

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TRANSESTERIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS GRASAS DEL  
MATADERO MUNICIPAL DE TINGO MARÍA PARA LA OBTENCIÓN DE  
BIODIESEL**

**Tesis**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por:**

**LESCANO PIZARRO, FERNANDO HENDERSON**

**PROMOCION 2017 – II**

**Tingo María – Perú**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de Octubre de 2019, a horas 8:15 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias Ambientales, para calificar la Tesis titulada:

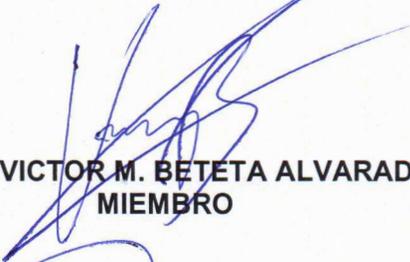
### “TRANSESTERIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS GRASAS DEL MATADERO MUNICIPAL DE TINGO MARÍA PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL”

Presentado por el Bachiller, **LESCANO PIZARRO, FERNANDO HENDERSON**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 7 de Noviembre de 2019

  
Ing. MSc. **JOSÉ LUIS PAREDES SALAZAR**  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. **VICTOR M. BETETA ALVARADO**  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. **LAURIANO A. ZAVALETA DE LA CRUZ**  
MIEMBRO

  
Dra. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**  
ASESORA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TRANSESTERIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS GRASAS DEL  
MATADERO MUNICIPAL DE TINGO MARÍA PARA LA OBTENCIÓN DE  
BIODIESEL**

Autor : LESCANO PIZARRO, Fernando Henderson

Asesor : Dra. GUERRERO VEJARANO, Tania E

Programa de investigación : Ciencias y Tecnologías Ambientales

Línea de investigación : Generación y Aprovechamiento de  
Tecnologías Ambientales

Eje Temático de investigación : Reducción de la contaminación del agua

Lugar de ejecución : Laboratorio de Fitoquímica forestal

Duración Fecha de inicio: 26 de Junio del 2017 :

Termino: 23 de Octubre del 2019

Financiamiento : S/. 1,889.11

FEDU : Si

Propio : Si

Otros : No

## DEDICATORIA

- A DIOS por cuidar de mi familia y de mi persona, ayudándome en momentos difíciles sin necesidad de pedirlo y estar cada momento en mi vida.
- A mis padres Fernando y Etsy, por apoyarme a lo largo de la vida sin importar las decisiones tomadas por su esfuerzo, dedicación y sacrificio incondicional brindados.
- A mis hermanos Cesar Eduardo, Etsy Paola, Karla Isabella y Milagros, por darme fuerzas y apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.
- A mi abuela Isabel y Albertina, a mi tío Hender y Paola, primos y demás parientes por estar ahí cuando más lo necesitaba brindándome su apoyo incondicional.
- A Carmen por su amor y comprensión en todo momento a lo largo de esta investigación, ya que gracias a ella es que pude avanzar con más esfuerzo.
- A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A mi alma máter la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la oportunidad de crecimiento y desenvolvimiento tanto intelectual como profesional.
- A mi asesora, la Dra. Tania Elizabeth Guerrero Vejarano; por su orientación profesional en el desarrollo del presente trabajo de investigación, amistad y respaldo incondicional.
- A los señores miembros del jurado: Ing. MSc. José Luis Paredes Salazar, Ing MSc. Víctor Manuel Beteta Alvarado e Ing. MSc. Lauriano Zavaleta de la Cruz, por sus oportunas sugerencias.
- A mis amigos de la Universidad: Renzo, Esaú, Lady, Maricarmen, Evelin, Thalía, Jeys, Ingrid, Pamela y amigos de la vida por su compañerismo y amistad cultivada a lo largo de estos años y a todos esos momentos inolvidables que perduraran siempre en mi memoria.
- Y por último a todos los demás amigos que de una u otra forma colaboraron en el presente estudio, a las personas que siempre confiaron en mí, por siempre gracias.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Objetivo general:.....	2
1.2. Objetivos específicos:.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Biodiesel .....	6
2.3. Materia prima para la producción de biodiesel .....	8
2.3.1. Aceite de grasa animal.....	9
2.3.2. Alcohol metílico .....	10
2.3.3. Soda caustica.....	11
2.4. Tecnología para la producción de biodiesel .....	12
2.5. Obtención del biodiesel .....	13
2.6. Situación de biodiesel en el Perú y el mundo .....	14
2.7. Calidad del biodiesel.....	15
2.8. Ventajas y desventajas del biodiesel.....	17
2.7.1. Ventajas.....	17
2.7.2. Desventajas .....	18
2.9. Producción de biodiesel en Perú .....	18
2.10. Costo de producción.....	19
2.11. Consumo de Biodiesel.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21

3.1. Lugar de ejecución .....	21
3.2. Material de estudio .....	21
3.2.1. Materiales de laboratorio.....	21
3.2.2. Equipos .....	22
3.2.3. Reactivos .....	22
3.2.4. Recurso animal .....	22
3.3. Metodología experimental .....	22
3.3.1. Extracción de aceite a partir de la grasa animal.....	22
3.3.2. Determinación del índice de acidez del aceite .....	23
3.3.3. Determinación de la cantidad de catalizador .....	23
3.3.4. Transesterificación de los ácidos grasos del aceite .....	24
3.3.5. Prueba de rendimiento de producción de biodiesel .....	25
3.3.6. Pruebas de calidad del biodiesel.....	25
3.3.7. Balance de material .....	26
3.3.8. Determinación de los metil éster en el biodiesel por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas .....	26
3.4. Diseño de experimental .....	26
3.4.1. Tratamientos .....	27
3.5. Estructura del diseño experimental.....	28
3.6. Diagrama de flujo del proceso .....	29
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Extraer el aceite de las grasas generadas en el matadero municipal de la ciudad de Tingo María .....	30
4.2. Determinar la dosificación del catalizador mediante el cálculo del índice de acidez del aceite de los residuos grasos del matadero municipal de la ciudad de Tingo María .....	31

4.3. Realizar las reacciones de transesterificación del aceite de los residuos grasos del matadero municipal de la ciudad de Tingo María utilizando hidróxido de sodio como catalizador.....	33
4.4. Realizar las pruebas de calidad del biodiesel obtenido .....	36
4.5. Realizar el balance de materia de la reacción de transesterificación de los ácidos grasos del matadero municipal de Tingo María.....	37
4.5.1. Presupuesto de factores que influyen en la conversión del aceite del matadero municipal de Tingo María a biodiesel. ....	38
4.6. Determinación de los metil éster en el biodiesel por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas. ....	38
V. DISCUSION .....	40
VI. CONCLUSION .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	44
VIII. ABSTRACT .....	45
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46
ANEXOS.....	53
ANEXO A – Cuadros y documentos .....	54
ANEXO B – Galería de imágenes .....	91
ANEXO C – Planos .....	101

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades del biodiesel y el diésel.....	7
2. Proporción de ácidos en sebo bovino.....	9
3. Propiedades del metanol.....	10
4. Propiedades del Hidróxido de sodio.....	11
5. Principales países productores de biodiesel .....	15
6. Normas de calidad para el uso de biodiesel como combustible.....	16
7. Estadística del biodiesel en Perú.....	19
8. Ingreso diario de animales y grasa obtenida.....	30
9. Volumen de extracción de grasa obtenida.....	31
10. Determinación del índice de acidez de aceite de grasa animal.....	31
11. Rendimiento de biodiesel con respecto a temperatura.....	33
12. Promedio de rendimiento de biodiesel por temperatura.....	34
13. Análisis descriptivo del biodiesel final obtenido a diferentes temperaturas.....	35
14. Cuadro ANVA por factor de temperatura.....	35
15. Pruebas de calidad de biodiesel.....	36
16. Presupuesto de costo de producción diaria.....	38
17. Porcentaje de esteres de ácidos grasos metílicos presentes en el biodiesel de grasa animal.....	40
18. Rendimiento de biodiesel con respecto a temperatura.....	55
19. Cantidad de Glicerina, V perdido en transesterificación y volumen perdido en lavado de biodiesel.....	56
20. Datos de viscosidad.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Reacción de transesterificación grasa y catalizador.....	12
2. Reacción general de transesterificación.....	13
3. Ubicación del Laboratorio de Fotoquímica de la Facultad de RNR.....	21
4. Diseño experimental para la obtención del biodiesel.....	28
5. Flujo del proceso del trabajo de investigación.....	29
6. Cantidad de mg de NaOH/g de aceite.....	32
7. Influencia de la temperatura en el rendimiento del biodiesel.....	34
8. Rendimiento promedio del biodiesel en relación a la temperatura.....	35
9. Cromatografía de gases (50°C – 1era repetición).....	64
10. Cromatografía de gases (50°C – 2da repetición).....	67
11. Cromatografía de gases (50° C – 3era repetición).....	70
12. Cromatografía de gases (55° C – 1era repetición).....	73
13. Cromatografía de gases (55° C – 2da repetición).....	76
14. Cromatografía de gases (55° C – 3era repetición).....	79
15. Cromatografía de gases (60° C – 1era repetición).....	82
16. Cromatografía de gases (60° C – 2da repetición).....	85
17. Cromatografía de gases (60° C – 3era repetición).....	88
18. Obtención de materia prima del matadero municipal de Tingo María.....	92
19. Pesado de sebo o grasa animal.....	92
20. Calentamiento de materia prima para obtención de aceite.....	93
21. Separación de aceite de la grasa animal.....	93
22. De aceite de grasa animal y restos de grasa (frituras).....	94
23. Aceite de grasa animal y restos de grasa.....	94
24. Determinación del índice de acidez por Titulación de NaOH 0.1 N.....	95
25. Proceso de transesterificación de los ácidos grasos del matadero municipal de Tingo María.....	95

26. Obtención de biodiesel (parte superior) y glicerina (parte inferior). .....	
27. Lavado de biodiesel a 40% de agua destilada del volumen total. ....	96
28. Separación de material residual del biodiesel por lavado.....	97
29. Muestras de biodiesel a diferentes temperaturas (50, 55 y 60 °C). ....	97
30. Pruebas de calidad de biodiesel (fosforo).....	98
31. Pruebas de calidad de biodiesel (viscosidad).....	98
32. Pruebas de calidad de biodiesel (pH).....	99
33. Pruebas de calidad de biodiesel (densidad).....	99
34. Mezcla de diésel con 10% de biodiesel.....	100
35. Pruebas motoras. ....	100

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se logró la transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal de Tingo María para la obtención del biodiesel, para la extracción de aceite de las grasas se calentó 2 Kg de sebo bovino obteniendo un rendimiento de extracción del 33%, para la determinación de la dosificación del catalizador se calculó el índice de acidez del aceite de grasa animal, que fue 1.0915 mg NaOH/g de aceite, a ello se aplicó la ecuación establecida por RUTPRAC (2006), posterior a ello se realizaron los procesos de transesterificación para lo cual se utilizaron 100 ml del aceite extraído con 20 ml de metanol a temperaturas de (50, 55 y 60 °C) cada una con 3 repeticiones, utilizando un diseño experimental completamente al azar haciendo un total de 9 tratamientos a una significancia ( $p < 0.05$ ), los resultados obtenidos en el ANVA, determino que el mayor rendimiento fue de 83.663% a una temperatura de 55 °C, siendo todos estos estadísticamente iguales, posteriormente se hizo las pruebas de calidad de densidad, viscosidad y poder calorífico obteniendo datos dentro de lo establecido en la norma EN 140214-03 a excepción de la viscosidad que resulto por debajo de lo establecido, a la reacción se le aplico un balance de materia obteniendo volumen de 24.8287 L de biodiesel puro por día y un análisis en un cromatógrafo de gases el cual estableció a hexadecanoato de metilo ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) y octadecenoato de metilo (12E) ( $C_{19}H_{36}O_2$ ) como principales esteres dominantes con porcentajes de composición de 25.21% y 37.25, de los resultados se puede llegar a la conclusión que el biodiesel obtenido tiene un rendimiento del 83.663%, cumple con parámetros de calidad establecidos en la norma y presenta un perfil de éster metílico de ácido graso completo el cual determina la idoneidad del biodiesel para el uso de materia prima animal para la producción de combustible.

## I. INTRODUCCION

Hace muchos años atrás se pronosticó una escasez gradual en los combustibles fósiles y a consecuencia de ello en el curso de los últimos años el precio del petróleo se ha incrementado casi tres veces su valor, perjudicando así de manera negativa todas las economías del mundo y en particular a la economía de países como Venezuela, ya que el alza del precio del petróleo índice directamente en aumento en cuanto a los precios de los productos de primera necesidad.

De igual forma en el uso de combustibles fósiles surge otra problemática, el cual es la contribución al aumento del efecto invernadero ya que alrededor del 90% del petróleo, carbón y gas se viene utilizando como fuente de energía para generar fuerza, lo cual genera como consecuencia la emisión de una cantidad de gases contaminantes como son el CO<sub>2</sub> y una serie de partículas nocivas para el planeta.

Una manera de minimizar dichos aspectos negativos para el ambiente y la economía es la generación de nuevas fuentes de energías que sean menos nocivas para la salud del entorno ambiental estas alternativas son ahora llamadas energías renovables o energías limpias, es por ello que una de las alternativas es el uso del biodiesel como fuente de energía alternativa.

El biodiesel es producto de una reacción llamada transesterificación que tiene como materia prima un aceite vegetal y/o graso animal, con alcohol que en su mayoría viene a ser el metanol en un medio alcalino. Por otro lado CANAKI (2005), nos menciona que “las materias primas alternativas, resaltan los residuos grasos animales y vegetales, los cuales son una materia prima idónea debido a su bajo costo. Asimismo, se ha demostrado que existe una buena disponibilidad, por ejemplo, en USA se tiene una disponibilidad estimada de 470 millones de toneladas, estos

residuos podrían ser utilizados como materia prima para biodiesel, evitando los debates éticos de utilizar cultivos y tierras que se destinan para fines alimenticios”.

LEE *et al.*, (2002), por otro lado en estudios recientes nos dice que “se han probado residuos grasos vegetales en la producción de biodiesel. Sin embargo, hay muy pocos estudios sobre residuos grasos animales, los cuales, al tener mayor contenido de ácidos grasos saturados, proporcionan mayor estabilidad al producto final, independientemente del catalizador empleado, aunque puede aumentar la temperatura de fusión del biodiesel obtenido, lo que puede ser una desventaja bajo algunos climas más no así en el caso de climas tropicales”.

En este trabajo se estudió el rendimiento que tiene los ácidos grasos de las grasas generadas en el matadero municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel utilizando NaOH como catalizador principal y metanol. Es necesario hacer este tipo de investigación para la obtención de biodiesel, a partir de grasa animal ya que es muy viable y ayuda a la generación de tecnologías limpias a partir de desechos de recursos orgánicos y utilizarlo de manera sostenible.

Ante esta situación surge la necesidad de buscar materias primas con bajos costos para producir biodiesel, motivo por el que nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuál es el rendimiento en la transesterificación de los residuos grasos del camal de Tingo María para la obtención de biodiesel?

Formulándose la hipótesis para este estudio: “El rendimiento de la transesterificación de los residuos grasos del matadero municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel es del 80%”.

### **1.1. Objetivo general:**

Determinar el rendimiento de la transesterificación del aceite de los residuos grasos del Matadero Municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel.

## 1.2. Objetivos específicos:

- Extraer el aceite de las grasas generadas en el Matadero Municipal de la ciudad de Tingo María.
- Determinar la dosificación del catalizador mediante el cálculo del índice de acidez del aceite de los residuos grasos del matadero municipal de la ciudad de Tingo María
- Realizar las reacciones de transesterificación del aceite de los residuos grasos del Matadero Municipal de la ciudad de Tingo María utilizando hidróxido de sodio como catalizador.
- Realizar las pruebas de calidad del biodiesel obtenido.
- Realizar el balance de materia de la reacción de transesterificación de los ácidos grasos del matadero municipal de Tingo María.
- Determinación de los metil éster en el biodiesel por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

(VIVAS ,2010), en su tesis “Estudio y obtención de Biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino, estudio la obtención de biodiesel a partir de residuos grasos en las carnicerías y lo llevo a cabo por medio de una reacción de grasa y metanol relación 1:6, catalizada por una base de Hidróxido de potasio y el proceso fue controlado bajo condiciones de temperatura y tiempo.

De mismo modo el autor dentro de los análisis que se realizaron a la materia prima, se encontraron diversos factores que según la literatura hacen apto el empleo de grasa bovina para la producción de biodiesel: humedad 39.43%, extracto etéreo 81.42%, índice de acidez 0.80%, índice de saponificación 190.17 mg KOH/g grasa, índice de yodo 87.14 g I<sub>2</sub>/100 g grasa, índice de peróxidos 4.32 meq O<sub>2</sub>/kg grasa, metales (26.13 mg Ca/kg, 7.41 mg Mg/kg, 57.33 mg P/kg), sulfuros 11.52%. Se encontró que el residuo de extracción de la grasa tiene un contenido de proteínas de 11.32%, valor que puede ser aprovechado para la alimentación animal.

De las pruebas realizadas al biodiesel producido hay varias propiedades fisicoquímicas que están dentro de las normas que muestran este biodiesel como buena opción: índice de yodo 50.60 g I<sub>2</sub>/100 g, índice de refracción 1,4480, nivel 1 en la corrosión de la lámina de cobre, punto de inflamación 173.67 °C, poder calorífico 36947,4 KJ/kg, viscosidad cinemática 6,12 mm<sup>2</sup> /s y una buena apariencia y color (L3 ASTM color). También se encontraron aspectos que no son tan positivos como un contenido de humedad del 0.24%, aunque este no es un problema significativo porque se puede mejorar con un mejor sistema de secado. El problema más desfavorable y por el cual se restringe el uso de biodiesel bovino es la densidad (0.8652 g/cm<sup>3</sup> a

23 °C), ya que la norma (ASTM D4052) exige que este parámetro se debe medir a 15 °C, pero a esta temperatura el metílester se solidifica, por lo cual se recomienda realizar estudios que investiguen el uso de biodiesel en climas cálidos o en mezcla.

Debido a que la muestra de biodiesel fue guardada por largo tiempo antes de realizarse las pruebas mecánicas, estas indicaron resultados poco favorables, ya que se obtuvo una menor potencia y mayor consumo específico de combustible por parte de la mezcla biodiesel – diésel (al 20% en biodiesel) con respecto al diésel puro. Por otro lado, en los resultados de torque se encontraron diferencias mínimas entre ambos combustibles; se comprobó que el porcentaje de opacidad es menor si se emplea biodiesel como mezcla. La mayoría de los aspectos son favorecidos por lo cual el biodiesel bovino es una innóvale y atractiva forma de producir energía”.

ARÉVALO *et al.*, (2018), en su trabajo de “Obtención de biodiesel a partir de grasa bovina, estudiaron específicamente la reacción de esterificación de los ácidos grasos saturados de bajo valor comercial con alcoholes de cadena corta, como el metanol anhidro al 95% y metanol comercial para la elaboración de biodiesel. En las experiencias realizadas se estudiaron las condiciones óptimas de reacción, variando la relación peso alcohol-catalizador (KOH), la temperatura promedio de reacción y velocidad de adición del catalizador, que se presentan detalladamente en el artículo. Se obtiene así un biodiesel con un rendimiento entre el 88 y 90% con una concentración de catalizador del 3.7 a 3.8 % a una temperatura de 58 °C. Además, se determinó que el biodiesel logrado cumple con los estándares internacionales y que disminuye las emisiones tanto de SO<sub>2</sub> como el CO<sub>2</sub>, a pesar de que las emisiones de NO<sub>2</sub> aumentan”.

TEJADA *et al.*, (2012), en su trabajo de “Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal, estudiaron diferentes posibilidades de obtención de biodiesel a partir de residuos grasos generados en la explotación pecuaria: grasa de pollo, cerdo, y vacuna, para ello se analizan las variables relación molar alcohol/grasa animal y cantidad de catalizador, puesto que son las que más inciden en la calidad del biodiesel, al evaluar sus características y

rendimientos de la reacción de transesterificación. El rendimiento en el proceso de extracción de la grasa de material de desecho de pollo es del 70.5%, y de la grasa de cerdo del 90%, por lo que se plantean como alternativas viables desde el punto de vista técnico, permitiendo la valorización de estos desechos orgánicos y aliviando la contaminación generada en este tipo de industrias. De la caracterización realizada a la grasa de pollo y cerdo se pudo establecer que ambas materias primas son de baja acidez lo cual garantiza un alto grado de transesterificación, teniendo en cuenta que tuvo un rendimiento del 96% a partir de la grasa de pollo y del 91.2% a partir de la grasa de cerdo. Del análisis cromatográfico del biodiesel sintetizado se obtuvo que el ácido graso más común fue el del ácido oleico”.

## **2.2. Biodiesel**

Varios investigadores viene a definir el biodiesel de diferente manera ya sea por la materia prima que utilizar, el alcohol o el catalizador que estos emplean, en el libro de aspectos técnicos de los estándares de biodiesel, sostienen que el biodiesel se expresara por una reacción que se lleva a cabo entre una cadena de ésteres de ácidos grasos el cual presenta un origen de seres vivos, para su utilización en generación de energía. Además, este biocombustible presenta una opción de mejora en cuanto a generación de energías (KNOTHE Y DUNN ,1996).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS - ASTM. (2007), define “el biodiesel como un éster metílico de ácidos grasos (FAME), como el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores diésel”.

Por otro lado en el libro de estudio de la producción de biodiesel a partir de grasas animales con alto contenido de ácidos grasos libres, ENCINAR *et al.*, (2011), menciona que el biodiesel como un compuesto derivado del petróleo adherido a un grupo metil el cual se genera en base a materia prima animal o vegetal, de propiedades parecidas al combustible fósil tratado el cual se presenta como cambio para generar energía mediante la combustión.

Muchas ideas nacen con respecto a la mejor definición del biodiesel ya sea por el origen, el rendimiento y el valor energético que este genera, es por eso que en el trabajo de biodiesel como recurso energético y sus características, ATABANI *et al.*, (2012)., señalan que generación de energía limpia es la producción de biodiesel con materia prima nueva, como los residuos de uso cotidiano, los cuales a su vez son utilizados en países de primer mundo debido a que su producción es más económica y sostenible para el medio ambiente , además, desde un punto de vista más apto para los motores de combustión interna .

En trabajos se a determino las propiedades físicas en cuanto a comparación del biodiesel con respecto a diesel teniendo esta diferencias desde la composición hasta el número de cetano, entre otros. En el trabajo de procesos para la producción de biodiesel, LAROSA, (2003), menciona que “el biodiesel tiene en general un poder calórico inferior algo menor al diésel (7.795 kcal/L vs 8.4 kcal/L). Su viscosidad cinemática en general está entre 1.9 y 6.0 cSt, aunque este parámetro no difiere sustancialmente del gasoil (1.3 – 4.1 cSt). Su densidad es de aproximadamente 0.878 kg/L a 15 °C, y su flash point llega a sobrepasar los 130 °C, a diferencia del gasoil, cuyo punto de inflamación es de apenas 60 - 80 °C, lo que lo hace más seguro como combustible. Posee además un número cetano ligeramente mayor al del gasoil, y duplica el poder de lubricación del mismo”. En la Cuadro 1 se muestra un resumen de las características típicas del biodiesel y del diésel petrolífero

Cuadro 1. Propiedades del biodiesel y el diésel.

