INSTITUTO TECNOLOGIO DE TUXTLA GUTIERREZ

RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERIA QUIMICA

"PRODUCCION DE BIODIESEL A PARTIR DE LA GRASA DE POLLO, EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ"

PRESENTA:

LARA ARANGO CARLOS ALBERTO

ASESOR: DR. ARNULFO ROSALES QUINTERO

REVISORES:

ING. Leonardo Gómez Gutiérrez
Revisor del Proyecto

ING. Marco Antonio Mazariegos morales.
Revisor del Proyecto

INDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN 7

CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES 8

2.1 Biodiesel 8

2.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIODIESEL 10

2.3 PRODUCCIÓN NACIONAL DE BIODIESEL. 12

2.4 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL 12

2.4.1 Aceites vegetales 12

2.4.2 Grasas animales 15

2.5 ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL 16

2.5.1 Transesterificación 16

2.5.2 Catálisis homogénea 17

2.5.3. Catálisis básica 19

2.5.4. Catálisis acida 19

2.6 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN 20

2.7 NORMATIVIDAD DEL BIODIESEL. 26

2.8 PRUEBAS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA 29

2.8.1 Método Rancimat 29

2.8.2 Estabilidad Oxidativa 29

2.8.3 Un amplio rango de aplicaciones 29

2.8.4 Estándares 30

2.8.5 Estimación del tiempo de almacenamiento 30

CAPÍTULO 3 31

JUSTIFICACIÓN 31

CAPÍTULO 4 31

OBJETIVOS 31

4.1 Objetivo general 31

4.2 Objetivos específicos 31
CAPÍTULO 5 32
MATERIALES Y MÉTODOS 32
5.1 Materia prima 32
5.1.1 Obtención 32
5.2 Caracterización de la grasa 32
5.2.1 densidad de grasa de pollo 33
5.2.2 Índice de refracción 34
5.2.3 viscosidad de la grasa de pollo 34
5.2.4 índice de acidez (NMX-F-101-1987) 35
5.2.5 Índice de saponificación (NMX-F-174-S-1981) 36
5.2.6 Masa molecular promedio 37
5.3 Transesterificación con álcali 38
5.4 Determinaciones al biodiesel 38
5.4.1 Acidez biodiesel 38
5.4.2 Densidad del biodiesel 40
5.4.3 Viscosidad del biodiesel 40
5.4.4 Humedad 41
5.4.5 Estabilidad oxidativa 42
CAPÍTULO 6 43
RESULTADOS 43
6 Censo 43
6.1 Mercado Díaz Ordaz 44
6.2 Mercado San Juan 45
6.3 Mercado nuevo 46
6.4 Mercado 5 de mayo 47
6.5 Mercado de los ancianos 48
6.6 Mercado del norte 49

6.7 Mercado de Terán 50

6.8 Mercado 20 de noviembre. 51

6.9. Producción total de los mercados 52

6.3Caracterización fisicoquímica del aceite de pollo 53

6.4 Caracterización del biodiesel obtenido 54

CAPÍTULO 7 55

CONCLUSIONES 55

CAPÍTULO 8 57

REFERENCIAS 57

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: los principales beneficios de los biocombustibles (thanh et al,2012;lizana,2009). 9

Tabla 2.2: comparación de las normas EN 14214-03 Y A.S.T.M D6751 28

Tabla 2.3 Cantidad de grasa de pollo del mercado Díaz Ordaz Kg. 44

Tabla 2.4: cantidad de grasa en el mercado San Juan Kg. 45

Tabla 2.5: cantidad de grasa en el mercado nuevo Kg. 46

Tabla 2.6: cantidad de grasa en el mercado 5 de mayo Kg..... 47

Tabla 2.7: cantidad de grasa en el mercado de los ancianos Kg..... 48

Tabla 2.8: cantidad de grasa en el mercado del norte..... 49

Tabla 2.9: cantidad de grasa en el mercado de Terán. 50

Tabla 2.10: cantidad de grasa en el mercado 20 de noviembre. 51

Tabla 2.11: suma total de la grasa de los 8 mercados en Kg. 52

Tabla 2.12: proyección de aceite por mercado en litros. 52

Tabla 2.13. Caracterización fisicoquímica del aceite de pollo obtenido. 53

Tabla 2.14 propiedades fisicoquímicas del biodiesel de pollo. 54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: recacciones reversibles consecutivas. 16

Figura 2.2: transesterificacion 2 con metanol y catilizador (KOH). 18

Figura 2.3: Ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada 44

Figura 2.4: Ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 45

Figura 2.5: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 46

Figura 2.6: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 47

Figura 2.7: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 48

Figura 2.8 ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada..... 49

Figura 2. 9: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 50

Figura 2.10: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada. 51

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Debido al agotamiento de las reservas de petróleo del mundo y la creciente preocupación ambiental, hay una gran demanda de fuentes alternativas de combustible, como son los biocombustibles líquidos, gases y solidos producidos a partir de biomasa vegetal y animal, estos se diferencian de los combustibles fósiles por su procedencia (Leung y col., 2010).

Una gran variedad de combustibles pueden ser producidos a partir de la biomasa como son hidrogeno y biogás, bioetanol producido a partir de la hidrolisis de hemicelulosa y celulosa, y posterior fermentación de los azucares obtenidos, y biodiesel proveniente de aceites vegetales o grasas animales y puede ser empleado solo o en mezcla con diesel de petróleo, sin modificar la eficiencia del motor (Demirbas, 2008).

El biocombustible apareció como una solución para varios de estos problemas, especialmente para la reducción de gases de efecto invernadero, para el desarrollo de las economías agrícolas regionales y para la independencia de la economía en base a combustibles fósiles. (Ganduglia *et al* , 2009).

CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES

2.1 Biodiesel

Es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales, empleado en motores de ignición de compresión, tanto como en calderas de calefacción. Dicho en términos más simples: el biodiesel es un combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales o grasas animales; asimismo, puede ser utilizado como sustituto o aditivo del diesel convencional. El término *bio* hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diesel tradicional derivado del petróleo; por su parte, *diesel* alude a su uso en motores de este tipo. (Acosta *et al*, 2008)

Tabla 2.1: los principales beneficios de los biocombustibles (thanh et al,2012;lizana,2009).

Los impactos ambientales	La reducción de gases de efecto invernadero Reducción de la contaminación del aire La mayor eficiencia de combustión fácilmente biodegradable
La seguridad energética	Suministro de fiabilidad La reducción del uso de combustibles fósiles La reducción de la dependencia del petróleo importado Renovables
impactos económicos	Sostenibilidad Aumento del número de empleos en la manufactura rurales Desarrollo local y regional: Mejora la cohesión económica y social y posibilita la creación de puestos de trabajo
Otras	Puede ser usado directamente en motores de inyección directa, sin necesidad de adaptaciones especiales. El desempeño de los motores registra diferencias significativas en relación a los combustibles fósiles, debidas a su alto poder lubricante. El manejo es más seguro, pues posee flash point (punto de inflamación) muy alto

2.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIODIESEL

La producción de biocombustibles a nivel mundial ha crecido exponencialmente en los últimos años. Su desarrollo se ha visto favorecido por la subida del precio del petróleo y las políticas de subvención pública adoptadas por los distintos países para cumplir con las exigencias del Protocolo de Kioto.El continente americano concentra más del 95% de la producción mundial de bioetanol, mientras que la producción de biodiésel procede principalmente de la Unión Europea, según señala el Informe Sectorial 2010 de Infinita Renovables3.

Según los datos del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), en los últimos 9 años, la producción mundial de biodiésel se ha multiplicado por 10, hasta alcanzar los 15.000 millones de litros al año en 2009.

