

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL Y ECONÓMICA DEL
APROVECHAMIENTO DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU) PROVENIENTE DE
COCINAS COMERCIALES DEL CENTRO DE VILLAVICENCIO COMO INSUMO PARA
LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL EN EL META.

MIGUEL ANGEL MENDEZ SUAREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL Y ECONÓMICA DEL
APROVECHAMIENTO DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU) PROVENIENTE DE
COCINAS COMERCIALES DEL CENTRO DE VILLAVICENCIO COMO INSUMO PARA
LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL EN EL META.

MIGUEL ANGEL MENDEZ SUAREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero ambiental

Directora

Esp. DIANA ESPERANZA GOMEZ GÓMEZ

Especialista en Administración en salud ocupacional

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

Autoridades Académicas

P. FRAY JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTES GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. FRAY JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. FRAY FERNANDO CAJICÁ GAMBOA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota de aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de la Facultad

DIANA ESPERANZA GÓMEZ GÓMEZ

Director Trabajo de Grado

JORGE ARTURO BOLAÑOS BRICEÑO

Jurado

OLGA LUCIA CUBIDES DUSSAN

Jurado

Contenido

	Pág.
Resumen.....	8
Introducción.....	9
Planteamiento del problema.....	10
Objetivos.....	12
Justificación.....	13
Alcance.....	15
Antecedentes.....	17
Marco de referencia.....	20
Marco teórico.....	20
Marco conceptual.....	23
Marco legal.....	26
Metodología.....	28
Obtención de información.....	28
Estudios existentes.....	28
Encuesta piloto.....	29
Obtención de encuestas.....	29
Características de los productos elaborados.....	31
Locales productores de AVU.....	32
Levantamiento de muestras.....	32
Resultados.....	35
Establecimientos generadores de AVU.....	35
Análisis fisicoquímicos.....	36
Análisis cualitativos.....	42
Análisis de resultados.....	48
Producción y descarte de aceite vegetal.....	50
Proyección.....	53
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	58
Referencias Bibliograficas.....	59
Anexos.....	62

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	14
Figura 2. Reacción de obtención del biocombustible.....	19
Figura 3. Generación de muestras aleatorias.....	29
Figura 4. Grafica de los productos elaborados con aceite vegetal.....	30
Figura 5. Recipiente en el que se llevó a cabo la recolección de las muestras de AVU.....	33
Figura 6. Rotulo usado para llevar a cabo control de las muestras.....	33
Figura 7. Tiras de tornasol con las que se llevó a cabo la medición del Ph del AVU.....	36
Figura 8. Medición del color del AVU mediante el método Louvibond.....	37
Figura 9. Picnómetro.....	38
Figura 10. Grafica de aceites que se utilizan para la elaboración de alimentos.....	48
Figura 11. Grafica de establecimientos que comercializan el AVU.....	50
Figura 12. Grafica de la manera en que los establecimientos comerciales de la zona de Villavicencio disponen del AVU	51

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Datos suministrados por cámara de comercio.....	27
Tabla 2. Establecimientos comerciales participantes del estudio.....	31
Tabla 3. Primera generación de muestras aleatorias.....	34
Tabla 4. Resultado de los análisis fisicoquímicos de las muestras.....	39
Tabla 5. Calificación de ambiente seguro.....	42
Tabla 6. Calificación de recolección de AVU.....	42
Tabla 7. Calificación de manejo de alimentos.....	43
Tabla 8. Calificación de asepsia en el área de trabajo.....	43
Tabla 9. Calificación de utilización de aceite vegetal.....	44
Tabla 10. Matriz de gestión social, ambiental y de seguridad de los establecimientos comerciales.....	45
Tabla 11. Gestión individual.....	47
Tabla 12. Gestión global.....	47
Tabla 13. Valor mensual del AVU producido en la zona centro de Villavicencio.....	52
Tabla 14. Proyección de un mes del AVU generado en Villavicencio.....	53
Tabla 15. Proyección de un año del AVU generado en Villavicencio.....	53
Tabla 16. Proyección de 5 años del AVU generado en Villavicencio.....	54

Resumen

Actualmente, la producción de biodiesel en Colombia utiliza como materia prima el aceite de palma, sin embargo, los costos asociados a la producción de dicho aceite como materia prima representa el 70% y 90% del costo de producción. Una alternativa para reducir los costos de producción es el cambio de la materia prima por el AVU que ya está en circulación, presentándose como principal inconveniente los procesos de recolección del residuo debido a que la falta de gestión para tratar estos AVU no permiten darle un potencial uso en la producción de biodiesel. En este trabajo se presenta el estudio realizado a la viabilidad ambiental y económica del aprovechamiento de AVU proveniente de cocinas comerciales del centro de Villavicencio como insumo para la elaboración de biodiesel en el Meta. Inicialmente se realizó un inventario de los generadores de AVU en la zona estudiada seguido de la caracterización por medio de encuestas. Adicionalmente se realizó la recolección de muestras de AVU para realizar análisis fisicoquímicos de sus niveles de Ph, humedad y densidad para determinar la calidad para ser transformado en biodiesel. La prueba de Ph se promedió en 5,7 lo cual evidencia un ph neutro similar al encontrado en el informe de Demirbas (2009) donde la principal característica para determinar la calidad del aceite vegetal usado en la transformación de biodiesel es tener un ph neutro, de igual manera la humedad presente en las muestras promedia el 1,2% similar al reportado por Enweremadu y Mbarawa (2009). Los resultados de la evaluación de condiciones ambientales en las que se generan y disponen los aceites vegetales usados generaron una matriz de gestión donde se observaron resultados favorables en términos de gestión ambiental, social y de seguridad por parte de los establecimientos estudiados.

Finalmente se realizó una proyección del AVU que se genera en la ciudad de Villavicencio en una escala de 1 y 5 años para lo cual se contaba con la información del valor actual de la venta de 20 litros de aceite y la cantidad de aceite que se consume y se genera en la zona estudiada la cual asciende a 1418 litros mensuales. Con lo anterior se determinó que anualmente en la ciudad de Villavicencio los establecimientos comerciales generadores de AVU dejan de recibir ingresos por más de **\$ 274.420.945,44** correspondientes a 343.026,1818 litros de AVU, sumado a esto se realizó una proyección más, en este caso a 5 años. El valor del AVU generado en Villavicencio proporciona un total de **\$ 1.015.357.498,13** correspondientes a 1.715.130,909 litros de AVU; los cuales terminan en la lavaza, residuos ordinarios o en el peor de los casos saturando el sistema de alcantarillado y contaminando los cuerpos de agua circundantes de la ciudad. Los resultados del estudio confirman la viabilidad ambiental y económica de la producción de biodiesel a partir del AVU generado en la ciudad de Villavicencio.

Palabras Clave: Louvibond, economía circular, biodiesel, viabilidad ambiental.

Introducción

La necesidad por conseguir una fuente de energía que satisfaga los procesos productivos actuales ha conllevado a sobreexplotar un recurso que yace en el subsuelo en forma de petróleo, como consecuencia de su extracción se emiten grandes emisiones de gases contaminantes al ambiente y se generan problemáticas tanto ambientales como sociales a causa de su extracción. Lo anterior ha propiciado la búsqueda de nuevas posibilidades para generar una soberanía energética regional y encontrar alternativas viables para suplir el consumo del petróleo.

En esa medida, Colombia ha de priorizar sus avances en la viabilidad de nuevas fuentes de energía que suplan la producida por los hidrocarburos debido a la fuerte producción del país, concentrada en las regiones de Arauca, Guajira, Casanare y Meta (Perry, 2009) .

Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos, La producción diaria estimada promedio mensual de petróleo con corte a 30 de septiembre de 2016 fue de 859 KBPD (Miles de barriles promedio por día). Con lo anterior se evidencia la necesidad de conseguir aportes en el desarrollo de una fuente de combustible significativamente menos contaminante con respecto a los hidrocarburos. Una opción para los llanos orientales es la generación de Biodiesel, como lo propone el Ministerio de ambiente y la Universidad de Antioquia en el 2017; así mismo, destacan las zonas más adecuadas para generar esta energía: Santander , los Llanos Orientales y la Costa Atlántica, por sus adelantos en el estudio de la producción de biomasa (MINAMBIENTE, 2017).

Por lo anteriormente expuesto, se pretende indagar la viabilidad del uso de Aceite Vegetal Usado (AVU) procedente de establecimientos comerciales generadores en la ciudad de Villavicencio como insumo en la elaboración de biodiesel, estudiando el rendimientos en la obtención de la materia prima, determinando su calidad fisicoquímica y la caracterización de los establecimientos comerciales así como su disponibilidad a otorgarlo; Se plantea entonces la posibilidad de optar por el uso de aceites vegetales usados (AVU) procedentes del sector hotelero, restaurantes o cocinas industriales, entre otros, como un recurso potencial para la obtención de biodiesel. En esa medida, la contaminación a los recursos naturales y el medio ambiente pueden ser mitigados mediante la implementación de procedimientos, mecanismos y estrategias para lograr una gestión integral de los aceites vegetales usados, proporcionando de esta manera beneficios al medio ambiente, al desarrollo socioeconómico local y a la soberanía energética nacional.

Planteamiento del Problema

En las últimas décadas ha dominado la preocupación por los impactos ambientales de la quema masiva de combustibles fósiles y por sus efectos en el cambio climático (Fernández, 2010). Además según (Gabina, 2010), existe una gran cantidad de petróleo en el subsuelo por explotar, sin embargo es diferente al volumen de petróleo que pueda ser explotado comercialmente; por ende el petróleo se podría extraer a unos precios muy altos que la economía mundial no podría pagar. *“En consecuencia, en muy poco tiempo, el mercado del petróleo experimentará un fuerte cambio. Pasará de ser un mercado impulsado por la demanda a un mercado impulsado por la oferta de un bien cuyo suministro es limitado”* (Gabina, 2010).

Contemplando lo anteriormente mencionado, Colombia ha de priorizar sus avances en la viabilidad de nuevas fuentes de energía renovable que supla la producida por los hidrocarburos, Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la producción diaria estimada promedio mensual de petróleo con corte a 30 de septiembre de 2016 fue de 859 KBPD (Miles de barriles promedio por día). Ha habido aumentos notables de producción desde 1986. Lo anterior ha propiciado la búsqueda de nuevas posibilidades para generar soberanía energética regional y encontrar alternativas viables para suplir el actual consumo del petróleo.

La dependencia en la producción de petróleo se contempla mayoritariamente por la concentración regionalizada de la demanda en Arauca, Guajira, Casanare y Meta (Perry, 2009) ; la opción para los llanos orientales es la generación de Biodiesel, como lo propone el Ministerio de ambiente y la Universidad de Antioquia en el 2017, destacando las zonas más adecuadas para desarrollar esta fuente de energía renovable: los Santanderes, los Llanos Orientales y la Costa Atlántica, por sus adelantos en el estudio de la producción de biomasa (MINAMBIENTE, 2017). Solapando estos informes, el Biodiesel se plantea como una posibilidad viable para el desarrollo de su producción en la región del Meta departamento perteneciente y característico de la región de los llanos orientales; como lo evidencia la ANH es una zona con un alto nivel de dependencia de petróleo y un potencial para suplir dicho recurso con una fuente de energía renovable como el biodiesel, favorecido por los estudios previos llevados a cabo por el ministerio de ambiente, las corporaciones autónomas regionales y en gran medida por las universidades del país, para su desarrollo e implementación.

Principalmente la problemática ambiental a raíz de la producción de biodiesel en caso de no adoptar criterios tecnológicos y ambientales son: la pérdida de biodiversidad debido a la transformación de ecosistemas naturales y el establecimiento de monocultivos en donde previamente existían ecosistemas, aumento en el consumo y contaminación del agua, aumento en el uso de fertilizantes y plaguicidas, mayor degradación y erosión del suelo así como el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (Díaz, 2012).