<b>Datos Físico químicos</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Diésel</b>
Composición combustible	Ester metílico Ácidos Grasos C12-C22	Hidrocarburo C10-C21
Poder calorífico inferior, Kcal/kg (Aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática cSt a (40 °C)	3.5 - 5.0	3.0 - 4.5
Peso específico, g/cm <sup>3</sup>	0.875 - 0.900	0.85
Azufre, % P	0	0.2
Punto de ebullición, °C	190 - 340	180 - 335

Punto de inflamación, °C	120 - 170	60 - 80
Punto de escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetano	48 - 60	46
Relación estequiometria Aire/comb P/P	13.8	15

Fuente: LAROSA, 2003

Del Cuadro 1, AWAD *et al.*, (2012), observa que el biodiesel tiene origen de materias primas en base a seres vivos presenta unas caracterizas más aptas para producir energía, gracias a que sus principales propiedades son mejores en relación a las que son generadas por fuentes fósiles.

### 2.3. Materia prima para la producción de biodiesel

Ante la búsqueda inagotable de nuevas maneras de generar energía en el trabajo de investigación de diseño conceptual de una planta biodiesel, JEROME, (2007), menciona que “se han empleado diversas materias primas para realizar esta conversión, para esta categoría se encuentran las siguientes materias grasas:

- Aceites de semillas oleaginosas: girasol, colza, soja y coco. La fuente de aceite vegetal suele ser aceite de colza, ya que es una especie con alto contenido de aceite, que se adapta bien a los climas fríos.
- Aceites de frutos oleaginosos: palma.
- Aceites de semillas oleaginosas alternativas: Brassica carinata, Camelina sativa, Pogianus.
- Aceites de semillas oleaginosas modificadas genéticamente: Aceite de girasol de alto oleico.
- Grasas animales, sebo de distintas calidades”.

KOLODZIEJ *et al.*, (2007), menciona que la extracción de aceites en base a materia prima animal se puede llevar a cabo de diferentes maneras ya sea por un calentamiento directo el cual ayuda a que los parámetros puedan ser controlado y también que se pueda llevar a cabo mediante un disolvente.

La composición de ácidos grasos en el sebo bovino se muestra en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Proporción de ácidos en sebo bovino.

Acido	Mirística C14:0	Palmítico C16:0	Estearico C18:0	Oleico C18:1	Linoleico C18:2
%	2	25	20	45	2

Fuente: MATEOS & REBOLLAR, 1996.

CASTILLO (2007), menciona que las materias primas extraídas por calentamiento u otras técnicas pueden ser caracterizadas ya sea de manera física o químicas según el comportamiento de esta.

### 2.3.1. Aceite de grasa animal

MOSER (2009), menciona que los aceites de origen animal o vegetal vienen a ser el resultado de un proceso previo de extracción de toda materia prima orgánica existente, además teniendo en cuenta que las generadas por origen animal tiene una cadena más larga de grasas saturadas en relación a los aceites de origen vegetal, lo cual perjudica en el funcionamiento de los motores de combustión interna gracias a desventajas como es el caso de temperaturas bajas.

TEXEIRA (2009), menciona que se calculado el lapso de tiempo óptimo para que la reacción de transesterificación sea más apto, debido a que la proporción de ácidos que estos presentan garantizan su total conversión viendo perjudicada de la misma manera su aprovechamiento en motores por temperaturas altas. Por otro lado VIVAS (2010) menciona que el rendimiento de la transesterificación de los ácidos grasos de origen bovino es superior al 90%; mientras que CLEMENTS *et al.*, (1999) reporto rendimientos mayores o iguales a 92%.

MITTELBAACH (2004), menciona que el aceite de grasa animal, “presentan un gran poder calorífico y un alto número de cetano; normalmente son consideradas como productos de desecho, por esta razón normalmente son mucho más baratas

que las otras materias primas de primera generación, lo cual las hace atractivas para la producción del biodiesel”.

TEJADA *et al.*, (2013), menciona que en su la “investigación para obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal se obtuvieron resultados de índice de acidez de la grasa animal de 1.13 mg NaOH /g, debido a su alto grado de ácidos grasos libres estas grasas requieren una transesterificación en dos etapas, en la cual primero se hace un pretratamiento con una catálisis ácida (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), seguida por una catálisis convencional con una base fuerte (NaOH o KOH). Dependiendo de su origen el biodiesel puede presentar problemas de estabilidad a la oxidación y requiere la adición de antioxidantes”.

### 2.3.2. Alcohol metílico

El metanol, también renombrado como alcohol metílico o alcohol de madera, es el más simple entre el grupo alcohol. Presenta características inflamables y tóxicas también puede emplearse como anticongelante de vehículos, solvente y combustible.

BOCANEGRA, (2015), “El metanol, materia prima utilizada en este proceso, es un hidrocarburo oxigenado de formula empírica CH<sub>3</sub>OH, Se trata de un alcohol incoloro y polar, miscible en agua, entre los alcoholes, en esteres y en la mayoría de disolventes orgánicos, pero solo ligeramente solubles en grasa y aceites. Es tóxico, inflamable y altamente volátil, pudiendo su vapor formar mezclas explosivas con el aire”.

Cuadro 3. Propiedades del metanol.

Propiedades del metanol	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	0.7918 g/cm <sup>3</sup>
Masa Molecular	32.04 uma

Punto de Fusión	176 K (-97,15 ° C)
Punto de Ebullición	337.8 K (64.65 °C)
Solubilidad en Agua	Totalmente soluble
Punto de Inflamación	12.2 °C

ALVAREZ (2014), menciona que de “los puntos de ebullición y de fusión se deduce que el metanol es un líquido volátil a temperatura y presión atmosférica. Esto es destacable ya que tiene un peso molecular similar al metanol (38 g/mol), y este es un gas en condiciones normales. El metanol es un combustible con un gran poder calorífico, durante mucho tiempo fue usado como combustible para autos de carrera”.

### 2.3.3. Soda caustica

El Hidróxido de sódico (NaOH) o Hidróxido de sodio, también conocido como sosa caustica o soda caustica.

Cuadro 4. Propiedades del Hidróxido de sodio.

Propiedades del Hidróxido de sodio	
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Blanco
Densidad	2100 kg/cm <sup>3</sup>
Masa Molecular	40 uma
Punto de Fusión	596 K (322.85 °C)
Punto de Ebullición	1663 K (1389.85 °C)

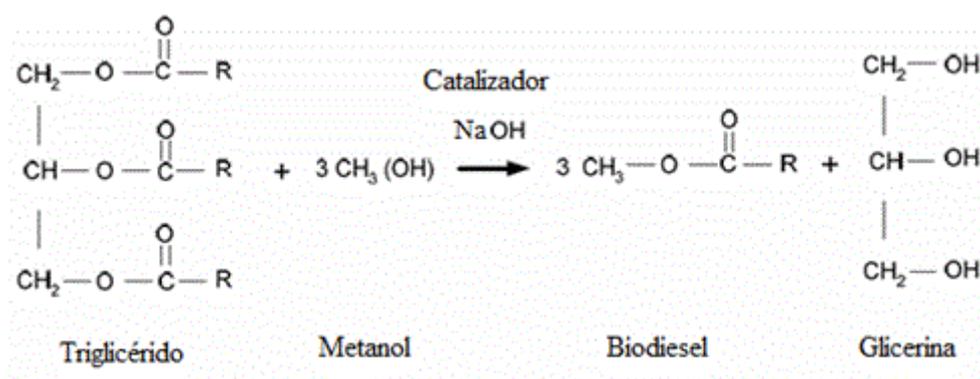
ALVAREZ, (2014) menciona que “a temperatura ambiente, el Hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire (higroscópico). Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una

cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles”.

## 2.4. Tecnología para la producción de biodiesel

El biodiesel se obtiene principalmente por microemulsión, transesterificación en algunos casos por pirolisis y dilución, lo más usado es la transesterificación por ser la más económica y tiene la ventaja de llegar a conversiones hasta de 98 % con pocas reacciones secundarias y poco tiempo y conversión directa a metil éster. LIN *et al.*, (2011)

ARÉVALO (2011), menciona que el proceso de transesterificación de materia prima orgánica está dado por la reacción de un triglicérido presente en los aceites animales o vegetales con un alcohol que en su mayoría metanol bajo la acción de un catalizador que puede ser homogéneo básico o ácido el cual tiene como subproducto una mezcla de ésteres adheridos a un grupo metil y glicerina.



Fuente: SHAHID y JAMAL, 2001

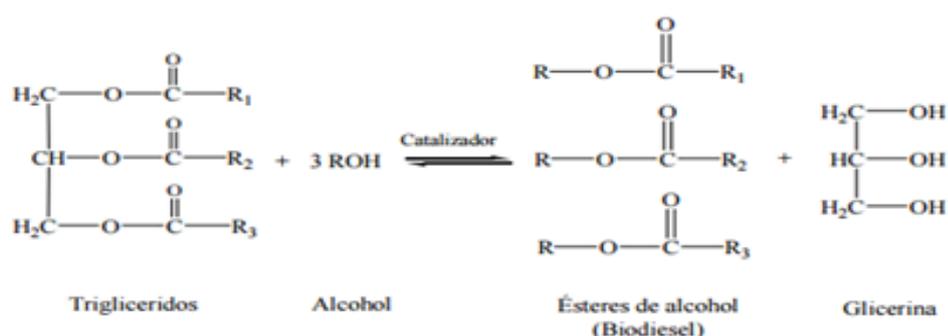
Figura 1. Reacción de transesterificación grasa y catalizador.

LAROSA (2003), menciona que “los catalizadores a emplear pueden ser soda cáustica o metilato sódico, ambos en solución metanólica. La tecnología básica de producción consta de un reactor en el cual se lleva a cabo la transesterificación. Por un lado, en un tanque auxiliar, se prepara la solución de metóxido de sodio, a

partir de alcohol usualmente metílico de alta pureza (el agua interfiere en la reacción) e hidróxido de sodio. No se utiliza alcóxido anhidro pues la reacción de dicha sustancia en agua es muy violenta y tiende a la autoignición. Esta mezcla fuertemente cáustica es vertida en el reactor principal que contiene los lípidos fundidos, por otro lado la reacción a menudo se realiza a unos 50°C para agilizar la misma. En los procesos industriales más complejos, se procede a separar el biodiesel y la glicerina formada mediante el uso de centrifugas que permiten remover constantemente los productos de reacción. Sin embargo, aún son comunes los procesos por lotes, en los que se procede a una decantación de la glicerina. Luego de separar la misma, el éster es lavado para eliminar jabones y otros subproductos de reacción indeseados”.

## 2.5. Obtención del biodiesel

En la RESOLUCIÓN No. 18 2142 DE DICIEMBRE 27 DE 2007, MARTÍNEZ, (2007), señala que “la obtención del biodiesel consiste en una reacción de transesterificación, este tipo de reacción es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi (grupo alquilo unido a un átomo de oxígeno, es decir RO) de un éster por otro alcohol, son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base. Cuando el glicerol se sustituye por el alcohol obtenemos tres moléculas de metiléster (biodiesel) y una molécula de glicerina”.



Fuente: MEHER, 2006

Figura 2. Reacción general de transesterificación.

GERPEN (2005), menciona que donde “R es una cadena de alcohol ligero, en el cual ROH es habitualmente metanol cuando se usa para la elaboración con aceites vegetales reciclados. Cuando se utilizan aceites nuevos, es posible la mezcla con etanol. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> son cadenas generalmente largas de ácidos grasos”. Por otro lado MEHER (2006), nos dice que “la transesterificación es una reacción reversible, por lo cual es importante adicionar un exceso de alcohol para favorecer la producción de biodiesel, la relación molar estequiometría aceite-alcohol es de 1:3, pero la relación comprobada experimentalmente para sebo vacuno debe ser de 1:6, ya que en esta relación se encontró un valor aceptable para la viscosidad”.

El proceso denominado transesterificación se lleva a cabo de manera más óptima en presencia de un catalizador ya que este no solo cumple la función de acelerar dicha reacción sino que optimiza el volumen del producto, dichos catalizadores en su mayoría son el Hidróxido de sodio o enzimas naturales como vendrían a ser las lipasas, dado que estos catalizadores tienen una diferencia en su composición una produce una glicerina mejor tratada y menos tóxica ya la otra que requerirá un tratamiento previo a su utilización (MIRANDA *et al.*, 2012; MEHER *et al.*, 2006),

ANGEL, (2007), “El rendimiento de la reacción se calcula con respecto al contenido total de glicerol o glicerina que debe tener el producto final (según la norma ASTM D6584 debe ser máximo 0.24%). La glicerina total es la glicerina libre más la glicerina ligada que se encuentra en forma de monoglicéridos y diglicéridos que son los productos parciales de la reacción de conversión de los triglicéridos a metilésteres. El contenido de glicerina en la trioleína es de 10.24% y en el producto final el máximo permitido es 0.24%, lo que significa que la conversión de triglicéridos en biodiesel debe ser mínimo 97%”.

## **2.6. Situación de biodiesel en el Perú y el mundo**

BOCANEGRA, (2015) menciona gracias a su “gran aporte a la descontaminación de las ciudades y no requerir los motores diésel ninguna modificación para el cambio de combustible, su carácter renovable, seguridad en su

transporte y ser biodegradable, viene recibiendo apoyo de los países del primer mundo para su utilización. Así por ejemplo en Francia existe una planta de 150 mil TM/año, Italia tiene otra planta de 120 mil TM/año, en Alemania ya existen 800 centros de expendio del biodiesel de igual modo existe una tendencia creciente de consumo en los EEUU, Canadá, Japón, España y Argentina, entre otros, los productores de soja de los EEUU lograron que desde el 2003 sea una obligación la mezcla del diésel con el biodiesel y con eso han dado salida a un millón de toneladas de sus excedentes de aceite de soja. Por otro lado, los países exportadores de aceite ven en el biodiesel una alternativa para detener la caída de los precios del aceite del mercado mundial”

Cuadro 5. Principales países productores de biodiesel

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIODIESEL Y PRINCIPALES PAISES					
PRODUCTORES (en millones de toneladas)					
	País (Estimado)	2013	2012	2011	2010
1°	USA	4.3	4.53	3.22	1.14
2°	INDONESIA	3.8	2.63	1.38	0.68
3°	BRASIL	3	2.56	2.35	2.1
4°	ALEMANIA	2.75	2.7	2.79	2.8
5°	ARGENTINA	2.05	2	2.43	1.82
6°	TAILANDIA	1		0.79	0.65
7°	HOLANDA	1	0.98	0.48	0.36

Fuente: Oil World Static Update

## 2.7. Calidad del biodiesel

COELLO y CASTRO (2007), menciona que “la calidad del biodiesel es generalmente controlada en base a ciertos parámetros físicos y químicos establecidos por normas técnicas aprobadas en cada país. Las principales normas técnicas para el biodiesel son la europea (EN 14214) y la estadounidense (ASTM 06751 - 07). Los estándares de calidad deben estar de acuerdo con la realidad nacional. Copiar estándares extranjeros puede constituir una barrera, ya que en muchos casos estos

estándares son diseñados con el objetivo de controlar el mercado en lugar de facilitar su implementación. Por ejemplo, la norma ASTM está orientada principalmente a la producción de biodiesel a partir de aceite de soya, producto abundante en los Estados Unidos, pero con muy limitada producción en el Perú”. Según CALERO *et al.* (2007), “la calidad del producto acabado puede comprobarse visualmente y midiendo su pH. El pH puede medirse con papel tornasol o con un medidor electrónico. Debe ser neutro (pH 7)”.

Cuadro 6. Normas de calidad para el uso de biodiesel como combustible.

Parámetros	Unidad	Especificaciones	
		14214 -03	A.S.T.M.D - 02
Contenido de esteres	% masa	Min. 96.5	-
Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	0.86 - 0.90	-
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	3.50 - 5.00	1.90 - 6.00
Punto de inflamación	°C	Min. 120	Min. 130
Azufre total	% masa	Max. 0.001	Max. 0.05
Residuo carbonoso conradson al 100%	% masa	Max. 0.05	Max. 0.05
Número de Cetano	-	Min. 51	Min. 47
Contenido de cenizas	% masa	Max. 0.03	Max. 0.02
Contenido de agua	mg/Kg	Max. 500	-
Agua y sedimentos	% volumen	-	Max. 0.05
Corrosion al cobre (3h/50 °C)	Grado de corrosión	Max. 1	Max. 3
Estabilidad a la oxidacion	horas	Min. 6	-
Índice de acidez	mg KOH/g	Max. 0.50	Max. 0.80
Contenido de metanol	% masa	Max. 0.20	-
Contenido de monogliceridos	% masa	Max. 0.80	-
Contenido de digliceridos	% masa	Max. 0.22	-
Contenido de trigliceridos	% masa	Max. 0.23	-
Glicerol libre	% masa	Max. 0.02	Max. 0.02

Glicerol total	% masa	Max. 0.25	Max. 0.24
Índice de yodo	-	Max. 120	-
Fosforo	ppm	Max. 10	Max. 10
Sales metalicas (Na+ K)	mg/Kg	Max. 5	-

Fuente: Instituto de Investigación y desarrollo de procesos químicos (IIDEPROG).

## 2.8. Ventajas y desventajas del biodiesel

Tanto como los combustibles fósiles como los generados a partir de grasas animales o vegetales presentan ventajas y desventajas es por ello que, LENOIR, menciona que la obtención y uso del biodiesel trae ventajas innumerables, así como desventajas, entre las que se destacan las siguientes:

### 2.7.1. Ventajas

LENOIR, (2002), "No requiere mayores modificaciones para su uso en motores diésel comunes. Permite al productor agropecuario autoabastecerse de combustible y a países agrícolas independizarse de los países productores de petróleo. Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor. Se ha mostrado por muchos estudios como una alternativa de combustible que reduce las emisiones de: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), y material particulado (PM), en comparación con el combustible diésel. Su rendimiento en motores es similar al diésel común. Puede utilizarse en mezclas con gasoil común en cualquier proporción. Reduce en gran medida los humos visibles durante el arranque. Posee una gran biodegradabilidad.

De mismo modo el autor hace referencia a que es aproximadamente diez veces menos tóxico que la sal común de mesa. Su transporte y almacenamiento es más seguro dado su alto flash point. No contiene azufre, y permite el uso de catalizadores. No es nocivo para la salud humana, para la vegetación, los animales vivos y no daña monumentos y/o edificios. El olor de combustión asemeja el olor a fritura, a diferencia del olor del gasoil".

### **2.7.2. Desventajas**

El biodiesel tiene desventajas muy notorias ya sea por las complicaciones de funcionamiento a bajas temperaturas o el fallo del motor cuando la viscosidad es elevada, LENOIR, (2002), menciona así que el biodiesel “presenta elevados costos de materia prima, aunque en el caso de Perú, Colombia que son países agrícolas y pecuarios no habría problema. Su combustión puede acarrear un aumento de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Presenta problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0 °C). Presenta escasa estabilidad oxidativa, y su almacenamiento no es aconsejable por períodos superiores a seis meses. Su poder solvente lo hace incompatible con una serie de plásticos y elementos derivados del caucho natural, y a veces obliga a sustituir mangueras en el motor. Su carga en tanques ya sucios por depósitos provenientes del gasoil puede presentar problemas cuando por su poder solvente “limpia” dichos depósitos”.

### **2.9. Producción de biodiesel en Perú**

Los costos de producción tanto de los combustibles fósiles como los combustibles alternativos se van haciendo cada vez más bajos ya sea gracias a la demanda de combustible lo cual genera rentabilidad hace que el material a mayor cantidad su precio sea más bajo, en un trabajo de investigación , JAIME.S & JULIA.S,(2019), mencionan que “si bien Perú no produjo biodiesel entre 2014 y 2016, FAS Lima pronostica que Perú llegará a producir 60 millones de litros de biodiesel en 2017 y 90 millones de litros en 2018. Esta recuperación de la producción se debe a la disminución de las importaciones en 2017 y una nueva disminución de las importaciones en 2018 debido a los derechos antidumping temporales aplicados a las importaciones argentinas, sobre la base que otros proveedores clave (Indonesia y la Unión Europea) no puedan reemplazar las menores importaciones desde Argentina

De igual manera los autores menciona que el FSA reporta, basado en fuentes de la industria que a pesar de la existencia de una ley de promoción de biocombustibles (Ley N° 28054) que prioriza la producción y adquisición de biodiesel doméstico, los distribuidores mayoristas de combustibles en Perú continuarán

importando biodiesel argentino e indonesio. Antes de 2014, Perú producía biodiesel utilizando aceite de palma crudo (CPO) como materia prima. La estatal Petroperú, que es el mayor suministrador de combustibles en Perú, señala que el diésel de palma se solidifica rápidamente a medida que la temperatura cae a altitudes más altas, obstruyendo los filtros de combustible y dañando los motores de los camiones”.

Cuadro 7. Estadística del biodiesel en Perú

AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (jul)
Producción	18	0	0	0	0	60	154
Importaciones como B100	275	292	302	334	334	313	99
Importaciones como B5	0	0	8	3	22	33	32
Exportaciones							
Consumo	284	309	317	325		330	
Uso capacidad instalada	5%	3%	0%	0%	0%	17%	27%

Fuente: JAIME.S&JULIA.S, 2019.

## 2.10. Costo de producción

Según MACEDO (2011), el costo de producción de biodiesel a un 1 galón es de 7.73, mientras que en el estudio el gasto de producción de elaboración del biodiesel (B100) es mayor, siendo el gasto de dicha elaboración de S/ 5.87 en base a 200 mL, el biodiesel genera residuo como la glicerina el cual tiene un costo en el mercado de S/ 6.00 por litro, lo que genera a reducción del costo del biodiesel haciendo que este sea mucho más económico”.

La generación de combustible alternativos como es el biodiesel con base en materias primas que en su mayoría productos de desperdicio son utilizados en países con tecnologías más avanzadas como lo es el caso de Canadá, estos viene a ser materia primas con un costo muy económico por lo que regularmente el biodiesel

se está produciendo a grande escala a base d materia prima vegetal ATABANI *et al.*, (2012),

DEL CASTILLO y VALLES, (2011), menciona que gracias a investigación llevadas en nuestro país no existen estudios avanzados sobre la rentabilidad en cuanto a costos y de igual manera se consigue información sobre calidad que se puedan obtener materia prima vegetal.