La producción de bioetanol también ha aumentado significativamente, pasando de menos de 20.000 millones de litros al año en 2000 hasta 90.000 millones en 2009. La mayor parte de este crecimiento se ha registrado principalmente en Estados Unidos, Brasil y Alemania que aglutinan más de la mitad de la producción de biodiésel y más de las tres cuartas partes de la producción de bioetanol. Los expertos sostienen que en los próximos años el sector de los biocombustibles seguirá expandiéndose pero a un ritmo diferente. Las previsiones indican que el mercado mundial de bioetanol se duplicará, debido principalmente a la rápida expansión de los biocombustibles en Estados Unidos, y el de biodiésel crecerá considerablemente en Europa. La tasa acumulativa de crecimiento anual entre

2009 y 2020 será del 10,1% (con un volumen de producción estimado de 45.291 millones de litros en 2020). Europa lideró el mercado de biodiésel en 2009, con una cuota de producción del 49,8%. El segundo puesto lo ocupó el continente americano con una cuota cercana al 33%. Los cinco principales países productores a nivel mundial durante el año 2009 fueron Alemania, EE.UU,

Francia, Argentina y Brasil, que en su conjunto producen el 68,4% del total del biodiésel del mundo. Australia es el mayor productor en la región Asia-Pacífico, seguido de China y la India.

(Lafont *et al*, 2011)

América Asia África Oceanía

(Fuente: Infinita Renovables: Informe sectorial 2010)

Sin embargo, según los datos que maneja el GBC (Global Biofuels Center)4, Estados Unidos lideró en 2010 el ranking de la capacidad de producción por países, tanto en bioetanol como en biodiésel. En este segundo caso, con una capacidad similar a la de Alemania y España. Ránking de los 25 países por capacidad de producción biodiésel*Fuente: Infinita Renovables: Informe sectorial 2010.*

2.3 PRODUCCIÓN NACIONAL DE BIODIESEL.

La producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en México en el mediano plazo de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico. El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos, de grasas animales y de aceites y grasas recicladas. En este proyecto se estudiaron como insumos para este combustible a la semiila de colza, soya, jatropha, girasol, y cártamo, así como el uso de sebo animal y aceite reciclado.

Actualmente existe un gran interes mundial para producir biodiesel, principalmente por sus potenciales beneficios, entre 2000 y 2009 la produccion de biodiesel crecio de 0,8 a 14,7. (Sorda y col., 2010)

2.4 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

2.4.1 Aceites vegetales

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Algunos no son aptos para consumo humano, como el de ricino o algodón.

Como todas las grasas está constituido por glicerina y tres ácidos grasos.

El aceite vegetal puede provenir de frutos o semillas como:

- La aceituna (fruto del olivo)
- El girasol
- La soja
- La palma, tanto del fruto como del hueso.
- El sésamo
- El maní
- El arroz
- El maíz
- El lino
- El cartamo
- El cáñamo
- La almendra
- La nuez
- La avellana
- Las pepitas de uva
- Las semillas de amapola
- Las semillas de calabaza
- La higuerilla

Según el Departamento de Agricultura de EE. UU. el consumo mundial en el año 2007/08 de aceites vegetales fue:

Soya	37,54 MMT (millones de toneladas)
Palma	41,31 MMT
Colza	18,24 MMT
Girasol	9,91 MMT
Cacahuete o maní	4,82 MMT
Semilla de algodón	4,99 MMT
Hueso de palma	4,85 MMT
Coco	3,48 MMT
Oliva	2,84 MMT

Obtención

El aceite vegetal se puede obtener mecánica o químicamente, y generalmente se usa alguna combinación de ambas técnicas.

En el método mecánico las semillas y frutos oleaginosos se someten a un proceso de prensado. Los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas. Finalmente se somete al aceite extraído a otro proceso de refinamiento.

El método químico utiliza disolventes químicos que resultan más rápidos y baratos, además de dar mejor rendimiento. El solvente generalmente usado es el Hexano. (Altin y col.,2001).

2.4.2 Grasas animales

Se llama grasa animal a las grasas obtenidas de animales dentro de las cuales las más importantes son el sebo, la manteca y la grasa de pollo.

Los ácidos grasos que se encuentran con mayor frecuencia en las grasas animales son el ácido palmítico (n - $C_{15}H_{31}COOH$), el ácido oleico (n - $C_{17}H_{33}COOH$) y elácido esteárico (n - $C_{17}H_{35}COOH$). (Gunstone y col., 2007).

Las grasas animales se utilizan principalmente para la elaboración de productos alimenticios (mantecas, emulsionantes, etc.). Dentro de los usos no comestibles se encuentran la fabricación de jabón, velas para iluminación, tratamiento del cuero y otros materiales textiles, fármacos y cosméticos. (Gunstone y col., 2007).

Estos materiales estan disponibles y pueden ser materias primas apropiadas para la produccion de biodiesel. Un gran inconveniente del biodiesel obtenido a partir de grasas animales es que por lo general tiene mas desventajas de su uso en frio que el producido a partir de aceite vegetal (Wyatt y col., 2005).

2.5 ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

2.5.1 Transesterificación

La reacción de transesterificación con alcohol consiste en reacciones reversibles consecutivas (figura 2.1). El primer paso es la conversión de triglicéridos a di glicéridos, mientras es seguido por la conversión de di glicéridos a mono glicéridos y de mono glicéridos a glicerol produciendo una molécula de metil éster de cada glicérido por paso.

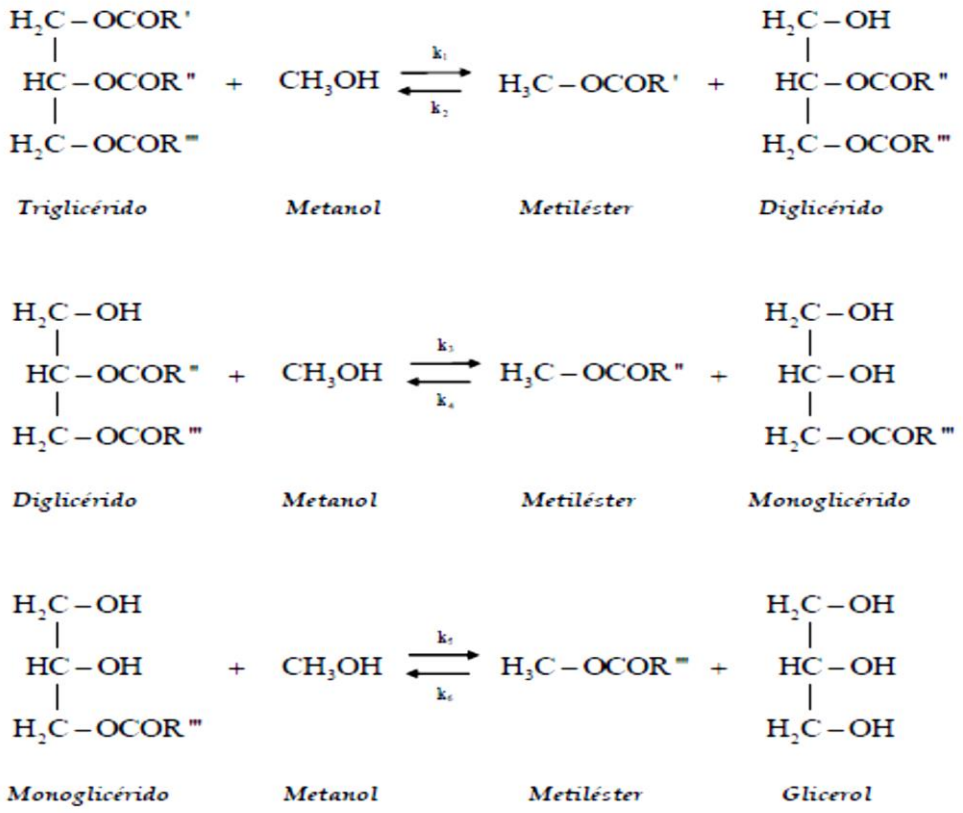

Figura 2.1: reacciones reversibles consecutivas.

La reacción es reversible, por lo cual se utiliza exceso de alcohol para desplazar el equilibrio hacia la producción de ésteres. La reacción estequiométrica requiere 1 mol de un

triglicérido y 3 moles de alcohol, sin embargo, se usa alcohol en exceso para aumentar la producción de ésteres alquílicos y permitirles separar el glicerol de la fase formada. Los aceites vegetales pueden ser transesterificados calentándolos con un gran exceso de metanol y catalizador.

