VARIABLES	UND. MEDIDA	PSEUDOMONAS CEPACIA					
		P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Aceite	mL						
Metanol	mL						
Catalizador	g						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

VARIABLES	UND. MEDIDA	CANDIDA RUGOSA					
		C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Aceite	ml						
Metanol	ml						
Catalizador	gr						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO	LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO
PSEUDOMONA CEPACIA	P.C-01		CANDIDA RUGOSA	C.R-01	
	P.C-02			C.R-02	
	P.C-03			C.R-03	
	P.C-04			C.R-04	
	P.C-05			C.R-05	
	P.C-06			C.R-06	

  
**LUIS FERMÍN**  
**HOLGUÍN ARANDA**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
 Reg. C.I.P. N° 111F11





### FICHA N° 3: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BIODIESEL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	PSEUDOMONAS CEPACIA					
			P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	CANDIDA RUGOSA					
			C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

  
**LUIS FERMIR**  
**HOLGUIN ARANDA**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
 Reg. CIP. N° 111711





## FICHA N° 1: ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO

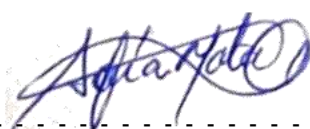
<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

### FUENTE Y CANTIDAD DE ACEITE VEGETAL USADO OBTENIDO

<b>NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>TIPO DE ESTABLECIMIENTO</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	
<b>VOLÚMEN OBTENIDO</b>	

### ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE ACEITE VEGETAL USADO.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>U. MED</b>	<b>RESULTADO</b>
Índice de acidez	mg KOH/g	
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	
Viscosidad	Mm <sup>2</sup> /g	
Humedad	%	



Mg. Sofía Mata Espinoza  
CIP: 137333







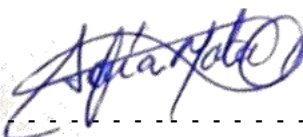
## FICHA N° 2: CONDICIONES DE OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

VARIABLES	UND. MEDIDA	PSEUDOMONAS CEPACIA					
		P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Aceite	mL						
Metanol	mL						
Catalizador	g						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

VARIABLES	UND. MEDIDA	CANDIDA RUGOSA					
		C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Aceite	ml						
Metanol	ml						
Catalizador	gr						
Temperatura	°C						
Velocidad de agitación	rpm						
Tiempo	horas						

LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO	LIPASA	MUESTRAS	RENDIMIENTO
PSEUDOMONA CEPACIA	P.C-01		CANDIDA RUGOSA	C.R-01	
	P.C-02			C.R-02	
	P.C-03			C.R-03	
	P.C-04			C.R-04	
	P.C-05			C.R-05	
	P.C-06			C.R-06	

  
 -----  
 Mg. Sofía Mata Espinoza  
 CIP: 137333





### FICHA N° 3: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BIODIESEL

<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	Determinar la eficiencia de las Lipasas Pseudomona Cepacia y Candida Rugosa para obtener biodiésel usando aceite vegetal usado, Ventanilla, 2023.
<b>AUTORES</b>	Infantes Leandro, Henry Felipe Linares Panduro, Nani Luisa
<b>ASESOR</b>	Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	PSEUDOMONAS CEPACIA					
			P.C-01	P.C-02	P.C-03	P.C-04	P.C-05	P.C-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

PARÁMETROS	U. MEDIDA	LÍMITE	CANDIDA RUGOSA					
			C.R-01	C.R-02	C.R-03	C.R-04	C.R-05	C.R-06
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1.9 – 6.0						
Número acidez	mg KOH/g	0.50 máx.						
Azufre	% masa (ppm)	0.0015 máx.						
Punto de inflamación	°C	93 mín.						
Residuos de carbón	% en masa	0.050 máx.						

Mg. Sofía Mata Espinoza  
CIP: 137333



**ANEXO N° 3:** Registro fotográfico del procedimiento de obtención de biodiesel en laboratorio de la UCV.

1. Filtrado del aceite vegetal usado



2. Medición de aceite vegetal y metanol.



3. Pesado de la lipasa



4. Incorporación del catalizador al metanol.



5. Pre calentamiento del aceite



6. Proceso de transesterificación.





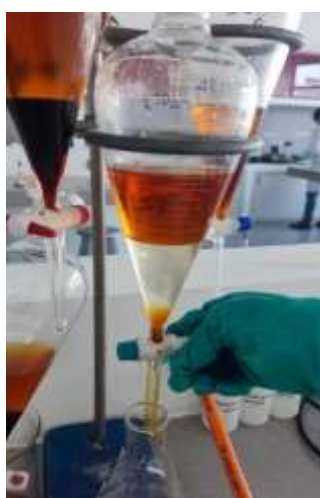
## 7. Separación de fases



## 8. Extracción de la glicerina



## 9. Lavado del biodiesel





10. Secado del biodiesel.



11. Muestras de biodiesel obtenidas.



**ANEXO N° 4:** Determinación de la humedad del aceite vegetal usado.

$$\% \text{ humedad} = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

Donde

M1: Masa de muestra inicial en gramos (gr)