### **2.11. Consumo de Biodiesel**

JAIME.S&JULIA.S, (2019), la FSA antes y después de la inclusión obligatoria de Biodiesel en el diésel en 2011, el consumo se ha mantenido muy dependiente de las importaciones. Desde 2014 hasta 2016, todo el consumo se atendió con las importaciones. Perú pasó el requisito de B5 el 2012 y la FAS Lima pronostica el consumo de biodiesel en 342 millones de litros tanto en 2017 como en 2018 dado el poco cambio esperado en la demanda de Diésel B5 en Perú.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en las instalaciones del laboratorio de Fitoquímica Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables; el cual está ubicado a 1.5 Km de la Carretera Tingo María - Huánuco. Ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, encontrándose a una altitud de 668 m.s.n.m, con una temperatura media de 25 °C.



Figura 3. Ubicación del Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de RNR.

#### 3.2. Material de estudio

##### 3.2.1. Materiales de laboratorio

Recipientes de vidrio con tapa de 1 litro, peras de decantación, varillas de agitación, probetas, perilla de succión, termómetro, matraz Erlenmeyer, tubos de ensayo bureta, pipeta, mortero y espátula cuchara.

### **3.2.2. Equipos**

Agitador magnético, estufa “memmert”, cocina eléctrica, balanza analítica “sartius”, calorímetro, peachimetro PB -11 “Sartorius”, viscosímetro-III ULTRA, espectrofotómetro UV-VIS, cromatógrafo de gases.

### **3.2.3. Reactivos**

Hidróxido de sodio a O, 1 N, fenolftaleína al 1 %, Alcohol de 96° de pureza, éter dietílico, , metanol puro, hidróxido de sodio y agua .

### **3.2.4. Recurso animal**

Se utilizó aceite animal extraído de la grasa o sebo de animal en el matadero municipal de la ciudad de Tingo María.

## **3.3. Metodología experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó la transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal de Tingo María, se empezó con extracción del aceite de las grasas obtenidas por desechos, se determinó la dosificación de las grasas por medio del índice de acidez, luego se procedió a la transesterificación de estos a diferente temperatura, se realizó pruebas de calidad, balance de materia y un perfil cromatográfico en espectrofotometría de masas.

### **3.3.1. Extracción de aceite a partir de la grasa animal**

Se recolecto la grasa o sebo del matadero municipal de Tingo María, posteriormente se lavó quitando así la sangre, la grasa obtenida se cortó en pedazos de 2-5 cm de tamaño, luego se colocaron 2 Kg del sebo en un recipiente para su calentamiento a una temperatura que supera los 80 °C, después que la grasa se fundiera se separó el aceite con los restos de frituras obtenidas, en seguida se pesó ambos productos para luego dejar enfriar el aceite a una temperatura ambiente para permitir solidificación y por último se refriéguelo la manteca extraída (VIVAS, 2010).

### 3.3.2. Determinación del índice de acidez del aceite

Para procedió a la determinación de la dosificación del catalizador se calculó de índice de acidez, según RUTPRAC (2006), el cual empieza con preparar la solución de Hidróxido de sodio a una concentración de 0.1 Normal; para su Titulación, posteriormente se coloca en una fiola 5 g de aceite extraído, seguidamente se agregó una solución de 25 ml de alcohol a 96° de pureza y 25 ml de éter dietílico, anteriormente neutralizada con fenolftaleína, luego se agregaron 5 ml de fenolftaleína a la mezcla para su respectiva valorización con el hidróxido de sodio a 0.1 normal .

Para determinar el índice de acidez se utilizó la ecuación establecida por RUTPRAC (2006), referida a continuación:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V \times M \times 40}{P}$$

Dónde:

V = Volumen de NaOH a 0.1 N gastados en mililitros.

N = Normalidad de la solución de NaOH.

P = Peso muestra utilizada en gramos.

40= Peso molecular del NaOH.

### 3.3.3. Determinación de la cantidad de catalizador

Para determinar la cantidad de catalizador empleada para el proceso de transesterificación se utilizó la ecuación establecida por (TICKELL, 2002), referida a continuación:

$$(iA + 3.5) \text{ g de NaOH} \rightarrow 1\text{L de aceite}$$

En el trabajo se utilizó 100 mL de aceite, la ecuación a tomar en cuenta será:

$$X = iA + 0.35$$

### 3.3.4. Transesterificación de los ácidos grasos del aceite

#### a) Preparación del metóxido de sodio

La preparación del metóxido se empieza la dosis de hidróxido de sodio previamente calculada por el índice de acidez, se vierte la cantidad de catalizador en una fiola, a continuación se le agrega el metanol con un volumen de 20 mililitros para una relación 3:1 con el aceite, luego se procede a disolver el hidróxido de sodio con el metanol hasta su homogenización (CALERO *et al.*, 2007).

#### b) Transesterificación del aceite para la obtención de biodiesel

Se vierte 100 ml de aceite sobre un recipiente cerrado y se calienta en el agitador magnético con cocina eléctrica a temperatura apta para su proceso en un rango de 60 a 90 °C, posterior a eso se adiciona el metóxido de sodio y se procede a la mezcla de ambos por un lapso de 2 horas para su homogenización y que se dé el proceso de transesterificación, a culminar las 2 horas se dejó reposar a temperatura ambiente para la separación del biodiesel y la glicerina (CALERO *et al.*, 2007).

#### c) Separación del biodiesel y glicerina

Al cabo de las 8 horas de haberse dado el proceso de transesterificación se consiguió el biodiesel el cual se pudo observar en la parte alta de la pera de decantación y la glicerina en la parte baja con una coloración más oscura, luego se procedió a separar ambos en recipientes diferentes (CALERO *et al.*, 2007).

#### d) Lavado del biodiesel

Al ya haber separado el biodiesel obtenido de la glicerina se procedió al lavado del biodiesel, a continuación se dispuso a medir el volumen obtenido de biodiesel y a lavarlo con agua a un volumen de 40% el total del biodiesel obtenido, luego se lo puso en otro embudo de separación por un día y se repitió la misma metodología hasta obtener una claridad en el biodiesel y observar que ya no se visualiza residuos en el agua (CALERO *et al.*, 2007).

#### e) Secado del biodiesel

Luego que lavado del biodiesel obtenido, se procedió al secado el cual tiene como objetivo la evaporación de residuos de agua aun presente en este por un lapso de 2 a 3 horas a una temperatura entre 45 a 50 °C (CALERO *et al.*, 2007).

#### 3.3.5. Prueba de rendimiento de producción de biodiesel

Para determinar la producción del biodiesel en cuanto a su rendimiento se utilizó la ecuación establecida por CALERO *et al.*, (2007) referida a continuación:

$$\frac{\text{Volumen de biodiesel}}{\text{Volumen de aceite residual}} \times 100$$

#### 3.3.6. Pruebas de calidad del biodiesel

Se realizaron cuatro pruebas de calidad (pH, densidad a 15 °C y viscosidad a 40 °C y poder calorífico) siendo las más importantes para su utilidad en los motores diésel.

- **Determinación de pH:** Para indicar el grado de acidez del biodiesel se utilizó un peachimetro digital PB – 11 marca “Sartorius”.
- **Densidad a 15 °C:** Para el cálculo de la densidad del biodiesel obtenido se utilizó un volumen de 100 ml de biodiesel con su respectivo peso, determinado por la siguiente ecuación

$$D = \frac{m}{V}$$

Dónde:

- D = densidad, g/mL
- m = masa, g
- V = volumen, mL.

- **Viscosidad a 40 °C:** Se midió la viscosidad del biodiesel a una temperatura de 40 °C, por medio de un viscosímetro DV-III ULTRA y un baño maría.
- **Poder Calorífico:** El poder calorífico se determinó mediante un calorímetro Parr 6200.

### **3.3.7. Balance de material**

Se hizo el balance de materia con los datos obtenidos en la reacción de transesterificación de las grasas del matadero municipal de Tingo María, donde se obtuvieron las cantidades desde el peso de materia prima, biodiesel bruto hasta llegar al biodiesel puro.

### **3.3.8. Determinación de los metil éster en el biodiesel por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas**

Se desarrolló en el laboratorio Lancic del instituto de química de la Universidad Nacional Autónoma de México para lo cual se utilizó la metodología puesta por el equipo el cual tiene las siguientes especificaciones: De 100 uL de muestra fueron diluidos en 900u L de hexano HPLC y analizadas por cromatografía de gases con una columna HP5 bajo las siguiente condiciones: Temperatura inicial del horno: 200 °C., gradiente: 5°C/min, hasta 300 °C y mantener por 13 min., Flujo de helio 2 ml/min., Flujo de aire: 400 ml/min, Flujo de H<sub>2</sub> : 40 ml/min, Volumen de inyección: 0.2 L.Makeup: 30 ml/min, Relación split: 50/1.Todas las determinaciones fueron llevadas a cabo por duplicado

### **3.4. Diseño de experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar, donde se utilizó un software estadístico llamado SPSS 23 para el análisis de los resultados, con un total de 9 tratamientos a evaluarse. El modelo a efectuarse es aditivo lineal del diseño es de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + t_i * e_{ij}$$

Donde:

$Y$  = es la variable de respuesta de interés.

$\mu$  = promedio general de la población sobre la cual se está trabajando.

$t$  = es el efecto de las temperaturas en la reacción.

$\xi$  = el error experimental.

Haciendo uso de un software estadístico SPSS 23, se procedió al cálculo del análisis de varianza empleando un diseño completamente al azar (DCA) para corroborar la variación estadística entre los tratamientos en caso de que hubiera significancia.

#### **3.4.1. Tratamientos**

- Factor: temperatura

$$T_1 = 50 \quad T_2 = 55 \quad T_3 = 60$$

### 3.5. Estructura del diseño experimental

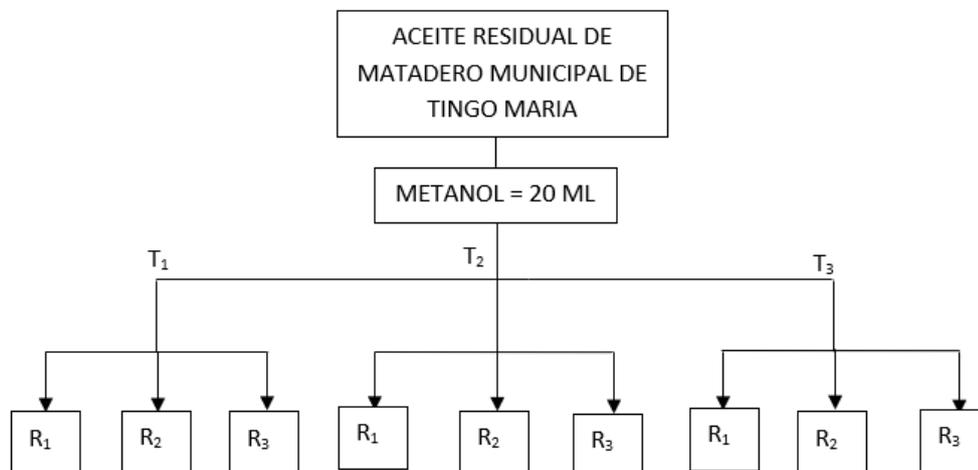


Figura 4. Diseño experimental para la obtención del biodiésel.

#### Leyenda:

Aceite de residuos de camal = 100 ml por cada combinación.

Factor metanol = 20 ml

Factor: temperatura =  $T_1 = 50$ ;  $T_2 = 55$ ;  $T_3 = 60$  (°C)

Factor repeticiones =  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$

Total de tratamientos = 9

### 3.6. Diagrama de flujo del proceso

Podemos contemplar el mecanismo de transesterificación de los ácidos grasos del camal de Tingo María a biodiesel.

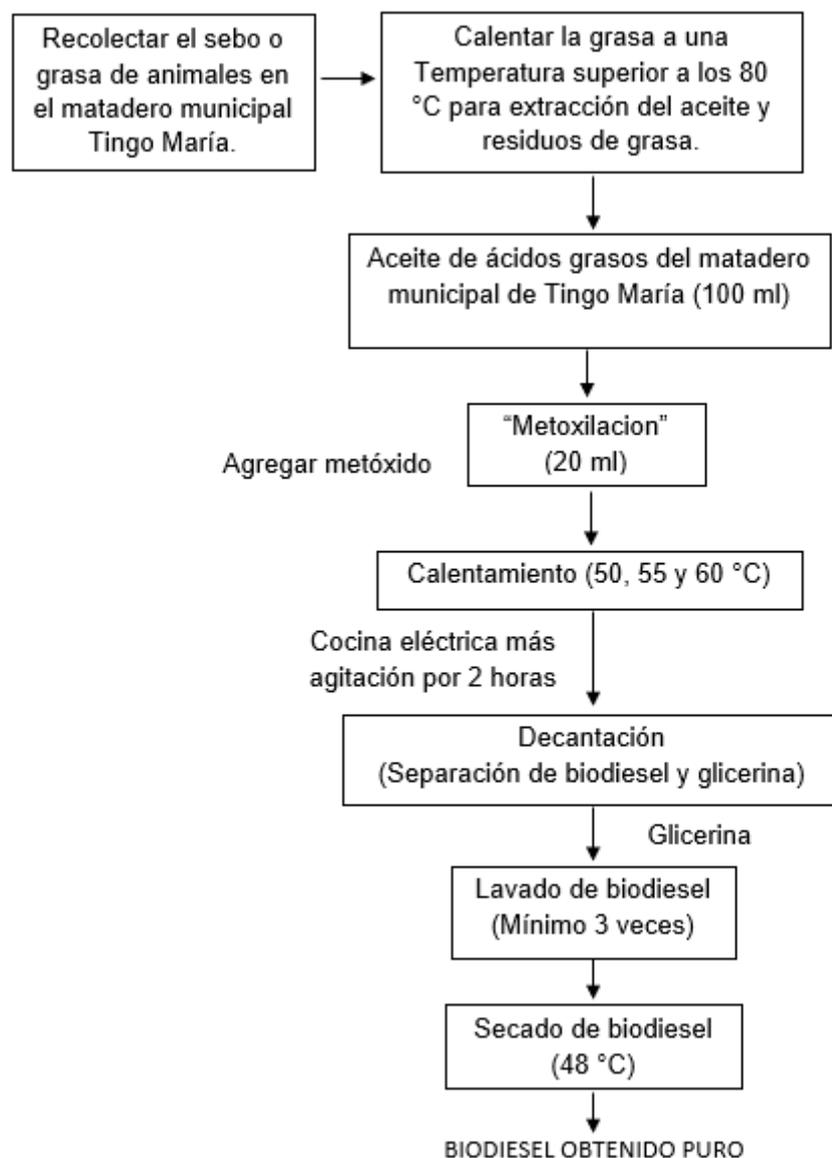


Figura 5. Flujo del proceso del trabajo de investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Extraer el aceite de las grasas generadas en el matadero municipal de la ciudad de Tingo María

Para la extracción de aceite que se utilizó en el presente trabajo se tuvo que ir al matadero municipal de Tingo María, con apoyo del área administrativa se logró tener el conteo de animales que ingresan de manera diaria al establecimiento con un promedio de 10 animales y un promedio de extracción de grasa residual de 8 Kg por animal.

Cuadro 8. Ingreso diario de animales y grasa obtenida.

Animal	Peso bruto (kg)	Grasa obtenida (kg)	Ingreso diario (animales)
Toro	400	5 - 7	
Vaca	400	8 - 11	9 - 11
Tenera	400	7 - 10	

La extracción del aceite de grasa animal se hizo en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en el laboratorio de Fitoquímica forestal, se usaron 2 kg de grasa o sebo bovino como muestra los cuales se calentaron a una temperatura por encima de 80 °C por un lapso de 2 a 3 horas de calentura, obteniéndose así un promedio de 747 mL de aceite con un peso de 0.660 kg y residuos de frituras de sebo con un peso de 0.355 y un total de 0.985 kg de material perdido en evaporación de agua y proteínas, los datos obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro 9. Volumen de extracción de grasa obtenida.

N° Reps	Peso de grasa o sebo (kg)	T (°C)	Peso de grasa residual (kg)	Volumen de aceite extraído (mL)	Peso de aceite extraído (kg)	Perdida de material (kg)	Rendimiento de extracción (%)
01	2	80 <	0.355	747	0.660	0.985	33
02	2	80 <	0.352	746	0.660	0.982	33

#### 4.2. Determinar la dosificación del catalizador mediante el cálculo del índice de acidez del aceite de los residuos grasos del matadero municipal de la ciudad de Tingo María

Se determinó la dosificación del catalizador mediante el cálculo del índice de acidez del aceite extraído de la grasa o sebo obtenido del matadero municipal de Tingo María, Se realizaron 3 repeticiones, donde el gasto de la solución alcalina fue de 1.3, 1.4 y 1.4 ml respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados (1.0391, 1.1178 y 1.116) mg de NaOH por gramo de aceite con un promedio de acidez de 1.0915 mg NaOH/ g de aceite.

Cuadro 10. Determinación del índice de acidez del aceite de grasa animal.

N° Repeticiones	Peso de aceite (g)	Volumen de NaOH mL (Titulación)	Índice de acidez obtenida en mg de NaOH/g de aceite
1	5.0042	1.3	1.0391
2	5.0095	1.4	1.1178
3	5.0104	1.4	1.1176
PROMEDIO			1.0915

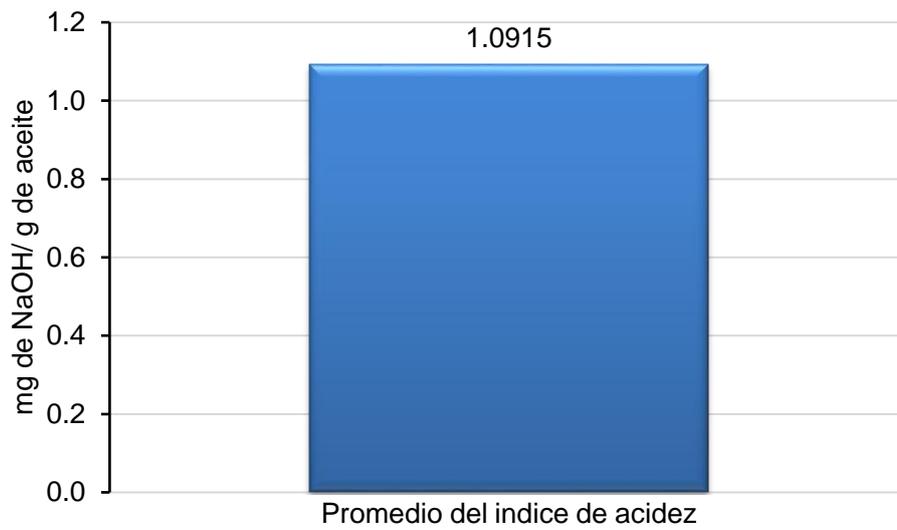


Figura 6. Cantidad de mg de NaOH/g de aceite.

Por lo tanto, para neutralizar un gramo de aceite extraído de grasa animal del matadero municipal Tingo María se necesita 1.0915 mg de NaOH/g de aceite.

**4.3. Realizar las reacciones de transesterificación del aceite de los residuos grasos del matadero municipal de la ciudad de Tingo María utilizando hidróxido de sodio como catalizador.**

Se realizó la transesterificación del aceite animal generados de la grasa animal obtenida en el matadero municipal de Tingo María para lo cual se trabajó con 100 mL de aceite y 20 mL de metanol a temperaturas de 50, 55 y 60 °C, se obtuvo así los siguientes resultados.

Cuadro 11. Rendimiento de biodiesel con respecto a temperatura.

N° Repetición	V de aceite (mL)	Aceite (g)	V de metanol (mL)	Temperatura (°C)	Biodiesel obtenido (mL)	Biodiesel final (mL)	Promedio del rendimiento (%)	Orden de merito
01	100	88.352	20	60	91	76	76	6
02	100	88.097	20	60	91	81.5	81.5	4
03	100	88.147	20	60	94	86.5	86.5	1
01	100	88.157	20	55	92	82	82	3
02	100	88.406	20	55	92.5	82.5	82.5	2
03	100	88.535	20	55	97	86.5	86.5	1
01	100	88.743	20	50	92	82	82	3
02	100	88.391	20	50	88	78	78	5
03	100	88.482	20	50	85	74.5	74.5	7

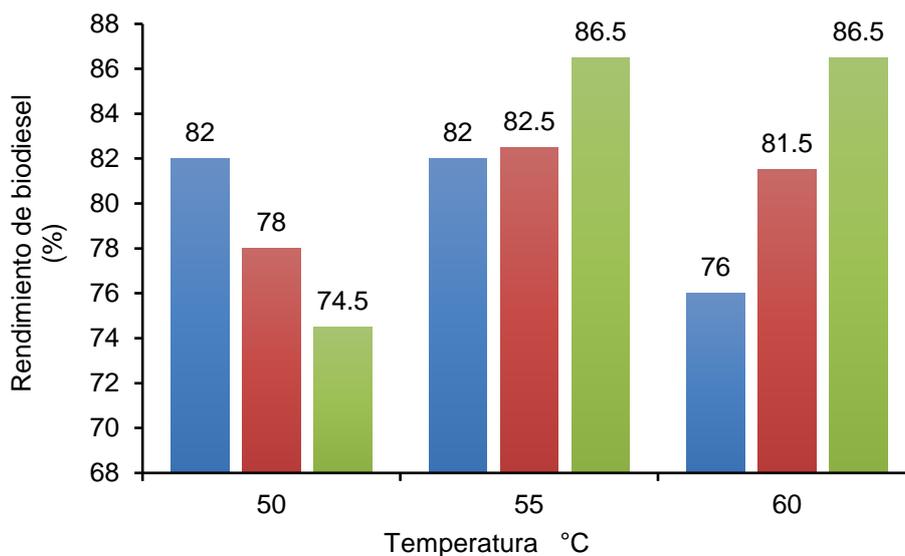


Figura 7. Influencia de la temperatura en el rendimiento del biodiesel.

Se obtuvo los porcentajes de rendimiento de cada tratamiento a diferente temperatura con 3 repeticiones, de los cuales el mayor rendimiento fue de 86.5 % en la R<sub>3</sub> y R<sub>2</sub> de las temperaturas de 60 y 55 °C respectivamente y con menor rendimiento en R<sub>3</sub> a una temperatura de 50°C.

Cuadro 12. Promedio de rendimiento de biodiesel por temperatura.

Factor temperatura (°C)	Promedio biodiesel (mL)	Rendimiento (%)
60	81.333	81.333
55	83.667	83.667
50	78.167	78.167

En cuanto al promedio de rendimiento de las 3 temperaturas (50, 55 y 60 °C) quien tuvo un mayor rendimiento es la temperatura de 55°C con un rendimiento promedio de 83.666 % y quien presento un menor rendimiento fue la temperatura de 50°C con 78.166%.