Si bien el principal insumo para la elaboración de biodiesel es el aceite, una alternativa para su elaboración es el aceite que ya está en circulación en centros de cadena, restaurantes, hoteles y demás establecimientos generadores de AVU, los cuáles serán consumidos y desechados en gran medida a los desperdicios ordinarios y al alcantarillado de la ciudad debido a la escasa opción que se les presenta a los villavicensenses para disponer de una forma adecuada este residuo. Sumado a lo anterior, el alcantarillado de Villavicencio presenta un déficit de cobertura del 34,2 por ciento y sus descargas se realizan directamente en las corrientes superficiales sin previo tratamiento, adicionalmente el estancamiento de los caños contaminados durante el verano, produce olores nauseabundos y genera problemas sanitarios y ambientales a lo largo de su recorrido como lo expone el cuarto informe de la contraloría General sobre el estado de los recursos naturales donde se incluyó un diagnóstico sobre la problemática ambiental de las principales ciudades del país. (CONTRALORIA, 2016).

Sin embargo, la viabilidad de la implementación de utilizar biodiesel como alternativa para suplir la necesidad de combustibles fósiles, yace en la fuente de aceite utilizado en su elaboración. Presentando como principal desventaja sus costos de implementación los cuales aún pueden ser más elevados que los del Diésel de petróleo.

Pregunta de Investigación

¿El aprovechamiento de Aceite Vegetal Usado (AVU) generado en las cocinas comerciales del centro de Villavicencio es viable ambiental y económicamente como insumo para la elaboración de Biodiesel en el Meta?

Objetivos

Objetivo General

Determinar la viabilidad ambiental y económica del aprovechamiento de Aceite Vegetal Usado (AVU) generado en las cocinas comerciales del centro de Villavicencio como insumo para la elaboración de Biodiesel en el Meta.

Objetivos Específicos

- Identificar los locales comerciales generadores de AVU en el centro de Villavicencio-Meta
- Caracterizar física y químicamente (humedad, densidad y acidez) el AVU recolectado de acuerdo con la normatividad para producir biodiesel
- Evaluar las condiciones ambientales en las que se generan y disponen los aceites vegetales usados.
- Definir el potencial económico del AVU para generar biodiesel

Justificación

El progresivo aumento en los precios del petróleo, el agotamiento de sus reservas y la contaminación a raíz de su extracción, producción y consumo, han motivado a la sociedad científica a pensar en combustibles alternativos y renovables como el biodiesel y teniendo en cuenta que el aceite (principal insumo en la elaboración de Biodiesel) es extraído de forma directa de cultivos extensivos o monocultivos que traen consigo afectaciones tanto ambientales como sociales en cuanto a los cambios que se realizan en el territorio objetivo de la plantación, se propone utilizar aceite vegetal usado existente en la economía local.

Sumado a esto, el manejo de los aceites usados que son vertidos directamente en la red de alcantarillado urbano en Colombia contamina los acuíferos y su rivera desaprovechando su auténtico valor potencial, ya sea para producción de jabones, como combustible o para la producción de biodiesel (Díaz, 2012).

Los aceites usados son uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente, pudiendo alcanzarse la cifra de 223.272Tn/año (DANE). Generando la contaminación a los recursos naturales y el medio ambiente. *“Cada litro de aceite comestible que es tirado al drenaje contamina 1’000,000 de litros de agua Resultante en un deterioro medio ambiental”*, según Isela 2014 es debido a la eliminación a través de las tuberías de los AVU, lo cual genera dificultades en la depuración de las aguas residuales dada su capacidad para formar películas sobre el agua, que impiden su oxigenación, así como la obstrucción de las redes y la toxicidad en las zonas receptoras del residuo. La mayor parte de estos AVU representan una carga añadida para aguas residuales ya que se vierten directamente en las cloacas, desagües y cursos de agua, como lagunas, arroyos y ríos (Isela, 2014).

Estos pueden ser mitigados mediante la implementación de procedimientos, mecanismos y estrategias para lograr una gestión integral de los aceites vegetales usados, los cuales como se ha mencionado, constituyen una amenaza para el medio ambiente y para la salud de las personas, lo anteriormente mencionado yace en el proyecto de acuerdo No 165 de 2015.

Por lo anteriormente expuesto, se pretende indagar la viabilidad del uso de Aceite Vegetal Usado (AVU) en la ciudad de Villavicencio como materia prima en la elaboración de biodiesel, estudiando principalmente rendimientos en la obtención de la materia prima procedente de establecimientos comerciales generadores de aceite vegetal usado determinando su calidad fisicoquímica, la caracterización de los establecimientos comerciales y su disponibilidad, con el ánimo de proporcionar de esta manera beneficios al medio ambiente, al desarrollo socioeconómico local y a la seguridad energética nacional.

Alcance

Para conceptos de alcance del proyecto, se consideró al centro de Villavicencio como el objeto de la zona estudio, debido al volumen de locales comerciales generadores de aceite vegetal usado que se encuentran en este barrio de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio Meta.

Ubicación del área de estudio

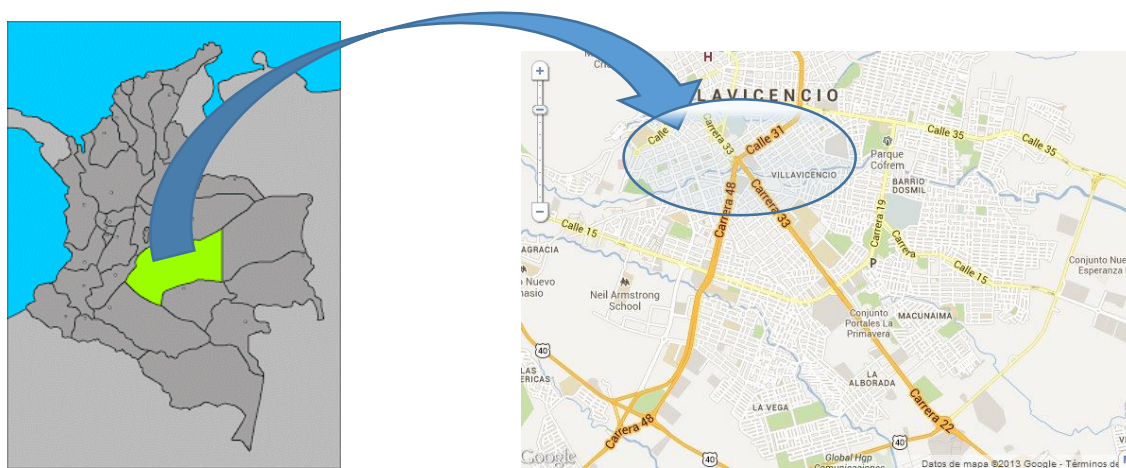


Figura 1. Ubicación del área de estudio en donde se llevó a cabo el estudio, Colombia, Meta, Villavicencio, por Miguel Méndez, 2018.

La realización de la caracterización de los locales productores del AVU se lleva a cabo a partir del mes de agosto de 2017, este último será el punto de partida para iniciar con la recolección de las muestras (aceite vegetal usado) para su posterior análisis físico-químico, finalizando la toma de muestras y los resultados de estos estudios en el mes de octubre.

Así mismo el número total de muestras que se espera recolectar una vez sean identificados los locales cooperantes será un aproximado de 25 muestras, con base en la información suministrada por la cámara de comercio en sus bases de datos con respecto a los locales comerciales generadores de aceite vegetal usado, de los cuales se dividen en códigos estratificados así como por subcategorías, expresados de la siguiente manera: (“I5513 ** Alojamiento en centros vacacionales”, “I5611 ** Expendio a la mesa de comidas preparadas”, “I5511 ** Alojamiento en hoteles”, “I5619 ** Otros tipos de expendio de comidas preparadas n.c.p”, “I5613 ** Expendio de comidas preparadas en cafeterías”, “C1089 ** Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p”, “C1084 ** Elaboración de comidas y platos preparados”).

Con la información anterior se realizan las operaciones estadísticas requeridas para determinar el número de muestras necesarias para determinar una representación estadística del universo de la muestra.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población se describe a continuación:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times Q}{(N - 1) \times d^2 + Z^2 \times P \times Q}$$

En donde, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Al reescribir la ecuación con los datos reales se presenta la siguiente ecuación:

$$n = \frac{133 \times 1.64^2 \times 0.5 \times 0.5}{(133 - 1) \times 0.15^2 + 1.64^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

En donde, (N = 133), (Z = 90%(1,64)), (P = 0,5), (Q = 0,5), d = 0,15.

Dando como resultado= 24,552 $\approx$ 25

Antecedentes

El uso de aceites vegetales como combustibles, se remonta al año de 1900, siendo Rudolph Diésel, quien lo utilizara por primera vez en su motor de ignición - compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles (Carrizo, 2009).

El 31 de agosto de 1937, G. Chavanne de la Universidad de Bruselas, Bélgica, obtuvo la patente por “transformar aceites vegetales para su uso como combustibles”. La patente describía la transesterificación del aceite usando etanol o metanol para separar glicerina de los ácidos grasos y reemplazarla con alcoholes de cadenas cortas. Esta fue la primera producción de biodiesel. Más reciente, en 1977, Expedito Parente, científico brasileiro, inventó y patentó el primer proceso industrial de producción de biodiesel. Actualmente, Tecbio, la empresa de Parente, trabaja junto con Boeing y la NASA para certificar bio-queroseno (Marlene, 2009).

Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil, sobre diésel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970 que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que se sucedía en el momento por el elevado costo del petróleo (Mieles, 2010).

El principal motivo por el cual los aceites vegetales no se pueden utilizar directamente como combustibles en los motores diésel de hoy en día es la viscosidad. El procedimiento químico recomendado para disminuir la viscosidad a los aceites es la transesterificación. La transesterificación fue desarrollada en 1853 por los científicos E. Duffy y J. Patrick, cuarenta años antes que el Dr. Diésel desarrollara su motor de combustión interna. Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero solo hasta el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de aceite de semilla de colza. En la distribución geográfica del consumo mundial de energía (12.100 millones de toneladas equivalentes de petróleo en 2007), los espacios con mayor incidencia son Estados Unidos, que consume 20%; el conjunto de países de Asia, que emplean 19%, (sin considerar China, que absorbe un 17%); Europa, que usa un 15%, y América Latina, que toma el 8% (Carrizo, 2009).

En Europa se destaca Austria. En Austria, la cadena de comidas rápidas McDonald`s desarrolla un proyecto de producción de biodiesel a partir de los aceites de fritura que generan sus 135 locales como desechos de los procesos de producción de alimentos. La empresa se encarga de recolectar el aceite usado. Se estima que recuperan alrededor de 1.100 toneladas por año de sus locales de venta en Austria. Reciclan este aceite mediante transesterificación a ésteres metílicos de ácidos grasos y obtienen, así, biodiesel (Acuicultura, 2007).

En sur América los países que lideran la producción de biodiesel son Argentina y Brasil en Argentina se realizan trabajos sobre aprovechamiento de los aceites residuales como el de La Fundación Biosfera en el cual Propone que vecinos y comerciantes acumulen el aceite que desechan de sus cocinas para luego pasar a buscarlo para enviarlo a la planta productora que se levanta en una escuela de la localidad bonaerense de Tres Arroyos (Restrepo, 2008).

Es Brasil el país que lleva la punta en sur América en la producción de biodiesel a partir del 2008 la meta obligatoria de uso de biodiesel será de 800 millones de litros de biodiesel que deberán ser agregados al diésel que se consume en el país carioca. En Río de Janeiro, una experiencia llevada a cabo por el Instituto Alberto Luiz de Coimbra de Posgrado e Investigación de Ingeniería (Coppe), de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), en asociación con el gobierno del Estado, probó exitosamente un ómnibus impulsado con biodiesel elaborado a base de aceite reciclado donado por una red de comida rápidas. Este tipo de aceite residual usado en Río también es objeto de estudios en otras partes del país. También se tienen subproyectos que hacen parte del macro proyecto biodiesel Brasil en los cuáles los comedores universitarios y colegiales recolectan el aceite usado el cual posteriormente es transformado en biodiesel para impulsar los vehículos de transporte público (Benjumea & Raúl, 2003).

