



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS TÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL ACEITE VEGETAL USADO DEL**  
**CANTÓN CUENCA - ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Ambiental

**AUTORES: MARÍA BELÉN CÁRDENAS BRAVO**

**JUAN JOSÉ VÉLEZ DELGADO**

**TUTORA: ING. KATERINE ELIZABETH PONCE OCHOA**

Cuenca - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, María Belén Cárdenas Bravo con documento de identificación N° 1400877054 y Juan José Vélez Delgado con documento de identificación N° 0106784077; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 03 de agosto del 2022

Atentamente,



---

María Belén Cárdenas Bravo

01400877054



---

Juan José Vélez Delgado

0106784077

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, María Belén Cárdenas Bravo con documento de identificación N° 1400877054 y Juan José Vélez Delgado con documento de identificación N° 0106784077, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo Experimental: “Análisis técnico del aprovechamiento del aceite vegetal usado del cantón Cuenca - Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de agosto del 2022

Atentamente,



---

María Belén Cárdenas Bravo

01400877054



---

Juan José Vélez Delgado

0106784077

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Katerine Elizabeth Ponce Ochoa con documento de identificación N° 0101813251, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS TÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL ACEITE VEGETAL USADO DEL CANTÓN CUENCA - ECUADOR, realizado por María Belén Cárdenas Bravo con documento de identificación N° 01400877054 y por Juan José Vélez Delgado con documento de identificación N° 0106784077, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de agosto del 2022

Atentamente,



Ing. Katerine Elizabeth Ponce Ochoa

0101813251

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a mis amados padres, Estid y Catalina, que su apoyo a lo largo de este camino ha sido fundamental para poder lograr el primer paso de mi sueño.*

*A mi hermano, Jorge Enrique, que siempre me ha compartido sus conocimientos.*

*A mis mejores amigos Andrés, Bryam, Cristina y Wlady quienes son mi segunda familia y han estado a mi lado apoyándome con su cariño y amistad.*

*María Belén*

*Primeramente, agradeciendo a Dios y a la Virgencita del Cisne por permitirme estar con vida y poder alcanzar este sueño de ser un gran profesional.*

*A mis queridos padres Paulo y Yolanda quienes han sacrificado todo en este corto periodo universitario para ayudarme a cumplir una meta más en la vida, y nunca han dejado de estar al pie del cañón conmigo, de apoyarme a pesar de que no sabían lo que hacía siempre buscaban el modo de intentar ayudarme, ellos han sido mi motor para poder seguir cumpliendo este sueño.*

*Mi perrito Danger, mi negrito quien ha sido mi confidente y mi compañía en todas esas noches frías en las que me quedaba haciendo las tareas.*

*A mis abuelitos paternos, Manuel y Ruth quienes nunca han dejado de apoyarme y creer en mí, en todas las virtudes y fortalezas, de igual manera a toda mi familia la descendencia Michi Torres quienes siempre me han brindado su apoyo para lo que necesite.*

*Juan José*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradecemos a todos los maestros que han sabido brindar y compartir sus conocimientos, tiempo y paciencia para forjarnos como profesionales.*

*María Belén y Juan José*

*Este trabajo está dedicado a mi abuelita Virginia Segarra, quien partió de este mundo de manera trágica, dejando un gran vacío en mi corazón, pero tus risas y tus cuidados los llevo en mí. Te siento y llevo en lo más profundo de mi corazón abuelita.*

*Le dedico a mis padres, por ser los pilares principales de donde sostenerme para no caer en este transcurso y por darme la oportunidad de estudiar la universidad para tener una mejor vida. Gracias por todo su amor y paciencia incondicional a lo largo de esta dura etapa.*

*Juan José*

## Resumen

En la siguiente investigación se presentaron alternativas para el aprovechamiento del aceite vegetal usado, como son la obtención de biodiesel y jabones sólidos y líquidos. Para llevar a cabo el procedimiento, en primer lugar, se realizaron encuestas a restaurantes del cantón Cuenca Teniendo como resultados que el aceite preferido en el cantón es el aceite “El Cocinero”, además entre todos los establecimientos encuestados se obtiene una generación de 5 – 25 litros de AVU equivalente al 58%. Referente a la disposición final del residuo el 75% de la muestra, vende el aceite.

A partir de resultados de las encuestas se procedió a realizar el aprovechamiento con la muestra de aceite vegetal usado, en el que primeramente se realiza el tratamiento del aceite que consiste en un pre filtrado en el que se eliminan los sólidos de mayor tamaño, después se lava y seca el aceite, para proceder a la obtención del biodiesel. La metodología que se aplicó para obtener el biocombustible es la transesterificación del aceite vegetal usado, tratado con metanol empleando una relación molar 9:1. Se utilizaron dos tipos de catalizadores el NaOH y KOH; la reacción se realizó en agitación constante por 15 minutos a una temperatura de 60 °C. En donde al final de la reacción, se obtuvieron biodiesel y glicerina cruda.

Para la caracterización tanto del aceite vegetal usado, como del biodiesel se realizaron análisis de viscosidad, densidad, y análisis de los ácidos grasos presentes en las muestras a partir de la cromatografía de gases; teniendo como resultados del aceite 43.6 mm<sup>2</sup>/s, 922 Kg/cm<sup>3</sup> y 278.17 g/mol y del biodiesel 6.98 mm<sup>2</sup>/s, 849 Kg/cm<sup>3</sup> y 277.64 g/mol respectivamente. Además, el rendimiento del biodiesel a partir del peso de los metil ésteres es del 99.81%.

La glicerina obtenida como subproducto de la transesterificación se aprovechó para realizar jabones, a partir de la mezcla de glicerol con una solución al 30% de hidróxido de potasio a 40° C para que se realice el proceso de saponificación.

**Palabras Clave:** aceite vegetal usado, biodiesel, catalizadores, transesterificación, glicerina.

## Abstract

The following research presented alternatives for the development of used vegetable oil, such as obtaining biodiesel and solid and liquid soaps. To conduct the procedure, first, conducted surveys to restaurants in the canton Cuenca Having as results that the preferred oil in the canton is the oil "El Cocinero", in addition among all the establishments surveyed you get a generation of 5 - 25 liters of AVU equivalent to 58%. Concerning the final disposal of the residue, 75% of the sample sells the oil.

From the results of the surveys, we proceeded to make the harvest with the sample of used vegetable oil, in which first the oil treatment is performed which consists of a pre-filtration in which the largest solids are removed, then the oil is washed and dried, to proceed to obtain biodiesel. The methodology applied to obtain the biofuel is the transesterification of the used vegetable oil, treated with methanol using a molar ratio of (9:1). Two types of catalysts were used: NaOH and KOH; the reaction was performed in constant agitation for 15 minutes at a temperature of 60 °C. Where at the end of the reaction, biodiesel and crude glycerine were obtained.