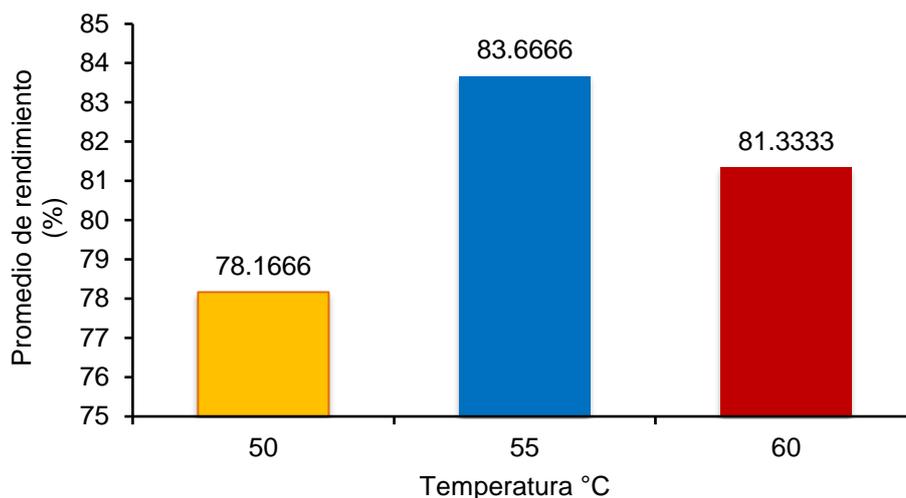


Figura 8. Rendimiento promedio del biodiesel en relación a la temperatura.

Cuadro 13. Análisis descriptivo del biodiesel final obtenido a diferentes temperaturas.

Temperatura	N° Rept	Mínima	Máximo	Media	Desviación estándar	CV (%)
50,0	3	74.50	82.00	78.17	3.75	4.80
55,0	3	82.00	86.50	83.67	2.47	2.95
60,0	3	76.00	86.50	81.33	5.25	6.46
Total	9	74.5	86.5	81.056	4.20	5.18

Cuadro 14. Cuadro ANVA por factor de temperatura.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal.	Significación
Factor temperatura	2	45.722	22.861	1.436	0.309
Error experimental	6	95.500	15.917		
Total	8	141.222			

Mediante el análisis de varianza (ANVA) realizado a las 3 diferentes temperaturas (50, 55 y 60 °C), se determinó que, aunque estas presenten diferencias en el rendimiento, no llegan a tener diferencias a nivel estadístico a 0.05 de nivel de significancia.

#### 4.4. Realizar las pruebas de calidad del biodiesel obtenido

Al biodiesel obtenido a partir de aceite de grasa animal del matadero municipal de la ciudad de Tingo María, se realizó análisis de pH, fosforo, viscosidad, densidad y poder calorífico a cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones para determinar si se encuentran dentro de los parámetros que la norma, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 15. Pruebas de calidad de biodiesel.

N° Repetición	Temperatura (°C)	Biodiesel final (mL)	pH	Viscosidad a 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	Densidad a 15 °C (g/cm <sup>3</sup> )	Poder calorífico (Kcal/kg)
01	50	82	6.56	1.76 ± 0.189	0.863	9490.90
02	50	78	5.20	2.11 ± 0.480	0.872	9497.87
03	50	74.5	6.07	2.34 ± 0.302	0.856	9482.74
01	55	82	6.60	2.11 ± 0.455	0.866	9497.51
02	55	82.5	6.20	1.79 ± 0.374	0.866	9486.97
03	55	86.5	6.84	1.54 ± 0.471	0.863	9489.97
01	60	76	6.76	2.12 ± 0.339	0.863	9483.57
02	60	81.5	6.52	2.05 ± 0.531	0.864	9492.82
03	60	86.5	6.73	2.25 ± 0.248	0.859	9498.80



#### 4.5.1. Presupuesto de factores que influyen en la conversión del aceite del matadero municipal de Tingo María a biodiesel.

Cuadro 16. Presupuesto de costo de producción diaria.

Materiales	Cantidad	Unidades	Precio S/.
Producción de materia prima (Mano de obra)	80	Kg	20
Aceite de grasa o sebo	29.88	L	14
Metanol	5.976	L	30.3882
Hidróxido de sodio	0.13335	Kg	1.3601
Energía	6.4	KWh	4.48
Agua destilada	32.0104	L	6.4020
<b>TOTAL</b>			<b>76.6303</b>

Para generar 24.8287 litros de biodiesel puro/día se necesita 56.6303 soles. Por día de transesterificación en 1 L de biodiesel se gasta 2.2808 soles. Si, se vendiera el biodiesel obtenido por día tendríamos.

1 litro de biodiesel       $\longrightarrow$       5.22 soles

24.8287 L de biodiesel    $\longrightarrow$       129.6058 soles/día

Lo recaudado en un día de biodiesel menos el costo de producción nos da S/. 52.9755 en ganancia por día de producción de biodiesel obtenido de la grasa del matadero municipal de Tingo María.

#### 4.6. Determinación de los metil éster en el biodiesel por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

Los datos obtenidos en el cromatógrafo de gases laboratorio De Lancic en la Universidad Nacional Autónoma de México se obtuvieron una serie de metil éster lo cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Porcentaje de esteres de ácidos grasos metílicos presentes en el biodiesel de grasa animal.

Esteres de ácidos grasos metílicos	Temperatura (°C)												
	50				55				60				Promedio general
	1era rept	2da rept	3era rept	Promedio	1era rept	2da rept	3era rept	Promedio	1era rept	2da rept	3era rept	Promedio	
Methyl tetradecanoate	5.02	4.55	4.55	4.71	5.39	4.68	4.42	4.83	5.45	4.75	4.64	4.94	4.83
Methyl Pentadecanoic	1.75	1.97	1.94	1.89	3.28	2.59	1.86	2.58	1.94	1.96	1.98	1.96	2.14
Methyl myristoleate	0.43	0.55	0.51	0.49	0.59	0.50	0.53	0.54	0.49	0.43	0.46	0.46	0.50
Methyl Hexadecanoic	26.11	22.83	25.72	24.89	28.00	25.01	22.36	25.13	25.59	25.54	25.76	25.63	25.21
Methyl Heptadecanoic	2.50	3.29	3.17	2.99	3.95	3.27	3.37	3.53	3.22	4.67	3.34	3.74	3.42
Methyl stearate	28.24	25.11	24.19	25.85	0.28	25.20	24.34	16.61	25.92	26.25	30.04	27.41	23.29
Methyl Octadecenoic	34.97	39.69	38.50	37.72	38.37	38.25	41.82	39.48	36.90	34.99	31.76	34.55	37.25
Methyl Nonadecanoic	0.43	0.51	0.49	0.48	1.16	0.49	0.40	0.68	0.50	0.54	0.55	0.53	0.56
Otros	0.56	0.80	0.94	0.77	18.97	-	0.87	9.92	-	-	1.46	1.46	4.05

El metil éster con mayor predominancia es el Methyl Octadecenoic con un 37.25% y a Methyl Nonadecanoic con menor dominancia a 0.56%.

## V. DISCUSION

- Para la extracción de aceite de grasa animal, según TEJADA (2012), logro un rendimiento de extracción mediante calentamiento de grasa animal en el caso de pollo de un 70.5% y de cerdo a un 90% por lo que plantea como alternativas viables desde el punto técnico, permitiendo la valorización de estos desechos orgánicos y aliviando la contaminación generada en este tipo de industrias, así mismo VIVAS (2010), utilizo dos métodos de extracción, el método soxhlet y una extracción con agua a alta presión en el cual en el primer caso se usó una relación n-hexano-grasa 5:1, obteniéndose un rendimiento de extracción del 81.42% (extracto etéreo), pero con una capacidad de materia a extraer muy limitada por el cual en el segundo método se empleó agua caliente para la extracción y como equipo una olla a presión, se obtuvo un rendimiento de extracción del 48% lo cual fue más eficiente, por lo tanto, al realizar comparación de resultados sobre extracción de grasa animal, se establece que la extracción va depender del método que aplique el investigador pero con una eficiencia mayor y menos costos en el calentamiento a temperaturas altas .
- En la determinación de la dosificación del catalizador de cálculo el índice de acidez, según ARAGO (2002), hace referencia que un valor elevado para esta índice muestra que el aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos libres, ya que ha sufrido un alto grado de hidrólisis, por otro lado, según TEJADA *et al.*, (2012), obtuvo un índice de acidez de 1.13 mg NaOH/g de aceite y señala que materias primas de baja acidez garantiza un alto grado de transesterificación, según ABUNDO *et al.*, (2017), obtiene un índice de acidez en grasa animal de 0.24 mg NaOH/g de aceite, por lo tanto al realizar la comparación de resultados de esta investigación con otras, se establece que el índice de acidez va depender de la cantidad de ácidos grasos libres

que se encuentren en el aceite de los diferentes tipos de animales, como se ve en los resultados esta investigación presenta bajos ácidos grasos libres lo que hace que el índice de acidez sea menor.

- Según AREVALO *et al.*, (2008), obtiene un rendimiento entre 88 y 90 % de biodiesel a una temperatura de 58 °C además determinando que el biodiesel obtenido logra cumplir casi todo los estándares internacional que están sujetos a biodiesel, según VIVAS (2010), obtiene un rendimiento de reacción del 93% , por otro lado CLEMENTS *et al.*, (1999), obtiene un rendimiento de 92% y ABUNDO *et al.*, (2017), reporta un rendimiento de reacción del 93.5%, al compararlos con los resultados de esta investigación los valores difieren mucho ya que la cantidad de metanol empleadas en estas es mayor al empleado en la presente investigación, teniendo en cuenta que la investigación tuvo fines económicos y de producción a gran escala con el fin de generar un mayor desarrollo sostenible y aprovechamiento de recursos para la ciudad de Tingo María, cabe resaltar que los resultados son muy satisfactorios y óptimos en la generación de biodiesel.
- Al biodiesel obtenido en la presente investigación, se le realizó análisis de pH, densidad, fosforo, viscosidad y poder calorífico a cada tratamiento con sus respectivas repeticiones para así determinar si están en el rango de la normativa internacional y características del biodiesel, se obtuvo valores entre 0.856 a 0.872 g/cm<sup>3</sup> con respecto a su densidad a una temperatura de 15°C, confirmando así el problema del biodiesel a altas temperaturas con solo un valor dentro de lo establecido en diferentes normas, una viscosidad entre valores de 1.54±0.471 y 2.34±0.302 mm<sup>2</sup>/s ,según AMADO *et al.*, (2006) el biodiesel obtenido es un fluido newtoniano lo cual es propio de las características del biodiesel; por otro lado; CASTRO *et al.*, (2007) mencionan que la viscosidad del biodiesel viene determinada por el aceite de origen, y por su contenido en mono, di y triglicéridos; una transesterificación completa es necesaria para asegurar el cumplimiento de este parámetro; un combustible muy viscoso puede causar una mala atomización, que lleva a

mala combustión y formación de depósitos, la alta viscosidad también puede facilitar la contaminación del combustible con el aceite lubricante; un poder calorífico con valores entre 9482.74 – 9498.80 Kcal/kg que según LAROSA (2003), tiene un límite inferior de 9500 Kcal/kg como propiedad de biodiesel.

- Se detectaron hexadecanoato de metilo ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) y octadecenoato de metilo (12E) ( $C_{19}H_{36}O_2$ ). Sus respectivos porcentajes por composición fueron de 25.21 y 37.25%. Otros ésteres encontrados en el biodiesel fueron Methyl tetradecanoate ( $C_{15}H_{30}O_2$ ), Methyl Pentadecanoic ( $C_{16}H_{32}O_2$ ), Methyl myristoleate ( $C_{15}H_{28}O_2$ ), Methyl Heptadecanoic ( $C_{18}H_{36}O_2$ ), Methyl Nonadecanoic ( $C_{20}H_{40}O_2$ ) y otros, con porcentajes respectivos de 4.83, 2.14, 0.50, 3.42, 0.56 y 3.94. El perfil reveló el metil (12E)-octadecenoato como compuestos predominantes en la mezcla con el porcentaje más alto de 37.25%. El perfil de éster metílico de ácido graso es uno de los factores clave que determina la idoneidad o no de cualquier materia prima para su uso en la producción de combustible biodiesel (KNOTHE, 2009). Los resultados en el cuadro 18 indican que el éster más abundante en biodiesel de grasa animal es el octadecenoato de metilo monoinsaturado (12E). Es un buen compuesto con respecto a la estabilidad del biodiesel ya que un mayor grado de insaturación en los ésteres metílicos de ácidos grasos limita su idoneidad para su uso como combustible debido a la alta tendencia a la polimerización como resultado de la oxidación (GABY Y PETER, 1997). Dado que los ésteres metílicos de ácidos grasos dominantes, el octadecenoato de metilo (12E) y el hexadecanoato de metilo son monoinsaturados, es posible que no tengan mucha afinidad con el oxígeno, lo que conducirá a una peroxidación rápida. . Estos ésteres dominantes fueron similares a los principales ésteres metílicos de ácidos grasos en *J. curcus* con porcentajes de 51.7 y 14.3 respectivamente (ANDREW *et al.*, 2009) el octadecenoato de metilo y el hexadecanoato de metilo fueron los ésteres dominantes en los ésteres de metilo de semillas de colza con una composición porcentual de 77.9 y 3.86 (BAMGBOYE Y HANSEN, 2008). y HARRINGTON (1986) respectivamente.

## VI. CONCLUSION

1. Se logró extraer 747 mL de aceite de grasa animal por cada 2 kilogramos de sebo con un peso de 0.660 kg de aceite y materia residual (fritura) con un peso de 0.355 kg y una pérdida de material de 0.985 kg de agua y proteínas.
2. El índice de acidez del aceite extraído de la grasa de animales del matadero municipal de Tingo María es 1.0915 mg de NaOH/g de aceite.
3. El porcentaje de rendimiento de producción de biodiesel más alto fue 83.67% correspondiente a la temperatura de 55 °C y el más bajo fue de 78.17 a una temperatura de 50 °C, por otro lado, se determinó que estadísticamente que las temperaturas de 50, 55 y 60°C no presente diferencia significativa entre ellas.
4. Al biodiesel obtenido se le realizaron 4 pruebas de calidad encontrándose todos los parámetros dentro de la norma europea EN 14214, a excepción de la viscosidad ya que tiene valores por debajo de lo establecido.
5. Se realizó el balance de materia para la reacción de transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal obteniendo así las entradas y salidas de material y pérdidas fundamentadas, lo cual nos hace afirmar que la materia no se crea ni se destruye, sino que solo se transforma.
6. El perfil de cromatografía reveló esteres metílicos presentes en el biodiesel obtenido a partir de grasa animal, teniendo como predominante a hexadecanoato de metilo ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) y octadecenoato de metilo (12E) ( $C_{19}H_{36}O_2$ ) con respectivos porcentajes por composición de 25.21 y 37.25%.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Pesar el aceite de grasa animal a la temperatura exacta con el que trabajara en el control de transesterificación (50, 55 y 60 °C), ya que a mayor temperatura el aceite se expande y eso complicaría la toma de datos a nivel laboratorio.
2. Tener los materiales de laboratorio bien calibrados ya que eso complicaría la toma de datos exactos lo cual repercutiría en los resultados obtenidos.
3. Calcular el índice de acidez de manera correcta porque es un dato primordial en el proceso de transesterificación ya que nos indicará que cantidad de catalizador se deberá utilizar.
4. Procurar tomar el rango de temperatura optima de la cocina eléctrica con agitador el cual influye en el proceso de transesterificación para así evitar una alta evaporación del metanol al momento de medir la temperatura interna en el recipiente de mezcla de la reacción.
5. Tener cuidado en el lavado del biodiesel para evitar una pérdida considerable de material de estudio.
6. Tomar los datos de calidad de biodiesel en el menor tiempo posible ya que esto altera su calidad.
7. Guardar en frascos muy bien tapados el biodiesel para evitar la evaporación.
8. No usar grasa con índice de acidez muy alto para el proceso de transesterificación ya que esto requiere mucho más catalizador y lo hace menos eficiente.
9. Filtrar el aceite extraído de la grasa animal antes de su uso para la transesterificación porque genera mucho más residuo mezclado con la glicerina y haría más difícil su purificación.

## VIII. ABSTRACT

In the present research work the transesterification of the fatty acids from the fat at the municipal slaughter house in Tingo Maria was achieved in order to obtain biodiesel, for the extraction of the oil from the fat, 2 kg of beef tallow was heated, obtaining an extraction yield of 33%, to determine the dosage of the catalyst the acidity index of the oil from the animal fat was calculated, which was 1.0915 mg NaOH/g of oil, to this, the equation established by RUTPRAC (2006) was applied, after this the processes of transesterification were done, for which 100 ml of extracted oil was used with 20 ml of methanol at temperatures of (50, 55 and 60 °C), each one with three repetitions, using a completely randomized experimental design, creating a total of nine treatments at a significance of ( $p < 0.05$ ), the results obtained in the ANVA, determined that the greatest yield was 83.663% at a temperature of 55 °C, with all of these statistics being equal, later testing of the quality of density, viscosity and calorific power were done, obtaining data within what is established by the norm EN 140214-03 with exception of the viscosity which resulted to be under the established limit, to the reaction a material balance was applied, obtaining a volume of 24.8287 L of puro biodiesel per day and an analysis in a gas chromatograph, which established methyl palmitate ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) and methyl oleate (12E) ( $C_{19}H_{36}O_2$ ) as dominant principal esters with composition percentages of 25.21% and 37.25, from the results, the conclusion can be reached that the biodiesel obtained has a yield of 83.663%, complies with the quality parameters established in the norm and presents a profile of a metallic ester from complete fatty acids which determines the suitability of the biodiesel for use as raw material from animals for the production of fuel.

**Keywords:** Biodiesel, transesterification, catalyst, combustion

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABUNDO, A. 2017. Eficiencia de producción de biodiesel derivados de aceites vegetales y animales. Perú. 72 p.
- ANDREW, J. K., WEI, H., JESUS, A. C., MARK, F., DANIELES, R., AND LAN, A. G. (2009): Potential of *Jatropha curcus* as a source of renewable oil and animal feed. *J. Exper. Bot.* 60(10): 2897- 2905
- AMADO, E., PEREA, M., YOHANA, L. 2006. Análisis de la variación de la viscosidad cinemática de un aceite vegetal en función de la temperatura. Colombia. 4(1): 15-20.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS - ASTM. 2007. The national biodiesel board. Especificaciones para biodiesel (B100). United States.
- ARÉVALO, P., Ulloa, J., Astudillo, S. 2008. Obtención de biodiesel a partir de grasa bovina. *LA GRANJA.* 8(2): 9-16.
- ATABANI, A., SILITONGA, A., BADRUDDINA, I., MAHLIAA, T., MASJUKIA, H., MEKHILEFD, S. 2012. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 16(1): 2070–2093.
- AWAD, S., PARASCHIV, M., VARUVEL, E., TAZEROUT, M. 2012. Optimization of Biodiesel production from animal fat residue in wastewater using response Surface methodology. [En línea]: *Bioresource Technology.* (<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.11.086>, 06 Oct. 2019).
- BAMGBOYE, A.I. AND HANSEN, A.C. (2008): Prediction of Cetane number of Biodiesel Fuel from the fatty acid methyl ester composition. *Int. J. Agrophy.* 22: 21-29.

- BALAT, M., BALAT, H. 2008. A critical review of bio-diesel as a vehicular fuel  
Energy Convers Manage. 49(1): 2727- 2741.
- BOCANEGRA, M; CIPA, P.2015.Estudio comparativo de biodiesel, obtenidos a  
partir del metanol y etanol y su adaptación a escala piloto. Peru.123 p.
- CASTRO, P; COELLO, J.; CASTILLO, L. 2007. Opciones para la Producción y  
uso de Biodiésel en el Perú. [En línea]: ITDG. ([http://www. soluciones  
practicadas.org.pe](http://www.solucionespracticadas.org.pe), Pdf, 26 Mayo 2017).
- CALERO, W., CHICAIZA, E., CHICAIZA, W., VIZUETE, D. 2007. Síntesis y  
Refinación de biodiesel y glicerina obtenidos a partir de grasa vegetal.  
[En línea]: Universidad Central de Ecuador Facultad de Ciencias  
Químicas, ([http://www.monografias.com/trabajos-pdf/sintesis-refinacion-  
biodiesel/sintesis-refinacion-biodiesel.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf/sintesis-refinacion-biodiesel/sintesis-refinacion-biodiesel.pdf), Informe, 28 Set. 2019).
- CANAKCI M. 2005. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel  
feedstocks. Bioresour Technol. 11(1): 1-8.
- CERÓN, P., GUERRA, L. 2010. Determinación del consumo específico de  
combustible, de las características parciales y de la opacidad de un motor  
diesel 113 utilizando diesel y biodiesel. Tesis Ingeniero mecánico.  
Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de  
Ingeniería mecánica. 120 p.
- CHISTI, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. 2 ed. Wellington, Nueva Zelanda.  
306 p.
- CRISPIN, M., FELIX, E., QUINTERO, J. 2006. Análisis de costos de producción  
de biocombustible. Lima, Perú. 20 p.
- DEL CASTILLO, C., VALLES, T. 2011. Determinación de contaminantes  
atmosféricos producidos por motores diésel utilizando biodiesel obtenido  
de aceite de cocina reciclado generado por las pollerías de Moyobamba.  
[En línea]: UNMS, ([http://creativecommons.org/licenses /by-nc-sa/2.5/pe/](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/),  
Tesis, 03 Oct. 2019).

- DEMIRBAS, A. 2007. Importance of biodiesel as transportation. California, Estados Unidos. Editorial: Energy Policy, 35 (2): 4661–4670.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN - DOF. 2008. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, México, p- 1-3.
- ENCINAR, J., Sánchez, N., Martínez, G., García, L. 2011. Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content. Bioresource Technology. 102(2): 10907-10914.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. 2007. Guidance for Biodiesel Producers and Biodiesel Blenders/Users. United States.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE BIOCOMBUSTIBLES DE COLOMBIA. 2012. Cifras Informativas del Sector Biocombustibles biodiesel de palma de aceite. [En línea]: FNBC, (<http://www.fedebiocombustibles.com>, Informe, 05 Oct. 2019).
- FREDRICKSON, D., GORDON, R. 1998. Transport of fatty acid. Physiological reviews. 4(1): 38.
- GABY, W. AND PETER, S.L. (1997). Boiling point Properties and thermal Decomposition of Vegetable Oils Methyl esters with regard to their fuel stability. J. Agric Food Chem. 45: 4748- 4752
- GÓMEZ, J., SAMANIEGO, J., ANTONISSEN, M. 2008. Consideraciones Ambientales en Torno a los Biocombustibles Líquidos. Santiago de Chile, Chile.
- GREENPEACE. 1999. Diesel: Hechos más Destacados Sobre las Emisiones, edición en español. Madrid, España. 132p.
- HAAS, M., MCALOON, A., YEE, W., FOGLIA, T. 2006. A process model to estimate biodiesel production cost. Bioresour Technol. 97(2): 671-678.