Diariamente Colombia consume aproximadamente 90 mil barriles de diésel o a.c.p.m con el fin de parar el consumo excesivo de combustibles fósiles y de reducir el impacto ambiental el gobierno expidió la Resolución 1289 de 2005, por la cual se establecieron los requisitos técnicos y ambientales del biocombustible para uso en motores diesel y sus mezclas con diesel de origen fósil, cuya base fundamental fueron las normas técnicas y los estándares mundiales fijados en la materia a nivel mundial. En dicha Resolución se estableció que a más tardar el 1º de enero del año

2008 en las principales ciudades del país se deberá distribuir mezclas de 5% de biocombustible para uso en motores diesel (biodiesel) como un 95% de diesel de origen fósil, fecha que hoy y de acuerdo con las excelentes perspectivas del programa, se ha adelantado para el mes de agosto en la Costa Atlántica y a más tardar en el mes de marzo del 2008 para el resto del país. Para Colombia, la materia prima con mayor potencial con miras a implementar un programa de biodiesel, lo constituye el aceite de palma. El país tiene un enorme potencial de siembra de Palma Africana y en la actualidad de este cultivo se obtiene aproximadamente el 87% de la producción nacional de aceites y grasas (Valle, 2017).

Una evidencia del potencial que se tiene en cuanto al aprovechamiento de aceite vegetal usado es el estudio llevado a cabo en la ciudad de Pereira Risaralda en el año 2010 por la ingeniera química industrial Andrea Maritza Vivas Castaño para la universidad Tecnológica de Pereira en su trabajo de grado denominado “ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE RESIDUOS GRASOS DE ORIGEN BOVINO”.

En el cual resalta el aprovechamiento de este residuo como potencial insumo en la elaboración de biodiesel bovino, es decir a partir de residuos grasos de carnicerías y obtenida por medio de una transesterificación alcalina, por medio de una reacción que consistió en hacer reaccionar la grasa con metanol en una relación 1:6, catalizada por una base (hidróxido de potasio) (Castaño, 2010). En este proceso se mantuvieron controladas condiciones tales como temperatura y tiempo.

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 0,880%, índice de saponificación 190,17 mg KOH/g grasa, índice de yodo 87,14 g I₂/100 g grasa (Castaño, 2010).

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 I₂/100 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 mm² /s y una buena apariencia y color (L3 ASTM color); Sumado a esto 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 (Castaño, 2010). La mayoría de los aspectos son favorecidos por lo cual el biodiesel bovino es una novedosa y atractiva forma de producir energía.

Marco de Referencia

Para efectos de este estudio se define el proceso principal para la obtención de Biodiesel denominado transesterificación, en aras de tener un espectro más amplio en cuanto a la relación del desarrollo de los objetivos planteados con el conocimiento elemental para su culminación, establecidos en el siguiente marco teórico.

Marco Teórico

1. Obtención del biodiesel.

El proceso más utilizado para la producción de biodiesel es la transesterificación, la cual se refiere a la reacción entre un aceite o grasa y un alcohol en un medio catalizado, para producir ésteres alquílicos de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol o glicerina. La figura 1 muestra la reacción que transforma las moléculas de triglicéridos, grandes y 9 ramificadas, en moléculas de ésteres alquílicos, lineales, no ramificadas, de menor tamaño y muy similar a las del petrodiesel (Crespo & Martínez, 2001).

A continuación, se presenta en forma resumida un esquema de la reacción de obtención del biocombustible:

Reacción de obtención del biocombustible

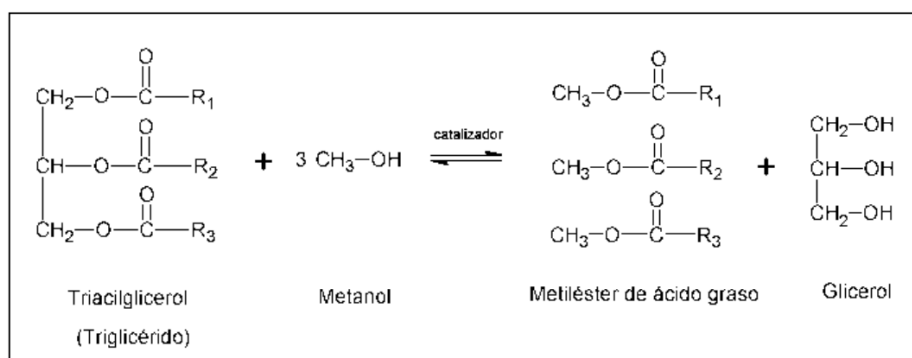


Figura 2. Descripción de la reacción química para la obtención de Biodiesel a partir del proceso de transesterificación usando un catalizador. Adaptado de “Biodiesel: Una alternativa real al gasóleo mineral” paginas 135-145, (Crespo & Martínez, 2001).

“Evaluación del potencial de biomasa seca residual para uso como fuente de energía alternativa en el partido del General Pueyrredón, Argentina”.

En el anterior título se expone la viabilidad del uso de Biomasa para conseguir energía a través de insumos considerados como residuos. El anteriormente mencionado hace referencia al potencial de Biomasa como fuente de energía alternativa en el partido del General Pueyrredón, Argentina y es un trabajo realizado en la ciudad de Buenos Aires, Argentina evalúa la disponibilidad residual de biomasa y su potencial energético.

La temática en el desarrollo del artículo es de similar prospectiva en cuanto al aprovechamiento de Biomasa con un potencial de convertirse en un insumo aprovechable y que es considerado residuo herbáceo y vegetales derivados de la actividad agrícola desarrollada en la región y residuos forestales derivados de la poda de árboles urbanos y mantenimiento de jardines en esa medida se clasifican los materiales resultantes de estas actividades.

Las estimaciones se basaron en información estadística de la cosecha 2011-2012 y en una serie de parámetros obtenidos de una extensa revisión de la literatura. Los cálculos dieron como resultado una disponibilidad de biomasa residual de 204.536 t / año, lo que implica un potencial energético de 2605 TJ / año. Si esta biomasa se utiliza para generar electricidad, podría abastecer a 76.000 usuarios de la ciudad de Mar del Plata, el mayor centro de consumo de la región. Si se utiliza la misma biomasa disponible para la generación de calor, 25.160 usuarios podrían ser abastecidos por la biomasa residual disponible. Los autores concluyeron que el potencial energético residual de la biomasa es significativo en la región estudiada, pero se debe realizar un estudio más detallado para evaluar la viabilidad técnico económica de utilizar la biomasa residual disponible como fuente de energía alternativa.

Con los anteriores resultados, se estima el potencial de un subproducto de Biomasa y la capacidad que tiene para reemplazar la demanda energética de una provincia en este caso y evidencia la capacidad con la cual cuenta una ciudad de características similares como es la ciudad de Villavicencio en los llanos orientales del departamento del Meta.

2. Estadística Aplicada.

Para determinar el número de muestras en el presente estudio se utilizaron bases estadísticas por lo que es elemental algunas definiciones las cuales se relacionan a continuación:

1. Población. En estadística una población es un conjunto de sujetos o individuos con determinadas características demográficas, de la que se obtiene la muestra o participantes en un estudio estadístico interno a la que se quiere extrapolar los resultados de dicho estudio.
2. Muestra. Parte de la población en la que se miden las características estudiadas. Otra definición se refiere a un subconjunto de una población elegida de alguna manera que sea representativa de la misma (Dawson, 2005).
3. Muestreo. En la referencia estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población estadística.
4. Encuesta. Proceso para obtener información de la muestra
5. Nivel de confianza. Probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad.
6. Nivel de significancia estadística. Es la probabilidad de que los resultados obtenidos en un estudio sean debidos al azar.

Fórmulas para el cálculo del tamaño de la muestra. (Estimación de proporciones con variable cualitativa).

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Marco Conceptual

Para conceptos del desarrollo de la metodología de este estudio, se hace imperativo la contextualización y definición en terminología química de los procesos y análisis fisicoquímicos que se llevarán a cabo en el transcurso del desarrollo de este escrito. En primera medida se define:

Qué es Biodiesel.

La definición de biodiesel propuesta por las especificaciones ASTM (*American Society for Testing and Material Standard*, asociación internacional de normativa de calidad) lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los ésteres más utilizados, son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo costo y sus ventajas químicas y físicas (Crespo & Martínez, 2001) .

Estos esteres pueden ser obtenidos a partir de aceites vegetales tales como el aceite de maní, palma, soya, girasol, grasas animales o a partir de aceite residual de frituras y un sin número más de aceites vegetales (Restrepo, 2008). Este combustible es utilizado puro (B100 conocido como “gasoil verde”), o en mezclas con diésel de petróleo en diferentes concentraciones, una de las concentraciones más utilizada es del 20 % es decir 20 partes del biodiesel por 80 de diésel de petróleo, pero también se dan mezclas con el 5 % y el 10 % como la que entrará en vigencia en Colombia a partir del 2008 de que todos los vehículos de transporte público del país deben llevar una mezcla del 5 % (Benjumea & Raúl, 2003). Seguidamente se hace un recuento de los Fundamento teórico necesarios para desarrollar los métodos fisicoquímicos, en su orden son:

1. Humedad. La cual se define como la relación de la masa del agua presente en el aceite, o agua libre, y la masa dada de material respecto a su peso anhidro, expresada en porcentaje. Esta se determina por medio de una diferencia de peso después de haber puesto por tres

horas y 100° C un determinado peso de la muestra según la norma técnica colombiana ICONTEC N 254.

2. Acidez. Se entiende por índice de acidez, o valor ácido, los miligramos de KOH necesarios para saturar los ácidos grasos libres contenidos en gramo de muestra. El resultado de la titulación con álcali en presencia de fenolftaleína se puede expresar también como porcentaje de ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$) determina el grado de ácidos grasos libres generados por degradación, por lo tanto es útil para determinar el estado del aceite después de tiempos de almacenamiento y se determina según la Norma colombiana ICONTEC N 218 (ICONTEC, 1999).
3. Materias primas para la producción de biodiesel. Las principales materias primas para la elaboración de biodiesel son las oleaginosas y sus aceites derivados. El reto para cualquier país o región consiste en la implementación de procesos basados en materias primas autóctonas, los cuales se deben optimizar para obtener un biodiesel con un costo de producción bajo que lo haga competitivo, pero que cumpla con las especificaciones internacionales de calidad para su uso como combustible en motores diésel.
4. Aceites de fritura usados. El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costos de tratamiento como residuo. Por su parte, los aceites usados presentan un bajo nivel de reutilización, por lo que no sufren grandes alteraciones y muestran una buena aptitud para su aprovechamiento como biocombustible. La utilización de aceites usados presenta dificultades logísticas, no sólo por su recolección, como se ha dicho, sino también por su control y trazabilidad debido a su carácter de residuo (Restrepo, 2008).

A continuación, se describen algunas variables que afectan el óptimo desarrollo del estudio y de los cuales se hace énfasis en su revisión bibliográfica e inclusión contextual para contemplar posibles modificaciones en el desarrollo de los análisis fisicoquímicos en el laboratorio.

Acidez y humedad. Los contenidos de ácidos grasos y de humedad son los parámetros determinantes de la viabilidad del proceso de transesterificación del aceite vegetal. Para que se realice la reacción completa se necesita un valor de ácidos grasos libres, del inglés *Free Fatty Acid* (FFA), menor al 3%. Cuanta más alta es la acidez del aceite, menor es la conversión. Además, tanto el exceso como la deficiencia de catalizador pueden producir la formación de jabón, sumado a la presencia de humedad que disminuye el rendimiento de la reacción, pues el agua reacciona con los catalizadores formando jabones. Si las grasas animales o los aceites vegetales, con valores altos de FFA, se quieren utilizar para producir biodiesel, es necesario refinarlos con una neutralización, utilizando una solución de NaOH para eliminar los ácidos grasos libres. Igualmente, el proceso de catálisis ácida también se puede usar para la esterificación de estos ácidos grasos y en un segundo paso se realiza la transesterificación con un catalizador alcalino, para completar la reacción (Clements, 1998).