For the characterization of both used vegetable oil and biodiesel, viscosity analysis, density analysis, and analysis of the fatty acids present in the samples from gas chromatography were performed, taking as oil results 43.6 mm<sup>2</sup>/s, 922 Kg/cm<sup>3</sup>, and 278.17 g/mol and 6.98 mm<sup>2</sup>/s biodiesel, 849 Kg/cm<sup>3</sup> and 277.64 g/mol, respectively. In addition, the yield of biodiesel from the weight of methyl esters is 99.81%.

The glycerine obtained as a byproduct of transesterification was used to make soaps, from the glycerol mixture with a 30% solution of potassium hydroxide at 40° C for the saponification process to be performed.

**Keywords:** used vegetable oil, biodiesel, catalysts, transesterification, glycerine.

## Índice General

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Índice de Tablas .....	XIII
Índice de figuras.....	XIV
Índice de Anexos.....	XVI
1. Introducción .....	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Delimitación .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. General .....	3
1.4.2. Específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	4
2. Fundamentación Teórica.....	4
2.1. Residuos .....	4
2.2. Gestión de los residuos a nivel mundial.....	4
2.3. Economía Circular.....	5
2.4. Aceite .....	7

2.4.1. Aceite Vegetal .....	7
2.4.2. Principales aceites que se comercializan en el Ecuador.....	7
2.4.3. Fritura.....	10
2.4.3.1. Aceite vegetal usado en frituras .....	10
2.4.4. Consecuencias ambientales relacionados con el inadecuado manejo y disposición final del aceite vegetal usado .....	10
2.4.4.1. Afectaciones al agua.....	10
2.4.4.2. Afectaciones al suelo.....	11
2.4.4.3. Afectaciones al aire .....	11
2.4.4.4. Afectaciones a la salud humana .....	11
2.4.5. Alternativas de aprovechamiento basadas en aceite vegetal usado.....	12
2.4.6. Propuesta para el aprovechamiento de aceite vegetal usado.....	13
2.4.6.1. Biodiesel.....	13
2.4.6.1.1. Triglicéridos .....	13
2.4.6.1.2. Obtención de biodiesel .....	14
2.4.6.1.3. La transesterificación .....	14
2.4.6.1.4. Condiciones óptimas de producción del biodiesel .....	15
2.4.6.1.5. Catalizador .....	16
2.4.6.1.5.1. Catalizador homogéneo.....	17
2.4.6.1.5.2. Catalizador heterogéneo .....	17
2.4.6.2. Glicerina.....	18
2.4.6.2.1. Refinación de la glicerina con carbón activado .....	19
2.4.6.2.2. Jabón.....	19
2.4.6.2.3. Saponificación .....	19
2.4.6.2.4. Jabón líquido .....	19

2.4.6.3. Método para la determinación de ácidos grasos del aceite y biodiesel. .....	20
2.5. Normativa Ambiental.....	20
2.5.1. Constitución de la Republica del Ecuador .....	20
2.5.2. Código Orgánico Ambiental .....	22
2.5.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.....	24
2.5.4. Norma técnica NTE INEN 2482:2009 Requisitos Biodiesel .....	25
2.5.5. Acuerdo Ministerial 142 Listado de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales .....	26
3. Metodología .....	27
3.1. Delimitación de la zona de estudio .....	27
3.2. Fuentes de información .....	28
3.3. Georreferenciación del restaurante.....	29
3.4. Determinación de la muestra poblacional y categorización de la muestra .....	29
3.5. Realización de las encuestas .....	30
3.6. Realización del aprovechamiento.....	30
3.6.1. Tratamiento del aceite .....	30
3.6.2. Obtención de biodiesel .....	32
3.7. Método para determinar el pH del aceite .....	34
3.8. Metodología para la obtención de jabón sólido y líquido .....	35
3.9. Caracterización de aceite y biodiesel .....	38
3.9.1. Derivatización de la muestra de aceite y biodiesel .....	38
3.9.2. Condiciones del cromatógrafo para el análisis de ácidos grasos por GC- FID.....	39

3.10. Determinación de la Viscosidad y densidad determinada del aceite y biodiesel .....	40
3.11. Metodología para calcular el peso de los ácidos grasos presentes en el aceite y el biodiesel .....	41
3.12. Método para determinar el rendimiento del biodiesel.....	41
4. Resultados y discusión.....	41
4.1. Análisis de encuestas del aceite vegetal usado.....	41
4.2. Resultados del biodiesel.....	60
4.3. Resultados Jabones.....	60
4.4. Resultados de la cromatografía de gases.....	60
4.4.1. Ácidos grasos determinados en el aceite.....	60
4.4.2. Ácidos grasos determinados en el biodiesel.....	61
4.5. Resultados de la viscosidad y densidad.....	62
4.6. Resultados del rendimiento del biodiesel.....	62
4.7. Resultados de la socialización con ETAPA EP .....	63
4.8. Discusión del biodiesel.....	63
5. Conclusiones .....	64
6. Recomendaciones .....	65
7. Bibliografía .....	65
8. Anexos .....	72

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Principales Empresas productores de Aceites Vegetales en Ecuador y sus precios referenciales .....	9
<b>Tabla 2</b> Principales materias primas para la elaboración de biodiesel.....	14
<b>Tabla 3</b> Requisitos para la Calidad del Biodiesel .....	25
<b>Tabla 4</b> Nivel de confianza para una muestra finita.....	30
<b>Tabla 5</b> Especificaciones del carbón activado .....	37
<b>Tabla 6</b> Categorización por tamaño de los establecimientos encuestados.....	42
<b>Tabla 7</b> Reutilización del aceite vegetal .....	43
<b>Tabla 8</b> Veces que reutilizan el aceite vegetal para freír .....	44
<b>Tabla 9</b> Frecuencia del cambio del aceite vegetal.....	45
<b>Tabla 10</b> Tiempo de compra de aceite vegetal.....	46
<b>Tabla 11</b> Cantidad de aceite vegetal comprado .....	47
<b>Tabla 12</b> Compra de Aceite vegetal por tamaño de establecimiento.....	49
<b>Tabla 13</b> Cantidad de aceite vegetal usado generado .....	50
<b>Tabla 14</b> Generación de aceite vegetal usado por tamaño de establecimiento .....	52
<b>Tabla 15</b> Marca de aceite vegetal Ecuador, utilizado por los encuestados .....	53
<b>Tabla 16</b> Manera de desechar el AVU .....	55
<b>Tabla 17</b> Forma de desecho de aceite vegetal por tamaño de establecimiento.....	56
<b>Tabla 18</b> Tipo de recipiente utilizado para almacenar el AVU para su posterior disposición final .....	57
<b>Tabla 19</b> Recepción de muestras de AVU .....	59
<b>Tabla 20</b> Ácidos grasos determinados en el Aceite .....	60
<b>Tabla 21</b> Ácidos grasos determinados en el Biodiesel.....	61
<b>Tabla 22</b> Viscosidad y Densidad determinada.....	62