- HARRINGTON, K.J. (1986). Chemical and physical properties of vegetable Oil Esters and their effect on Diesel Fuel performance. *Biomass* 9: 1-17.
- IIDEPROQ. 2007. Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos. Universidad Mayor de San Andrés. [En línea]: ([http://www.pncc.gov.bo/esp/pqpncc/PRIMERA-CONVOCATORIAIUMSA-IIDEPROQ/doc/biodiesel\\_UMSA\\_IIDEPROQ\\_PNCC.pdf](http://www.pncc.gov.bo/esp/pqpncc/PRIMERA-CONVOCATORIAIUMSA-IIDEPROQ/doc/biodiesel_UMSA_IIDEPROQ_PNCC.pdf), proyecto, 20 Ago. 2019).
- JÉRÔME, H. 2007. Diseño conceptual de una planta de biodiesel. Tesis Ing. Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería mecánica. 157 p. [En línea]: ([http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/herve\\_j/sources/herve\\_j.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/herve_j/sources/herve_j.pdf), 15 de Set. 2019).
- KNOTHE, D. 1996. Technical aspects of biodiesel standards. *Inform.* 7(3): 827-829.
- KNOTHE, G. (2009). Improving Biodiesel Fuel properties by modifying fatty Esters composition. *J. Ener. Environ. Sci.* 10: 1039- 1054
- KOŁODZIEJ, C., POSLUSZNY, L., POSLUSZNY, J. 2007. El biodiesel un combustible alternativo. Universidad Nacional de Misiones. Buenos Aires, Argentina. 138 p.
- LAROSA, R. 2003. Proceso para la producción de BIODIESEL. Recuperado de [http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie\\_lar/biodie\\_lar.htm](http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie_lar/biodie_lar.htm)
- LAWSON H. 1994. Aceites y grasas alimentarios - Tecnología, utilización y nutrición. Zaragoza: Editorial Acribia. 333 pp.
- LEE T, F., CHANG K. 2002. Production of alkyl ester as biodiesel from fractionated lard and restaurant grease. *79(2)*: 191-195.
- LENOIR, C. 2002. Análisis de la producción de Biodiesel. [En línea]: Artículo, (<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/biodiesel.asp>, 26 de Ago. 2019).

- LIN, L., CUNSHAN, Z., VITTAYAPADUNG, S., XIANGQIAN, S., MINGDONG, D. 2011. Opportunities and challenges for biodiesel fuel. *Applied Energy*. 88(4): 1020-1031.
- MACEDO, R. 2011. Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las américas. San José, Colombia. [En línea]: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Atlas%20de%20Bioenergía%20y%20Combustibles%202.pdf>.
- MARTÍNEZ, H. 2009. Modificación de la Resolución 18 2142 de 2007: programa de mezcla de biocombustibles para uso en motores diésel. Bogotá, Colombia. [En línea]: Ministerio de minas y energía, ([http://www.fendipetroleo.com/web\\_fendipetroleo/pdf/resolucion\\_181318\\_05-08-2009.pdf](http://www.fendipetroleo.com/web_fendipetroleo/pdf/resolucion_181318_05-08-2009.pdf), 07 de Oct. 2019).
- MATEOS, G., MEDEL, P., REBOLLAR, A. 1996. Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. Madrid, España. [En línea]: FEDNA, (<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capitulo1.pdf>, 16 de Set. 2019).
- MATISSEK, R., SCHNEPEL, F., STEINER G. 1992. Análisis de los alimentos: Fundamentos – Métodos - Aplicaciones. España: Editorial Acribia S.A., 132 p.
- MEHER, L., NAIK S., VIDYA, D. 2006. Technical aspects of biodiesel roduction by transesterification - a review. En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12(1): 248–268.
- MITTELBAACH, M., REMSCHMIDT, C. 2004. Biodiesel - The comprehensive handbook. Editorial, Graz. 123 p.
- MONTESANO, J., HUTIN, A., DIPIETRO, A. 2007. La producción de biocombustibles con eficiencia, estabilidad y equidad: Estudio de procesos innovadores para la producción de biodiesel. Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Documento,

([http://www.ceid.edu.ar/biblioteca/biocombustibles/ponencia\\_montesano\\_hutin\\_dipietro\\_turchetti\\_estudio\\_de\\_procesos\\_innovadores\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_biodiesel.pdf](http://www.ceid.edu.ar/biblioteca/biocombustibles/ponencia_montesano_hutin_dipietro_turchetti_estudio_de_procesos_innovadores_para_la_produccion_de_biodiesel.pdf), 28 de Ago. 2019).

POLO, L. 2017. Producción de biodiesel mediante transesterificación enzimática de aceite extraído de residuos de la industria de alimentos. Barranquilla-Colombia. Pag 3-8

RUTPRAC. 2006. "Manual técnico para la determinación de grasas y aceites" s.n.t [En línea] (<http://www.webs.ulpgc.es/hica/PRAC/RUTPRAC/ACEITPDFs/TEORPRACEI.pdf>, documentos, 26 oct. 2008).

SANTILLANA, J., SALINAS, J. 2018. Biodiesel en el Perú años 2017 y 2018. Perú. [En línea]: (<http://www.ssecoconsulting.com/biodiesel-en-peru-2017-2018.html>, Julio.2018)

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN - SAGARPA. 2011. Biocombustibles: definición, ventajas y desventajas. [En línea]: EPA, (<http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/introduccion/definicion-ventajas-y-desventajas.html>, 12 de Set. 2019).

SHAHID, E., JAMAL. J. 2011. Production of biodiesel: a technical review. *Renew Sustain. Energy Rev.* 15(2): 4732-45.

TEJADA, T; TEJEDA, B; VILLABONA, O; MONROY, R. 2012. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Revista Luna Azul.* Colombia. 25 p.

TICKELL, J. 2000. From the fryer to the fuel tank: the complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. 3rd ed. Covington (USA): Tickell Energy Consultants. Covington, U.S.A.

VALDERRAMA, L. 2007. Concentración de minerales laboratorio N° 4 "Determinación de viscosidad". [En línea]: Documento,

([http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/Valderrama/LAB%204%20VISCO  
SIDAD.pdf](http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/Valderrama/LAB%204%20VISCO%20SIDAD.pdf), 28 de Set. 2019).

VIVAS, 2010. Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino. Universidad tecnológica de Pereira. Colombia 136 p.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – Cuadros y documentos**

Cuadro 18. Rendimiento de biodiesel con respecto a temperatura.

N° Repetición	Aceite (g)	Temperatura (°C)	NaOH (g)	NaOH (g real)	Biodiesel obtenido (mL)	Primer lavado (40% H <sub>2</sub> O)	Segundo lavado (40% H <sub>2</sub> O)	Tercer lavado (40% H <sub>2</sub> O)	Biodiesel final (mL)
01	88.3523	60	0.4463	0.4492	91	82.5	79.5	76.5	76
02	88.0971	60	0.4461	0.4466	91	88	84	82.5	81.5
03	88.1470	60	0.4462	0.4468	94	87	86.5	86	86.5
01	88.1574	55	0.4462	0.4476	92	87	83	82	82
02	88.4063	55	0.4464	0.4467	92.5	88	85	83	82.5
03	88.5354	55	0.4466	0.4454	97	92	87	86.5	86.5
01	88.7431	50	0.4468	0.4472	92	87	83.5	82.5	82
02	88.3905	50	0.4464	0.4474	88	80	78.5	78	78
03	88.4818	50	0.4465	0.4461	85	78	75	74.5	74.5

Cuadro 19. Cantidad de Glicerina, V perdido en transesterificación y volumen perdido en lavado de biodiesel.

N° Repetición	V de aceite (mL)	V de metanol (mL)	T (°C)	Biodiesel obtenido (mL)	Glicerina (mL)	V perdido por transesterificación (mL)	V perdido en lavado y secado (mL)	Biodiesel final (mL)
01	100	20	60	91	14.15	14.9	12.5	76.0
02	100	20	60	91	14.15	14.5	8.5	81.5
03	100	20	60	94	14.60	11.4	8.0	86.5
01	100	20	55	92	14.30	13.7	10.0	82.0
02	100	20	55	92.5	14.40	13.1	9.5	82.5
03	100	20	55	97	15.00	8.0	10.5	86.5
01	100	20	50	92	14.30	13.7	9.5	82.0
02	100	20	50	88	13.68	18.3	10.0	78.0
03	100	20	50	85	13.20	21.8	10.5	74.5

Cuadro 20. Datos de viscosidad.

Biodiesel y temperatura	N° de repeticiones	RPM	%	CP	SS	SR	Viscosidad Dinámica (g/cm.s)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosidad cinemática (cm <sup>2</sup> /s)	Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)
50 °C - 1era repetición	1	60	0	1.7	0.9	56	0.017	0.864	0.019	1.9329
		70	0	1.4	0.9	65	0.014	0.864	0.017	1.6551
		90	0	1.7	1.4	84	0.017	0.864	0.019	1.9329
		100	0	1.5	1.4	93	0.015	0.864	0.017	1.7361
	2	80	0	1.2	0.9	74	0.012	0.864	0.014	1.4236
		90	0	1.7	1.4	84	0.017	0.864	0.019	1.9329
		100	0	1.5	1.4	93	0.015	0.864	0.017	1.7361
	50 °C - 2da repetición	1	70	0	1.4	0.9	65	0.014	0.857	0.017
80			0	1.3	0.9	74	0.013	0.857	0.015	1.4586
90			0	1.7	1.4	84	0.017	0.857	0.019	1.9486
100			0	1.5	1.4	93	0.015	0.857	0.018	1.7503
2		60	0	1.7	0.9	56	0.017	0.857	0.019	1.9486
		70	0	2.1	1.4	65	0.021	0.857	0.025	2.4971
		80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.857	0.022	2.1937

		90	0	2.2	1.9	84	0.022	0.857	0.026	2.5904
		100	1	2.5	2.3	93	0.025	0.857	0.029	2.9171
		50	0	2	0.9	47	0.020	0.863	0.023	2.3175
		60	0	1.7	0.9	56	0.017	0.863	0.019	1.9351
	1	70	0	2.1	1.4	65	0.021	0.863	0.025	2.4797
		80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.863	0.022	2.1784
50 °C - 3era		90	0	2.2	1.9	84	0.022	0.863	0.026	2.5724
repetición		100	1	2.5	2.3	93	0.025	0.863	0.029	2.8969
		60	0	1.7	0.9	56	0.017	0.863	0.019	1.9351
	2	80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.863	0.022	2.1784
		90	0	2.2	1.9	84	0.022	0.863	0.026	2.5724
		100	0	2	1.9	93	0.020	0.863	0.023	2.3175
		70	0.2	1.4	0.93	65.1	0.014	0.865	0.017	1.6532
	1	80	0.2	1.3	0.47	74	0.013	0.865	0.014	1.4451
		90	0.3	1.7	0.93	84	0.017	0.865	0.019	1.9306
55 °C - 1era		100	0.3	1.5	1.4	93	0.015	0.865	0.017	1.7341
repetición		40	0.1	1.3	0.47	37.2	0.013	0.865	0.014	1.4451
	2	70	0.2	1.4	0.93	65.1	0.014	0.865	0.017	1.6532
		80	0.3	1.9	1.4	74	0.019	0.865	0.022	2.1734
		90	0.3	1.7	0.93	84	0.017	0.865	0.019	1.9306

		100	0.3	2	1.86	93	0.020	0.865	0.023	2.3121
		70	0.2	2.1	1.4	65.1	0.021	0.865	0.025	2.4740
	3	80	0.3	1.9	1.87	74	0.019	0.865	0.022	2.1734
		90	0.3	2.2	2.33	84	0.022	0.865	0.025	2.5434
		100	0.3	2.5	2.33	93	0.025	0.865	0.029	2.8902
		60	0.1	1.7	0.47	56	0.017	0.865	0.019	1.9306
	4	80	0.2	1.9	1.4	74	0.019	0.865	0.022	2.1734
		90	0.3	2.2	1.4	84	0.022	0.865	0.025	2.5434
		100	0.3	2.5	1.86	93	0.025	0.865	0.029	2.8902
		80	0	1.3	0.9	74	0.013	0.865	0.014	1.4451
	1	90	0	1.1	0.9	84	0.011	0.865	0.013	1.2832
		100	0	1.5	1.4	93	0.015	0.865	0.017	1.7341
55 °C - 2da repetición		70	0	1.4	0.9	65	0.014	0.865	0.017	1.6532
	2	80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.865	0.022	2.1734
		90	0	1.7	1.4	84	0.017	0.865	0.019	1.9306
		100	0	2	1.9	93	0.020	0.865	0.023	2.3121
		60	0	0.8	0.5	56	0.008	0.862	0.010	0.9629
55 °C - 3era repetición	1	90	0	1.1	0.9	84	0.011	0.862	0.013	1.2877
		100	0	1	0.9	93	0.010	0.862	0.012	1.1601
	2	70	0	1.4	0.9	65	0.014	0.862	0.017	1.6589

		80	0	1.3	0.9	74	0.013	0.862	0.015	1.4501
		90	0	1.7	1.4	84	0.017	0.862	0.019	1.9374
		100	0	2	1.9	93	0.020	0.862	0.023	2.3202
60 °C - 1era repetición	1	70	0	1.4	0.9	65	0.014	0.856	0.017	1.6706
		90	0	1.7	1.4	84	0.017	0.856	0.020	1.9509
		100	0	1.5	1.4	93	0.015	0.856	0.018	1.7523
	2	50	0	2	0.9	47	0.020	0.856	0.023	2.3364
		80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.856	0.022	2.1963
		90	0	2.2	1.9	84	0.022	0.856	0.026	2.5935
		100	0	2	1.9	93	0.020	0.856	0.023	2.3364
	60 °C - 2da repetición	1	80	0	1.3	0.9	74	0.013	0.864	0.014
90			0	1.1	0.9	84	0.011	0.864	0.013	1.2847
100			0	1.5	1.4	93	0.015	0.864	0.017	1.7361
2		30	0	1.7	0.5	28	0.017	0.864	0.019	1.9329
		60	0	1.7	0.9	56	0.017	0.864	0.019	1.9329
		70	0	2.1	1.4	65	0.021	0.864	0.025	2.4769
		80	0	1.9	1.4	74	0.019	0.864	0.022	2.1759
		90	0	2.2	1.9	84	0.022	0.864	0.026	2.5694
		100	1	2.5	2.3	93	0.025	0.864	0.029	2.8935



### Datos de balance de materia

Del cuadro 6. Ingreso diario de animales y grasa obtenida, se obtiene que:

- Materia prima

10 animales/día x 8Kg sebo/día = 80 Kg sebo/día

Entonces:

2 Kg de sebo —————> 0.474 litros de aceite

80 Kg de sebo —————> 29.88 litros de aceite/día

- Metanol

Según metodología por cada 100 ml de aceite se usará 20 ml de metanol.

Entonces:

29.88 litros aceite/día ~ 5.976 litros de metanol/ día

Precio:

25 litros de metanol —————> 42 euros o S/. 157.59

5.976 litros de metanol —————> S/. 37.6703 x día

- Hidróxido de sodio (NaOH)

Promedio de NaOH/ 100 ml aceite = 0.4463 gr NaOH

Entonces:

0.1L de aceite —————> 0.4463 gr NaOH

29.88 L aceite/día —————> 133.3544 gr NaOH/día

Precio:

25 Kg de NaOH —————> S/. 255.00

0.13335 Kg NaOH —————> S/.1.3601 x día

- Energía

-Cocina electrica.

Genera 1200 Wh ~ 1.2 kWh (Kilowatt por hora)

Tiempo de transesterificación = 2 horas

Precio:

Sí, 1 Kw  $\longrightarrow$  0.7 Soles

En 2 horas de uso para transesterificación tendríamos 2.4 Kw con un costo de 1.68 soles/día.

-Estufa de deshidratación.

Genera 2000 Wh ~ 2 kWh (Kilowatt por hora)

Tiempo de secado de biodiesel = 2 horas

Precio:

Sí, 1 Kw  $\longrightarrow$  0.7 Soles

En 2 horas de uso para secado de biodiesel tendríamos 4 Kw con un costo de 2.8 soles/día.

- Biodiesel bruto

Mayor rendimiento/100 ml aceite = 93.8333 ml biodiesel bruto

Entonces:

29.88 litros de aceite  $\longrightarrow$  28.0373 litros de biodiesel bruto por día.

- Lavado (H<sub>2</sub>O destilada)

Promedio de H<sub>2</sub>O destilada / 93.83333 ml de biodiesel = 107.13 ml H<sub>2</sub>O/día.

Entonces:

93.8333 ml de biodiesel  $\longrightarrow$  0.10713 litros de H<sub>2</sub>O destilada

28.0373 L de biodiesel/día  $\longrightarrow$  32.01044 L de H<sub>2</sub>O destilada

Precio:

20 litro de H<sub>2</sub>O destilada  $\longrightarrow$  4 soles

32.01044 L de H<sub>2</sub>O destilada/día  $\longrightarrow$  6.4020 soles/día

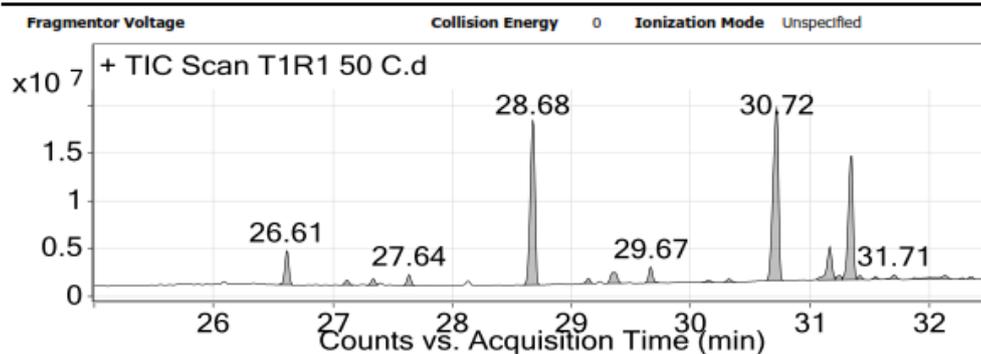
Datos del cromatógrafo de gases

- Cromatografía de gases (50°C – 1<sup>era</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T1R1 50 C.D	<b>Sample Name</b>	T1R1 50 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	62
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
	\		
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
		<b>Acquisition SW</b>	MassHunter GC/MS
		<b>Version</b>	Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

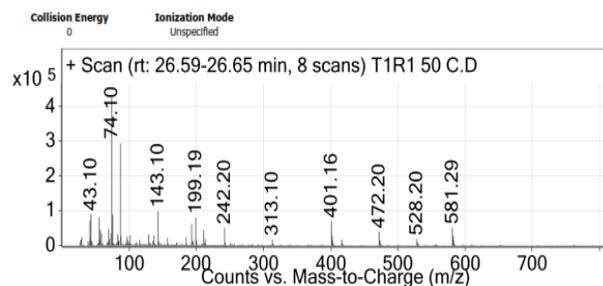
### User Chromatograms



### Integration Peak List

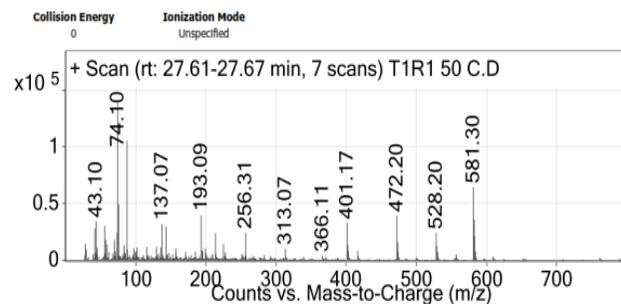
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.55	26.61	26.66	3545089.44
2	27.08	27.12	27.17	505403.79
3	27.28	27.34	27.38	650328.02
4	27.59	27.64	27.69	1128089.19
5	28.6	28.68	28.73	17281601.88
6	29.1	29.15	29.17	500919.49
7	29.3	29.35	29.42	1126367.88
8	29.62	29.67	29.73	1637185.84
9	30.28	30.32	30.38	329773.89
10	30.64	30.72	30.77	18018819.07
11	31.06	31.17	31.21	3460068.83
12	31.21	31.24	31.27	477258.01
13	31.27	31.35	31.39	12901822.24
14	31.39	31.42	31.45	422317.39
15	31.52	31.55	31.58	300068.49
16	31.64	31.71	31.75	444218.18
17	31.85	32.13	32.18	389567.97
18	32.67	32.77	32.86	396049.99

Figura 9. Cromatografía de gases (50°C – 1<sup>era</sup> repetición)



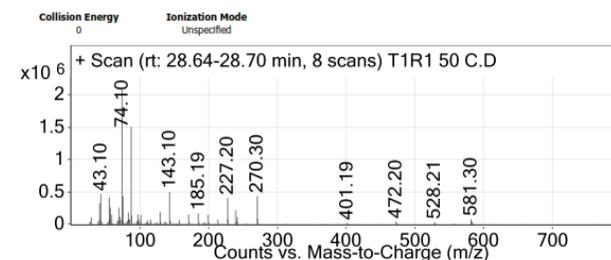
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		71754
43.1		90322
55.1		81464
74.1		423435
75.1		89014
87.1	1	292643
143.1	1	98242
193.1		61583
199.19		79975
401.16	1	69836



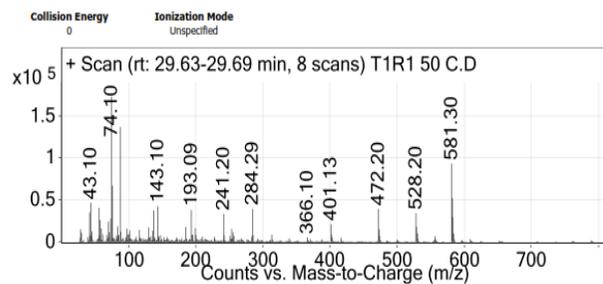
Peak List

m/z	z	Abund
43.1		34410.43
74.1		138410.28
75.1		49243.43
87.1		105312
137.07		31700.57
193.09		39710.86
401.17	1	32878.86
472.2	1	39298.29



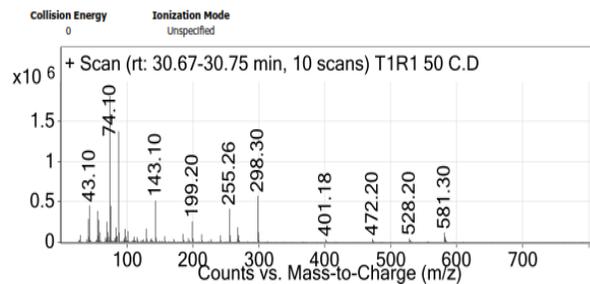
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		325594
43.1	1	465488
55.1		408888
57.1		256315
74.1		2070888
75.1	1	427776
87.1	1	1505168
143.1	1	497984
227.2	1	403964
270.3	1	433145