Tipo de Catalizador y Concentración.

Si el aceite usado tiene un alto grado de ácidos grasos y elevada humedad los catalizadores ácidos son los más adecuados. Estos ácidos pueden ser sulfúrico, fosfórico o ácido sulfónico orgánico. En los procesos de metanólisis alcalina los principales catalizadores usados han sido el hidróxido potásico y el hidróxido sódico. Se han probado catalizadores de metales alcalino-térreos. El proceso se lleva a cabo si aparecen iones de metóxido en la reacción intermedia. Los hidróxidos alcalino-térreos, alcóxidos y óxidos catalizan la reacción más lentamente (Gryglewicz, 1999).

Aunque el proceso de transesterificación, con catalizadores alcalinos, para transformar los triglicéridos en sus correspondientes esteres metílicos tiene una conversión muy alta en un periodo más corto de tiempo, tiene algunos inconvenientes: el catalizador debe ser separado del producto final, la recuperación del glicerol puede resultar difícil, el agua alcalina resultante del proceso debe ser tratada y los ácidos grasos y el agua afectan a la reacción.

Marco Legal

En un aspecto General se resalta las normas en un orden jerárquico con un propósito de inclusión de la escasa normatividad en cuanto al aprovechamiento de aceite vegetal usado, incluyendo sus fases iniciales de producción, transporte y disposición final. Inicialmente se resalta:

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Resolución 0631 en su artículo 12.

En cuanto a la normatividad para valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público se contempla la resolución 0631 en su apartado para el sector de elaboración de productos alimenticios y bebidas. Donde se resalta un nivel máximo permisible de (20 mg/L). Para el parámetro de grasas y aceites en la actividad de elaboración de productos alimenticios y bebidas.

En última instancia se resalta el acuerdo 634 de 2015 donde se establecen regulaciones para la disposición de los aceites vegetales usados.

ACUERDO 634 de 2015, por medio del cual se establecen regulaciones para la generación, recolección y tratamiento o aprovechamiento adecuado del aceite vegetal usado y se dictan otras disposiciones, resaltando:

ARTÍCULO 1. OBJETO. El presente Acuerdo tiene por objeto regular la gestión del Aceite Vegetal Usado (AVU), que comprende las etapas de generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o aprovechamiento en el Distrito Capital.

ARTÍCULO 2. CAMPO DE APLICACIÓN. El presente Acuerdo se aplicará a quienes ejerzan actividades relacionadas con la generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o aprovechamiento de Aceite Vegetal Usado, en el Distrito Capital.

PROYECTO DE ACUERDO No. 165 DE 2015: Este Proyecto de Acuerdo tiene por objeto la regulación, control y gestión de aceites vegetales usados, que comprende el manejo, almacenamiento, transporte, utilización y disposición final en el territorio de la Ciudad de Bogotá D.C., con el fin de controlar y mitigar el impacto de las actividades contaminantes y los efectos que sobre la salud humana tiene su falta de regulación.

Igualmente, el Proyecto de Acuerdo, pretende concientizar a la ciudadanía sobre el reciclaje de este residuo, así como los beneficios económicos de reutilización de los residuos líquidos de aceites vegetales usados mediante buenas prácticas de responsabilidad social y ambiental.

Resolución 0316 del 01 de marzo de 2018 “por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”.

Esta última es la más reciente normatividad legislada expuesta en el foro de economía circular llevado a cabo en el auditorio de cámara de comercio de Villavicencio en el mes de mayo en donde se muestran las harás del gobierno por propender una base jurídica óptima para la creación de empleo formal para los recicladores y la norma sanciona objetivos, definiciones, procesos de inscripción requisitos y obligaciones por parte de los actores responsables de cada uno de los aspectos de trazabilidad del AVU.

Metodología

Obtención de la Información

Los establecimientos comerciales que fueron investigados en el presente estudio fueron identificados mediante información suministrada por la institución colombiana de cámara de comercio, donde se hizo la compra de los datos correspondientes a:

Tabla 1.

Datos suministrados por cámara de comercio Villavicencio

I5513	Alojamiento en centros vacacionales
I5611	Expendio a la mesa de comidas preparadas
I5511	Alojamiento en hoteles
I5619	Otros tipos de expendio de comidas preparadas n.c.p.
I5613	Expendio de comidas preparadas en cafeterías
C1089	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.
C1084	Elaboración de comidas y platos preparados

Nota: Descripción de las actividades comerciales solicitadas a cámara de comercio de Villavicencio: Miguel Méndez, 2018.

La anterior tabla corresponde a los datos específicos de la actividad productiva de cada establecimiento comercial, lo anterior con el fin de sintetizar la búsqueda de locales generadores de AVU así mismo en la tabla están relacionados los códigos frente a la actividad productiva correspondiente y los datos allí mencionados están delimitados en la zona centro de la ciudad de Villavicencio Meta.

Estudios Existentes

Para realizar el presente estudio se realizó una investigación previa correspondiente a las características del aceite vegetal usado, así como los beneficios que trae consigo la recuperación del mismo y una caracterización detallada de la historia de su invención desde el primer motor accionado por biodiesel pasando por la primera planta de producción masiva de biodiesel hasta los

países pioneros en la producción de biodiesel, la reutilización del aceite vegetal usado para generar energía renovable y la utilización del mismo en sus combustibles bajo parámetros normativos.

Encuesta Piloto

El área donde se llevó a cabo la investigación del presente estudio se encuentra localizada en la zona centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio meta, esta zona se vio sometida a un proceso de censo para medir y caracterizar la cantidad de aceite vegetal usado que allí se genera así como las características del mismo, los productos elaborados a partir del aceite y las condiciones en las que se generan. Sin embargo se realizó una encuesta previa en una zona aleatoria para determinar la efectividad de la encuesta, midiendo así la asertividad de las preguntas para extraer del encuestado los datos necesarios para la investigación, así mismo se evaluaría en una primera encuesta piloto la complejidad de las preguntas y la facilidad que tenían los encuestados para responder dichas preguntas; en el anexo 1 se muestra el formato de encuesta que se realizó previamente antes de llegar a los actores que eran de interés para el estudio.

El área que se determinó para llevar a cabo la realización de la encuesta piloto fue determinada al azar y se encuentra ubicada en la zona del km5 al km9 de la vía puerto López, lugar que goza de gran cantidad de hoteles, centros vacacionales y demás actores generadores de aceite vegetal usado.

Obtención de las Encuestas

La obtención de las encuestas se llevó a cabo en un periodo de 3 meses, iniciando el día 7 de agosto y finalizando el 5 de noviembre aproximadamente. La zona en la cual fue efectiva la encuesta se encuentra ubicada en la zona centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio Meta.

Para llevar a cabo este proceso fue necesario contar con la información de cámara de comercio donde se extrajo la dirección de cada establecimiento comercial que posiblemente fuese un actor productor de aceite vegetal, la visita se llevó a cabo de forma personal, sin previo aviso telefónico o vía correo electrónico, estos últimos eran fuentes de comunicación con las que se contaba en la información suministrada por cámara de comercio, pero se determinó realizar la visita personal.

El total de establecimientos comerciales que se determinan como universo de muestra es un total de 133 con lo cual se realiza una estadística para determinar el número de muestras necesarias de

las cuales se les hará participe en el presente estudio, seguidamente se aplica la fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Al reescribir la ecuación con los datos reales se presenta la siguiente ecuación:

$$n = \frac{133 \times 1.64^2 \times 0.5 \times 0.5}{(133 - 1) \times 0.15^2 + 1.64^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

En donde, (N = 133), (Z = 90%(1,64)), (P = 0,5), (Q = 0,5), d = 0,15.

Dando como resultado= 24,552 ≈ 25

Lo anterior es el número representativo de la muestra con un nivel de confianza del 90% en donde refleja la cantidad aproximada de 25 establecimientos para encuestar respecto al universo de 133 en total.

Para extraer esta tabla de 25 muestras aleatorias se realizó un análisis de datos en Excel donde se seleccionó la opción “generación de números aleatorios”, a partir de allí se seleccionan los números de variables y la cantidad de números aleatorios con la opción de salida en la misma hoja de trabajo. A continuación, se describe en la siguiente imagen.

Generación de muestras aleatorias.



Figura 3. Proceso por el cual se elaboraron las tablas aleatorias con reemplazamiento haciendo uso de la herramienta del análisis de datos en Excel, por Miguel Méndez, 2018.

Al momento de cotejar los datos se evidencia que la totalidad de establecimientos no son suficientes para completar el total estimado como muestra representativa del universo de la

muestra, por esta razón se adopta una nueva fórmula estadística denominada muestra aleatoria con reemplazamiento, en el cual se repite la operación anterior para tener unas nuevas 25 muestras con las cuales poder realizar las visitas y encuestar estos nuevos establecimientos comerciales generados aleatoriamente.

Características de los Productos Elaborados

A continuación, se describen los productos elaborados con aceite vegetal. Los productos son carnes, comidas rápidas, arroces, salsas y complementos como papa, yuca y plátano.

Grafica de los productos elaborados con aceite vegetal



Figura 4. Grafica de los productos elaborados con aceite vegetal en la zona centro de la ciudad de Villavicencio en donde muestra un mayor número de volumen de aceite siendo requerido para complementarios en el plato, adaptado de la encuesta del anexo 1, por Miguel Méndez, 2018.

En el anterior grafico se evidencia una porción más amplia para los productos elaborados con aceite vegetal denominados complementos, los cuales son papa, plátano y yuca. Siendo estos productos los mayores generadores de AVU seguidos de las carnes, las cuales son de res pollo y pescado. Lo cual indica que estos dos productos generan más del 70% del AVU que se produce en las cocinas de la zona de estudio.

Locales Productores de AVU

La siguiente es la tabla donde se muestran los establecimientos comerciales que fueron participes en el presente estudio, en la segunda columna están los códigos asignados por cámara de comercio para dichos establecimientos. En la columna número tres se describe el nombre o razón social con el cual se denomina cada establecimiento. Completando así los 25 establecimientos encuestados y generadores de AVU en el presente estudio de los cuales se hace un acople de la anterior tabla donde se muestran los primeros establecimientos seleccionados de forma aleatoria y complementan con una segunda tabla de la cual también se hacen descartes por motivos varios, por ejemplo: 1. Establecimientos residenciales que no tienen servicio de restaurante 2. No se puede conseguir autorización del encargado 3. El encargado no autoriza la participación de su establecimiento en la investigación.

Dando como resultado la siguiente tabla con los actores participes de las encuestas y de donde se extrajeron las muestras de AVU para luego disponerlas al análisis físico químico respectivo en el laboratorio de la universidad santo tomas sede loma linda.

Tabla 2.

Establecimientos comerciales participes del estudio

NUMERACION	CODIGO	NOMBRE
1	19479	LA ESPAÑOLA EXPRESS
2	53016	DONDE FERCHOS
3	44867	RESTAURANTE CALAMAR
4	124240	CAFETERIA Y FRUTERIA STAR DE LIGHT
5	202660	MEGA PIZZA COMIRAPIDA
6	246140	RESTAURANTE CENTAUROS DEL LLANO
7	219959	EL NUEVO PALACE
8	310738	LA GRANJA BROASTER
9	194271	LA CASCADA RESTAURANTE Y CAFETERIA
10	200568	RESTAURANTE LA CAZUELA DEL PACIFICO
11	83770	FRUTERIA LA GRAN MANZANA
12	313188	CASA DEL KUMIS CIELOS ABIERTOS
13	10090	RESTAURANTE - BAR ASTORIA
14	80215	COMI RAPIDAS F.M.
15	289817	LA CASA DEL ARROZ ESPAÑOL Y PRESAS

Tabla 2. Continuación

16	189632	BROASTERS HOUSE J.M
17	160090	VILLAPIZZA EL SABOR SENSACIONAL
18	201695	ARROZ ESPAÑOL Y ALGO MAS
19	57217	RESTAURANTE Y CAFETERIA LAS DOS PALMAS
20	188410	LA NUEVA CASA DEL JUGO
21	112492	RESTAURANTE SAZON CASERO
22	64633	LA EMBAJADA DE LA TREINTA Y SEIS
23	243314	RESTAURANTE Y CAFETERIA PUNTO VERDE
24	166389	CAFE - BAR RESTAURANTE SANTA CLARA
25	14535	LA MOVIDA CHUECA

Nota: total de establecimientos comerciales generadores de aceite vegetal usado que fueron partícipes del estudio, se señala el código asignado por cámara de comercio y la razón social de cada uno de los establecimientos, adaptado de la información suministrada por cámara de comercio, por Miguel Méndez, 2018.