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Comparación de una Economía Lineal y una Economía Circular .....	5
<b>Figura 2</b> Ciclo de vida ideal para el aceite.....	6
<b>Figura 3</b> Principales aceites que se comercializan en el Ecuador .....	7
<b>Figura 4</b> Reacción de transesterificación de triglicéridos .....	15
<b>Figura 5</b> Reacción de saponificación .....	19
<b>Figura 6</b> Mapa identificación del Cantón Cuenca .....	27
<b>Figura 7</b> Mapa de ubicación de los generados de Aceite vegetal usado en el cantón Cuenca. ...	28
<b>Figura 8</b> Filtrado de la muestra de aceite vegetal usado .....	31
<b>Figura 9</b> Decantación del aceite vegetal usado lavado .....	31
<b>Figura 10</b> Colocación de muestras del aceite filtrado y lavado en la estufa .....	32
<b>Figura 11</b> Formación de Metóxido de Sodio y Potasio .....	33
<b>Figura 12</b> Mezcla del Aceite con el Metóxido.....	33
<b>Figura 13</b> Separación de las fases en un balón de decantación .....	34
<b>Figura 14</b> Eliminación del agua de las muestras de biodiesel .....	34
<b>Figura 15</b> Tiras de pH .....	35
<b>Figura 16</b> Glicerina Cruda de transesterificación .....	35
<b>Figura 17</b> Glicerina Filtrada mediando carbón activado .....	36
<b>Figura 18</b> Jabón líquido con KOH.....	37
<b>Figura 19</b> Jabón sólido con NaOH.....	38
<b>Figura 20</b> Cromatógrafo de gases .....	40
<b>Figura 21</b> Equipo para la medición de la viscosidad y densidad .....	41
<b>Figura 22</b> Categorización de los establecimientos.....	42
<b>Figura 23</b> Reutilización del Aceite vegetal.....	43
<b>Figura 24</b> Veces que reutilizan el aceite vegetal para freír.....	44
<b>Figura 25</b> Frecuencia del cambio del aceite vegetal .....	46
<b>Figura 26</b> Tiempo de compra de aceite vegetal .....	47
<b>Figura 27</b> Cantidad de aceite vegetal comprado .....	48
<b>Figura 28</b> Compra de aceite vegetal por tamaño de establecimiento .....	50
<b>Figura 29</b> Cantidad de aceite vegetal usado generado.....	51
<b>Figura 30</b> Generación de aceite vegetal usado por tamaño de establecimiento.....	53

<b>Figura 31</b> Marca de aceite vegetal Ecuador, utilizado por los encuestados .....	54
<b>Figura 32</b> Manera de desechar el AVU .....	55
<b>Figura 33</b> Forma de desecho de aceite vegetal por tamaño de establecimiento .....	57
<b>Figura 34</b> Formas de almacenar el AVU .....	58
<b>Figura 35</b> Recepción de muestras de AVU.....	59
<b>Figura 36</b> Jabón sólido en forma de Spiderman y Jabón líquido de KOH .....	60

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1</b> Oficios para la obtención de la base de datos del registro municipal obligatorio de la Dirección de control municipal .....	72
<b>Anexo 2</b> Oficios para la obtención de la base de datos del registro municipal obligatorio de la Dirección de áreas históricas del Municipio de Cuenca .....	74
<b>Anexo 3</b> Captura de pantalla de la base de datos con la actividad declarada del registro municipal obligatorio .....	76
<b>Anexo 4</b> Listado de restaurantes categorizado .....	77
<b>Anexo 5</b> Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Grandes .....	84
<b>Anexo 6</b> Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Medianos .....	85
<b>Anexo 7</b> Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Pequeños .....	86
<b>Anexo 8</b> Encuesta Aplicada a los restaurantes del cantón Cuenca-Ecuador .....	87
<b>Anexo 9</b> Registro fotográfico de la realización de las encuestas.....	91
<b>Anexo 10</b> Registro fotográfico de las muestras recolectadas .....	92
<b>Anexo 11</b> Resultados de análisis y cromatograma de ácidos grasos en el aceite. ....	93
<b>Anexo 12</b> Resultados de análisis y cromatograma de ácidos grasos en el biodiesel. ....	94
<b>Anexo 13</b> Oficio al Gerente de Gestión Ambiental de ETAPA EP .....	95
<b>Anexo 14</b> Socialización de los resultados del trabajo de titulación con ETAPA EP .....	96

## **1. Introducción**

El aceite vegetal usado es un desecho peligroso generado a niveles impresionantes en todo el mundo y ha ido en aumento en los últimos años. En Ecuador, el mal manejo de este residuo se presenta por la falta de conocimiento y conciencia ambiental de los ciudadanos, además de la inexistencia de un sistema de gestión para los hogares y locales generadores de aceite, que asegure la correcta disposición final a este residuo (M. Alarcón & Romero, 2021<sup>a</sup>).

Hasta hace un año, en la ciudad de Cuenca no existía un programa de recolección de AVU. Actualmente, ETAPA EP es el organismo encargado de la gestión de este residuo en la ciudad de Cuenca. Por lo que en 2021 se implementó el Programa de “Recolección de Aceites Vegetales Usados”, cuyo objetivo principal es controlar y proteger los cuerpos receptores naturales y artificiales de agua, de este tipo de desechos especiales (ETAPA EP, 2021), sin embargo, no se otorga un tratamiento para su disposición final, por lo que en el siguiente trabajo de investigación, se plantean alternativas para el aprovechamiento del aceite vegetal usado a través de la obtención de biodiesel mediante el proceso de transesterificación en el que se obtiene a su vez, glicerina, para así brindarle un valor agregado a este residuo especial.

### **1.1. Problema**

El actual crecimiento poblacional ha generado un incremento en la producción de la industria alimentaria y culinaria, lo que ha dado como resultado un aumento del consumo de aceites vegetales para la cocción de los alimentos de diversas cadenas de restaurantes, así como pequeños puestos de comida; todo esto ha traído como consecuencia la generación de significativas cantidades de aceites vegetales residuales, lo que produce problemas de contaminación, gracias a su lenta degradación (Serrano, 2019).

En la ciudad de Cuenca existe un programa de recolección de aceites vegetales usados por parte de la empresa ETAPA – EP; cabe recalcar que este programa ha sido implementado recientemente y sus puntos de recolección son limitados. Quizhpe Geovanny, operador de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba de la ciudad de Cuenca, expresó (2021), que no se le otorga ningún tratamiento posterior a la recolección en los puntos antes mencionados; este residuo se deposita en las lagunas aireadas de igual manera que el alcohol decomisado.

La preparación de alimentos implica la generación de aceites vegetales usados (AVU), los cuales debido a la falta de conciencia por parte de la población, en la mayoría de los casos, son dispuestos directamente en los lavabos de cocina o en las líneas de alcantarillado, provocando una obstrucción debido a la formación de una capa superficial en el interior de las tuberías que reduce gradualmente su diámetro; incrementando así el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvias, produciendo malos olores y atracción de plagas (Reyes Vargas, 2018). El AVU posee componentes cancerígenos (acrilamidas y radicales libres), su mal uso o reutilización es una amenaza para la comunidad (Villegas & Martínez, 2021). Este tipo de desecho presenta riesgos contra la salud pública y el ambiente, por lo tanto, requiere de una disposición y tratamiento especial; por esta razón se lo clasifica como desecho peligroso y especial.