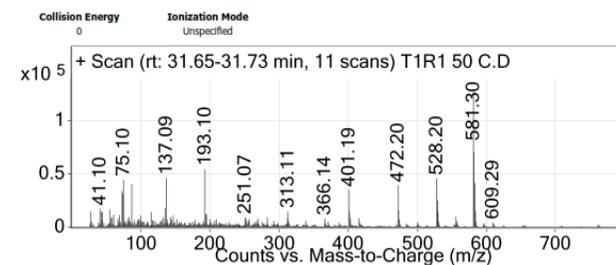
Peak List

m/z	z	Abund
43.1		46740.5
55.1		40536.75
74.1		172956
75.1		67081
87.1	1	136808
143.1	1	42559.25
284.29	1	39625
472.2	1	39357
581.3	1	93169
582.3	1	52002



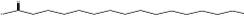
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		288572.81
43.1	1	457133.59
55.1		387300
57.1		278285.59
74.1		1822163.25
75.1	1	452678.41
87.1	1	1383289.63
143.1	1	517306.41
255.26		413736
298.3	1	575772



Peak List

m/z	z	Abund
75.1		44287.27
87.08		40351.27
137.09		45685.82
193.1		54144.73
401.19	1	34770.91
472.2	1	39024
528.2	1	45616.73
581.3	1	126947.63
582.3	1	70167.27
583.3	1	41024.73

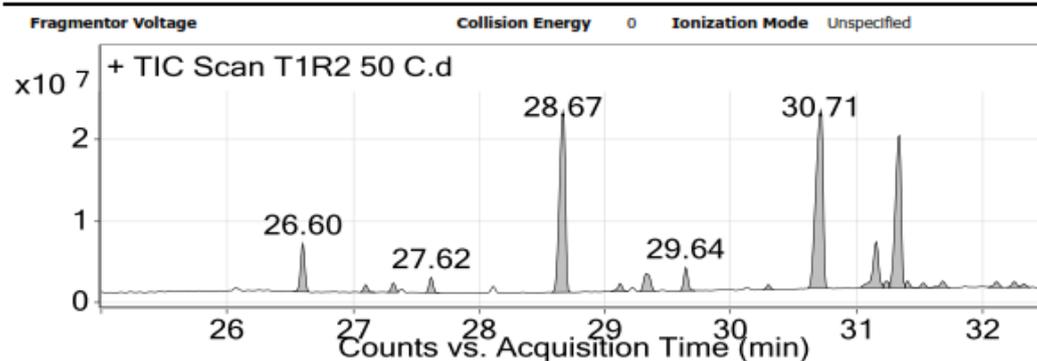
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.62	Methyl tetradecanoate	97.6	3913191.8		4.25025738
27.12	Pentadecanoic acid, methyl ester	89.4	551682.2		0.59920174
27.34	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	85.6	711638.1		0.77293556
27.40	Methyl myristoleate	81	392955.7		0.42680322
27.64	Pentadecanoic acid, methyl ester	90.2	1057476.4		1.14856289
28.13	Hexadecanoic acid, methyl ester	91.7	455102.7		0.4943033
28.68	Hexadecanoic acid, methyl ester	99	21446390.3		23.2936905
29.14	Heptadecanoic acid, methyl ester	90.2	595481.8		0.64677405
29.24	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	86.7	402987		0.43769857
29.34	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	85.3	1730931.1		1.88002609
29.66	Heptadecanoic acid, methyl ester	94.3	1706834		1.85385337
30.15	Methyl stearate	82.6	189267.3		0.20556997
30.32	Cyclopropanooctanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester	81	512758.7		0.55692554
30.72	Methyl stearate	98.5	25812594.5		28.0359808
31.17	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	97.9	6471080.8		7.02847199
31.34	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	99	24516920.7		26.6287032
31.42	13-Octadecenoic acid, methyl ester	83.4	682855.9		0.74167418
31.55	14-Octadecenoic acid, methyl ester	82.8	521835.5		0.56678418
31.71	Nonadecanoic acid, methyl ester	88.8	397540.9		0.43178337
			92069525.4		100

- Cromatografía de gases (50°C – 2<sup>da</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T1R2 50 C.D	<b>Sample Name</b>	T1R2 50 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	66
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
		<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08- Sep-2014 Copyright © 1989- 2014 Agilent Technologies, Inc.

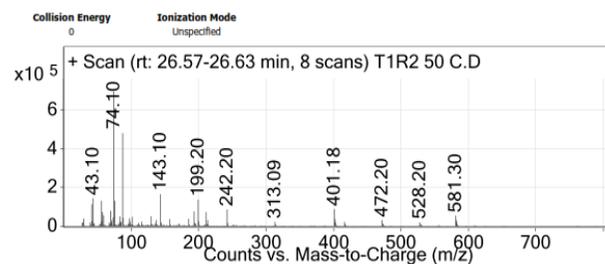
### User Chromatograms



#### Integration Peak List

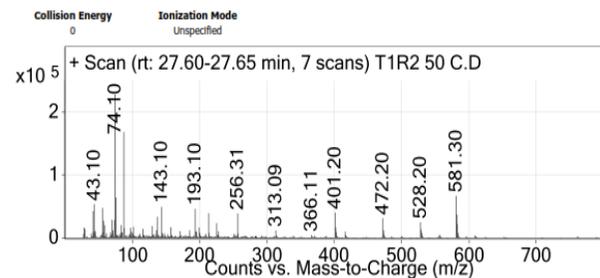
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.52	26.6	26.65	5932800.21
2	27.06	27.1	27.17	917850.28
3	27.27	27.32	27.36	1135933.97
4	27.58	27.62	27.69	1868465.51
5	28.58	28.67	28.73	22209048.39
6	29.05	29.12	29.18	987556.7
7	29.28	29.33	29.4	2176464.07
8	29.6	29.64	29.72	2851273.89
9	30.25	30.3	30.34	611478.92
10	30.61	30.71	30.77	21863779.58
11	31.04	31.16	31.21	5661421.74
12	31.21	31.24	31.26	838153.89
13	31.26	31.34	31.38	18723041.36
14	31.38	31.4	31.49	840628.4
15	31.49	31.53	31.58	574044.67
16	31.58	31.68	31.74	776318.39
17	32.05	32.11	32.16	709082.4
18	32.19	32.25	32.29	713482.75

Figura 10. Cromatografía de gases (50°C – 2da repetición)



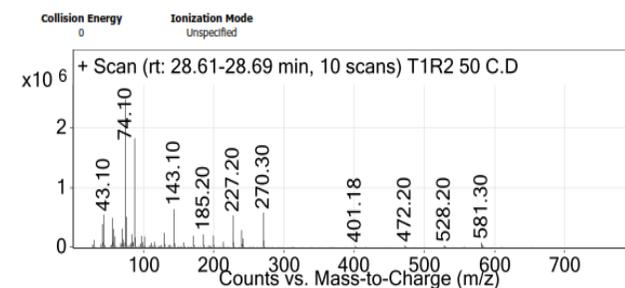
## Peak List

m/z	z	Abund
41.1		112965
43.1		143868
55.1		130801
74.1		694296
75.1	1	131183
87.1	1	480443
143.1	1	164645
199.2		135872
242.2	1	86128.88
401.18	1	87873



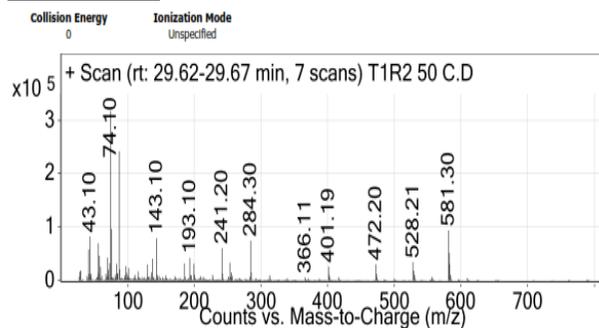
## Peak List

m/z	z	Abund
41.1		42392
43.1		53614.86
55.1		47557.57
74.1		228132.58
75.1		64205.71
87.1	1	168534.86
143.1	1	149212.29
193.1		46099.43
401.2	1	40188.57
581.3	1	66835.43



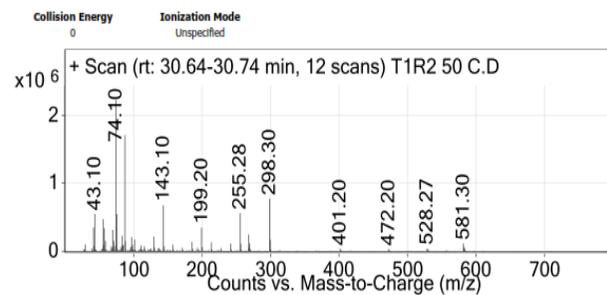
## Peak List

m/z	z	Abund
41.1		386686.41
43.1	1	545991.19
55.1		491717.59
69.1		310223.19
74.1		2487302.5
75.1	1	509594.41
87.1	1	1831916.75
143.1	1	638803.19
227.2	1	531489.63
270.3	1	579225.63



## Peak List

m/z	z	Abund
41.1		57070.43
74.1		317731.44
75.1		96635.43
87.1	1	241814.86
143.1	1	78947.43
241.2		60709.71
284.3	1	74450.29
581.3	1	93690.29



## Peak List

m/z	z	Abund
55.1		473175.34
74.1		2229125.25
75.1	1	547781.31
87.1	1	1712496
143.1	1	676828.69
199.2		347951.34
255.28		560472.69
298.3	1	773758

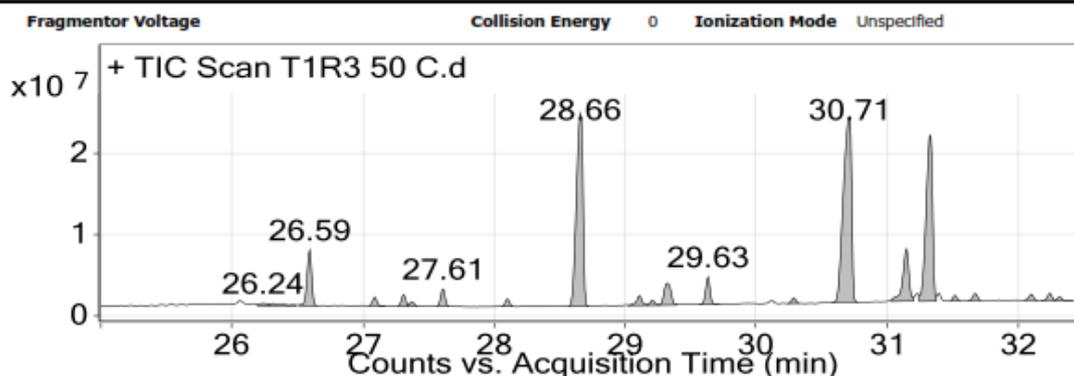
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.60	Methyl tetradecanoate	97.5	6212198.2		4.552242
27.10	Pentadecanoic acid, methyl ester	92.6	924354.9		0.677359
27.32	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	85.5	1095257.1		0.802594
27.38	Methyl myristoleate	86.9	744248.3		0.545378
27.62	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.6	1759987.7		1.289703
28.11	Hexadecanoic acid, methyl ester	93.5	704344.2		0.516137
28.67	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.7	26407195.9		19.35095
29.12	Heptadecanoic acid, methyl ester	91.5	1003770.6		0.735554
29.22	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	89	791984.1		0.580359
29.32	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.2	3257011.2		2.386708
29.64	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.3	2554827.3		1.872154
30.30	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	87.2	934574.5		0.684848
30.71	Methyl stearate	99.4	35225963.1		25.81326
31.15	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.7	10756858.4		7.882527
31.34	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.6	39498907.4		28.94444
31.40	13-Octadecenoic acid, methyl ester	80.2	1102478.8		0.807886
31.53	13-Octadecenoic acid, methyl ester	86.6	863328.8		0.632639
31.69	Nonadecanoic acid, methyl ester	87	689394.3		0.505182
32.11	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	80.3	856206.2		0.62742
32.25	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	90.3	1081699.1		0.792659
			136464590.1		100

- Cromatografía de gases (50° C – 3<sup>era</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T1R3 50 C.D	<b>Sample Name</b>	T1R3 50 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	69
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
		<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

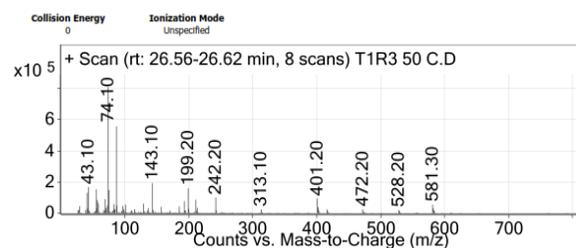
### User Chromatograms



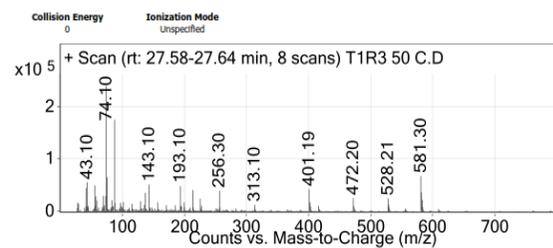
### Integration Peak List

Peak	Start	RT	End	Height
1	26.52	26.59	26.65	6846395.9
2	27.05	27.09	27.17	1084619.8
3	27.26	27.31	27.34	1417704.06
4	27.56	27.61	27.66	2119807.64
5	28.06	28.1	28.14	907746.78
6	28.57	28.66	28.72	23720104.77
7	29.02	29.11	29.17	1208543.91
8	29.17	29.21	29.25	609403.97
9	29.25	29.32	29.4	2706706.2
10	29.56	29.63	29.72	3386879.2
11	30.24	30.29	30.33	704938.17
12	30.58	30.71	30.78	22879604.73
13	31.04	31.15	31.2	6425827.63
14	31.24	31.33	31.38	20448705.26
15	31.48	31.51	31.56	678367.49
16	31.62	31.67	31.71	900752.2
17	32.04	32.1	32.15	768286.69
18	32.18	32.24	32.28	917810.77

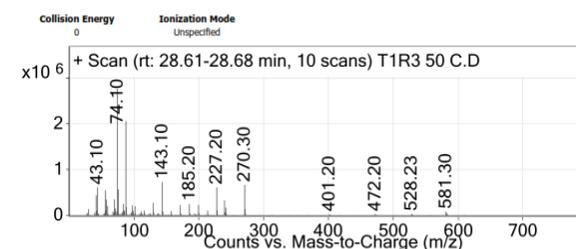
Figura 11. Cromatografía de gases (50° C – 3<sup>era</sup> repetición)



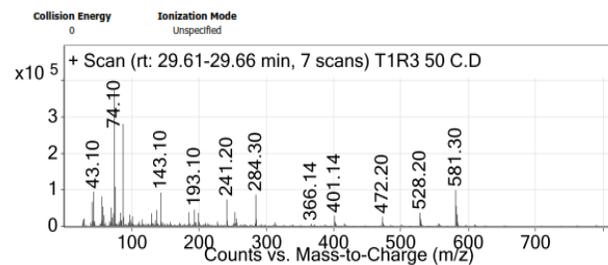
m/z	z	Abund
41.1		130623
43.1		168013
55.1		152402
74.1		810600
75.1	1	149084
87.1	1	557528
87.1	1	192559
143.1		158668
242.2		99664
401.2	1	92848



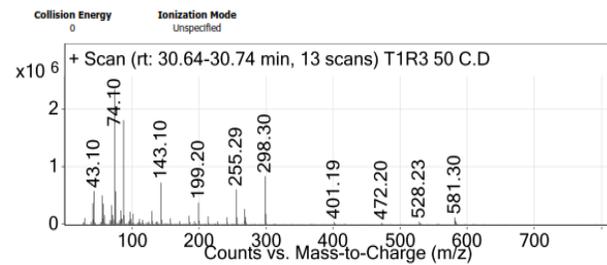
m/z	z	Abund
41.1		4473.63
43.1		55557
55.1		49572
74.1		239817
75.1		65510
87.1	1	174983
143.1	1	50987.13
193.1		48511
401.19		42706
581.3	1	67829



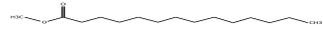
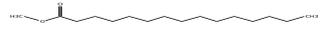
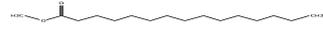
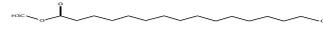
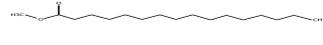
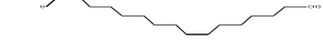
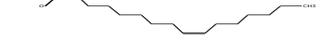
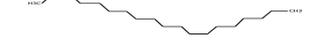
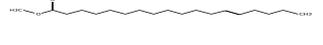
m/z	z	Abund
41.1		432568.81
43.1	1	609094.38
55.1		550387.19
69.1		347305.59
74.1		2768953.5
75.1	1	563507.19
87.1	1	2057888
143.1	1	726003.19
227.2	1	608670.38
270.3	1	663016



m/z	z	Abund
41.1		66554.29
43.1		94456
55.1		81235.43
74.1		371870.84
75.1	1	108137.14
87.1	1	281124.56
143.1	1	91694.86
241.2	1	73269.71
284.3	1	86497.14
581.3	1	99161.14



m/z	z	Abund
41.1		367800.63
43.1	1	577344
55.1		497514.47
74.1		2344354.5
75.1	1	572814.75
87.1	1	1804115.75
143.1	1	721442.44
199.2	1	373625.84
255.29	1	602060.94
298.3	1	831512.63

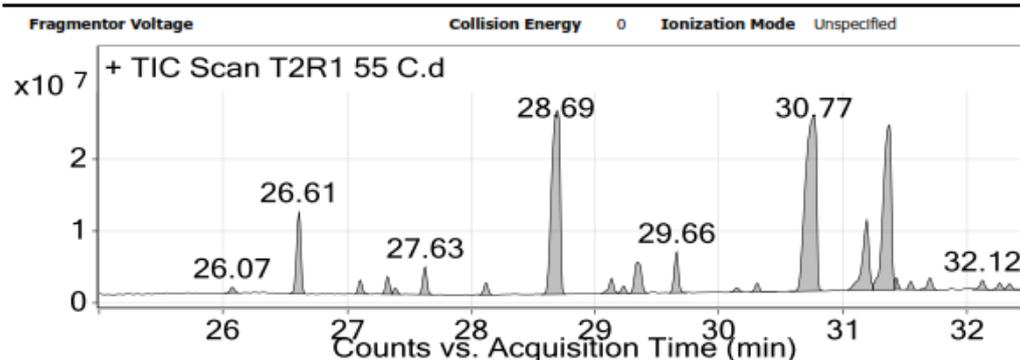
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.5921	Methyl tetradecanoate	97.8	7620062.3		4.549726192
27.0899	Pentadecanoic acid, methyl ester	89.5	1083352.6		0.646839554
27.3104	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	85.8	1426938.2		0.851984911
27.3741	Methyl myristoleate	87.2	848364.7		0.506534848
27.6103	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.9	2173564.7		1.297774724
28.1024	Hexadecanoic acid, methyl ester	94.6	831179.1		0.496273806
28.6601	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.6	34801391.4		20.77893798
29.1106	Heptadecanoic acid, methyl ester	91.4	1179996		0.704542627
29.2088	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.9	927908.7		0.554028346
29.3141	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.7	3970002.1		2.370377278
29.3375	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	80.4	2542332.7		1.517955788
29.6324	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.5	3010254.5		1.797338815
30.1176	Methyl stearate	90.6	368385.4		0.219952625
30.2876	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	90.2	1111006.8		0.663351104
30.7098	Methyl stearate	99.3	40144858.6		23.96937288
31.1467	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.8	13186019.8		7.873003827
31.328	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	98.6	47692541.2		28.47588317
31.5172	13-Octadecenoic acid, methyl ester	87.6	1046257		0.624690808
31.6726	Nonadecanoic acid, methyl ester	87.6	823571.4		0.491731461
31.8479	1,11-Dodecadiene	81.8	144483.1		0.08626682
32.1001	11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	82.3	1239082		0.739821225
32.2407	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	92.7	1312423.2		0.783611206
			167483975.5		100

- Cromatografía de gases (55° C – 1<sup>era</sup> repetición)

### Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T2R1 55 C.D	<b>Sample Name</b>	T2R1 55 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	65
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
		<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08- Sep-2014 Copyright © 1989- 2014 Agilent Technologies, Inc.

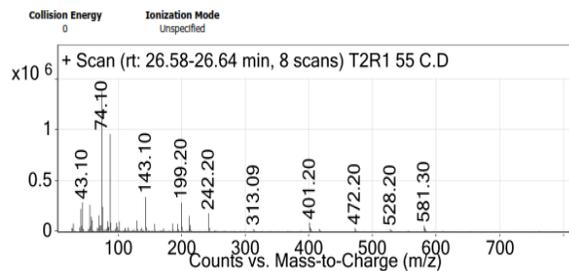
#### User Chromatograms



#### Integration Peak List

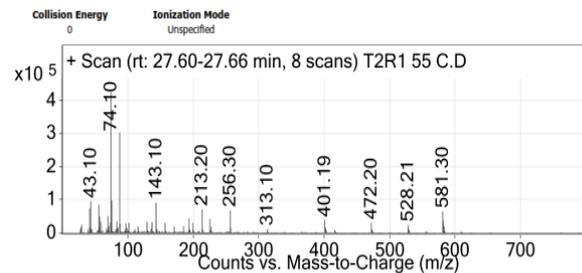
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.53	26.61	26.66	11483544.27
2	27.06	27.11	27.17	1941075.39
3	27.28	27.33	27.36	2467563.67
4	27.58	27.63	27.69	3836359.91
5	28.07	28.12	28.17	1657222.69
6	28.57	28.69	28.76	25170249.16
7	29.05	29.14	29.19	2104976.4
8	29.19	29.23	29.27	1028046.56
9	29.27	29.34	29.42	4348021.09
10	29.6	29.66	29.74	5695734.28
11	30.25	30.3	30.47	1237144.95
12	30.57	30.77	30.83	24165780.38
13	31.04	31.19	31.24	9720828.13
14	31.24	31.38	31.42	22987691.09
15	31.42	31.43	31.47	1586997.9
16	31.51	31.55	31.58	1123868.5
17	31.62	31.71	31.76	1616518.5
18	32.05	32.12	32.19	1301304.19

Figura 12. Cromatografía de gases (55° C – 1<sup>era</sup> repetición).