Levantamiento de Muestras

La recolección de las muestras inicio en la primera semana de agosto junto con la realización de las encuestas, debido a que algunos de los lugares encuestados tenían disponibilidad de proporcionar la muestra del aceite vegetal usado en el momento en el que se realizaban las preguntas y se calificaba el establecimiento como recolectado, para los demás establecimientos se debieron realizar más de una visita debido a que la muestra no estaba disponible parcial o totalmente. La muestra necesaria para la realización del estudio es de 300 ml, la cual es suficiente para llevar a cabo las pruebas físico químicas en el laboratorio, el recipiente dispuesto para contener el AVU se denomina “pegantero” y se muestra a continuación.

Recipiente con las muestras de AVU



Figura 5. Recipiente en el que se llevó a cabo la recolección de las muestras de AVU ubicados en el laboratorio para someterlos a un análisis físico químico, por Miguel Méndez, 2018.

Para la recolección del aceite desde el establecimiento comercial productor, se obtiene una muestra con la ayuda de un embudo para la captación del AVU, para los demás establecimientos comerciales, luego de concluir con la encuesta se les asignaba un recipiente con las características anteriormente mencionadas con un plazo prudente para que se produzca la cantidad requerida para el estudio y la información del lugar en el cual se hacía la visita se mantenía registrado mediante un rotulo encintado en el recipiente el cual se evidencia a continuación:

Rotulo control de las muestras

Figura 6. Rotulo usado para llevar a cabo el control y registro de las muestras de AVU que serían recolectadas en los recipientes, por Miguel Méndez, 2018.

En el anterior rotulo se hace relación en primera instancia con el número de muestra, seguido del establecimiento y/o su código de cámara de comercio, la fecha en la que se entrega el recipiente y la fecha en la que se recolecta, una vez contenido el volumen requerido se procede a realizar la recolección del aceite vegetal usado sujeto a las normativas establecida en el acuerdo 634 de 2015, por último se relaciona el tiempo que se mantuvo la muestra en el área de almacenamiento hasta el día en que es sometida a las pruebas físico químicas en el laboratorio.

Resultados

Establecimientos Generadores de AVU

A continuación, se identifican los locales comerciales generadores de AVU de Villavicencio meta mediante la tabla número 2, relacionando los establecimientos encuestados con color amarillo y en blanco los establecimientos comerciales que no son generadores de AVU.

Tabla 3.

Primera generación de muestras aleatorias.

313188	CASA DEL KUMIS CIELOS ABIERTOS	Recolectado
36947	HOTEL ARIZONA	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
19479	LA ESPAÑOLA EXPRESS	Recolectado
191340	FRUTI COCTEL DEL LLANO	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
188410	LA NUEVA CASA DEL JUGO	Recolectado
44288	HOTEL SAN JORGE Y CIA.	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
53016	DONDE FERCHOS	Recolectado
243314	RESTAURANTE Y CAFETERIA PUNTO VERDE	Recolectado
87426	RESIDENCIAS TAYRONA COLONIAL	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
79147	HOTEL EL PORTAL DEL LLANO	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
31290	RESIDENCIAS CARIBE AZUL	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
188225	HOTEL GRAN RESERVA	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
124240	CAFETERIA Y FRUTERIA STAR DE LIGHT	Recolectado
44867	RESTAURANTE CALAMAR	Recolectado
296467	HOTEL VILLALEO	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
88769	HOTEL BUENAVISTA	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
269251	RESIDENCIA AFRODITA	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
313484	CAFÉ RAKU	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
75665	DELIQUESO	no se puede trabajar en este establecimiento

Tabla 3. Continuación.

194271	LA CASCADA RESTAURANTE Y CAFETERIA	Recolectado
202660	MEGA PIZZA COMIRAPIDA	Recolectado
246140	RESTAURANTE CENTAUROS DEL LLANO	Recolectado
64633	LA EMBAJADA DE LA TREINTA Y SEIS	Recolectado
266458	CAFETERIA Y CIGARRERIA PARQUE INFANTIL	no es generador.(no ofrece servicio de restaurante)
80215	COMI RAPIDAS F.M.	Recolectado

Nota: Primera tabla generada a partir de Excel utilizando análisis de datos para generar selección de datos aleatorios donde se realizó encuestas, por Miguel Méndez, 2018.

En la anterior tabla se muestra en una primera Columna el código determinado por cámara de comercio con el cual se registra el establecimiento comercial para ejercer su actividad comercial, en la segunda columna se describe el nombre o razón social con la que opera el establecimiento y en la tercera columna se caracteriza la producción de aceite vegetal usado.

Se observa la limitada cantidad de establecimientos aptos para realizar el estudio, esto debido a que ninguno de los hoteles encuestados ofrece servicio de restaurante, ofrecen exclusivamente el servicio de hospedaje por lo cual son descartados como generadores de AVU y en este caso es necesario llevar a cabo una segunda muestra aleatoria para completar el número de establecimientos necesarios para el asertividad estadístico.

Análisis Físicoquímico

Los análisis físicoquímicos se realizaron dando cumplimiento al segundo objetivo del estudio, tomando como primer parámetro el nivel de PH presente en las muestras de AVU recolectadas, seguido del color, este último con la ayuda del método Louvibond internacionalmente aceptado como estándar para medir el color del aceite, continuando con el nivel de humedad y finalmente la densidad. La medición de estos parámetros se describe a continuación.

PH. Es el parámetro determinante de la viabilidad del proceso de transesterificación, Cuanta más alta es la acidez del aceite menor es la conversión. La toma del anterior parámetro se hizo mediante tiras tornasol como se evidencia en la siguiente imagen.

Medición del PH del AVU



Figura 7. Tiras de tornasol con las que se llevó a cabo la medición del PH del AVU, Miguel Méndez, 2018.

Los contenidos de ácidos grasos y de humedad son los parámetros determinantes de la viabilidad del proceso de transesterificación del aceite vegetal. Para que se realice la reacción completa se necesita un valor de ácidos grasos libres, del inglés *Free Fatty Acid* (FFA), menor al 3%. Cuanta más alta es la acidez del aceite, menor es la conversión (Clements, 1998). Por lo anterior se evidencia que el aceite del centro de Villavicencio es adecuado para producir Biodiesel sometido al proceso de transesterificación debido a que presenta un nivel de PH de 5,7 en su promedio general.

Color. Se establece usando el método Lovibond el cual determina el color mediante comparación entre el color de la luz transmitida a través de un determinado espesor de grasa o aceite líquido y el color originado por la misma fuente. Este método es el estándar internacionalmente aceptado para la medición del color en aceites y grasas vegetales y animales (Falco, 2009).

Medición del color del AVU mediante el método Louvibond



Figura 8. Proceso de medición del color del aceite vegetal mediante el sometimiento de la muestra a un cuerpo de luz conocido como método de Louvibond, por Miguel Méndez, 2018.

La anterior imagen muestra la forma en la que se mide el color del aceite al someterlo a la exposición directa de un foco de luz que permite describir el color mediante la ayuda de la escala de colores para aceite de Louvibond el cual se establece desde 0 hasta 25. El promedio general de color en la escala es **11** dando un resultado mínimo de 2 y un máximo de 25.

Humedad. Es un parámetro de vital importancia para la eficiencia del proceso de transterificación debido a que la presencia de humedad disminuye el rendimiento de la reacción, pues el agua reacciona con los catalizadores formando jabones. Para determinar el nivel de humedad de la muestra se realizó un pesaje inicial de la muestra seguidamente se dispone la muestra en un mechero para que se produzca la evaporación del agua contenida en el aceite y pasados 30 minutos bajo una temperatura aproximadamente de 150°C se realiza un segundo pesaje para determinar la cantidad de agua que se evapora de la muestra, lo cual se evidencia a la hora de llegar al punto de ebullición del aceite en la mayoría de los casos. Al obtener la diferencia de pesos se determina un gramaje de pérdida y se realiza una conversión para determinar la humedad relativa presente en la muestra. El contenido de agua promedio es de 362 ppm o 1,206% es similar al encontrado por Enweremadu y Mbarawa (2009), quienes reportaron 1,1 y 1,4% sin embargo es alto tomando en cuenta el contenido de agua reportado por Demirbas (2009) de 0,42% lo cual indica que el aceite debe ser deshidratado antes de la transesterificación para evitar la saponificación. Esto se debe a

que muchos de estos aceites toman la humedad de los alimentos que fueron preparados con él durante toda su vida útil (Medina, 2015).

Densidad. La densidad se realizó con la ayuda de un picnómetro el cual es un instrumento calibrado, con el que se puede pesar un volumen con gran precisión y este fue suministrado por el laboratorio de microbiología de la universidad santo tomas sede loma linda para determinar la densidad del aceite de cada muestra; se determinaron tres pruebas individuales para cada muestra, lo anterior con el ánimo de promediar los resultados y reducir el rango de error.

Picnómetro



Figura 9. Picnómetro con el cual se llevó a cabo la medición de la densidad de las muestras, por Miguel Méndez, 2018.

En la anterior imagen se muestra el picnómetro con el cual se llevaron a cabo los análisis para definir la densidad de cada muestra dando como resultado un promedio general de **0,9074** cercano al valor de 0,92 encontrado por (Phan, 2008) y de 0,924 reportado por (Demirbas, 2009) en el cual se dieron óptimos resultados en la producción del Biodiesel a partir de estos aceites vietnamitas.

Tiempo de exposición en mechero. En esta columna se determinó el tiempo de exposición de cada muestra en el mechero para lo cual se definieron 30 minutos y junto con la temperatura fueron las variables requeridas para establecer la humedad de las muestras.

Temperatura. La temperatura a la cual fueron sometidas las muestras se realizó al finalizar los 30 minutos establecidos para cada muestra disponiendo de un termómetro del laboratorio de química de la universidad santo tomas sede loma linda, los valores oscilan desde 130°C hasta 186°C.

La realización de los análisis físicos y químicos de las muestras se llevó a cabo a partir del mes de septiembre en el laboratorio químico de la universidad santo tomas sede loma linda y se

concluyeron con las ultimas muestras en el mes de noviembre; los datos asociados al estudio se describen en la siguiente tabla

Tabla 4.

Resultado de los análisis físicos químicos de las muestras

MUESTRA	ESTABLECIMIENTO	PH	COLOR	HUMEDAD	DENSIDAD	TIEMPO DE EXPOSICION EN MECHERO	TEMPERATURA
(X300mL)			Louvibond	ppm	g/Ml	min	°C
1	19479	6	6	300	0,941234	30	180
2	53016	6	7	200	0,943388	30	160
3	44867	6	12	400	0,95067	30	176
4	124240	6	5	800	0,943214	30	186
5	202660	6	4	450	0,932245	30	149
6	246140	5,5	8	700	0,9182	30	130
7	219959	5,5	2	600	0,9214	30	169
8	310738	6	23	200	0,9089	30	148
9	194271	6	4	300	0,8707	30	148
10	200568	5	10	400	0,9467	30	180
11	83770	6	7	300	0,8539	30	163
12	313188	5	25	700	0,849	30	138
13	10090	6	9	300	0,8497	30	138
14	80215	6	25	700	0,8545	30	140
15	289817	6	8	400	0,8548	30	150
16	189632	5	25	400	0,8659	30	160
17	160090	6	4	400	0,8779	30	140
18	201695	6	18	400	0,8516	30	148
19	57217	5	8	400	0,8634	30	150

Tabla 4. Continuación

20	188410	5	3	300	0,91582	30	130
21	112492	6	8	400	0,9219	30	170
22	64633	6	25	700	0,8798	30	184
23	243314	6	9	600	0,8668	30	163
24	166389	6	12	700	0,8862	30	168
25	14535	6	8	200	0,8674	30	157

Nota: Resultado de los análisis de PH, color, densidad y humedad llevados a cabo a las 25 muestras de aceite, por Miguel Méndez, 2018.

anterior tabla evidencia los análisis a los que fueron sometidas las muestras de AVU, inicialmente se describen el número de muestras de 1 al 25 seguido del código de cámara de comercio y con ello se culmina la descripción, las muestras que se llevaron a cabo se interpretan de forma favorable para incluir estos aceites usados en procesos de transesterificación, debido al nivel neutro que presentan en su nivel de PH además de la densidad similar a la estudiada y aprobada por estudios similares, encontrándose en un promedio general de 0.9074 g/ml el cual es apto para la producción de biodiesel.