## **1.2. Delimitación**

La obtención del biodiesel se realizó a nivel de laboratorio, específicamente en los Laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana campus El Vecino, Cuenca, Ecuador.

La materia prima utilizada para la producción del biodiesel fue obtenida de las muestras suministradas por los establecimientos encuestados. La investigación se limita al aprovechamiento

del aceite vegetal usado de los restaurantes que cuenten con el registro municipal obligatorio o el permiso de funcionamiento del año 2021 en el cantón Cuenca.

### **1.3. Justificación**

Actualmente existen estudios y posibles proyectos con la finalidad de crear una solución viable para estos residuos, aunque las incidencias en el Ecuador aún son muy bajas; aun así, existe la gran posibilidad de poder trabajar directamente en el manejo correcto de los desechos y posteriormente, convertirlo en una fuente de ingresos y trabajo, así como también contrarrestar el efecto negativo que tiene este desecho peligroso sobre el ambiente, mismo que es el punto focal del desarrollo de este proyecto investigativo.

Este proyecto investigativo traerá consigo conocimiento, evolución e innovación, gracias a los nuevos desafíos como consecuencia de la degeneración ambiental, existe la oportunidad de crear nuevas soluciones para poder prevenir situaciones futuras que puedan afectar de manera permanente el funcionamiento y mantenimiento de nuestro ecosistema.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

Analizar el aprovechamiento técnico del aceite vegetal usado del cantón Cuenca – Ecuador

#### **1.4.2. Específicos**

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal usado en los restaurantes del cantón Cuenca, Ecuador.
- Proponer una alternativa para el aprovechamiento del aceite vegetal usado generado en los restaurantes del cantón Cuenca, Ecuador.

- Validar la propuesta a través de la socialización con las diferentes instituciones a cargo de la gestión del aceite vegetal usado en el cantón Cuenca, Ecuador.

## **1.5. Hipótesis**

“Se puede obtener un biocombustible de alta calidad a partir del aprovechamiento de aceite vegetal usado”

## **2. Fundamentación Teórica**

### **2.1. Residuos**

Los residuos son materiales que se obtienen después que ha terminado el ciclo de vida de un producto (Gómez Delgado, 1995). La producción sin control de residuos sólidos originada con la revolución industrial ha generado un consumo excesivo de recursos naturales y se ha convertido en un problema actual de las grandes sociedades (Fazenda & Tavares-Russo, 2016).

### **2.2. Gestión de los residuos a nivel mundial.**

En las últimas décadas se ha difundido e impulsado la concientización del manejo de residuos sólidos a nivel mundial. Las actividades cotidianas de las personas e industrias generan residuos que deben ser correctamente gestionados por los organismos de control correspondientes (Rendón, 2010). El nivel de generación de residuos de las comunidades e industrias depende de varios factores como el crecimiento de la población y el desarrollo eficaz del sector productivo, por lo que la disposición inadecuada de los residuos sólidos se convierte en un problema latente para las grandes urbes (Sáez & Urdaneta, 2014).

En América Latina y el Caribe, la gestión de los residuos se centra en la recolección y disposición final de los mismos, dejando de lado el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos. Los botaderos de basura a cielo abierto siguen presentes en algunos países de Latinoamérica debido a que no existe una cultura general de clasificación de residuos. Esto causa

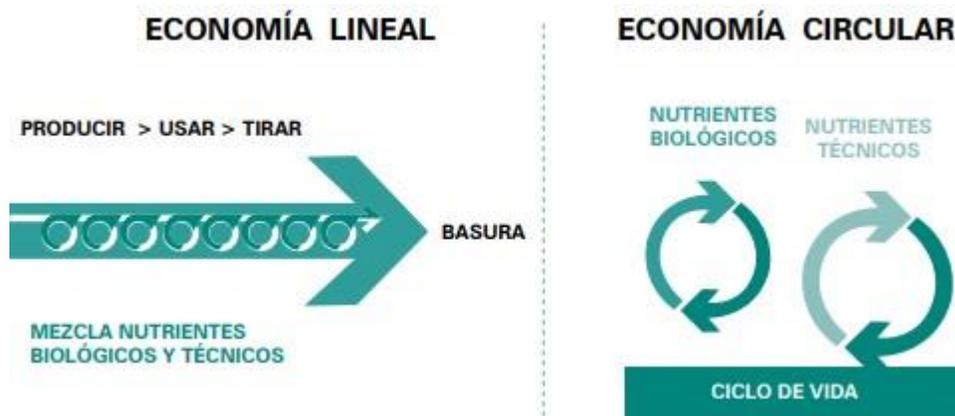
que se necesite emplear personas para realizar este trabajo de clasificación en los botaderos de basura, lo cual refleja la crisis del manejo de los residuos sólidos en la región (Tello et al., 2018).

### 2.3. Economía Circular

La economía circular se contrapone a la economía lineal existente desde la revolución industrial. Constituye un cambio de concepto del sistema productivo que actualmente busca generar productos, usar recursos y desechar desperdicios. En gestión ambiental se denomina a este ciclo “de la cuna hasta la tumba” (Hermida & Domínguez, 2014). La economía circular se presenta como una solución a este ciclo, ya que permite afrontar los desafíos del crecimiento productivo y económico actual al promover un flujo circular en todas las etapas del proceso productivo, es decir, que cada fase está enfocada en la regeneración de recursos y productos de modo que mantengan su valor y se facilite su reutilización (Prieto-sandoval et al., 2017).

La transición de la economía lineal hacia la economía circular no solo se basa en la reducción de los impactos negativos de la economía lineal, sino que también busca generar un cambio real en el sistema productivo, volviéndolo más amigable ambiental y socialmente, al mismo tiempo que garantiza la sustentabilidad y sostenibilidad en el largo plazo (Ojeda, 2021).

**Figura 1** Comparación de una Economía Lineal y una Economía Circular



**Fuente:** (Ellen MacArthur Foundation 2013 citado por (Hermida & Domínguez, 2014))

Los aceites vegetales usados son parte del ciclo de economía circular mediante la promoción de su uso como base para la elaboración de nuevos productos, entre los cual se puede encontrar: biodiesel, aditivos de caucho, jabones, poliuretano, surfactantes, lodos de perforación, tintas para artes gráficas, ceras, velas y resinas (Ojeda, 2021). En la **Figura 2** se puede observar el procedimiento de recuperación del aceite vegetal desde la extracción y fabricación hasta el aprovechamiento de este.

La utilización del Biodiesel ayuda a que exista una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por ejemplo, en algunos estudios como el de Bernal (2019) se tiene datos de una reducción de hasta un 8% de GEI, gracias a que por cada litro de AVU que se convierta en biodiesel se reduce 2,5 Kg de  $CO_2$ .

**Figura 2** *Ciclo de vida ideal para el aceite*



**Fuente:** (Ojeda, 2021)

## **2.4. Aceite**

Los aceites se clasifican acorde a su origen; pudiendo ser vegetal o animal. Sus principales componentes son los triésteres de ácidos grasos y el glicerol, componentes conocidos como triglicéridos. Si la mezcla de éstos es sólida a temperatura ambiente, se le denomina grasa, mientras que, si la mezcla es líquida a temperatura ambiente, se le denominará aceite (Agüero et al., 2015).