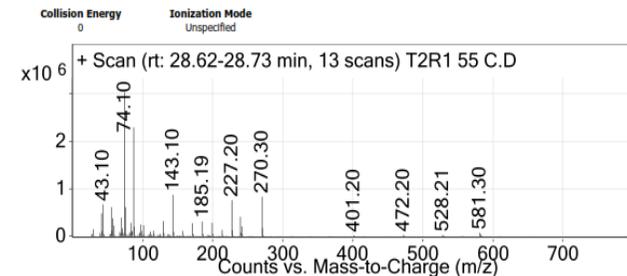
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		218461
43.1	1	282617
55.1		357776
69.1		154515
74.1		1374968
75.1	1	239584
87.1	1	955520
143.1	1	336450
199.2		278717
242.2		175013



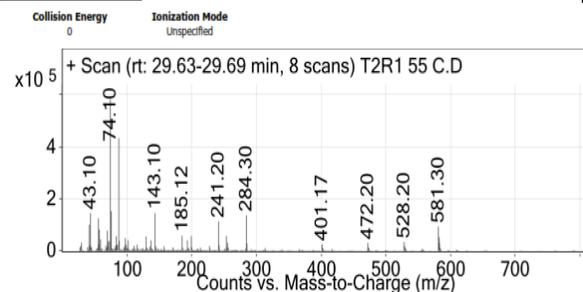
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		73472
43.1	1	95546
55.1		84998
74.1		423444
75.1	1	97325
87.1	1	302491
143.1	1	90504
213.2	1	71221.38
256.3		68104
581.3	1	64880



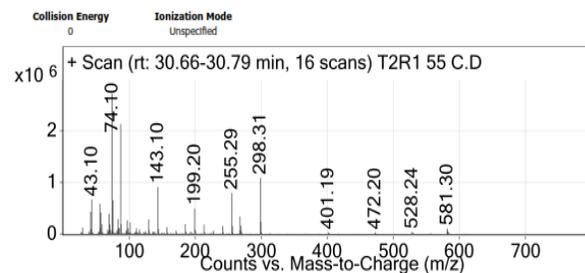
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		479685.53
43.1	1	670035.69
55.1		612726.13
74.1		3027682.5
75.1	1	612105.88
87.1	1	2292800
143.1	1	869922.44
227.2	1	757102.13
239.3	1	407089.22
270.3	1	832824.63



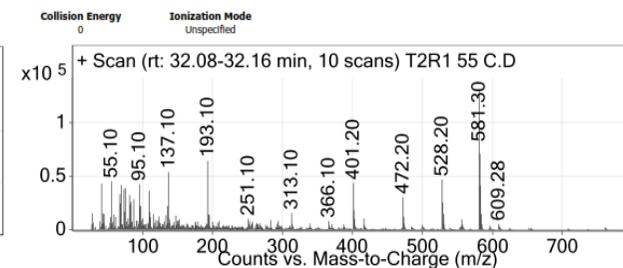
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		100201
43.1		145244
55.1		124547
74.1		582456
75.1		152079
87.1	1	434078
143.1	1	144947
241.2		113113
284.3	1	136618
581.3	1	93051



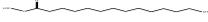
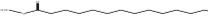
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		431082.5
43.1	1	671464
55.1		588984
74.1		2728364
75.1	1	658144
87.1	1	2137408
143.1	1	912876
199.2	1	493677
255.29	1	796360
298.31	1	1090924



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		42917.6
55.1		44921.6
69.1		41331.2
95.1		42281.7
137.1		53568.8
193.1		64155.2
401.2	1	43620
528.2		46548
581.3	1	128652
582.3	1	70696.8

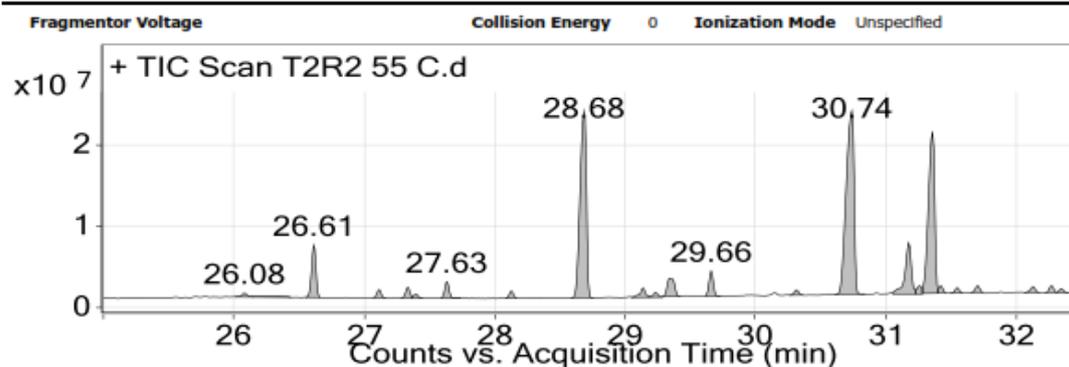
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.61	Methyl tetradecanoate	97.8	14387179.3		5.38772962
27.11	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.7	1952889.5		0.7313206
27.33	Pentadecanoic acid, methyl ester	88.4	2544133.7		0.9527305
27.39	Methyl myristoleate	91.5	1580932.5		0.59202966
27.63	Pentadecanoic acid, methyl ester	96.1	4251282		1.59202561
28.12	Hexadecanoic acid, methyl ester	95.1	1740295.7		0.6517082
28.70	Hexadecanoic acid, methyl ester	97.6	59675128.5		22.3472198
29.13	Heptadecanoic acid, methyl ester	93.6	2336996.8		0.8751616
29.23	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	90.8	1768936.9		0.66243379
29.34	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.7	7255098.5		2.71689873
29.36	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	80.6	4343192.3		1.6264443
29.66	Heptadecanoic acid, methyl ester	96.4	6264133.3		2.34580079
30.14	Methyl stearate	89.9	757040.4		0.28349747
30.31	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	94	1953521.4		0.73155724
30.75	Decanoic acid, methyl ester	80	50669122		18.9746387
31.19	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	99	25952873.3		9.71886576
31.37	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	97.6	71053949.8		26.6083756
31.55	14-Octadecenoic acid, methyl ester	90.9	2078741.1		0.77844967
31.70	Nonadecanoic acid, methyl ester	89.7	1622177		0.60747495
32.13	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	84.7	1991166.3		0.74565455
32.26	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	90.8	1384090.5		0.51831601
32.34	10-Nonadecenoic acid, methyl ester	80.4	1473149.3		0.55166687
			267036030		100

Cromatografía de gases (55° C – 2<sup>da</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T2R2 55 C.D	<b>Sample Name</b>	T2R2 55 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	63
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
		<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08- Sep-2014 Copyright © 1989- 2014 Agilent Technologies, Inc.

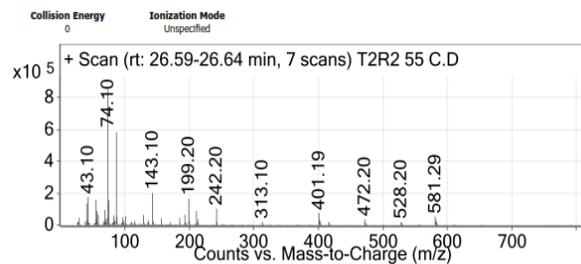
### User Chromatograms



### Integration Peak List

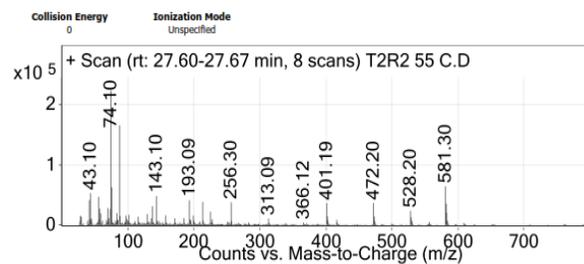
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.55	26.61	26.66	6426222.18
2	27.07	27.12	27.16	995542.85
3	27.28	27.33	27.37	1315003.39
4	27.59	27.63	27.74	2002076.5
5	28.08	28.13	28.17	898565.52
6	28.59	28.68	28.76	22921843.96
7	29.05	29.14	29.19	1166903.09
8	29.29	29.34	29.42	2272738.01
9	29.62	29.66	29.73	3095578.81
10	30.61	30.74	30.84	22553441.21
11	31.05	31.17	31.23	6282573
12	31.23	31.26	31.28	1004475
13	31.28	31.36	31.4	19888843.45
14	31.4	31.42	31.46	874030.29
15	31.65	31.71	31.75	858349.7
16	32.06	32.13	32.18	724499.17
17	32.22	32.27	32.31	854247.9
18	33.52	33.58	33.62	664288.52

Figura 13. Cromatografía de gases (55° C – 2<sup>da</sup> repetición).



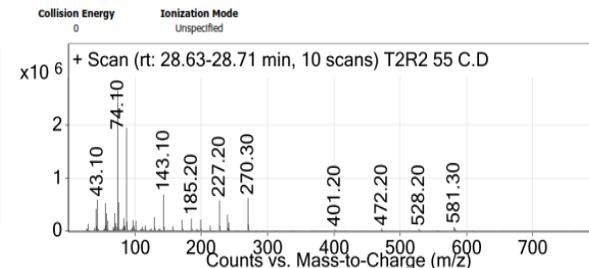
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		137141.72
43.1		177006.86
55.1		159026.28
69.1		94889.14
74.1		851611.44
75.1		155908.58
87.1	1	584466.31
143.1	1	201709.72
199.2		165521.14
242.2	1	103144



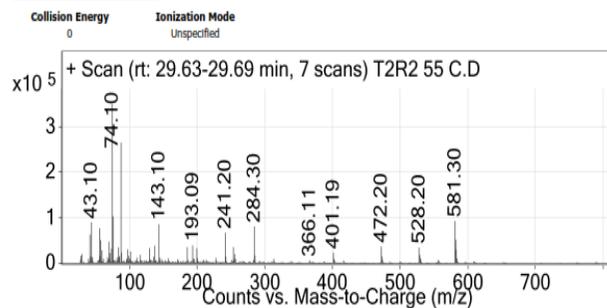
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		41554.25
43.1		53104.5
55.1		46837.63
74.1		223469
75.1		62728
87.1	1	165622
143.1	1	47996.75
193.09		41230
213.2		38537.63
581.3	1	64318



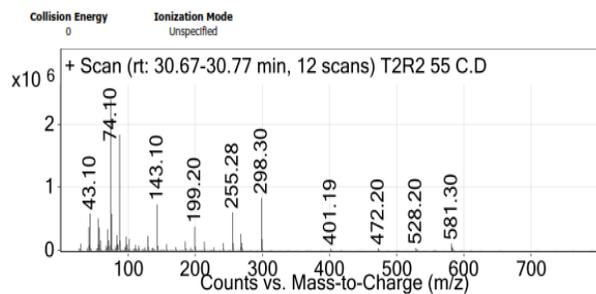
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		413980
43.1	1	587110.38
55.1		526428.81
69.1		331869.59
74.1		2658035.25
75.1	1	541606.38
87.1	1	1954291.25
143.1	1	683979.19
227.2	1	570836
270.3	1	618171.19



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		62811.43
43.1		89221.71
55.1		76267.43
74.1		348371.44
75.1		102780.57
87.1	1	264470.84
143.1	1	85054.86
241.2	1	66797.71
284.3	1	80308.57
581.3	1	92370.29



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		375706.66
43.1	1	591792
55.1		509472
74.1		2399429.25
75.1	1	586021.31
87.1	1	1842864
143.1	1	731653.31
199.2		375057.34
255.28		606832
298.3	1	838080

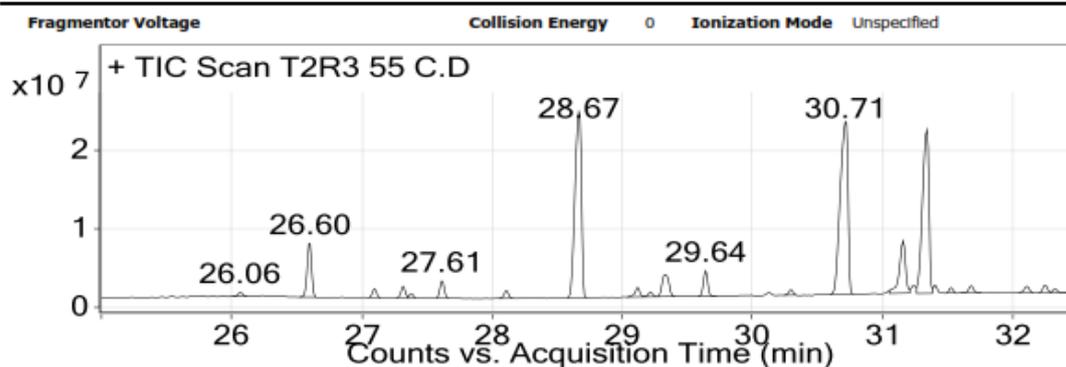
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.61	Methyl tetradecanoate	97.9	7154634.9		4.68261029
27.11	Pentadecanoic acid, methyl ester	86.5	908930.6		0.5948826
27.33	Pentadecanoic acid, methyl ester	84.3	1219156.7		0.79792132
27.40	Methyl myristoleate	85.1	769447.6		0.50359289
27.63	Pentadecanoic acid, methyl ester	92	1829199.3		1.19718582
28.13	Hexadecanoic acid, methyl ester	94.1	843689.9		0.55218345
28.69	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.7	33002362.6		21.5995931
29.14	Heptadecanoic acid, methyl ester	91.8	1164415.2		0.76209376
29.23	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	87.9	869162.2		0.56885472
29.34	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	87	3499361.5		2.29028405
29.66	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.4	2805468.2		1.83614041
30.15	Methyl stearate	90.1	367985		0.24084113
30.31	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	87.6	1031650.1		0.67520082
30.74	Methyl stearate	98.6	38137252.8		24.9603083
31.18	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.7	11850655.5		7.75609129
31.36	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.6	43497794.3		28.4687091
31.55	13-Octadecenoic acid, methyl ester	87.6	889528.6		0.58218425
31.70	Nonadecanoic acid, methyl ester	89.4	741052.6		0.48500875
32.13	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	80.9	1002897.3		0.65638251
32.27	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	91.4	1206948.9		0.78993148
			152791594		100

- Cromatografía de gases (55° C – 3<sup>era</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T2R3 55 C.D	<b>Sample Name</b>	T2R3 55 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	67
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
		<b>Acquisition SW</b>	MassHunter GC/MS
		<b>Version</b>	Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

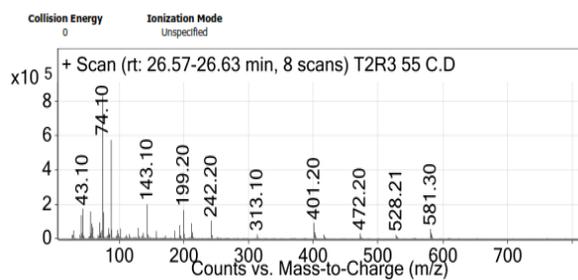
### User Chromatograms



### Integration Peak List

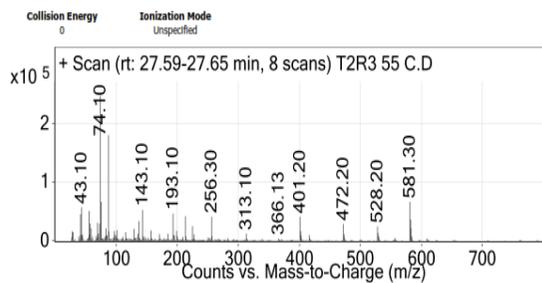
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.52	26.6	26.65	6793720.33
2	27.06	27.1	27.15	1104771.95
3	27.26	27.32	27.35	1443764.92
4	27.57	27.61	27.67	2153974.81
5	28.06	28.11	28.16	1001541.83
6	28.58	28.67	28.73	23607571.92
7	29.04	29.12	29.16	1209970.91
8	29.16	29.22	29.26	602489.02
9	29.27	29.33	29.41	2798909.75
10	29.58	29.64	29.72	3218970.11
11	30.25	30.3	30.33	687901.95
12	30.6	30.71	30.77	21902895.42
13	31.05	31.16	31.21	6643953.55
14	31.26	31.34	31.38	20754664.24
15	31.49	31.52	31.56	661624.95
16	31.6	31.68	31.76	908703.72
17	32.05	32.11	32.16	830918.76
18	32.2	32.25	32.29	973447.64

Figura 14. Cromatografía de gases (55° C – 3<sup>era</sup> repetición).



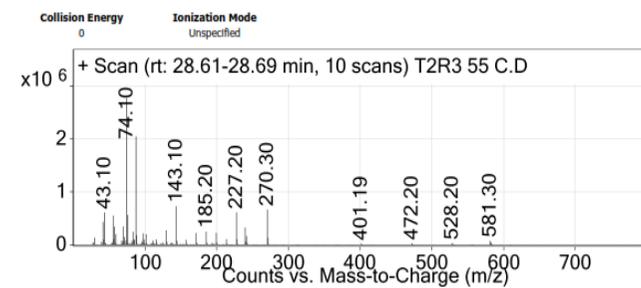
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		134924
43.1		173030
55.1		156702
69.1		93126
74.1		829856
75.1		152334
87.1	1	574634
143.1	1	197991
199.2		164786
242.2	1	103043



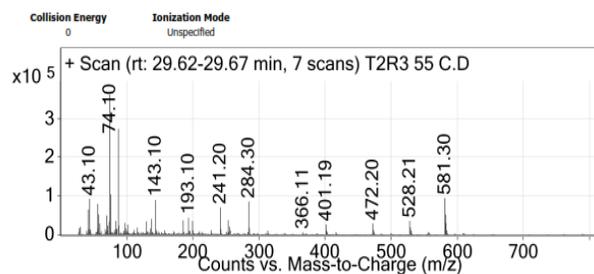
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		45387.13
43.1		57254.38
55.1		50830.63
74.1		247145
75.1		66580
87.1	1	180130
143.1	1	52668.63
193.1		46138
213.2		41969.63
581.3	1	66451



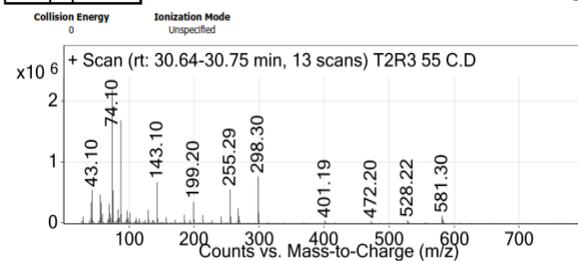
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		431015.19
43.1	1	609856
55.1		549420.81
69.1		347025.59
74.1		2766905.5
75.1	1	562259.19
87.1	1	2050572.75
143.1	1	727545.63
227.2	1	610511.19
270.3	1	664364



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		64923.43
43.1		92534.86
55.1		79443.43
74.1		362058.28
75.1		104251.43
87.1	1	274040
143.1	1	89773.71
241.2	1	70427.43
284.3	1	85521.14
581.3	1	94481.14



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		342434.47
43.1	1	537825.88
55.1		463103.38
74.1		2174917
75.1	1	534431.38
87.1	1	1676091.13
143.1	1	663891.06
199.2	1	341798.16
255.29	1	548273.25
298.3	1	758939.69

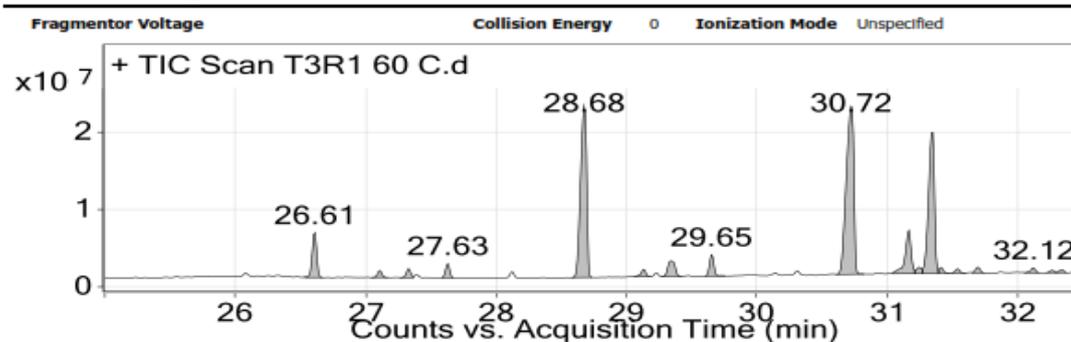
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.5986	Methyl tetradecanoate	97.7	7473823.1		4.424781
27.0977	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.1	1126907.5		0.667171
27.3177	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (5-)	86	1475661.2		0.873646
27.381	Methyl myristoleate	87.5	902109.8		0.534082
27.6172	Pentadecanoic acid, methyl ester	95.1	2021036.8		1.196529
28.1097	Hexadecanoic acid, methyl ester	94.5	861379.7		0.509969
28.6687	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.6	31510328		18.65528
29.1186	Heptadecanoic acid, methyl ester	90.8	1215191.1		0.719438
29.217	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	89.3	990971.7		0.586692
29.3217	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.8	4410763.2		2.611335
29.6408	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.6	3264240.2		1.932551
30.1271	Methyl stearate	88.3	386110.4		0.228592
30.2962	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	89.3	1209930.9		0.716324
30.7172	Methyl stearate	99.3	40734192		24.11615
31.1568	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.6	14322941		8.479713
31.3381	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	98.6	52671661		31.18358
31.5258	13-Octadecenoic acid, methyl ester	87.6	1082677.7		0.640985
31.6808	Nonadecanoic acid, methyl ester	88.5	681714.7		0.4036
32.1085	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	83.2	1191021.7		0.705129
32.2493	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	93.5	1375673.2		0.81445
			168908335		100

- Cromatografía de gases (60° C – 1<sup>era</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T3R1 60 C.D	<b>Sample Name</b>	T3R1 60 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	64
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
		<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

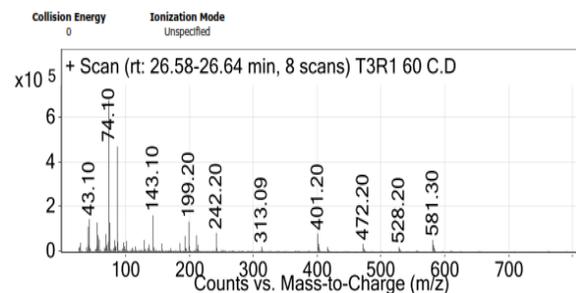
### User Chromatograms



### Integration Peak List

Peak	Start	RT	End	Height
1	26.53	26.61	26.67	5783852.13
2	27.05	27.11	27.17	905878.19
3	27.26	27.33	27.37	1144045.65
4	27.58	27.63	27.67	1837520.94
5	28.58	28.68	28.73	22135843.41
6	29.06	29.13	29.18	964062.26
7	29.27	29.34	29.42	2027244.05
8	29.6	29.65	29.76	2751171.54
9	30.61	30.72	30.82	21695170.91
10	31.04	31.17	31.21	5579973.22
11	31.21	31.24	31.27	807671.36
12	31.27	31.35	31.39	18206715.78
13	31.39	31.41	31.48	755131.85
14	31.49	31.54	31.6	572666.38
15	31.65	31.7	31.74	746396.6
16	32.05	32.12	32.16	633076.23
17	32.22	32.26	32.3	321992.65
18	32.3	32.34	32.37	384708.26

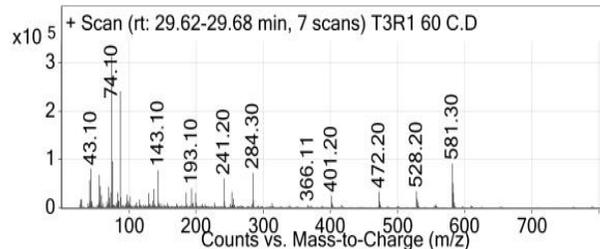
Figura 15. Cromatografía de gases (60° C – 1<sup>era</sup> repetición).