Reacción de ésteres con alcoholes

Los ésteres reaccionan con alcoholes en medios ácidos o básicos formando nuevos ésteres sin necesidad de pasar por el ácido carboxílico. Esta reacción al igual que la hidrólisis es reversible y requiere exceso de alcohol para desplazar los equilibrios. Los mecanismos de la transesterificación son equivalentes a los de la hidrólisis. (Gomez, 2010)

2.5.2 Catálisis homogénea

En el sentido más amplio del término, la catálisis homogénea tiene lugar cuando los reactivos y el catalizador se encuentran en la misma fase, sea líquida o gaseosa. En la catálisis homogénea se tiene un acceso más fácil al mecanismo de reacción y por consecuencia se puede dominar mejor el proceso catalítico correspondiente. Otra ventaja no menos despreciable de este tipo de catálisis es la ausencia de efectos de envenenamiento tan frecuentes en el caso de la catálisis heterogénea, y que obliga a tratamientos costosos de eliminación de impurezas. Finalmente, el último impulso que han dado los complejos

organometálicos a la catálisis homogénea ha sido decisivo en su aplicación industrial a gran escala. (Arumugam *et al*, 2009)

Tanto en el estudio como en la aplicación de una catálisis homogénea en solución no se debe perder de vista que la velocidad no depende directamente de sus concentraciones sino de sus actividades, ya que la presencia de especies ajenas al acto catalítico puede influenciarlas. Así por ejemplo se observa a menudo que al cambiar el solvente la velocidad de reacción se ve afectada esto se explica muy a menudo por un efecto de solvatación o interacciones electroéstáticas. (Arumugam *et al*, 2009).

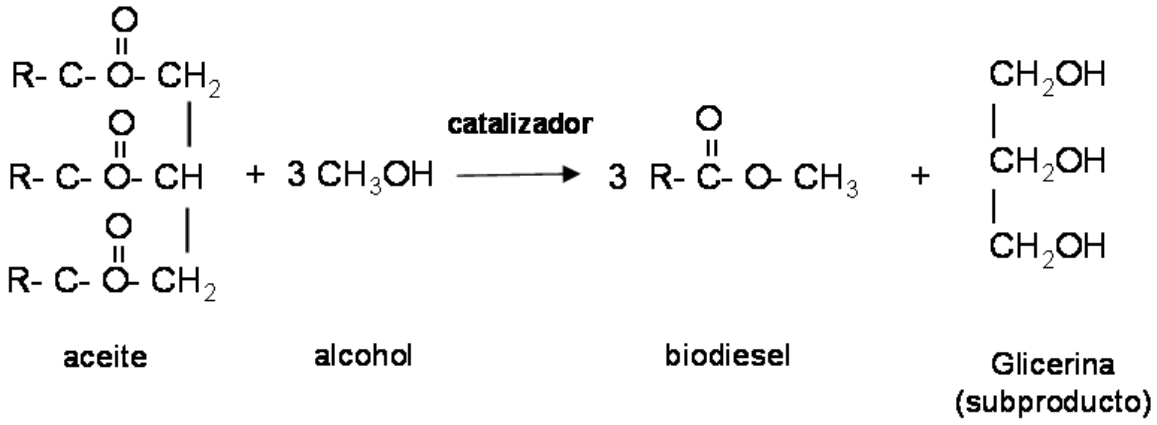

Figura 2.2: transesterificacion 2 con metanol y catalizador (KOH).

La reacción de biodiesel requiere un catalizador; usualmente una base fuerte. Pero existen dos clases de catalizadores que podemos considerar para la

reacción. La cual procede bien con catalizadores homogéneos como el hidróxido de potasio e hidróxido de sodio y acido sulfúrico o catalizadores heterogéneos como óxidos metálicos o carbonatos. El hidróxido de sodio es muy bien aceptado y extensamente usado. (Gomez, 2010)

2.5.3. Catálisis básica

La transesterificación de triglicéridos con alcoholes de bajo peso molecular catalizados por catalizadores alcalinos homogéneos es el proceso más común en la industria de biodiesel debido al bajo costo del catalizador y las buenas conversiones que se pueden alcanzar en tiempos de reacción cortos y temperaturas moderadas. Los catalizadores tales como hidróxidos de metales alcalinos, alcóxidos y carbonatos son los más utilizados. Comercialmente, NaOH y KOH se prefieren debido a su disponibilidad y bajo coste. Los alcóxidos son más caros que los hidróxidos y son más difíciles de manejar, ya que son higroscópicos. (Arumugam *et al*, 2009)

2.5.4. Catálisis acida

Los catalizadores homogéneos ácidos son significativamente más eficaces que los catalizadores de base en la esterificación de ácidos grasos libres, pero no son tan eficaces como los catalizadores básicos en la transesterificación de triglicéridos. La transesterificación catalizada por ácido procede aproximadamente 4000 veces más lenta que la reacción catalizada por la misma cantidad de un catalizador alcalino y también necesita más rigurosas condiciones de temperatura y presión.

Sin embargo, las ventajas de los catalizadores ácidos incluyen su baja sensibilidad a la humedad y la ausencia de formación de jabón. Los catalizadores ácidos se pueden utilizar en la transesterificación de materias primas que contienen un alto contenido de ácidos grasos libres, tales como los aceites de cocina usados, donde el uso de catalizadores básicos es indeseable debido a la formación de jabón. (Arumugam *et al*, 2009).

2.6 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN

La alcoholisis de aceites vegetales depende de la temperatura y tiempo de reacción, relación molar alcohol: aceite vegetal, tipo de alcohol, tipo y concentración de catalizador, intensidad del mezclado y contenido de ácidos grasos libres (AGL) y humedad (Ma, 1999*a*, *b*; Hernández, 2008; Sharma, 2008).

Sin embargo, cuando se utilizan lipasas se deben considerar otras variables como: tipo de solvente, pH del medio reactante, microorganismo que genera la enzima y estado libre o inmovilizado de la enzima (Demirbas, 2008). A continuación se analizan los efectos de las condiciones de operación en la transesterificación de aceites vegetales sobre el rendimiento de la reacción, reportados en la literatura.

Temperatura de reacción: En los procesos biocatalíticos la temperatura de reacción es más baja que la utilizada en catálisis inorgánica, debido a que las altas temperaturas desnaturalizan las enzimas, evaporan el solvente cuando éste es utilizado en la reacción (Lu, 2007) y favorece la reacción de hidrólisis (Noureddini, 2005). El rango de temperatura más utilizado en la catálisis enzimática está entre 35-50 °C. Sin embargo, Köse (2002) reportó un rendimiento del 90% utilizando una temperatura de 60 °C al transesterificar aceite de semillas de algodón con *Cándida antárctica* en estado libre. Soumanou (2003)encontró que el rendimiento al transesterificar aceite de girasol con *R. miehei*, a temperaturas de 35, 40 y 45°C, alcanzó valores de 37, 43 y 63%, respectivamente. Esto muestra que al aumentar la temperatura de reacción, dentro del rango limitado por la enzima, el rendimiento aumenta.

Tipo de alcohol. El rendimiento de la reacción depende del alcohol y la lipasa utilizada (Nelson, 1996). Se ha reportado [Nelson, 1996] que la lipasa de *M. miehei* es más eficiente con alcoholes primarios, mientras que la lipasa de *C. antarctica* lo es con alcoholes secundarios. También se ha encontrado (Noureddini, 2005) que en la etanólisis de aceite de soya con *P. cepacia* inmovilizada el rendimiento es del 65% y con metanol del 47%. Resultados similares se lograron con aceite de soya y *M. miehei* (Nelson, 1996), y aceite de girasol y *P. cepacia*(Mittelbach, 1990). Esto se debe a que algunas lipasas son más eficientes con alcoholes de cadena larga que con alcoholes de cadena corta (Fukuda, 2001). Sin embargo, se ha establecido (Tamalampudi, 2008) que el rendimiento de la alcoholisis de aceite de jatrofa con *R.*

orizae inmovilizada es mayor con metanol que con etanol. Esto se atribuye al bajo peso molecular y la alta polaridad del metanol, pues estas características permiten un mayor contacto con la enzima debido al aumento en la velocidad de difusión a través de la membrana celular (Hama, 2004).