### **2.4.1. Aceite Vegetal**

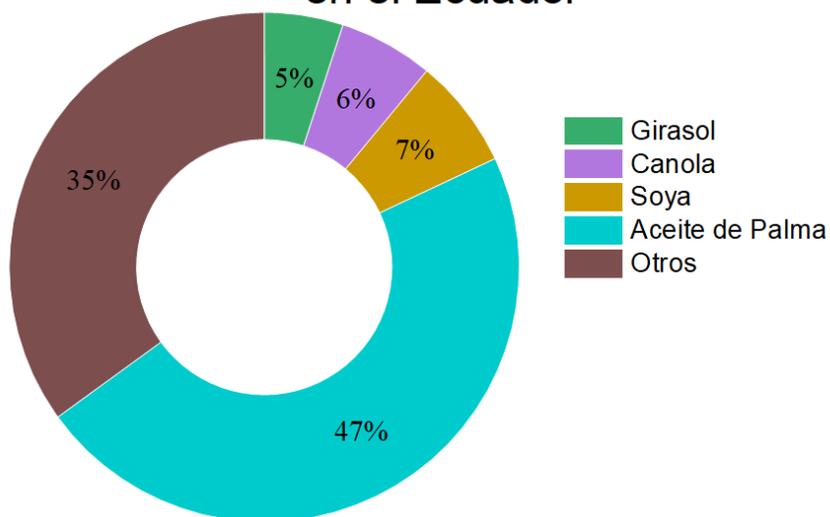
Es un producto obtenido de las semillas y de otras partes de las plantas. El aceite vegetal está compuesto por lípidos, o también denominados ácidos grasos. Las cualidades propias de los ácidos grasos dan las diferentes propiedades a los aceites vegetales que se comercializan en el mercado (Alba Pons, 2015).

### **2.4.2. Principales aceites que se comercializan en el Ecuador**

El mercado del aceite en el Ecuador depende de factores como la oferta y la demanda. La oferta va a ser dependiente de la calidad de la cosecha, el nivel de producción, la capacidad de almacenamiento, del precio al consumidor e inclusive impuestos y subsidios, por otro lado, la demanda va a ser dependiente de gustos y preferencias de los consumidores, disponibilidad de inventarios y la disponibilidad de bienes complementarios o sustitutos (Fariño, 2016).

***Figura 3*** Principales aceites que se comercializan en el Ecuador

## Aceites Comestibles por categoría en el Ecuador



*Nota:* Adaptado de (Fariño, 2016).

El Ecuador ostenta el título de ser el segundo mayor productor de palma africana en América Latina, debido a que es cultivada en 11 de las 24 provincias del país. Entre los principales productores se encuentran Pichincha, Esmeraldas y Los Ríos, cuya producción total representa el 70% de la producción nacional de palma africana (N. Alarcón & Guayaquil, 2011).

Para el año 2010, en el Ecuador se consumieron alrededor de 180.609.63 toneladas de aceite vegetal, del cual la mayor parte (cerca del 80%) fue utilizada para la cocción de alimentos mientras que el 20% restante se convirtió directamente en residuo (Prieto, 2019).

Las principales empresas productoras de aceites vegetales en el Ecuador son:

**Tabla 1** Principales Empresas productores de Aceites Vegetales en Ecuador y sus precios referenciales

Empresa	Marca de aceite	Cantidad	Precio
La Fabril S. A	La Favorita Original	1 litro	2,39
	La Favorita Light	1 litro	3,10
	La Favorita Achiote	500 ml	2,55
	Girasol	1 litro	4,25
	Criollo	900 ml	2,09
	Maízol	1 litro	7,51
	Carbonell	190 ml	3,58
	Sabrosón	900 ml	0,86
Danec S. A	El cocinero	1 litro	1,91
	Tri refinado	20 litros	35,50
	Mazorca de Oro	1 litro	2,33
	Palma de Oro	1 litro	2,35
	Aceite de sioma	250 ml	2,50
	Vivi canola	1000ml	2,56
	Aceite palma de oro achiote	500 ml	1,49
Ales C. A	Alesol	1 litro	2,95
	Duque de alba girasol	390 ml	1,43
	Alesol Achiote	390 ml	1,58
	Dos coronas	1 litro	2,37

**Nota.** Precios referenciales de los aceites en Ecuador año 2021 Fuente: Páginas Web de las empresas y de supermercados, Autores, 2022

### **2.4.3. Fritura**

El freír los alimentos es una práctica que ha sido utilizada con la finalidad de tener una cocción de los alimentos, la fritura de alimentos como definición nos menciona (Suaterna Hurtado, 2009) como la cocción en aceite o grasa caliente a elevadas temperaturas (175-185°C), en donde tendremos que el aceite va a actuar como un transmisor de calor produciendo un rápido calentamiento y uniforme del alimento.

#### **2.4.3.1. Aceite vegetal usado en frituras**

En algunos estudios como el de (Y. Rivera et al., 2014) se encontró que cuando se realiza el proceso de fritura, el alimento sufre cambios en sus propiedades físicas, químicas y sensoriales ya que el aceite se convierte en un ingrediente más, que actúa como transmisor de calor. Por otro lado, el contenido de agua presente en los alimentos es absorbida por el aceite, y, parte de aceite es absorbida por los alimentos para compensar el peso perdido; constituyendo hasta un 40 % del producto final. El aceite vegetal usado posee un alto grado de toxicidad ya que permite el desarrollo de compuestos como las acrilamidas que pueden llegar a ser cancerígenas (Montes O. et al., 2016). Es por esta razón, que su disposición en vertederos o en fuentes hídricas tienen efectos adversos sobre los ecosistemas (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022).

### **2.4.4. Consecuencias ambientales relacionados con el inadecuado manejo y disposición final del aceite vegetal usado**

#### **2.4.4.1. Afectaciones al agua**

Cuando el AVU se vierte por los drenajes, se convierten en un punto de contaminación de fuentes hídricas, ya que se acumulan en la superficie y forman una capa, a causa de que el AVU es menos denso que el agua, por lo tanto, no se mezcla ni se hunde impidiendo una correcta oxigenación (Bravo et al., 2016). Además, la introducción de AVU en el agua aumenta la demanda

química de oxígeno (DQO) en los ambientes acuáticos, lo que lleva a la escasez de oxígeno y a la muerte de la vida acuática (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022).

#### **2.4.4.2. Afectaciones al suelo**

Actualmente, la mayor parte del AVU termina en el suelo y agua. Los aceites que usualmente son arrojados hacia la basura por lo general producen derrames en los suelos, causando la destrucción del humus. La presencia de AVU en el suelo puede afectar negativamente la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas, independientemente del tipo de suelo (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022).. Los aceites al contener hidrocarburos saturados en su composición no pueden ser degradados biológicamente, recubriendo las tierras de una capa o película impermeable el cual destruye la primera capa del suelo en donde se encuentran los descomponedores, perdiendo el suelo su fertilidad (Villegas & Martínez, 2021).