Sin embargo, el color de algunos aceites es elevado debido al número de usos a los que son expuestos y estos aceites residuales son de color marrón lo cual es complicado de depurar sumado al nivel de humedad que alcanza por la misma razón, lo cual demanda un proceso de secado o deshidratación antes de ser utilizados como materia prima, de lo contrario se generaría un alto nivel de saponificación al reaccionar con los catalizadores.

Análisis Cualitativos

Las condiciones ambientales en las que se generan y disponen los AVU se evaluaron mediante los análisis cualitativos llevados a cabo a la Matriz de gestión social, ambiental y de seguridad de los establecimientos comerciales (véase tabla 10). Por medio de los cuales se da cumplimiento al tercer objetivo específico planteado en el presente estudio.

para la realización del proceso de investigación cualitativa se basa en la “METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUALITATIVA” de Gregorio Rodríguez Gómez, Javier Gil Flores y Eduardo García Jiménez España 1996 adoptando un enfoque Etnometodológico de investigación-Acción, este método radica en su interés por centrarse en el estudio de los métodos o estrategias empleadas por las personas para construir, dar sentido y significado a sus prácticas cotidianas y contempla los problemas desde el punto de vista de quienes están implicados en ellos, sólo puede ser válida a través del diálogo libre con ellos (Gomez, 1996). Lo anterior se evidencia en el anexo 1, el cual es el documento que contiene las preguntas de la encuesta llevada a cabo de manera personal a cada uno de los actores y a partir de la cual se generaron apreciaciones individuales de cada uno de los establecimientos generadores participes en el estudio y es el contenido evaluado en la matriz de la tabla 10.

Con la ayuda de los parámetros que se describen a continuación, se definió un valor para determinar el nivel en el que se encuentra cada establecimiento con respecto a una característica o cualidad específica.

Ambiente seguro. Este parámetro inicial data del nivel de seguridad que tienen los empleados del establecimiento para realizar sus actividades productivas, así como de los clientes que ingresan, esto es un factor de gestión de seguridad y se define de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5.

Calificación de Ambiente Seguro

Calificación	AMBIENTE SEGURO
1	inseguro
2	no muy seguro
3	medianamente seguro
4	seguro
5	Muy seguro

Nota: descripción del ambiente en los establecimientos comerciales, por Miguel Méndez, 2018.

Recolección del AVU. Este parámetro indica la calidad del manejo que se le da al proceso de recolección del AVU de cada establecimiento comercial, cabe resaltar que hay establecimientos donde la disposición del AVU se hace por medio del alcantarillado siendo esta la disposición inaceptable o 0 por otro lado el manejo de los AVU por medio de un tercero para su posterior aprovechamiento le hace acreedor al establecimiento de un puntaje de 5.

Tabla 6.

Calificación de Recolección de AVU

Calificación	RECOLECCION DEL AVU
1	inaceptable
2	regular
3	aceptable
4	bueno
5	muy bueno

Nota: calificación de la recolección de que se le da al aceite vegetal usado, por Miguel Méndez, 2018.

Manejo de los alimentos. El parámetro que mide la calidad del manejo de los alimentos está alineado con la seguridad de igual manera que el primer parámetro, aunque en este caso se vela por la seguridad del cliente, de allí la importancia de los procesos de conserva, almacenamiento, producción y servido de los alimentos; estos se miden a partir de la visualización del área de

producción en la cocina así como el salón en el cual se sirven los alimentos, cabe resaltar que estos indicativos no son extraídos de ninguna pregunta realizada en la encuesta o al encuestado debido a posibles sesgos por conveniencia por esta razón estas apreciaciones son de carácter objetivo por el encuestador en un apartado de la libreta.

Tabla 7.

Calificación de manejo de alimentos

Calificación	MANEJO DE LOS ALIMENTOS
1	inaceptable
2	regular
3	aceptable
4	bueno
5	muy bueno

Nota: Manejo que se le da a los alimentos por parte de los establecimientos encuestados, por Miguel Méndez, 2018.

Asepsia en el área de trabajo. Este factor va de la mano con el manejo de los alimentos debido a que son directamente proporcionales, aunque este parámetro hace parte de la gestión social debido a su naturaleza de generar calidad y dignidad para la persona que realice el trabajo e indica también la ausencia de gérmenes que puedan provocar una infección como lo describe el Dr. Jesús tapia jurado en el capítulo 4 de su publicación Asepsia y Antisepsia.

Tabla 8.

Calificación de asepsia en el área de trabajo

Calificación	ASEPSIA EN EL AREA DE TRABAJO
1	inaceptable
2	regular
3	aceptable
4	bueno
5	muy bueno

Nota: asepsia que presentaban los establecimientos a la hora de responder la encuesta, por Miguel Méndez, 2018.

Utilización del aceite vegetal. Este parámetro indica la exposición del aceite vegetal a procesos de transformación de productos en los cuales se produce un cambio en su naturaleza que bien puede ser físico (densidad) o químico (PH, humedad), para ello se disponen de las preguntas 1 (que productos elaboran con aceite vegetal) y 3 (cuantas veces se hace reuso del aceite vegetal en la elaboración de los productos antes de reemplazarlo), la primera pregunta responde a las características de los productos elaborados como se mostró anteriormente y la tercera pregunta hace referencia al número de frituras que se le realiza al aceite antes de ser reemplazado, de lo cual se arroja un promedio total de **2,722** veces que se usa dicho aceite antes de ser reemplazado por una cantidad de igual volumen en la elaboración de los nuevos productos.

Tabla 9.

Calificación de utilización del aceite vegetal

Calificación	UTILIZACION DEL ACEITE VEGETAL
1	inaceptable
2	regular
3	aceptable
4	bueno
5	muy bueno

Nota: calificación de la utilización del aceite vegetal, por Miguel Méndez, 2018.

Con las anteriores tablas se definieron los valores para elaborar la matriz con la cual se evaluaría el nivel de gestión de los establecimientos comerciales con respecto a gestión de seguridad, social y ambiental.

Tabla 10.

Matriz de gestión social, ambiental y de seguridad de los establecimientos comerciales.

		Segurida d	Gestión ambiental	Seguridad	Gestión social	Gestión ambiental	Gestión individual
	establecimiento/calida d	Ambiente seguro	Recolecció n del AVU	Manejo de los alimentos	Asepsia en el área de trabajo	Utilización de aceite vegetal	
1	LA ESPAÑOLA EXPRESS	3	4	4	3	3	17
2	DONDE FERCHOS	3	2	3	3	1	12
3	RESTAURANTE CALAMAR	3	2	3	3	2	13
4	CAFETERIA Y FRUTERIA STAR DE LIGHT	4	3	4	4	2	17
5	MEGA PIZZA COMIRAPIDA	2	4	3	3	5	17
6	RESTAURANTE CENTAUROS DEL LLANO	4	2	4	4	2	16
7	EL NUEVO PALACE	4	4	5	4	5	22
8	LA GRANJA BROASTER	2	3	4	4	2	15
9	LA CASCADA RESTAURANTE Y CAFETERIA	3	3	4	3	3	16
10	RESTAURANTE LA CAZUELA DEL PACIFICO	4	1	4	3	1	13
11	FRUTERIA LA GRAN MANZANA	5	4	5	5	4	23
12	CASA DEL KUMIS CIELOS ABIERTOS	4	5	5	5	5	24
13	RESTAURANTE - BAR ASTORIA	1	2	1	1	1	6
14	COMI RAPIDAS F.M.	4	3	3	3	3	16
15	LA CASA DEL ARROZ ESPAÑOL Y PRESAS	4	3	3	4	3	17

Tabla10. Continuación

16	BROASTERS HOUSE J.M	4	3	3	3	4	17
17	VILLAPIZZA EL SABOR SENSACIONAL	5	3	4	4	3	19
18	ARROZ ESPAÑOL Y ALGO MAS	3	4	4	4	3	18
19	RESTAURANTE Y CAFETERIA LAS DOS PALMAS	2	0	3	1	1	7
20	LA NUEVA CASA DEL JUGO	4	4	5	4	4	21
21	RESTAURANTE SAZON CASERO	4	2	3	3	2	14
22	LA EMBAJADA DE LA TREINTA Y SEIS	3	2	4	3	2	14
23	RESTAURANTE Y CAFETERIA PUNTO VERDE	3	2	4	4	3	16
24	CAFE - BAR RESTAURANTE SANTA CLARA	4	3	4	3	4	18
25	LA MOVIDA CHUECA	5	2	4	3	2	16
		87	70	93	84	70	

Nota: tabla de evaluación llevada a cabo a los establecimientos comerciales participes en el estudio siguiendo la “METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUALITATIVA” de Gregorio Rodríguez Gómez, Javier Gil Flores y Eduardo García Jiménez España 1996, por Miguel Méndez, 2018.

En la anterior tabla se describe inicialmente la numeración de los establecimientos comerciales que fueron participes en el estudio, posteriormente del nombre o razón social propio de cada establecimiento. Seguidamente se evalúa el nivel de gestión en seguridad, social y ambiental, para lo cual se realizan ítems específicos cuantificando el nivel de gestión en el que se encuentra cada establecimiento en una escala de 0 a 25 como se describe en la tabla de gestión individual, con lo cual se define la calidad de gestión de cada establecimiento con respecto a dichos parámetros y esta calificación se encuentra descrita en la parte derecha de la tabla en su última columna y representada con un color específico para cada escala.

La representación de color con respecto al valor de cada establecimiento se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Gestión individual

Gestión individual
25-21 muy bueno
20-15 bueno
14-10 aceptable
9-5 malo
4-0 muy malo

Nota: Gestión individual, por Miguel Méndez 2018

Tabla 12.

Gestión global

Gestión global
100-125 muy bueno
75-100 bueno
50-75 aceptable
25-50 malo
0-25 muy malo

Nota: Gestión global, por Miguel Méndez 2018

Como se muestra en la tabla 11 se describe la calidad de la gestión de forma individual en donde una sumatoria de 0 a 4 acredita a una gestión individual “muy mala” y se identifica con un color rojo sin embargo ningún cuadro tiene este valor, por otra parte, la gestión identificada como “muy buena” se otorgó a los establecimientos con una sumatoria de 21 a 25 y un color verde representativo.

En la tabla 12 se realiza un ponderado de todos los establecimientos con respecto a un parámetro de gestión individual, con lo cual se obtiene un valor global de la calidad de la gestión de los establecimientos comerciales productores de AVU, con lo cual se obtienen 5 resultados totales referidos del nivel de calidad de gestión de seguridad, social y ambiental que presentan el grupo de establecimientos comerciales productores de AVU.

Seguridad. Este parámetro se evalúa con respecto Al ambiente seguro de trabajo y el manejo de los alimentos. El primero hace énfasis en aspectos como el uso adecuado de los utensilios de trabajo el tipo de riesgos que se ven expuestos los empleados, la gestión de riesgo que existe y los equipos de protección con los que cuentan; el manejo de los alimentos básicamente establece el nivel de riesgo para los clientes o consumidores de los alimentos preparados debido a que se observa las buenas prácticas culinarias, la capacitación en cuanto a manejo de alimentos, el

almacenamiento la conserva y preparación de los productos, lo anterior también se ve influido por el aseo en el área de trabajo.