Solvente. En la catálisis enzimática se presentan dificultades como la baja solubilidad del alcohol con los demás componentes de la reacción y el recubrimiento de la enzima por la glicerina (Royon, 2006). Para evitar estos inconvenientes se utilizan solventes como hexano, terbutanol, octano, acetona y éter de petróleo (Soumanou, 2003). En la alcoholisis de aceite de *Madhuca indica* con *P. cepacia* libre utilizando octano como solvente se alcanzó un rendimiento del 84%, mientras que sin solvente fue del 80% (Veena, 2007). Soumanou (2003) evaluó el rendimiento al transesterificar aceite de girasol con *R. miehei*, utilizando diversos tipos de solventes, y encontró que al utilizar enzimas inmovilizadas se obtienen mayores rendimientos con solventes no polares, lo cual se debe a que dichos solventes no retiran el agua esencial de las enzimas, prolongando su actividad catalítica (Lu, 2007). Algunas lipasas, como la *R. miehei, T. lanuginosa* y *P. flourescens,* se ven inhibidas al utilizar solventes orgánicos polares, como la acetona (Soumanou, 2003). Aunque el rendimiento de la alcoholisis aumenta al utilizar solventes, también lo hacen los costos de producción al recuperar y purificar el solvente.

Tipo de biocatalizador. Las lipasas utilizadas se producen de forma extra o intracelular. Las primeras requieren de métodos de purificación para su obtención, elevando sus costos en el mercado (Fukuda, 2001). Debido a esto, se han desarrollado métodos para su inmovilización, incrementando su eficiencia y reutilización en nuevas reacciones (Yahya, 1998; Ranganathan, 2008). Se ha encontrado (Shweta, 2007) que en la alcoholisis de aceite de jatrofa con *P. cepacia* se alcanzan rendimientos del 63 y 79% en 24 h, mientras que en la metanólisis de aceite de soya, con esta misma lipasa, las conversiones son de 41 y 65% mol en 1 h cuando la lipasa se encuentra libre e inmovilizada, respectivamente (Noureddini, 2005). Esto quiere decir que el rendimiento de la reacción aumenta al inmovilizar la enzima debido a la protección que brinda el soporte a los cambios del microambiente de la reacción (Ghamgui, 2007).

Concentración de biocatalizador. Cuando se usan enzimas existe un rango de concentración en el cual se deben agregar, y depende de la lipasa y las condiciones del proceso. Noureddini agregó 300, 550 y 3000 mg de lipasa inmovilizada de *P. cepacia* en la metanólisis de aceite de soya en 1h y encontró rendimientos de 61, 65 y 47% mol, respectivamente. Para el mismo aceite con lipasa libre de *C. viscosum* agregando 10, 50, 75 y 100 mgde la lipasa se obtuvo rendimientos de 50, 61, 69 y 48%, en 8 h (Shweta, 2004). Esto indica que una cantidad elevada de biocatalizador limita el rendimiento, lo cual se debe a que la viscosidad del medio aumenta, dificultando el contacto entre los componentes (Shweta, 2004). Aunque el aumento en la cantidad de lipasa mejora el ren-

dimiento (Noureddini, 2005), éste no es muy significativo, pero sí los costos del proceso, debido a la cantidad de enzima adicionada.

Tiempo de reacción. En la catálisis enzimática este parámetro puede ser mayor que el utilizado en la catálisis química, como lo reportó Tamalampudi (2008) cuando transesterificó aceite de jatrofa con *R. oryzae* durante 60 h y obtuvo un rendimiento del 80%, utilizando una relación molar metanol:aceite del 3:1 y un contenido de humedad del 5%. Sin embargo, Noureddini (2005) reportó que al transesterificar aceite de soya con *Pseudomona cepacia*utilizando una relación molar etanol: aceite de 9.5:1 y un porcentaje de agua del 3%, obtuvo un rendimiento del 63% mol al cabo de 1 h, y a las mismas condiciones pero a un tiempo de 5 h halló que el rendimiento aumentó sólo hasta el 67%.

Intensidad del mezclado. En la catálisis enzimática no sólo es importante agitar al comienzo de la reacción, sino también, durante el transcurso de ella, ya que una vez alimentados los reactivos se forma un sistema de tres fases inmiscibles entre el aceite, el metanol y la enzima (Anjana, 2000; Meher, 2006). Al final de la reacción no se requiere agitación, ya que se busca desestabilizar la emulsión formada y dar paso a la separación de las fases (biodiesel/glicerina/enzima). Es de anotar que el efecto del mezclado en la cinética de la transesterificación es la base para el escalado y diseño del proceso (Barnwal, 2005). En este tipo de catálisis se aconseja una velocidad de agitación entre 150-200 r. p. m. para no afectar la estructura de la lipasa. Sin embargo, se han reportado (Hsu, 2001) velocidades de agitación de 500 y 700 rpm, sin efectos importante durante la reacción. Cuando la lipasa se encuentra inmovilizada en un soporte sólido, se requiere mayor

velocidad de agitación para aumentar la transferencia de masa en el soporte y disminuir la saturación de los poros del soporte con la glicerina (Shimada, 2002).

Contenido de ácidos grasos libres (AGL) y humedad. Se ha encontrado (Freedman, 1984; Recinos, 2005) que en la catálisis inorgánica altos contenidos de AGL y humedad favorecen el proceso de saponificación. En la catálisis biológica altos valores de estos parámetros no promueven la reacción de saponificación debido a la alta especificidad de las enzimas (Li, 2007; Watanabe, 2001). Se encontró (Li, 2007) que células inmovilizadas de *R. oryzae* sintetizan biodiesel a partir de aceites de colza con alto grado de acidez. Tamalampudi (2008) reporta que con humedades de 0,5 y 10% en la transesterificación de aceite de jatrofa con la lipasa inmovilizada del *R. Orizae*se alcanzaron rendimientos de 50, 80 y 60%, respectivamente. Resultados similares se reportaron cuando se transesterificó aceite de jatrofa (Shweta, 2007) y aceite de soya con *P. cepacia* (Noureddini, 2005), lo cual indica que el rendimiento aumenta hasta un valor límite cuando se incrementa el contenido de agua. Este aumento se explica debido a que algunas lipasas requieren de la interfase agua-aceite para iniciar su actividad catalítica (Lu, 2007). Sin embargo, un incremento en el contenido de agua por encima del valor límite reduce la formación de ésteres debido a que las lipasas en medios muy acuosos favorecen la reacción de hidrólisis (Noureddini, 2005).

2.7 NORMATIVIDAD DEL BIODIESEL.

Los estándares y especificaciones técnicas establecidos en las normas de calidad existentes para el biodiesel se basan en una amplia variedad de factores que varían entre las distintas regiones. Entre estos factores se incluyen los estándares existentes para el diésel convencional, los tipos de motores diésel más comunes en la región y los límites establecidos por la regulación sectorial sobre la protección del medio ambiente y las emisiones en el sector del transporte. Aunque existen numerosas normas de calidad para el biodiésel, la mayor parte de ellas se basan en la norma europea EN 14214 y la estadounidense:A.S.T.MD6751.

Las diferencias entre ellas no sólo incluyen los estándares de calidad considerados y los valores límite aplicados a cada uno de ellos, sino que también a los métodos de medida, que aunque en muchos casos se tratan técnicas similares, emplean procedimientos distintos que implican una difícil comparación entre los valores límite de los estándares.

Otra diferencia esencial entre las especificaciones técnicas europeas y norteamericana es que la norma A.S.T.M D6751 se aplica tanto a los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME(Metil éster de ácido graso)) como a los ésteres etílicos de ácidos grasos (FAEE(Éster etílico del ácido graso)), mientras

que la norma EN 14214 solo es de aplicación para los primeros (FAME). Asimismo, la norma estadounidense establece las especificaciones técnicas para el componente biodiesel (B100) mezclado con diésel convencional mientras que la europea lo hace tanto para el combustible resultado de mezclar biodiesel con diesel convencional como para el componente puro B100 que compone la mezcla. (Ambrisol, 2008).