Peak List

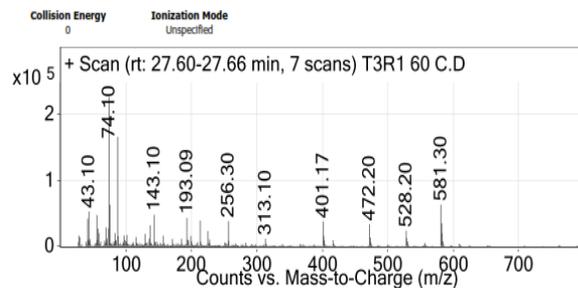
m/z	z	Abund
41.1		110870
43.1		144085
55.1		129369
74.1		680288
75.1		129321
87.1	1	471204
143.1	1	161437
199.2		132786
242.2	1	82430
401.2	1	79382

Collision Energy 0 Ionization Mode Unspecified



Peak List

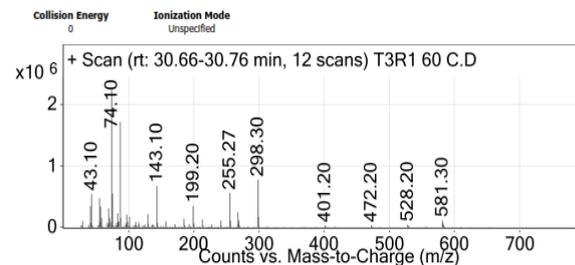
m/z	z	Abund
41.1		57229.71
43.1		80625.14
55.1		67794.29
74.1		312882.28
75.1		96052.57
87.1	1	241145.14
143.1	1	77372.57
241.2	1	60170.86
284.3	1	72180.57
581.3	1	91491.43



Peak List

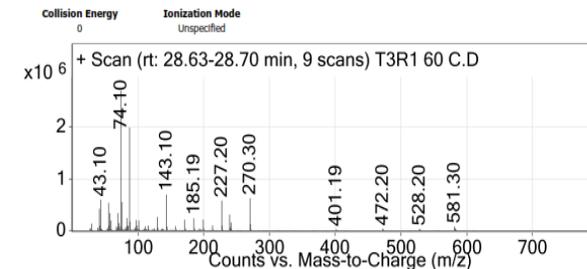
m/z	z	Abund
41.1		41816.29
43.1		52716.57
55.1		47430.86
74.1		226880
75.1		63150.86

87.1	1	166379.42
143.1		47704.29
193.09		42954.29
213.2		39058.71
581.3	1	63217.14



Peak List

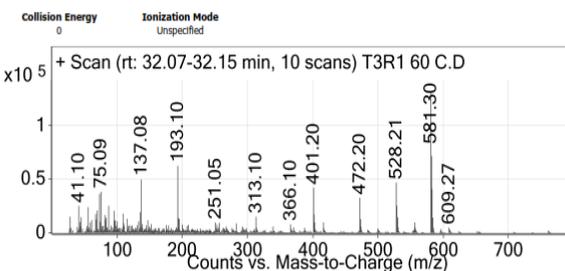
m/z	z	Abund
41.1		348780
43.1	1	547262.69
55.1		474550.66
74.1		2234565.25
75.1	1	549536.69
87.1	1	1716592
143.1	1	671589.31
199.2		345315.34
255.27		557660
298.3	1	773520



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		417664
43.1	1	594119.13
55.1		532408.88
69.1		335858.66

74.1		2695488
75.1	1	548679.13
87.1	1	1986716.5
143.1	1	691328
227.2	1	573568
270.3	1	622563.56



Peak List

m/z	z	Abund
73.1		36262.4
75.09		38178.4
137.08		49579.2
193.1		62264.8
401.2		41944.8
472.2	1	32547.2
528.21	1	46673.6
581.3	1	129700
582.3	1	71388.8
583.3	1	40856

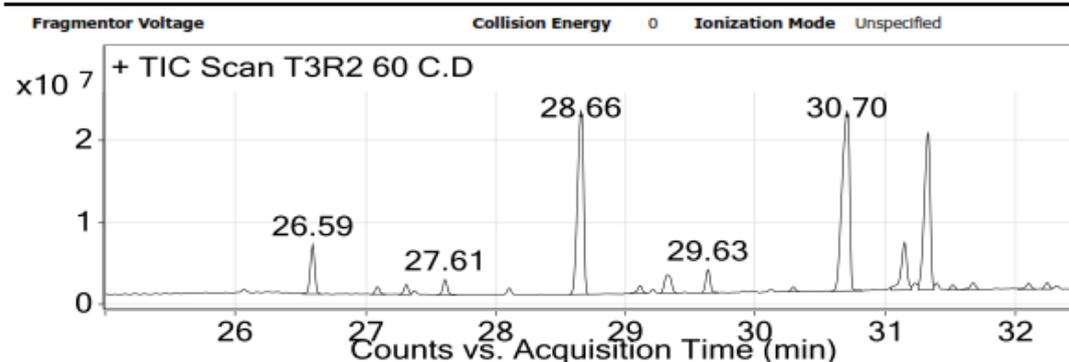
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.61	Methyl tetradecanoate	97.7	6378949.1		4.64986436
27.11	Pentadecanoic acid, methyl ester	90.7	918241.4		0.66934191
27.33	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	85.2	1091190.2		0.79541102
27.39	Methyl myristoleate	84.1	671454.4		0.48944925
27.63	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.8	1742369.6		1.27008104
28.12	Hexadecanoic acid, methyl ester	94	758727.6		0.55306609
28.68	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.7	30523734.4		22.2499384
29.13	Heptadecanoic acid, methyl ester	92.4	986049.1		0.71876958
29.23	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	89.3	702438		0.51203441
29.33	Methyl hexadec-9-enoate	87.9	3117103.4		2.27217803
29.65	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.3	2529726.1		1.84401585
30.14	Methyl stearate	87	325651.3		0.23737991
30.31	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	86.4	895218.4		0.65255955
30.73	Methyl stearate	99.4	35234334.7		25.6836784
31.16	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.6	11146048.7		8.12478886
31.34	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.7	36876159.5		26.8804684
31.41	15-Octadecenoic acid, methyl ester	80	1125241.8		0.82023256
31.54	13-Octadecenoic acid, methyl ester	86.7	900508.1		0.65641541
31.70	Nonadecanoic acid, methyl ester	88.4	691204.7		0.50384602
32.26	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	85.7	571352.4		0.41648101
			137185703		100

- Cromatografía de gases (60° C – 2<sup>da</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T3R2 60 C.D	<b>Sample Name</b>	T3R2 60 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	68
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
		<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08- Sep-2014 Copyright © 1989- 2014 Agilent Technologies, Inc.

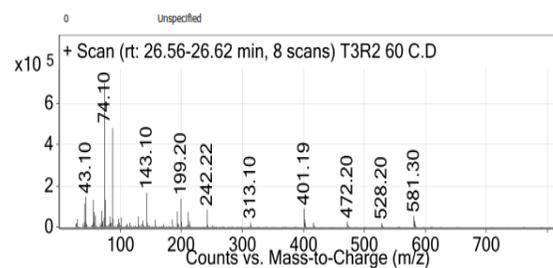
### User Chromatograms



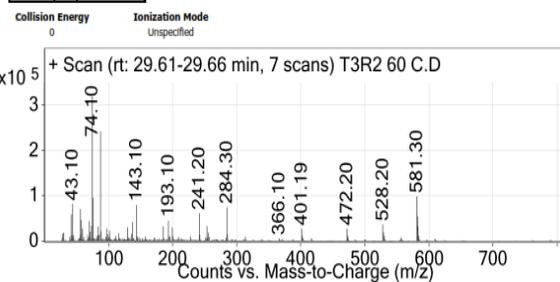
#### Integration Peak List

Peak	Start	RT	End	Height
1	26.52	26.59	26.65	6011176.22
2	27.05	27.09	27.16	922665.58
3	27.26	27.32	27.35	1220617.06
4	27.55	27.61	27.7	1869323.46
5	28.57	28.66	28.71	22417244.03
6	29.03	29.11	29.16	976232.54
7	29.27	29.32	29.4	2244014.61
8	29.59	29.63	29.72	2818114.76
9	30.25	30.3	30.33	573372.97
10	30.58	30.7	30.83	21962081.61
11	31.04	31.15	31.2	5817008.5
12	31.25	31.33	31.38	19175378.29
13	31.48	31.51	31.56	551570.23
14	31.58	31.68	31.72	789004.42
15	32.02	32.11	32.16	715278.12
16	32.2	32.25	32.28	794912.05

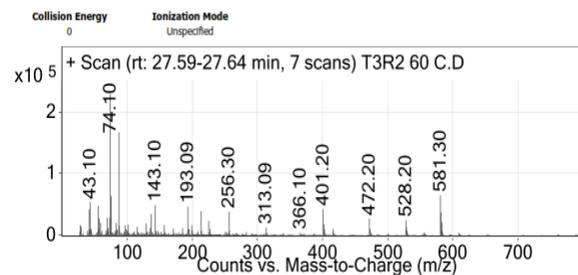
Figura 16. Cromatografía de gases (60° C – 2da repetición).



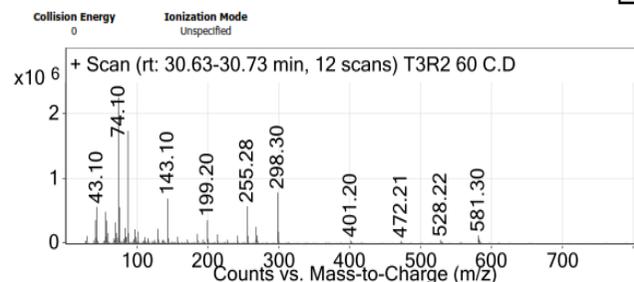
m/z	z	Abund
41.1		114621
43.1		147257
55.1		131817
74.1		699237
75.1		131531
87.1	1	481274
143.1	1	166523
199.2		136902
242.22		85570.5
401.19	1	90473



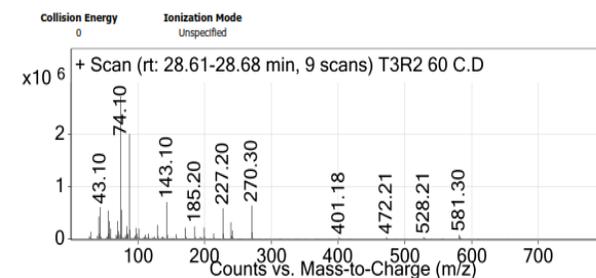
m/z	z	Abund
41.1		58836.57
43.1		81957.71
55.1		70658.29
74.1		319059.44
75.1		95673.14
87.1	1	242377.14
143.1	1	79638.86
241.2	1	61112
284.3	1	74592
581.3	1	98475.43



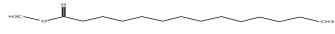
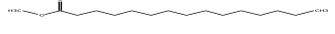
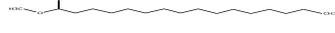
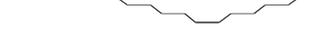
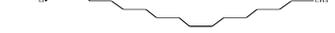
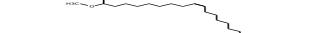
m/z	z	Abund
41.1		42030.86
43.1		53410.29
55.1		47698.29
74.1		229276.58
75.09		63442.29
87.1	1	167369.14
143.1	1	48806.86
193.09		46204.57
401.2	1	42580.57
581.3	1	64888



m/z	z	Abund
41.1		354750
43.1	1	560302
55.1		482798.66
74.1		2267429.25
75.1	1	556053.31
87.1	1	1738197.38
143.1	1	68728
199.2	1	351140.66
255.28		569274
298.3	1	781823.31



m/z	z	Abund
41.1		426986.66
43.1	1	604700.44
55.1		538517.31
69.1		339966.22
74.1		2727566.25
75.1	1	554289.75
87.1	1	2008938.63
143.1	1	700864
227.2	1	583544.88
270.3	1	634019.56

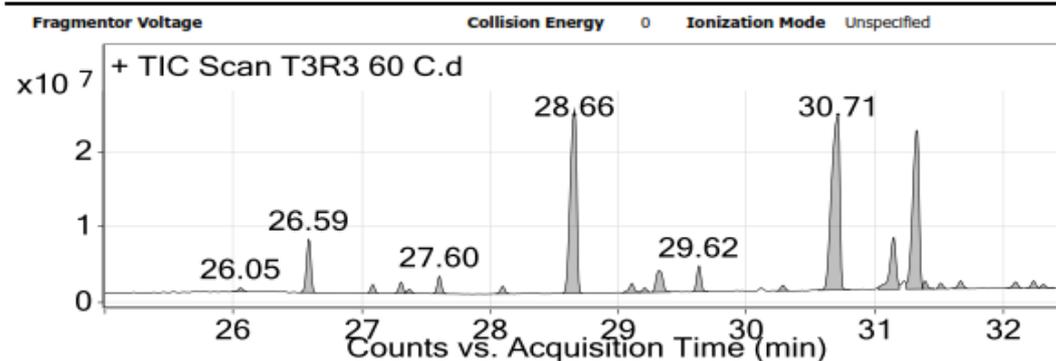
Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.5941	Methyl tetradecanoate	97.8	7184798.1		4.745565
27.0936	Pentadecanoic acid, methyl ester	90.7	933809.6		0.616782
27.3148	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	84.9	1329889		0.878393
27.377	Methyl myristoleate	86	655174		0.432743
27.6134	Pentadecanoic acid, methyl ester	94.1	2029629.7		1.340572
28.1063	Hexadecanoic acid, methyl ester	94.5	727156.9		0.480288
28.661	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.7	33843114.7		22.35341
29.1132	Heptadecanoic acid, methyl ester	91	997767.4		0.659026
29.2127	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	87.4	827165.9		0.546344
29.3168	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	87.2	3272078.4		2.161211
29.3418	Heptadecanoic acid, methyl ester	80.3	2279505.5		1.505615
29.6359	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.2	2859326.8		1.888588
30.1205	Methyl stearate	86.8	337462		0.222894
30.2915	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	87	930344.6		0.614493
30.7062	Methyl stearate	99.4	39406966.8		26.02833
31.147	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.5	10039691.7		6.631225
31.3282	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.7	40989523.8		27.07362
31.5198	13-Octadecenoic acid, methyl ester	87.7	758553.8		0.501025
31.6754	Nonadecanoic acid, methyl ester	87.2	811849.8		0.536227
32.2441	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	91.9	1186451.4		0.783652
			151400259.9		100

- Cromatografía de gases (60° C – 3<sup>era</sup> repetición)

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	T3R3 60 C.D	<b>Sample Name</b>	T3R3 60 C
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	70
<b>Instrument Name</b>	7890B-5977A-MSD	<b>User Name</b>	M. en C. Everardo Tapia
<b>Acq Method</b>	Fameext.M	<b>DA Method</b>	Default.m
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable		
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atune.u
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\5977	<b>MSFirmwareVersion</b>	6.00.21
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>OperatorName</b>	M. en C. Everardo Tapia
		<b>Acquisition SW</b>	MassHunter GC/MS
		<b>Version</b>	Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

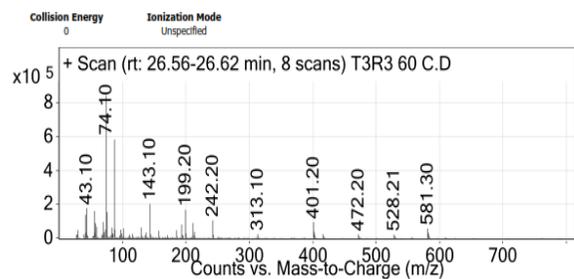
### User Chromatograms



### Integration Peak List

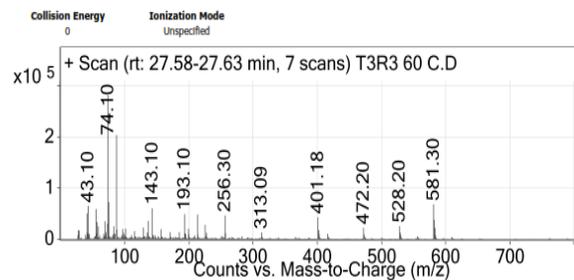
Peak	Start	RT	End	Height
1	26.52	26.59	26.64	7032751.96
2	27.05	27.09	27.13	1105065.89
3	27.26	27.31	27.34	1489508.37
4	27.56	27.6	27.66	2324417.89
5	28.05	28.1	28.15	998052.24
6	28.57	28.66	28.72	24239501.38
7	29.03	29.11	29.16	1186974.68
8	29.26	29.32	29.41	2860936.5
9	29.58	29.62	29.7	3370272.88
10	30.56	30.71	30.81	22910822.11
11	31.03	31.15	31.19	6844181.45
12	31.24	31.32	31.38	20957256.16
13	31.38	31.39	31.46	1053793.17
14	31.48	31.51	31.56	738542.98
15	31.61	31.67	31.72	1007622.64
16	32.03	32.1	32.15	855133.79
17	32.18	32.24	32.28	985682.91
18	32.66	32.72	32.79	717621.88

Figura 17. Cromatografía de gases (60° C – 3<sup>era</sup> repetición).



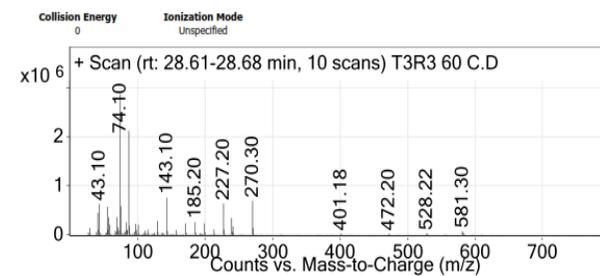
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		137379
43.1		177064
55.1		159929
69.1		94897
74.1		843440
75.1	1	153826
87.1	1	582034
143.1	1	202234
199.2		166057
242.2		104635



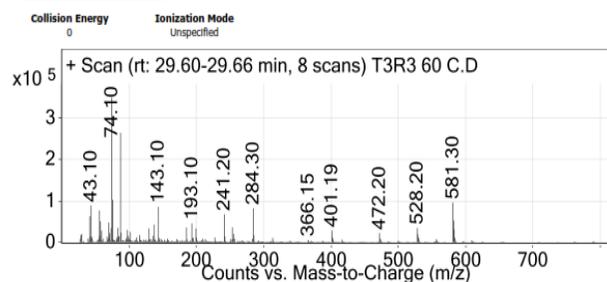
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		50157.71
43.1		64686.86
55.1		58301.71
74.1		281005.72
75.1		72325.71
87.1	1	203266.28
143.1	1	60094.86
193.1		48754.29
213.2		47805.29
581.3	1	67728



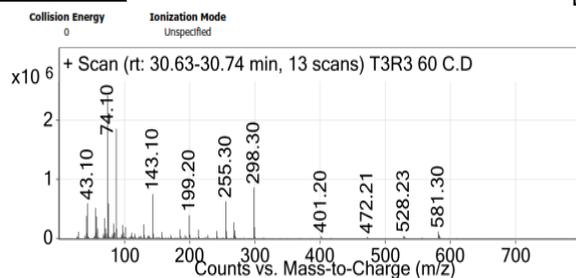
Peak List

m/z	z	Abund
41.1		449139.19
43.1	1	632729.63
55.1		570604.81
69.1		361667.19
74.1		2877401.5
75.1	1	583104
87.1	1	2125676.75
143.1	1	759929.63
227.2	1	639745.63
270.3	1	694040.81



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		62998
43.1		88799
55.1		76713
74.1		348799
75.1		102212
87.1	1	263933
143.1	1	85563
241.2	1	67201.38
284.3	1	81790
581.3	1	95655



Peak List

m/z	z	Abund
41.1		378227.69
43.1	1	593938.44
55.1		514638.78
74.1		2417905.25
75.1	1	590478.75
87.1	1	1856137.88
143.1	1	747377.25
199.2	1	388369.84
255.3	1	626535.38
298.3	1	859982.75

Tiempo de Retencion (min)	Nombre	Match	Area	Formula	%Area
26.59	Methyl tetradecanoate	97.8	8717642.6		4.64133619
27.09	Pentadecanoic acid, methyl ester	93.1	1210156.5		0.6442961
27.31	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	86	1603637.5		0.85378824
27.37	Methyl myristoleate	88.2	861243		0.45853202
27.61	Pentadecanoic acid, methyl ester	95.7	2514835		1.33891641
28.10	Hexadecanoic acid, methyl ester	94.9	1030127.4		0.5484473
28.66	Hexadecanoic acid, methyl ester	98.6	42686479.3		22.7265914
29.11	Heptadecanoic acid, methyl ester	93.3	1377245.1		0.73325529
29.21	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.9	915028.2		0.48716765
29.31	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	88.6	3745891.3		1.99433971
29.63	Heptadecanoic acid, methyl ester	95.7	3833410.1		2.04093536
30.11	Methyl stearate	91.7	444124.1		0.23645489
30.28	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	89.4	1065932.2		0.56751004
30.71	Methyl stearate	99.5	55987257.1		29.808022
31.15	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	98.7	12425718.7		6.61554282
31.33	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	98.5	43546753		23.1846073
31.39	9-Dodecenoic acid, methyl ester, (E)-	81.1	1147181.1		0.61076754
31.51	13-Octadecenoic acid, methyl ester	89.5	911284.6		0.48517453
31.67	Nonadecanoic acid, methyl ester	90.3	1035100		0.55109475
32.10	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	82.4	1197344.8		0.63747506
32.24	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	90.2	1569748.2		0.83574533
			187826140		100

## **ANEXO B – Galería de imágenes**



Figura 18. Obtención de materia prima del matadero municipal de Tingo María.



Figura 19. Pesado de sebo o grasa animal.



Figura 20. Calentamiento de materia prima para obtención de aceite.



Figura 21. Separación de aceite de la grasa animal.



Figura 22. De aceite de grasa animal y restos de grasa (frituras).



Figura 23. Aceite de grasa animal y restos de grasa.



Figura 24. Determinación del índice de acidez por Titulación de NaOH 0.1 N.



Figura 25. Proceso de transesterificación de los ácidos grasos del matadero municipal de Tingo María.



Figura 26. Obtención de biodiesel (parte superior) y glicerina (parte inferior).



Figura 27. Lavado de biodiesel a 40% de agua destilada del volumen total.



Figura 28. Separación de material residual del biodiesel por lavado.



Figura 29. Muestras de biodiesel a diferentes temperaturas (50, 55 y 60 °C).



Figura 30. Pruebas de calidad de biodiesel (fosforo).



Figura 31. Pruebas de calidad de biodiesel (viscosidad).



Figura 32. Pruebas de calidad de biodiesel (pH).



Figura 33. Pruebas de calidad de biodiesel (densidad).



Figura 34. Mezcla de diésel con 10% de biodiesel.



Figura 35. Pruebas motoras.

## **ANEXO C – Planos**

- Mapa de ubicación.