M2: Masa de la muestra final en gramos (gr)

$$\% \text{ humedad} = \frac{121.114 - 121.086}{121.114} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 0.023$$



Figura N° 17. Determinación del porcentaje de humedad del AVU.

## ANEXO N° 5: Informe de ensayo de muestra de aceite vegetal usado.



# INFORME DE ENSAYO AG2313879 Rev. 0

Página 1 de 1

<b>Ensayo solicitado por el cliente:</b>	NANI LUISA LINARES PANDURO NANI LUISA LINARES PANDURO_LIMA. LIMA - LIMA		
<b>Solicitud de Ensayo:</b>	233659-1	<b>Cantidad Muestras:</b>	1
<b>Producto descrito como:</b>	ACEITES Y GRASAS	<b>Fecha de Recepción:</b>	09/05/2023
<b>Procedencia:</b>	MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE	<b>Fecha de Ensayo:</b>	Del 09/05/2023 Al 13/05/2023
<b>Detalles de la recepción:</b>	EN ENVASE PLÁSTICO	<b>Fecha de Emisión:</b>	13/05/2023
<b>Información del cliente:</b>	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE PRODUCTO: ACEITE DE COCINA USADO IDENTIFICACION: NANI LUISA LINARES PANDURO / DNI: 47501637		

Ensayos	Método/Título
Indice de Acidez	AOCS Cd 3d-63: 2017; 7th Ed. Acid Value
Densidad 20°C	ISO 6883 Fifth Edition 2017-02 Animal and vegetable fats and oils - Determination of conventional mass per volume ("litre weight in air")
Viscosidad Brookfield	AOCS Ja 10-87: 2017; 7th Ed. Brookfield Viscosity.

### Resultados

Identificación de Muestras		ACEITE DE COCINA USADO / NANI LUISA LINARES PANDURO / DNI: 47501637
Ensayo	L.C.	
Indice de Acidez (mgKOH/g)	0.10	1.56
Densidad a 20°C (g/cm3)	-	0.9151
Viscosidad Brookfield (40°C ,10rpm ,spin N°3) (cP)	-	51

L.C. = Limite de Cuantificación

Eladio Máximo Muñoz Contreras  
C.B.P. 01516  
Supervisor Lab Prod Orgánicos

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES**  
 Planta de Investigación Biodiésel

**REPORTE DE ANÁLISIS DE BIODIÉSEL**  
**LER - BODIESEL 029-2023**

**I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE**

**Nombre** : Srta. Nani Linares Panduro  
**Dirección** : Lima - Lima.  
**Atención** : Srta. Nani Linares Panduro  
**Fecha de Recepción** : 05 / 06 / 2023  
**Fecha de Entrega** : 09 / 06 / 2023

**II. DATOS DE LAS MUESTRAS**

**Producto (Nombre genérico)** : Biodiésel  
**Número de muestras** : 02  
**Identificación** : UBE-(06/2022)-0083: Pseudomona Cepecia - Lipasa  
 UBE-(06/2022)-0084: Candida rugosa - Lipasa  
**Presentación** : Botella de plástico  
**Cantidad (peso/ volumen)** : 0.1 L.  
**Parámetros** : Varios

**III. RESULTADOS**

N°	TIPO DE ANÁLISIS	NORMA / MÉTODO	RESULTADOS		UNIDADES
			83	84	
1	Número de acidez	ASTM D-664	0.31	0.66	mg KOH/g
2	Residuo de Carbón Conradson	ASTM D-189	0.00798	0.03853	% (m/m)
3	Azufre	ASTM D-1552	0.00164	0.00281	% (m/m)
4	Viscosidad a 40 °C	ASTM D-445	4.08	5.58	mm <sup>2</sup> /s
5	Punto de inflamación copa cerrada	ASTM D-93	98	95	°C

**IV. OBSERVACIONES**

Ninguna.



\_\_\_\_\_  
**José Calle Maraví, Ph. D.**  
**Jefe del Laboratorio de Energías Renovables**