Tabla 2.2: comparación de las normas EN 14214-03 Y A.S.T.M D6751

Propiedad	Unidades	EN 14214-03	A.S.T.M D 6751
Contenido de ésteres	% (m/m)	Mín. 96.5	-----
Densidad a 15 °C	g/cm^3	0.86 – 0.90	-----
Viscosidad 40 °C	mm^2/s	3.50 – 5.00	1.90 – 6.00
Punto de Inflamación	°C	Mín. 120	Mín. 130
Azufre	% (m/m)	Máx. 10	Máx. 0,05
Número de cetano	----	Mín. 51	Mín. 45
Cenizas	%	Máx. 0.02	Máx. 0,01
Agua	mg/Kg.	Máx. 24	-----
Estabilidad de la oxidación a 110°C	hr	Min. 6	Máx. 5
Índice de acidez	mg KOH/g	Máx. 0.50	Máx. 0,80
Índice de yodo	gr yodo/100gr	Max. 140	
Metanol	% (m/m)	Máx. 0.20	-----
Monoglicéridos	% (m/m)	Máx. 0.80	-----
Diglicéridos	% (m/m)	Máx. 0.20	-----
Triglicéridos	% (m/m)	Máx. 0.20	-----
Glicerol libre	% (m/m)	Máx. 0.02	Máx. 0,02
Glicerol total	% masa	Máx. 0.25	Máx. 0,24
Fosforo	mg/kg	Máx. 10	-----

2.8 PRUEBAS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA

2.8.1 Método Rancimat

La determinación de la estabilidad oxidativa de grasas y aceites es la aplicación clásica del Rancimat 743. El tiempo de inducción resultante de la determinación caracteriza la resistencia de las grasas y aceites a la oxidación. Adicionalmente al termino tiempo de inducción se utiliza la expresión: Índice de Estabilidad Oxidativa o por sus siglas en inglés OSI (Oil Stability Index). El método Rancimat también es conocido como “Prueba rápida de estabilidad oxidativa” y es de uso generalizado en la actualidad como una versión automatizada del método AOM (Active Oxigen Method) que es extremadamente complicado.

2.8.2 Estabilidad Oxidativa

Durante la medición, un flujo de aire pasa a través de la muestra de aceite contenida en un vial sellado y calentado, llamado recipiente de reacción. La oxidación del aceite o de las moléculas de grasa en la muestra produce la formación de peróxidos como producto primario. Después de la completa destrucción de los ácidos grasos se general productos secundarios de la oxidación, los cuales son transportados por el flujo de aire a un recipiente secundario que contiene agua desionizada cuya conductividad es continuamente monitoreada. Los ácidos orgánicos se detectan por el incremento en la conductividad del agua desionizada. El tiempo que pasa desde el inicio hasta la producción de estos productos secundarios de la oxidación es conocido como tiempo de inducción, periodo de inducción o índice de estabilidad oxidativa (OSI)

2.8.3 Un amplio rango de aplicaciones

El método Rancimat cumple con los estándares de calidad en la industria de las grasas y aceites o en la producción de productos que las contienen. Adicionalmente a las grasas y aceites de origen vegetal, la estabilidad oxidativa de grasas animales también puede ser determinada.

Algunos alimentos contienen antioxidantes adicionados para retardar la descomposición de las grasas y aceites, con el Rancimat 743 es posible determinar la efectividad de estos antioxidantes añadidos.

2.8.4 Estándares

El método Rancimat está incluido en los estándares nacionales e internacionales como:

AOCS Cd 12b-92 (AOCS – American Oil Chemists' Society)**Sampling and analysis of commercial fats and oils: Oil Stability Index**

NMX-f-012-SCFI-2005

ALIMENTOS – ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OSI –MÉTODO DE PRUEBA

2.8.5 Estimación del tiempo de almacenamiento

Otra opción con el uso del rancimat es la extrapolación de la temperatura. La extrapolación ayuda a determinar la vida media de las grasas y aceites, y se basa en la relación entre el tiempo de inducción y la temperatura de acuerdo a la ley de van't Hoff. Se realizan varias mediciones a diferentes temperaturas para lograr extrapolar la temperatura de almacenamiento. El valor obtenido permite una estimación del tiempo que se puede almacenar un producto.

CAPÍTULO 3

JUSTIFICACIÓN

Los combustibles alternativos para motores diesel han sido cada vez más importantes debido a la disminución de las reservas de petróleo y las preocupaciones crecientes ambientales han hecho los combustibles renovables una alternativa excepcionalmente atractivo como combustible para el futuro.

Los aceites animal potencial mente para la producción de biodiesel de lo cual en la capital del estado de Chiapas es un lugar con grandes cantidades de dicho aceite por lo cual es un lugar potencial para producción de biodiesel a partir del aceite de la grasa de pollo.

CAPÍTULO 4

OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Producir biodiesel a partir de grasa de pollo

4.2 Objetivos específicos

- Elaborar un censo de las cantidades de grasa que potencialmente se pueden transformar en biodiesel en la regio de Tuxtla.

- Recolectar y transformar en biodiesel la grasa mediante el proceso de transesterifiacion con hidróxido de potasio.
- Analizar las propiedades del biodiesel obtenido

CAPÍTULO 5

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materia prima

La materia prima fue extraída mediante una fritura de gordo del pollo (cuero, gordo, residuos del mismo pollo).

5.1.1 Obtención

Se hará una colecta en los principales mercado de Tuxtla gtz. En los horarios de 4 a 5 pm, Después se meterán en refrigeración para que no se oxide el cuero de pollo.

Para después poder extraer el aceite de la misma, por medio de la cocción de los residuos del pollo.

5.2 Caracterización de la grasa

Para determinar algunas de las características fisicoquímicas de la grasa de pollo se realizaron los siguientes análisis de acuerdo a las normas mexicanas para aceites y grasas.

5.2.1 densidad de grasa de pollo

Densidad (NMX-F-075-1987)

Se limpió cuidadosamente el picnómetro con agua. Se escurre y luego se con etanol y éter etílico. Se determinó la masa del picnómetro completo con la precisión de 0.1 mg, se llenó con agua destilada evitando la formación de burbujas de aire se colocó el termómetro y se deja destapada la rama del capilar.

Se sumergió en un baño de agua a 25°C ±0,2°C ó 40°C ±0.2°C durante 30 min controlando la temperatura del baño con el termómetro del picnómetro cuando se alcanzó la temperatura deseada se enraso la rama capilar del picnómetro con agua destilada a la misma temperatura y se tapó, se extrajo del baño, se secó externamente y se determinó su masa con la precisión de 0.1 mg.

El picnómetro se vacía y luego se lava con etanol y éter etílico. se seca como se descrito anteriormente y se llena con la muestra, después se procede como se detalla para el agua destilada.

La densidad relativa se calculó con las siguientes formulas:

G1 = M1 - M

G2 = M2 – M

$$\sigma = \frac{\mathrm{G1}}{\mathrm{G2}}$$

En donde:

M1 = Masa del picnómetro con muestra.

M2 = Masa del picnómetro con agua,

M = Masa del picnómetro vacío.

G1 = Masa neta del aceite o grasa.

G2 = Masa neta del agua.

δ = Densidad relativa del aceite o grasa a temperatura.

5.2.2 Índice de refracción

Índice de refracción (NMX-F-074-S-1981)

Se filtró la muestra para evitar que los componentes solidos interfirieran en la medición.

Posteriormente se llevó a cabo la medición como a continuación se describe:

El refractómetro se colocó frente a la fuente de luz; se insertó el termómetro y se ajustó la Circulación de agua. Posteriormente, se colocó una gota de la muestra sobre el prisma Inferior y se presionó con el superior hasta que ambos quedaron juntos y se ajustó la luz de manera que penetrara en el aparato. Se enfocó el ocular sobre las líneas transversales cruzadas y sobre los lentes de la escala. Se giró el tornillo de ajuste cromático, hasta que apareció una línea de separación perfectamente definida. Se movió el brazo del prisma hasta que la línea de separación se encontró en la intersección del retículo. Se tomaron tres lecturas del índice de refracción en la escala hasta la cuarta cifra decimal.

5.2.3 viscosidad de la grasa de pollo

Para determinar la viscosidad de la grasa (10 g) se empleó un viscosímetro tipo Oswaldo y mediante la medición del tiempo transcurrido, se introdujo en la fórmula

del viscosímetro (Constante x tiempo transcurrido) y así se obtuvo la viscosidad cinemática (Akintayo, 2004).