Gestión social. Se evalúa en el ítem de asepsia en el lugar de trabajo y este a su vez contiene las facultades del establecimiento en cuanto a aseo en sus cocinas además de la dignificación del puesto de trabajo para el empleado, así como la de su labor, la dotación de uniforme y además se tiene en cuenta el número de empleados que realizan las funciones necesarias para la operación del establecimiento.

Gestión ambiental. Se evalúa mediante la identificación del uso del aceite vegetal y la recolección del AVU. El primero describe el número de frituras que se dio al aceite antes de ser reemplazado, los productos elaborados con dicho aceite, las marcas de aceite utilizadas para la producción y la cantidad de aceite utilizado y desechado en una escala mensual. El segundo describe los establecimientos que comercializan el AVU, el promedio que obtienen por la venta de 20 litros Y las demás maneras en la que disponen del AVU resultado de las actividades.

Aceites más utilizados

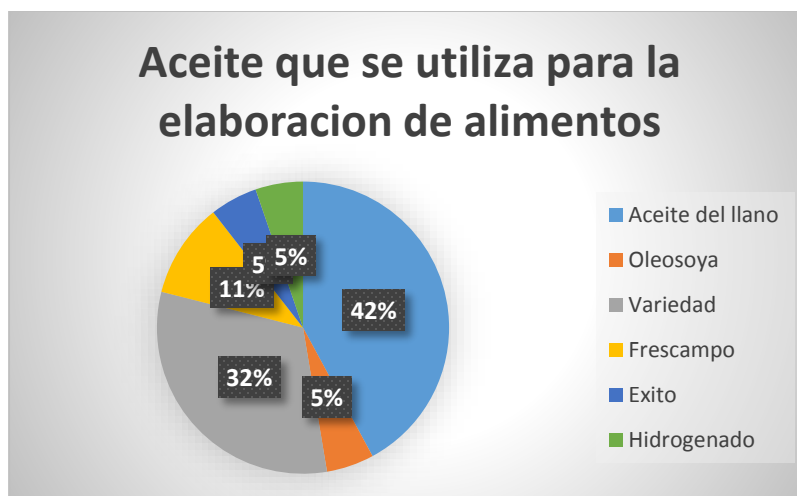


Figura 10. Grafica de aceites que se utilizan para la elaboración de alimentos, por Miguel Méndez, 2018

La anterior grafica muestra las marcas de los aceites utilizados por los productores para elaborar sus alimentos y define como marca predominante al aceite del llano principalmente por la calidad del mismo seguido de la opción variedad la cual es el aceite que se encuentre más económico en

el mercado dándonos como resultado una tendencia en la mayoría de los establecimiento por producir alimentos con aceite de calidad a estos se les suma el aceite virgen de soya y nos da cerca del 50% de establecimientos produciendo alimentos de calidad para los consumidores lo que genera también un aceite residual de mejor calidad independientemente del uso dado en su vida útil.

Producción y Descarte de Aceite Vegetal

Para definir el consumo de aceite vegetal mensual llevado a cabo por los establecimientos comerciales se realizó la pregunta número 4 de la encuesta la cual indica “¿qué volumen de aceite se consume como resultado del desarrollo de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?”; en una escala de litro/mes dando como resultado 4022,568 litros mensuales. En el anterior resultado yace la viabilidad del proyecto con respecto a la producción de biodiesel con base de aceite vegetal usado debido a que las cifras lo soportan y la cantidad de material que circunda en las líneas de producción a nivel local son elevadas y posee un consumo que satisface la demanda para realizar un mecanismo de recolección y pos tratamiento industrial para llegar al aprovechamiento de este residuo , siendo que este resultado refleja el consumo de la zona centro de Villavicencio con un total de 25 generadores.

Para definir la cantidad de aceite desechado mensual se realizó la pregunta número 5 de la encuesta la cual indica “¿qué volumen de aceite se genera como resultado del desarrollo de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?” en una escala de litro/mes dando como resultado **1418,46** litros. El anterior resultado ratifica la cualidad del mercado para generar un proceso de recolección y aprovechamiento del AVU debido a que se cuenta con una cantidad prudente para realizar procesos industriales de optimización y aprovechamiento a partir de este recurso.

En respuesta al cuarto objetivo referente a “definir el potencial económico del aceite vegetal usado para producir Biodiesel” se requiere inicialmente la generación del mismo lo cual se muestra anteriormente con un consumo de 4022,568 litros al mes y un total de 1418 litros al mes de aceite vegetal usado resultante de las operaciones de producción, se establecen valores en términos económicos para concluir con una proyección del potencial monetario y la oportunidad de mercado que se generaría a partir del aprovechamiento del aceite vegetal usado.

Grafica de establecimientos que comercializan el AVU



Figura 11. Establecimientos que reciben un ingreso de aproximadamente \$16000 por la venta de 20 litros aproximadamente y un 74% no recibe esta ganancia, elaborado por Miguel Méndez, 2018.

Los establecimientos que comercializan el aceite vegetal están reflejados en la anterior tabla donde se muestra que apenas una cuarta parte de los establecimientos comerciales generadores de aceite vegetal usado comercializan dicho residuo, apenas el 26% de los establecimientos considera este material como un recurso el cual genera un ingreso promedio de \$16.000 por cada 20 litros de aceite vegetal usado mientras que tres de cada cuatro generadores de aceite vegetal se encarga de dicho residuo de manera diferente como se describe a continuación.

Disposición del AVU

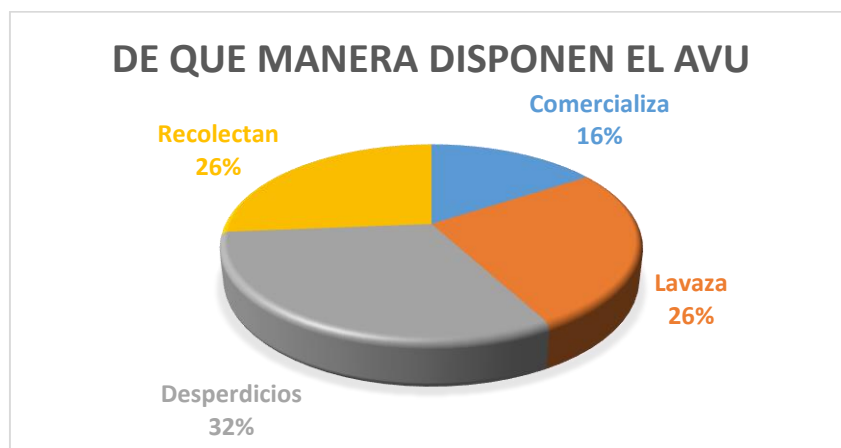


Figura 12. Grafica de la manera en que los establecimientos comerciales de la zona de Villavicencio disponen del AVU, por Miguel Méndez, 2018

La anterior grafica se generó a partir de los resultados de la pregunta 7 de la encuesta llevada a cabo en la zona de estudio la cual refleja “¿de qué manera disponen el AVU que se genera como resultado de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?”

Con los resultados reflejados por dicha grafica se evidencia que menos de la mitad de la cantidad de aceite vegetal producido por los establecimientos comerciales generadores es gestionado de forma correcta siendo que apenas un 16% es comercializado directamente por los generadores recibiendo ganancias directas y siendo un recurso útil resultado de la producción de alimentos, seguido de un 26% del aceite que se recolecta y este último no les genera un ingreso a los establecimientos generadores sin embargo es favorable que se realice una debida recolección de ellos bien sea por un familiar, un tercero o para estudios científicos y proyectos académicos.

El 26% del aceite vegetal usado generado en las cocinas de los establecimientos comerciales termina en la lavaza por lo tanto es aprovechado por un productor de cerdos en su alimentación sin embargo estos no generan un beneficio económico al generador, el 32% final del aceite vegetal que se produce en esta zona de estudio termina en los desperdicios de la cocina lo cual convierte este último en el menos aprovechado y presenta el porcentaje más alto en términos de litros se dejan de aprovechar 453,9072 litros al mes la cual es una cifra alarmante debido a que representa una importante cantidad del residuo y en consecuencia puede llegar a los alcantarillados o a cuerpos de agua circundantes de la zona donde son generados llegando a contaminar de forma negativa los numerosos cuerpos hídricos de Villavicencio y alrededores por lo cual se debe gestionar en la correcta disposición del aceite vegetal desde la fuente inicialmente por la rentabilidad que este presenta y por la amenaza que representa para la recurso hídrico de la zona.

Proyección

La siguiente tabla hace referencia al valor económico del aceite vegetal usado generado mensualmente en la zona centro de Villavicencio para lo cual se describe la cantidad de aceite vegetal consumido en esta zona seguido de la generación de aceite vegetal usado, el precio promedio de la venta de 20 litros correspondiente a \$16.000 y se describe una cantidad de 57% del total del universo de la muestra debido a que fue el porcentaje que se estudió de los 133 posibles para generar 25 establecimientos comerciales generados aleatoriamente y con reemplazamiento descritos en la tabla 3.

Tabla 13.

Valor mensual del AVU producido en la zona centro de Villavicencio

consumo de aceite vegetal	Generación de AVU	precio	total muestras	muestras encuestadas	muestras recolectadas	valor del AVU
(Lt/mes)	(Lt/mes)	(X 20 Litros)	(zona centro de Villavicencio)	57%	(estudio)	(mes)
4022,568	1418,46	16000	133	76	25	\$ 1.134.768,00

Nota: primera proyección llevada a cabo para determinar el valor generado por la comercialización del AVU en el centro de Villavicencio a raíz de los datos que se obtuvieron del estudio: Miguel Méndez 2018.

La tabla 14 muestra la generación de 28585 litros de AVU aproximadamente generados mensualmente por un total de 2687 establecimientos que son el total de establecimientos comerciales que cuentan con las características estudiadas en el presente estudio en la ciudad de Villavicencio a partir de los cuales se reduce a un 57% siguiendo la información anteriormente generada y a partir de los establecimientos estudiados, con lo cual se generaría un total de \$22'.868.412,12 para los establecimientos generadores de AVU.

Tabla 14.

Proyección de un mes del AVU generado en Villavicencio

consumo de aceite vegetal	Generación de AVU	precio	total muestras	muestras encuestadas	muestras recolectada s	valor del AVU
(Lt/mes)	(Lt/mes)	(X 20 Litros)	(Villavicencio)	57%	(estudio)	(mes)
81064,8016 2	28585,5151 5	16000	2687	1531,59		\$ 22.868.412,1 2

Nota: segunda proyección generada a escala tomando en cuenta los establecimientos con las mismas características del estudio en la zona de Villavicencio: Miguel Méndez, 2018

Al utilizar una proyección se logra prever un valor aproximado de un valor con base en datos existentes presentes. De esta manera se realiza una proyección de 1 y 5 años para identificar el valor monetario que tiene el aceite vegetal usado que se genera en las cocinas de los establecimientos comerciales de la ciudad de Villavicencio como se muestra en la tabla 15 y 16.

Tabla 15.

Proyección de un año del AVU generado en Villavicencio

consumo de aceite vegetal	Generación de AVU	precio	total muestras	muestras encuestadas	valor del AVU
(Lt/mes)	(Lt/mes)	(X 20 Litros)	(zona centro de Villavicencio)	57%	(año)
972777,6194	343026,1818	16000	2687	1531,59	\$ 274.420.945,44

Nota: Proyección de escala y tiempo: Miguel Méndez, 2018.

En la proyección de un año del AVU generado en Villavicencio se logra evidenciar una cifra importante de **\$ 274.420.945,44** y al realizar una proyección de 5 años se muestra la cantidad de **\$ 1.372.104.727,20**. La cual muestra una cantidad importante de dinero que se genera en la cotidianidad de las labores comerciales de los establecimientos productores de alimentos de la ciudad de Villavicencio y sin embargo no son tomados en cuenta como un ingreso o una fuente potencial de lucro para los generadores, de estos solo son aprovechados comercialmente un 26% como lo muestra el presente estudio lo que define que más de \$ 1.015.357.498,13 son arrojados cada 5 años en la lavaza de las cocinas, en los residuos ordinarios o en las alcantarillas.