#### **2.4.4.3. Afectaciones al aire**

Uno de los métodos para la eliminación del aceite vegetal usado o usado es la combustión solo o mezclado con fuel -oíl, lo cual general graves problemas de contaminación (Villegas & Martínez, 2021). La combustión incompleta que se produce en el proceso de incineración del aceite produce dioxinas las cuales son emitidas directamente hacia la atmósfera (M. Alarcón & Romero, 2021b). Provocando una contaminación atmosférica el cual es uno de los recursos vitales del ser humano.

#### **2.4.4.4. Afectaciones a la salud humana**

Cuando se utilizan los aceites de forma reiterada para freír los alimentos, estos comienzan a generar radicales libres y acrilamidas, que es un químico industrial que se forma en los alimentos fritos o asados a altas temperaturas. Algunos estudios, nos mencionan que los aceites son usados en un promedio de 3 a 6 veces antes desecharlo como un residuo (Idun-Acquah et al., 2016). Es

considerado por la Agencia internacional para la investigación sobre Cáncer (IARC) como probable cancerígeno (Lerda, 2020). Así mismo M. Alarcón & Romero, (2021) mencionan que cuando el aceite es muy reutilizado, generan peligrosas toxinas, lo cual representa un riesgo para la salud humana.

#### **2.4.5. Alternativas de aprovechamiento basadas en aceite vegetal usado**

(Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022) menciona que la conversión de AVU en bioenergía es la estrategia más sostenible para gestionar estos residuos peligrosos y crear valor añadido al mismo tiempo. Numerosos estudios han intentado convertir la materia prima de bajo costo del AVU en bioenergía, a través del proceso de pirólisis, por ejemplo, en bio-aceite, gas sintético y biocarbón a través de la descomposición termoquímica en condiciones sin oxígeno a altas temperaturas. Otra de las alternativas también se menciona la transesterificación (Ianda et al., 2022); cabe mencionar que esta tecnología ofrece el menor costo para la obtención de bioenergía. Con este proceso se puede generar biodiesel, una alternativa para el diésel (Goh et al., 2020). Además, en la producción de biodiesel, a su vez se obtiene glicerol crudo, la bioconversión de glicerol crudo en productos de valor añadido se ha ejecutado dinámicamente para lograr una tecnología sostenible y, en consecuencia, el costo del biodiesel se reducirá (Bharathiraja et al., 2022).

Otra de las alternativas es la utilización combinada de aceite de cocina usado y pavimento de asfalto recuperado, ya que es una alternativa atractiva para beneficios económicos, ambientales y energéticos (Zhao et al., 2022).

En algunos estudios como el de (Maotsela et al., 2019), el aceite vegetal usado también se presenta como una alternativa para la producción de jabón, en donde los triglicéridos en los aceites

vegetales son saponificados con hidróxido de sodio (NaOH) mediante el proceso de hidrólisis para obtener jabón.

También la producción de biosurfactantes a partir de desechos agroindustriales y aceites de cocina usados se presentan como una alternativa ecológica ya que presentan menor toxicidad, biodegradabilidad e impacto mínimo en el ecosistema; estos biosurfactantes pueden ser utilizados en sectores ambientales e industriales (Gaur et al., 2022).

#### **2.4.6. Propuesta para el aprovechamiento de aceite vegetal usado**

##### **2.4.6.1. Biodiesel**

El biodiesel es una energía renovable y biodegradable, por lo que es considerada una de las fuentes de energía alternativa más ideales en el futuro (Guo et al., 2022). El biodiesel se describe químicamente como una mezcla de ésteres de alquilo (metilo y etilo, principalmente), con cadenas largas de ácidos grasos. Estas cadenas, al estar oxigenadas, le otorgan al motor una combustión mucho más limpia (Medina et al., 2012). Entre todos los biocombustibles, el biodiesel está alcanzando una atención considerable como alternativa a los combustibles fósiles debido a que es ecológicamente amigable, por su reciclabilidad, biodegradabilidad, menor contenido de azufre, alto número de cetanos y alto punto de inflamación. Además, disminuye la descarga de gases de escape como CO, CO<sub>2</sub>, Sox y material particulado, comparado con un combustible tradicional (Nayab et al., 2022).

##### **2.4.6.1.1. Triglicéridos**

Los triglicéridos son los principales componentes de los aceites y grasas naturales. Los cuales están compuestos de ácidos grasos de cadena larga (C8-C24), los mismos que se encuentran dentro de la gama de carbonos del diésel (C16-C18) (Verevkin et al., 2022).

### 2.4.6.1.2. Obtención de biodiesel

Algunos de los métodos para la obtención del biodiesel son la dilución con mezcla de hidrocarburos, pirólisis, micro emulsión y transesterificación. Este último proceso es la mejor opción para su obtención y tiene menores costos de producción (Nayab et al., 2022). Los lípidos que pueden utilizarse en el proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel pueden ser semillas, grasa animal, microorganismos (microalgas); en presencia de alcohol y un catalizador (Fangfang et al., 2021). Los catalizadores más utilizados son los homogéneos básicos, como el hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH) (Castellar Ortega et al., 2014).

**Tabla 2** Principales materias primas para la elaboración de biodiesel

Aceites vegetales convencionales	Aceites vegetales alternativos	Otras fuentes
Aceite de girasol	Aceite de Brassica carinata	Aceite de semillas modificadas genéticamente
Aceite de colza	Aceite de Cynara curdunculus	Grasas animales
Aceite de soya	Aceite de Camelina sativa	Aceites de fritura usados
Aceite de coco	Aceite de Crambe abyssinica	Aceites producidos por microorganismos y microcraalgas
Aceite de palma	Aceite de Pogianus	

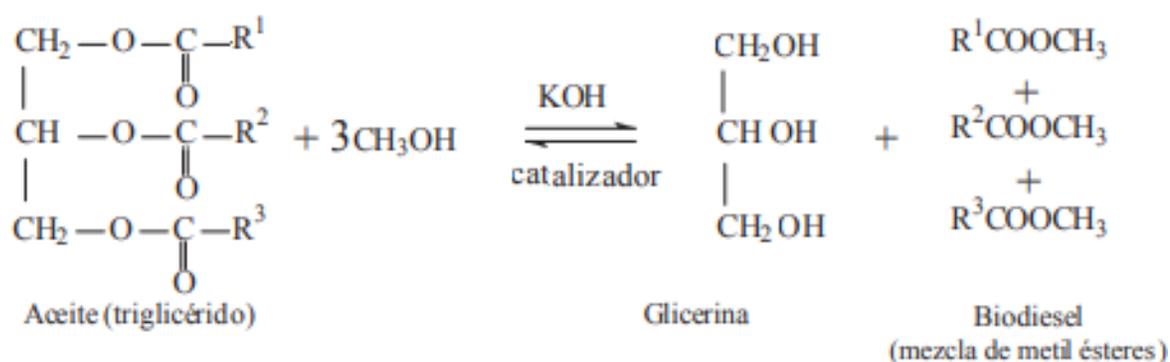
**Nota.** Identificación de los principales aceites convencionales, alternativos para la elaboración de Biodiesel, Autores,2022

### 2.4.6.1.3. La transesterificación

Para la producción comercial del Biodiesel, se lo lleva a cabo mediante una reacción o un proceso denominado transesterificación, este proceso se lo puede realizar gracias a los

catalizadores homogéneos (ácido o base) o catalizadores heterogéneos (ácido, base, o una enzima) en la cual utilizando un alcohol de cadena corta (generalmente metanol) se produce la transformación de los triglicéridos en alquilesteres, además los catalizadores mayormente utilizados son los homogéneos como el Hidróxido de Sodio (NaOH) y el Hidróxido de Potasio (KOH), debido a que son efectivos para la conversión (Medina Villadiego et al., 2015).