5.2.4 índice de acidez (NMX-F-101-1987)

Se pesaron 7.05 g de grasa de pollo en un matraz Erlenmeyer de 125 m, a la cual se le adicionaron 75 mL de etanol, la mezcla se agito con el fin de homogenizarla. Posteriormente se añadió 1 mL de fenolftaleína como indicador. La mezcla se tituló con una solución de hidróxido de potasio 0.25 N, hasta que una coloración rosa persistió durante 30 segundos tomándose el volumen de hidróxido de potasio gastado. El resultado de índice de acidez se expresó en miligramos de hidróxido de potasio por gramo de grasa, de acuerdo a la siguiente formula:

Índice de acidez = 56.1 x N x V / P

Donde, 56.1 es el equivalente químico del hidróxido de potasio, N es la normalidad de la solución de hidróxido de potasio (0.25 N), V son los mililitros de la solución de hidróxido de potasio gastados en la titulación y P es el peso de la muestra en gramos (7.05 g). También el índice de acidez se puede expresar como porciento de ácido oleico, aplicando la siguiente expresión:

$$\%\text{acidos grasos libre} = ((\text{meq})(\text{N})(\text{V}) \div \text{P})(100))$$

Donde, meq son los mili equivalentes químicos del ácido graso de referencia (ácido oleico), N es la normalidad de la solución de hidróxido de potasio, V son los mililitros de solución de hidróxido de potasio gastados en la titulación de la muestra y P es el peso de la muestra en gramos.

5.2.5 Índice de saponificación (NMX-F-174-S-1981)

Se pesó 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer, se le agregan 50 mL de hidróxido de potasio en solución alcohólica (Se pesaron 10 gramos de hidróxido de potasio y se disolvió en 250 mL de etanol al 96%).

Al matraz se le adapto un refrigerante de reflujo y se colocó en un baño María hirviente durante 30 minutos, agitándolo frecuentemente. La saponificación se prolongó de 30 a 60 minutos para que se completara.

Una vez terminada la saponificación de 60 minutos se le agrega 1 ml de solución indicadora de fenolftaleína al 1.0 % titulándose en frío, con ácido clorhídrico 0.5 N, se considerándose como tal cuando después de transcurrir medio minuto de que se agrega la última gota del ácido clorhídrico 0.5 N se produjo la decoloración. Se hizo una prueba testigo usando la misma cantidad de reactivo.

El índice de saponificación se calculó con la siguiente fórmula:

I.S. = $\frac{(V1-V2)\times 28.05}{P}$

En donde:

I.S. = Índice de saponificación

V1 = los mililitros de solución de ácido clorhídrico 0.5 N empleados en la titulación del testigo.

V = los mililitros de ácido clorhídrico 0.5 N empleados en la titulación de la muestra.

P = Masa de la muestra en gramos (5 gr).

28.05 = Miligramos de hidróxido de potasio equivalente a 1 ml de ácido clorhídrico 0.5 N

5.2.6 Masa molecular promedio

..La masa molecular promedio se obtiene de la siguiente relación (Akintayo, 2001)

$$masa\ molecular\ promedio = \frac{56}{Índice\ de\ saponificación} x1000$$

Donde 56/ índice de saponificación es la masa en gramos de aceite saponificado por 56 g de hidróxido de potasio.(Akintayo, 2004)

5.3 Transesterificación con álcali

Las reacciones se realizaron de la siguiente manera:

Preparación del metoxido: Se pesaron los gramos de hidróxido de potasio (KOH) de acuerdo al diseño experimental luego se añadieron a un volumen de metanol de acuerdo al cálculo las relaciones molares con el aceite y se llevaron a una temperatura de reacción utilizando una parrilla con agitación durante 120 minutos.

Una vez terminado el tiempo de la reacción, la mezcla fue enfriada hasta temperatura ambiente, y se mantuvo en reposo durante 24 horas hasta formarse dos fases, correspondiendo la capa superior a los esteres y la inferior a la glicerina.

Después se separaron las dos fases y se midieron las viscosidades de los esteres a 40°C.

5.4 Determinaciones al biodiesel

5.4.1 Acidez biodiesel

Acidez (NMX-F-101-1987)

Se pesó 7.05±0.05 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 150 mL, se le agregan 75 ml de alcohol etílico. Esta mezcla se homogenizo y se le añadió 1 mL

de fenolftaleína como indicador. Luego la mezcla se tituló con la solución de hidróxido de potasio al 0.25 N, agitando frecuentemente hasta que una coloración rosada persistiera durante 30 segundos.

El resultado se expresa en miligramos de hidróxido de potasio de acuerdo a la siguiente expresión:

Índice de acidez = 56.1 x N x V / P

En donde:

56.1 = equivalente químico del hidróxido de potasio.

N = normalidad de la solución de hidróxido de potasio (0.25 N).

V = cm^3de solución valorada de hidróxido de potasio gastados en la titulación de la muestra.

P = masa de la muestra en gramos (7.05 g).

Además de expresarlo como porciento de ácido oleico, palmítico o láurico aplicando la siguiente expresión, utilizando el meq del ácido graso de referencia:

$$\% \text{ ácidos grasos libres} = \frac{\text{meq x N x V}}{\text{P}} \text{ x } 100$$

En donde:

meq = miliequivalente químico del ácido graso de referencia

N = normalidad de la solución de hidróxido de potasio (0.25 N).

V = cm^3 de solución valorada de hidróxido de potasio gastados en la titulación de la muestra.

P = peso de la muestra en gramos (7.05 g).

5.4.2 Densidad del biodiesel

Para determinar la densidad de los esteres se empleó un densímetro Density Meter modelo DMA 4500M marca Anton Paar. (Anexo Figura 9.9)

Para determinar la densidad se eligió el método de a través del panel de control seleccionando el método Density 15°C, después de unos minutos de calibrarse, en un tubo con tapa de 12 mL se agregó la muestra y se dejó en la recepción de muestra, en la cual se toma 1mL de la muestra para determinación en tiempo real. Inmediatamente en el panel de control se pulso START, en donde una barra nos indicaba el avance de la lectura al termino se imprimió el resultado en la impresora externa.

5.4.3 Viscosidad del biodiesel

Para determinar la viscosidad de los esteres se empleó un viscosímetro Stanbinger Viscometer modelo SVM300 marca Anton Paar. (Anexo Figura 9.7)

Para determinar la viscosidad cinemática (mm^2/s) primeramente se conectó el equipo y se ajustó la temperatura a 40°C de acuerdo la norma EN 14214-03 para la determinación de viscosidad. Seguidamente se lavó con hexano con una inyectándolo con una jeringa, después secándola con aire atreves de una bomba integrada al equipo.

Luego se tomó la muestra con una jeringa asegurándose de no tener ninguna burbuja de aire dentro de la jeringa, y se inyecto al viscosímetro tratando de inyectar suficiente muestra, después se pulso <START> después de unos minutos

se vuelve a inyectar más muestra de la misma jeringa, repitiendo esto tres veces, al final se imprimió el resultado en la impresora externa con un porcentaje de error de acuerdo a las tres replicas realizadas.

Después de cada lectura de viscosidad, se lava inyectando hexano y secándola con aire.

5.4.4 Humedad

Para determinar la humedad de los esteres se empleó el equipo Karl Fischer modelo 756 coulometer, 782 stirrer. (Anexo Figura 9.10)

Para la determinación: el recipiente de tituración está preparado y el coulometer conectado. En la pantalla aparece pulse la tecla <ATART>

Empieza el pre acondicionamiento, es decir, el recipiente de titracion se seca. El piloto “COND” esta intermitente. La flecha de la indicación de la deriva muestra la tendencia de esta (descendente, ascendente, estable). Cuando el recipiente de titracion está seco, se oye una señal acústica y el piloto “COND” permanece estable. Pulse <ATART> e inyecte la muestra. Introduzca el peso y confírmelo con <ENTER>. Durante la titracion Vd. Ver la curva ug H_2O respecto a tiempo. A la izquierda de la curva aparecen los siguientes valores medidos. H_2O en ug, velocidad en ug/min y tiempo en s.

Después de la titracion se indica el resultado y se imprime en la impresora interna. El recipiente de titracion se mantiene constantemente seco y se indica la deriva actual.

5.4.5 Estabilidad oxidativa

Para determinar la estabilidad oxidativa de los esteres se empleó el equipo Rancimat modelo 743 marca Metrohm.