Tabla 16.

Proyección de 5 años del AVU generado en Villavicencio

consumo de aceite vegetal (Lt/mes)	Generación de AVU (Lt/mes)	precio (X 20 Litros)	total muestras (zona centro de Villavicencio)	muestras encuestadas 57%	valor del AVU (5 años)
4863888,097	1715130,909	16000	2687	1531,59	\$ 1.372.104.727,20

Nota: valor proyectado a escala Villavicencio y en un periodo de 5 años, Miguel Méndez, 2018.

Cabe recalcar que la viabilidad del AVU para generar biodiesel radica en la cantidad favorable de generación de la materia prima la cual es óptima como lo muestra el presente estudio, sumado a sus cualidades físicas y químicas. Con ayuda de la proyección anual se refleja una importante oportunidad de mercado para emprendedores de mercados verdes, economía circular e industriales.

Conclusiones

- La realización de la identificación de los establecimientos comerciales generadores de aceite vegetal usado se generó a partir de información suministrada por cámara de comercio de Villavicencio facilitando el proceso de selección de la zona de estudio y el número de lugares a visitar de lo cual se evidencio en el proceso de recolección de muestras que se deja de lado una importante cantidad de información al no contar con los generadores de AVU que realizan sus actividades de manera informal.
- En las propiedades de pH, densidad y humedad que se llevaron a cabo para la caracterización del AVU como materia prima para la elaboración de Biodiesel muestran resultados viables para su uso por sus facultades similares a estudios previos en los cuales se elabora Biodiesel con aceite vegetal usado de características similares.
- Las condiciones ambientales en las que se generan y disponen los aceites vegetales usados se evaluaron por medio de una matriz cualitativa dando resultados favorables en términos de gestión ambiental, social y de seguridad. Lo anterior es debido principalmente a que el objeto de estudio se llevó a cabo con establecimientos comerciales sujetos a la normatividad y la incidencia o el impacto ambiental que afecta los acuíferos y el sistema de alcantarillado de la ciudad yace en el desarrollo de las actividades productivas comerciales informales que generan este residuo.
- Los valores generados anualmente por la ausencia de un proceso de recolección del aceite vegetal usado suman \$ 1.372.104.727,20, considerable debido a que este lucro haría parte de la fuente de ingreso de los generadores del residuo, transformando este aceite en una fuente generadora de recursos a un nivel secundario para dichos establecimientos y favoreciendo así la recolección del mismo, evitando impactos negativos al ambiente debido a su incorrecta disposición final, cabe resaltar que el valor monetario mencionado anteriormente corresponde a la etapa de recolección del AVU dejando de lado los procesos siguientes como almacenamiento, tratamiento y transformación. Lo anterior es una evidencia importante de los avances presentados en este estudio y es un punto de inicio para la ascensión y posterior implementación a nivel industrial.

- Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran la viabilidad ambiental y económica del uso de aceite vegetal usado para la elaboración de Biodiesel y se busca generar material científico académico para avalar y soportar la implementación de proyectos que aprovechen este recurso ya que reutilizando el AVU se contribuiría a disminuir los índices de contaminación en la ciudad favoreciendo el recurso hídrico, la salud humana y el medio ambiente.

“El aceite es a los ríos como el petróleo a los mares”

Recomendaciones

- Se espera poder solapar información de establecimientos comerciales informales de la ciudad de Villavicencio o una zona como el caso del presente estudio para obtener un valor real de la cantidad de aceite vegetal consumido y generado en su totalidad. Cubriendo un umbral más amplio de las fuentes generadoras y el mercado existente.
- Se recomienda utilizar un recipiente diferente con menor capacidad de almacenamiento debido a que sobra mucho espacio en el contenedor y con una mayor resistencia al calor, esto debido a que los horarios de laboratorio demandaban realizar un envasado del aceite caliente previo a su exposición a altas temperaturas para saber su humedad y en consecuencia se producía una deformación y posible ruptura del mismo consecuencia del envasado del aceite a alta temperatura siendo este último cercano a 100°C.
- En el proceso de determinar el valor de humedad de las muestras de aceite se recomienda aumentar el tiempo de duración de la muestra y reducir la temperatura debido a que este proceso llevado a cabo podría generar sesgos en el momento de tomar la medición.
- Es considerable realizar un mayor número de análisis a las muestras de AVU en el caso de utilizar la información suministrada en el presente estudio para realizar aplicaciones industriales y/o comerciales.

Referencias Bibliográficas

- Acuicultura. (04 de Junio de 2007). *Buscan optimizar la producción de biodiesel a partir de aceite de.* Obtenido de Portal de Información en Acuicultura: http://www.aquahoy.com/index.php?id=1353&option=com_content&task=view
- Andrea Collymore Rodríguez, R. A. (Noviembre de 2008). *World scientific production on biodiesel.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008001100004
- ANH. (28 de julio de 2018). *agencia nacional de hidrocarburos.* Obtenido de <http://www.anh.gov.co/Paginas/inicio/defaultANH.aspx>
- Arroyo, M. (30 de Mayo de 2008). *Nuevas Fuentes de Energía para un Futuro Sostenible.* Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/143.htm>
- Benjumea, Z. P., & Raúl, M. (2003). Una revisión del proceso de obtención mediante la transesterificación. *revista Energética, No. 29*, 9-18.
- Carrizo, S. C. (2009). *Biocombustibles en Argentina, Brasil y Colombia : Avances y limitaciones.* Obtenido de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4443/pr.4443.pdf
- Castaño, A. M. (27 de Julio de 2010). *Estudio Y Obtención de Biodiesel a Partir de Residuos Grasos.* Obtenido de tesis de ingeniería química, Universidad Tecnológica de Pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2038/6626V856.pdf;jsessionid=0F84EB396AA6D11C8F02B5207A3BC644?sequence=1>
- Clements. (01 de ENERO de 1998). *The effect of catalyst, free fatty acids, and water on transésterification of beef tallow.* Obtenido de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=iapcpubs>
- Clements, H. (2008). *The effect of catalyst, free fatty acids, and water on transésterification of beef tallow.* Obtenido de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=iapcpubs>
- CONTRALORIA. (Agosto de 2016). *Informe sobre el estado de los Recursos Naturales y del Ambiente.* Obtenido de <http://www.contraloria.gov.co/documents/20181/461292/Informe+sobre+el+Estado+de+los+Recursos+Naturales+y+del+Ambiente+2015+-+2016/b89427cb-857e-407c-9ef3-1aac6aaf3708?version=1.1>

- Crespo, V., & Martínez, M. Y. (2001). *Biodiesel: Una alternativa real al gasóleo mineral*. Obtenido de tesis doctoral, Universidad de la Rioja: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4236777>
- Dawson. (2005). Bioestadística médica 4ª edición. En Trapp. México: Manual Moderno. Recuperado el 18 de julio de 2017
- Demirbas, A. (2009). *Progress and recent trends in biodiesel fuels*. Obtenido de Energy Conversion and Management: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890408003294>
- Díaz. (2012). Obtenido de Impacto Ambiental Generado a Partir de Biodiesel de Aceite de Palma: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7141/DiazGonzalezYeniCarolina2012.pdf?sequence=1>
- Falco. (06 de 02 de 2009). *materiaoleochemicals*. Obtenido de <http://www.materiaoleochemicals.com/metodos.html>
- Fernández, J. R. (24 de Marzo de 2010). Obtenido de Agotamiento de los Combustibles Fósiles: http://www.usc.es/econo/RGE/Vol19_1/castelan/art1c.pdf
- Gabina, J. (16 de Mayo de 2010). *El agotamiento de las reservas de petróleo*. Obtenido de <https://juanjogabina.com/2010/05/16/el-agotamiento-de-las-reservas-de-petroleo/#comments>
- Gómez, F. G. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Obtenido de <http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/metodologia-de-la-investigacion-cualitativa/investigacioncualitativa.doc>
- Gryglewicz. (1999). Rapeseed oil methyl esters preparation using heterogeneous catalysts. *Bioresour. Technol*, 53-249.
- ICONTEC. (06 de JUNIO de 1999). Obtenido de Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de acidez: <http://documents.tips/documents/ntc-218.html>
- Isela, V. (24 de Agosto de 2014). Obtenido de Aprovechamiento de Aceites Vegetales Usados : http://dspace.uces.edu.ar:8180/xmlui/bitstream/handle/123456789/2623/Aprovechamiento_Villegas-Pena.pdf?sequence=1
- Jose Ma de Juana, F. S. (2008). *Energías Renovables Para El Desarrollo*. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NyvcConR-xoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=posibilidades+con+energia+renovable&ots=7FB0rFwxn&sig=cTbWj_R9e-AWUx_5rQSWPLwSCSo#v=onepage&q=posibilidades%20con%20energia%20renovable&f=false
- Marlene, S. (5 de Diciembre de 2009). *biodiesel7*. Obtenido de <http://biodiesel17.blogspot.com.co/>

- Medina, O. T. (Junio de 2015). Obtenido de Esterificación y Transesterificación de Aceites:
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a03.pdf>
- Mieles, G. M. (2010). Obtenido de Proyecto de Desarrollo de una Refinería de Biodiesel, por medio de la Producción Existente de Palma Africana para su Comercialización en la Ciudad de Quito:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13396/1/D-42842.pdf>
- MINAMBIENTE. (2017). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible* . Obtenido de
<http://www.minambiente.gov.co/>
- Perry, G. &. (Junio de 2009). *El impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia*. Obtenido de CAF Documento de trabajo, 2009/06, Caracas: CAF.:
<http://scioteca.caf.com/handle/123456789/199>
- Phan, A. y. (2008). *Fuel*. Obtenido de Biodiesel production from waste cooking:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46524863/Biodiesel_Production_from_Waste_Cooking_20160615-8116-1y205e5.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527961511&Signature=KagjKzJT2r%2BXft9ZhYXGrN5bOo%3D&response-content-disposition=inline
- Restrepo, J. A. (2008). Obtenido de Caracterización y Aprovechamiento del Aceite Residual :
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1059/6626H565.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valle, U. d. (11 de SEPTIEMBRE de 2017). *Colombia tanqueará con biodiesel*. Obtenido de
<http://cesiq.univalle.edu.co/html/modules.php?name=News&file=article&sid=207>

Anexo A.

Encuesta para el estudio de la viabilidad ambiental y económica del aprovechamiento de Aceite Vegetal Usado (AVU), proveniente de cocinas comerciales del centro de Villavicencio como insumo para la elaboración de Biodiesel en el Meta.

Lugar: _____

Atiende a la encuesta: _____

Cargo: _____

Número de empleados: _____

Actividad productiva: _____

1. ¿Qué productos elaboran con aceite vegetal?

- | | | |
|------------|--------------------|------------|
| a. res | e. Comidas rápidas | i. Arroces |
| b. cerdo | f. Papas | j. Salsas |
| c. Pollo | g. yuca | k. Guiso |
| d. Pescado | h. Plátano | |

2. ¿Cuál es la marca del aceite que utilizan para la elaboración de sus productos?

3. ¿Cuántas veces se hace rehusó del aceite vegetal en la elaboración de los productos antes de reemplazarlo?

4. ¿Qué volumen de aceite se consume como resultado del desarrollo de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?

5. ¿Qué volumen de aceite se genera como resultado del desarrollo de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?

6. ¿su organización comercializa el AVU que se genera como residuo en el desarrollo de las comerciales? Si__ No__ si la respuesta es afirmativa por favor indique ¿Cuál es el valor en pesos colombianos que le pagan por litro o galón de AVU?, si la respuesta es negativa pase a la siguiente pregunta.

7. ¿De qué manera disponen el AVU que se genera como resultado de las actividades productivas propias del establecimiento comercial?