**Figura 4** *Reacción de transesterificación de triglicéridos*



*Fuente: (Torossi, 2006)*

La reacción de transesterificación (Figura 4), un mol de aceite (triglicérido) reacciona con tres moles de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), con ayuda de un catalizador (Hidróxido de Potasio ( $\text{KOH}$ )), se forman como subproductos la glicerina y el biodiesel. Estos productos no se pueden mezclar por lo que se forman dos fases una vez finalizada la reacción, las fases pueden ser extraídas después de hacer una decantación o centrifugación (Avellaneda Vargas, 2010).

#### **2.4.6.1.4. Condiciones óptimas de producción del biodiesel**

Según (Fangfang et al., 2021) los parámetros adecuados para la reacción de transesterificación para la obtención de biodiesel utilizando AVU como materia prima, a partir de metanol y con catalizadores NaOH y KOH son los siguientes:

- La relación molar entre el metanol y el aceite de cocina usado debe ser 9:1.

- La relación de masa entre el catalizador y la materia prima (1% P/P).
- La temperatura de la reacción en presencia de un catalizador alcalino (NaOH y KOH) y metanol debe tener una temperatura constante de 60 °C.
- Tiempo de reacción de 60 min y con una intensidad de mezcla de 500 rpm.

La producción de biodiesel a partir de aceite reciclado, en estas condiciones, garantiza un proceso ecológico y sostenible. El metanol es considerado como el alcohol más comúnmente utilizado en la síntesis de biodiesel debido a su bajo precio, alta efectividad y métricas de química verde (Kalita et al., 2022). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que un inconveniente de la transesterificación con un catalizador alcalino es la sensibilidad del proceso a la pureza del reactivo, particularmente en el agua y los contenidos de ácidos grasos libres. Por lo tanto, la predicción del modelo cambiaría si la condición se cambia durante la transesterificación alcalina (Fangfang et al., 2021).

#### **2.4.6.1.5. Catalizador**

Se lo define como aquella concentración que puede modificar de manera proporcional la velocidad de la reacción sin esta se modifique o se consuma en el proceso (Seminario & Ortega, 2022). Así mismo Huidobro, (2003) menciona que en la antigüedad se tenía la creencia de que los catalizadores no se consumen durante la reacción, sin embargo durante el proceso, el catalizador sufre cambios en su estructura física y química, el cual hace que este disminuya por ende tenga que ser reemplazado o regenerado.

El catalizador se va a combinar con reactivos para formar compuestos intermedios, ayudando a la transformación en nuevos productos mediante las etapas que componen el ciclo catalítico (Oro et al., 2000)

#### **2.4.6.1.5.1. Catalizador homogéneo**

La catálisis homogénea se produce cuando el catalizador y el reactivo forman en una sola fase un sistema homogéneo (Huidobro, 2003). Son definidos generalmente como compuestos químicos o complejos que se encuentran bien definidos y con ayuda de los reactivos se encuentran dispersos en la reacción, en este incluyen los ácidos minerales y compuestos de metales (Pardal, 2012).

La catálisis homogénea básica es el proceso que prefieren en la producción de biodiesel, debido a que tiene menor tiempo de formación del biocombustible y menores costos, entre los principales hidróxidos utilizados son el de sodio NaOH y el de potasio KOH por otro lado se requiere de una materia prima de alta calidad, además debe ser casi nula la presencia de agua debido a que se puede producir una reacción secundaria denominada saponificación (Avellaneda Vargas, 2010).

Los catalizadores ácidos tienen la ventaja que puede realizar la reacción de transesterificación con aceites con un alto contenido de ácidos grasos libres, sin embargo esta reacción es demasiado lenta y requiere temperaturas altas, entre los principales ácidos utilizados está el ácido fosfórico, sulfúrico, sulfónico y clorhídrico (Avellaneda Vargas, 2010).

#### **2.4.6.1.5.2. Catalizador heterogéneo**

Este tipo de catalizador se lo identifica cuando este no se encuentra disuelto ni en el alcohol ni en el aceite, sino que son sólidos y se puede recuperar filtrando al final de la reacción (Avellaneda Vargas, 2010). Estos son usualmente utilizados para la solución de ácidos inorgánicos en agua, sin embargo, la utilización de este provoca serias afectaciones al ambiente debido a que es tóxico y corrosivo, los principales ácidos son el ácido clorhídrico (HCL), tetraoxofosforico ( $H_3PO_4$ ) y el sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) (Habela, 2016).

#### 2.4.6.2. Glicerina

El glicerol es el producto químico de importancia industrial, que se utiliza para desarrollar diversos productos químicos como el hidrógeno, carbonato de glicerol, acroleína, poligliceroles y acetal. Existen varias vías para la producción de glicerol, como la saponificación de aceite, transesterificaciones de materia prima de aceite e hidroxilación de propileno, entre otras (López et al., 2022). En el proceso de transesterificación con alcoholes, la glicerina se forma como subproducto en la producción de biodiesel; sin embargo, es crudo y necesita ser refinado (Posada-Duque & Cardona-Alzate, 2010). El glicerol crudo que se produce durante la formación de biodiesel que se compone de ácidos grasos libres (FFAs), éster metílico de ácidos grasos (FAME) y metanol que no ha reaccionado. Según (C et al., 2022), su refinación involucra tres etapas:

- Neutralización: durante la primera etapa (neutralización), ácidos fuertes como el ácido sulfúrico, ácido fosfórico o ácido clorhídrico se añadirán al glicerol crudo para transformar los jabones en FFAs.
- Extracción de metanol: en el proceso de transesterificación, una cantidad excedente de metanol se utiliza generalmente para mantener el equilibrio de reacción para formar el biodiesel/ FAME. Este exceso de metanol no reaccionado presente en la fase de éster metílico y glicerol crudo (CG) puede eliminarse eficazmente mediante un proceso de destilación mediado por vacío.
- Purificación: en tercera etapa de purificación, se lleva a cabo a través de cualquiera de las cuatro tecnologías de refinación, como la destilación mediada por vacío, el proceso de intercambio iónico, la adsorción a través de materiales de carbón activado y el proceso de membrana para obtener un alto glicerol puro (> 95% w/ w).