Para determinar la estabilidad oxidativa se enciende en equipo y la PC conectada a ella. Se pesa 5gr aproximadamente de muestra en los tubos, después se instala las siguientes partes del equipo tapando el tubo con la tapa que tendrá un tubo capilar donde pasara el aire, a continuación se conectan las mangueras de entrada y salida del aire de acuerdo al bloque en donde se coloque las muestras, se llenan de agua aun mismo nivel los vasos de cristal libre de sales de otra forma la lectura será errónea, una vez acoplado todas partes se elige el método y se configura la temperatura a 110°C. Se designan los nombres a cada muestra para identificarlos y se selecciona el botón de iniciar la temperatura de los hornillas, cuando estén a los 110°C se introducen los tubos en las hornillas, y se selecciona <STAR> en el panel de control.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6 Censo

El censo se llevó a cabo en la región de Tuxtla por mercados incluyendo los siguientes:

- Mercado Díaz Ordaz. Ubicado en la calle central entre 4 y 3 sur oriente
- Mercado nuevo. Ubicado en 1 poniente entre 4 y 3 sur poniente
- Mercado 5 de mayo. Ubicado en 2 avenida norte entre 11 a 12 norte.
- Mercado san juan. Ubicado en el bulevar el pensil
- Mercado del norte. Ubicado en 16 avenida norte entre 3 y 4 oriente.
- Mercado de los ancianos. 9 sur entre 13 y 15 oriente.
- Mercado de Terán. Avenida rosarios sabinal entre 4 y 5 poniente Terán.
- Mercado 20 de noviembre. 2 avenida norte entre 1 y 2 oriente

6.1 Mercado Díaz Ordaz

La ubicación del mercado Díaz Ordaz es en la calle central entre 4 y 3 sur oriente (Fig 2.3,) En este mercado había 8 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 15,204 kg/año (Tabla 2.3).

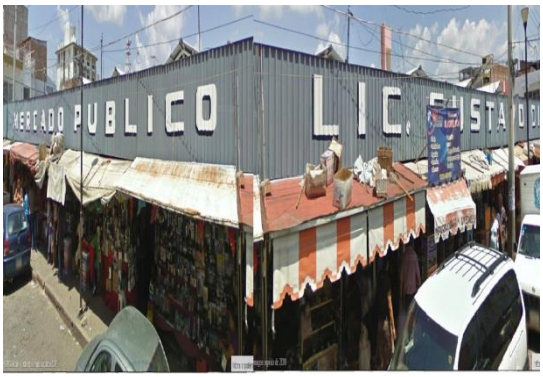

Figura 2.3: Ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada

Tabla 2.3 Cantidad de grasa de pollo del mercado Díaz Ordaz Kg.

numero de expendio	Cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite (Kg)			
	Día	Semana	Mes	Año
1	6	42	180	2172
2	4	28	120	1448
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	6	42	180	2172
7	5	35	150	1810
8	5	35	150	1810
Total	37	294	1260	15204

6.2 Mercado San Juan

La ubicación del mercado san juan es, en el bulevar la pensil (Fig 2.4) En este mercado había 7 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 11,946 kg/año (Tabla 2.4).

Figura 2.4: Ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.4: cantidad de grasa en el mercado San Juan Kg.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite (kg)			
	día	semana	mes	año
1	4	28	120	1448
2	4	28	120	1448
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	4	28	120	1448
7	5	35	150	1810
total	33	231	990	11946

6.3 Mercado nuevo

La ubicación del mercado nuevo es, en la 1 poniente entre 4 y 3 sur poniente (Fig 2.5,) En este mercado había 9 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 17376 kg/año (Tabla 2.5).

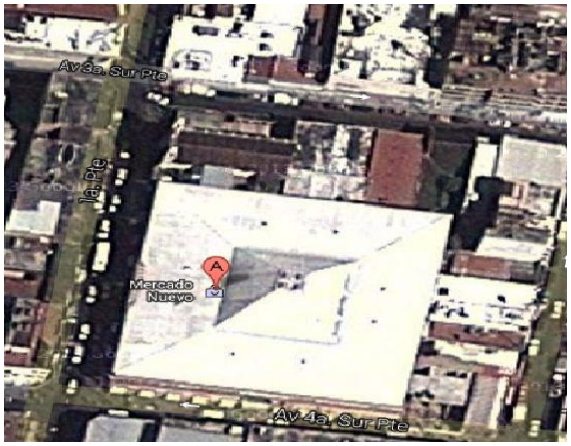

Figura 2.5: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.5: cantidad de grasa en el mercado nuevo Kg.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite (kg)			
	día	semana	mes	año
1	6	42	180	2172
2	6	42	180	2172
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	7	28	120	1448
7	5	35	150	1810
8	6	42	180	2172
9	5	35	150	1810
Total	51	336	1440	17376

6.4 Mercado 5 de mayo

La ubicación del mercado 5 de mayo es, en la 2 avenida norte entre 11 y 12 oriente norte (Fig 2 .6) En este mercado había 7 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 12,308 kg/año (Tabla 2 .6).

Figura 2.6: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.6: cantidad de grasa en el mercado 5 de mayo Kg.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite (kg)			
	día	semana	mes	año
1	6	42	180	2172
2	4	28	120	1448
3	4	28	120	1448
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	6	42	180	2172
7	4	28	120	1448
total	34	238	1020	12308

6.5 Mercado de los ancianos

La ubicación del mercado de los ancianos es, en la 9 sur oriente entre 13 y 15 oriente (Fig 2.7,) En este mercado había 11 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 20,634 kg/año (Tabla 2.7).

Figura 2.7: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.7: cantidad de grasa en el mercado de los ancianos Kg.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite(KG)			
	día	semana	mes	año
1	6	42	180	2172
2	6	42	180	2172
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	6	42	180	2172
7	5	35	150	1810
8	6	42	180	2172
9	5	35	159	1810
10	4	28	120	1448
11	3	21	90	1086
total	57	399	1719	20634

6.6 Mercado del norte

La ubicación del mercado del norte es, en la 16 norte entre 3 y 4 oriente (Fig 2.8) En este mercado había 6 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 10860 kg/año (Tabla 2.8).

Figura 2.8 ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada

Tabla 2.8: cantidad de grasa en el mercado del norte

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite(kg)			
	día	semana	mes	año
1	4	28	120	1448
2	4	28	120	1448
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	5	35	150	1810
6	6	42	180	2172
total	30	210	900	10860

6.7 Mercado de Terán

La ubicación del mercado teran es, en la avenida rosario entre 4 y 5 poniente teran (Fig 2.9) En este mercado había 4 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 6878 kg/año (Tabla 2.9).

Figura 2. 9: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.9: cantidad de grasa en el mercado de Terán.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracción de aceite(KG)			
	dia	sema	mes	año
1	4	28	120	1448
2	4	28	120	1448
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
total	19	133	570	6878

6.8 Mercado 20 de noviembre.

La ubicación del mercado 20 de noviembre es, en la 2 avenida norte entre 1 y 2 oriente

(Fig 2.10 En este mercado había 5 expendios de venta de pollo y acorde a los expendios el porcentaje estimado anual es de 7,964 kg/año (Tabla 2.10).

Figura 2.10: ubicación del mercado a) foto aérea b) foto de fachada.

Tabla 2.10: cantidad de grasa en el mercado 20 de noviembre.

numero de expendio	cantidad de gordo de pollo para la extracion de aceite(kg)			
	día	semana	mes	año
1	4	28	120	1448
2	4	28	120	1448
3	6	42	180	2172
4	5	35	150	1810
5	3	21	90	1086
total	22	154	660	7964

6.9. Producción total de los mercados

La producción estimada de aceite extraído de gordo de pollo se representa en la tabla 2.11 Por cada kilogramo de gordo de pollo se extrajo 890 mL de aceite esto nos da una eficiencia casi de 90% por lo cual como es un producto desechable para los comerciantes es muy viable para la producción de biodiesel en el estado de Chiapas.

Tabla 2.11: suma total de la grasa de los 8 mercados en Kg.

	día	semana	mes	año
total de gordo de pollo (kg)	283	1995	8559	103,170

Tabla 2.12: proyección de aceite por mercado en litros.

mercados	día	semana	mes	año
Viejo	32,93	261,66	1121,4	13531,56
San Juan	29,37	205,59	881,1	10631,94
Juan sabines	45,39	299,04	1281,6	15464,64
5 de mayo	30,26	211,82	907,8	10954,12
Ancianos	50,73	355,11	1529,91	18364,26
Norte	26,7	186,9	801	9665,4
Teran	16,91	118,37	507,3	6121,42
Total de aceite	251,87	1775,55	7617,51	91821,3

6.3Caracterización fisicoquímica del aceite de pollo

Los resultados fueron comparado con la tesis del alumno Marcelo Alfonso Yuca con lo consiguiente nos favores. Debido a que el aceite obtenido fue más virgen ya que tiene mejores rango para la elaboración de biodiesel.

Tabla 2.13. Caracterización fisicoquímica del aceite de pollo obtenido.

Propiedad	Unidades	Estándar ASTM	Resultado	Valor típico*
Densidad	g/cm^3	D-5	0.9054±0.02	0.96
Viscosidad a 40 °C	cSt (mm2/s)	D-445	24±0.09	297
Índice de acidez	mg KOH/ g	D-664	0.4488±0.11	0.5
% de ácidos grasos	%		106.66±5.77	--------
Índice de saponificación	mg KOH/ g aceite	D-5558	226.27±6.85	
Masa molecular promedio	gr	------	257.49	-------
Índice de refracción a 29°C	--------	-------	1.460±0.00	-------
Humedad	Ppm	D-4928	61.015±4.80	0.05 mg/g
Estabilidad oxidativa a 110 °C	Horas	EN14112	22	6

6.4 Caracterización del biodiesel obtenido

El biodiesel se produjo a las condiciones de una temperatura a 40° y una agitación contaste utilizando una cantidad de 55.60 mL de aceite de pollo con 76.20 mL de metanol y como catalizador 1 g de hidróxido de potasio.

Propiedades del biodiesel de pollo

Tabla 2.14 propiedades fisicoquímicas del biodiesel de pollo.

Análisis	Unidades	Resultado
Densidad a 15°C	g/cm^3	0.8588±0.023
Viscosidad a 40 °C	cSt (mm^2/s)	1.2733± 0.154
Humedad	mg/g	10.29±0.2724
Estabilidad oxidativa a 110°C	Horas	2.3
Índice de acidez	mg KOH/ g	0.523.±0.0577

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

- . En el censo hecho se obtuvo los datos de los 8 mercados principales de Tuxtla Gutiérrez que es posible obtener la cantidad de grasa de pollo residual 103,170 kg por año de los cuales son viables para producción de aceite de pollo.

- . Con el aceite obtenido de la grasa de pollo se produjo biodiesel de los cuales entran en el rango de las normas indicadas.

- . En acorde a los resultados obtenidos en un kg de grasa de pollo se obtuvo 890 mL de aceite y de lo cual con eso se obtiene la cantidad de biodiesel de 768.34 mL de biodiesel. De lo cual nos da un rango alto para poder tener un potencial en producción de biodiesel en la capital de chipas eso sin contar los expendios de pollos de empresas particulares.

- Se obtendría la cantidad de 79269.638 litros por año de biodiesel por los ocho expendio de pollo esto nos da un vista de que Tuxtla Gutiérrez puede ser un potencial para la producción de biodiesel.

- Se contribuirá con el medio ambiente ya que fuertemente se está volviendo un problema de la salud como de medio ambiente en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

CAPÍTULO 8

REFERENCIAS

Acosta F; Castro P; Cortijo E; 2008; Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala; Lima; primera edición.

Akintayo, E. T.; 2004; Characteristics and composition of *Parkia biglobbossa* and *Jatropha curcas* oils and cakes; Bioresource Technology; 92: 307-310.

Álvarez M. C.; 2009; Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional; 359.

Ambrisol; 2008; Normas de calidad del biodiése l (http://www.ambisol.es/index.php?tema=detallen&id=418#) 19/11/12.

Ankapong E; 2010; the influence of physicochemical characteristics of vegetable oils on the quality of biodiesel produced from palm oil, palm kernel oil, refined soyabean oil, unrefined soyabean oil and jatropha curcas oi; kwame nkrumah university of science and technology kumasi college of science department of chemistry.

Arumugam S; Cheah K. Y; Fornasiero P; Kemausuor F; Zinoviev S; Miertus S; 2009; Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils, ChemSusChem; 2, 278 – 300.

ASTM D975 Diesel Fuel Specification Test.

Avellaneda F. A; 2010; Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal; 1007.

Benavides A; Benjumea P; Pashova V; 2007; El biodiesel de aceite de higuerilla como combustible alternativo para motores diesel 153; 141-150

Benavides A; benjumea P; pashova V; 2007; el biodiesel de aceite de higuerilla como combustible alternativo para motores diesel; 153; 141-150.

Benjumea P; Anudelo J; Rioa L; 2009; Biodiesel: producción, calidad y caracterizacio; editorial universidad de Antioquia; colombia

Bernal a. a; 2010; perfil comercial jatropha curcas; unam; 1607 – 6079.

Demirbas A; 2009; Progress and recent trends in biodiesel fuels; Energy Conversion and Management; 50: 14–34.

EN 14103; 2003; Norma española, productos derivados de aceites y grasas esteres metílicos de ácidos grasos (FAME) determinación de los contenidos de ester y de ester metílico de acido linoleico.

Ganduglia, F; Guillermo J; Gasparini R; Rodríguez M; 2009; Huarte Guillermo Estrada José; Filgueiras Ernani; Manual de biocombustibles.

García J; García A; 2006; Biocarburantes liquidos: biodiesel y bioetanol;

Fundación para el conocimiento madri+d CEIM.

Gómez M. U; 2010; simulación de una planta piloto para la producción de biodiesel en el laboratorio de operaciones unitarias de la esiqie; México D.f.

Guerrero F; Carlos Al; León O; David I; Sierra V, Fabio E; 2010; Evaluación del efecto de la temperatura en la producción de biodiesel con aceite de Higuerilla, Ingeniería e Investigación; 30; 2; 52-61.

Guti B; Bamidel S; Bugaje I; 2006; Biodiesel kinematics viscosity analysis of balanite aegyptiaca seed oil; 7: 4.

Instituto interamericano de cooperación para la agricultura; 2010; Atlas de la agroenergia y los bicombustibles en las Américas: II biodiesel.

Lafargue F; Barrera N; Assuncao J; Díaz M; Rodríguez C; 2011; Caracterización físico-química del aceite vegetal de jatropha curcas l; 2: 162-165.

Lafont J. J.; Páez M. S.; Torres Y. C.; 2011; Análisis Químico de Mezclas Biodiesel de Aceite de Cocina Usado y Diesel por Espectroscopia Infrarroja; 22; 4: 35-42.

Lizana R. D; 2009; antecedentes generales sobre biodiesel, ingeniero forestal máster en energías renovables.

Mayorga F. J; 2009 Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico.

Meneses D. C; 2011; Caracterización y selección de microorganismos asociados a residuos lignocelulósicos (fruto y torta) de la higuerilla (*ricinus communis*); universidad católica de manizales centro de investigación, proyección y desarrollo instituto de investigación en microbiología y biotecnología agroindustrial especialización en microbiología industrial Manizales.

Moreno A. M; 2003, Guia para procesos de cacería, jabonería y cremas; convenio andres bello; serie ciencia y tecnología; 117: 16.

Nmx-f-152-s-1981; alimentos para humanos; Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de yodo por el método de wijs; normas mexicanas; Dirección.

Nmx-f-074-s-1981; alimentos para humanos. Aceites esenciales, aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de refracción con el refractómetro de abbé; normas mexicanas; dirección general de normas.

Nmx-f-075-1987; alimentos. Determinación de la densidad relativa en aceites y grasas vegetales o animales; normas mexicanas; Dirección general de normas

Nmx-f-101-1987; alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales; determinación del índice de acidez; Normas mexicanas; dirección general de normas.

Nmx-f-174-s-1981; Alimentos para humanos; Determinación del índice de saponificación en aceites y grasas vegetales o animales; normas mexicanas; dirección general de normas. General de normas.

Plank R; 2005; Empleo del frio en la industria de la alimentación; editorial reverte; España; pag 458.

Pratas M. J; Freitas S; Oliveira M. B; Monteiro S. C; Lima A. S; Coutinho A. P; 2011; Biodiesel Density: Experimental Measurements and Prediction Models; Energy Fuels; 25; 2333–2340.

Rivera I; Villanueva G; Sandoval G; 2009; Producción de biodiesel a partir de residuos grasos animales por vía enzimática; 468-474