### 2.4.6.2.1. Refinación de la glicerina con carbón activado

El proceso de adsorción utilizando el carbón activado es una técnica común utilizada para eliminar y/o atrapar las moléculas pequeñas, incluidos los ácidos mirístico y láurico en el glicerol (C et al., 2022).

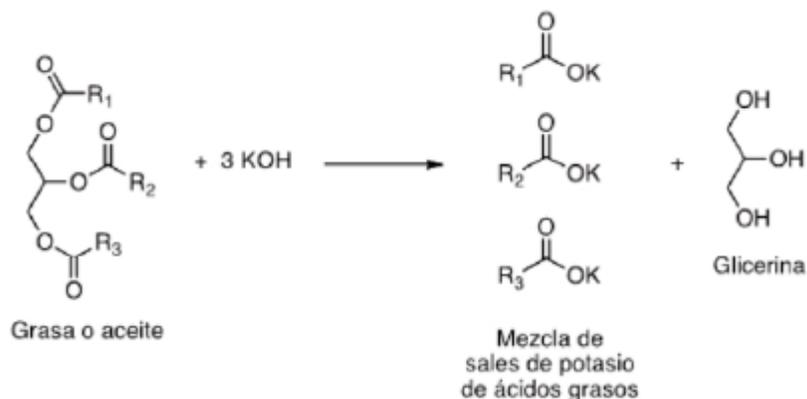
### 2.4.6.2.2. Jabón

Acorde a Solis, (2016) se le define como un producto de limpieza que se obtiene empleando como materias primas los aceites y grasas vegetales como animales. Además, menciona que en la parte química se lo define como la sal sódica o potásica de un ácido graso que se produce mediante la reacción de los aceites y grasas con álcali (Sal iónica básica).

### 2.4.6.2.3. Saponificación

Se la define como una reacción en la que se utiliza una base inorgánica, en conjunto con un aceite o grasa para formar subproductos como la glicerina y sales de ácidos carboxílicos de cadena larga, o también llamados jabones (Algumedo, 2020).

**Figura 5** Reacción de saponificación



**Fuente:** (Regla et al., 2014)

### 2.4.6.2.4. Jabón líquido

Este tipo de jabón se lo obtiene por medio del proceso de saponificación de aquellos aceites que presenten un alto contenido de ácido oleico e hidróxido de potasio, además si se utiliza un triglicérido con cadena de carbonos más larga se puede obtener un jabón líquido sin embargo el proceso es más costoso (Regla et al., 2014).

### **2.4.6.3.Método para la determinación de ácidos grasos del aceite y biodiesel**

#### **a) Derivatización de la muestra**

Para determinar los ácidos grasos presentes en el aceite y biodiesel se realiza la derivatización analítica, esta técnica altera la estructura de un analito y produce un producto más adecuado para su análisis y proceder a usarla en el cromatógrafo de gases.

#### **b) Cromatografía de gases**

La cromatografía de gases permite identificar los diferentes ácidos grasos presentes en una muestra, a través de la separación de sus componentes vaporizados (Parrales et al., 2012). El tratamiento de derivatización de ácidos grasos implica cambiar la estructura de un compuesto a través de una reacción química, a una temperatura que permita la volatilidad de la muestra. El cromatógrafo de gases posee un sistema de inyección, en donde se inyecta y volatiliza la muestra. El gas se incorpora a la columna del cromatógrafo que contiene una fase estacionaria y realiza la Separación las sustancias presentes en la muestra (D. Rivera, 2008). Por último, las sustancias separadas llegan a un sistema de detección, en donde se pueden detectar los componentes de la muestra (Parrales et al., 2012).

## **2.5.Normativa Ambiental**

### **2.5.1. Constitución de la Republica del Ecuador**

#### **TITULO II**

#### **DERECHOS**

### **CAPITULO SEGUNDO**

#### **Sección Segunda – Ambiente Sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)

### **Capítulo Séptimo – Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

### **Capítulo noveno – Responsabilidad**

**Art. 83.-** Establece los deberes y responsabilidades de los ecuatorianos y los ecuatorianas, para el caso de estudio se hace énfasis en el siguiente numeral:

Numeral 6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

## **Título VII**

## **RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

### **Capítulo segundo**

#### **Biodiversidad y recursos naturales**

##### **Sección primera – Naturaleza y ambiente**

**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)..

##### **Sección sexta – Agua**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)..

##### **Sección Séptima – Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

**Art. 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

### **2.5.2. Código Orgánico Ambiental**

## **LIBRO PRIMERO DEL REGIMEN INSTITUCIONAL**

## **TITULO II**

### **Institucionalidad y articulación de los niveles de gobierno en el sistema nacional descentralizado de gestión ambiental**

#### **CAPITULO II**

##### **De las facultades ambientales de los gobiernos autónomos descentralizados**

**Art. 27.-** Establece las facultades de los GADs Municipales en materia ambiental sobre generar normas para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda (COA, 2017).

## **LIBRO TERCERO DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

### **TITULO II Sistema único de manejo ambiental**

#### **CAPITULO V**

##### **Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos**

**Art. 197.-** Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (COA, 2017).

### **TITULO V Gestión integral de residuos y desechos**

#### **CAPITULO I**

##### **Disposiciones generales**

**Art. 226.-** Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad: 1. Prevención; 2. Minimización de la

generación en la fuente; 3. Aprovechamiento o valorización; 4. Eliminación; y, 5. Disposición final (COA, 2017).

### **CAPITULO III**

#### **Gestión integral de residuos y desechos peligrosos**

**Art. 238.-** Responsabilidades del generador. Toda persona natural o jurídica definida como generador de residuos y desechos peligrosos y especiales, es el titular y responsable del manejo ambiental de los mismos desde su generación hasta su eliminación o disposición final, de conformidad con el principio de jerarquización y las disposiciones de este Código (COA, 2017).

#### **2.5.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.**

### **TITULO III GOBIERNOS AUTONOMOS DESCENTRALIZADOS**

#### **Capítulo III**

##### **Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal**

##### **Sección Segunda Del Concejo Municipal**

**Art. 57.-** Atribuciones del concejo municipal. - Al concejo municipal le corresponde:

x) Regular y controlar, mediante la normativa cantonal correspondiente, el uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra (COOTAD, 2010).

#### **Capítulo IV**

##### **Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales**

**Art. 136.-** Ejercicio de las competencias de gestión ambiental. -

Corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir,

ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la autoridad ambiental nacional. Para el otorgamiento de licencias ambientales deberán acreditarse obligatoriamente como autoridad ambiental de aplicación responsable en su circunscripción (COOTAD, 2010).

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado (COOTAD, 2010).

#### **2.5.4. Norma técnica NTE INEN 2482:2009 Requisitos Biodiesel**

Esta norma publicada en el 2009, y con una enmienda el 14 de junio de 2013 nos presentan algunos requisitos para determinar la calidad del biodiesel obtenido, en la tabla se presentan estos requisitos que debe cumplir.

**Tabla 3** *Requisitos para la Calidad del Biodiesel*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de ensayo
Densidad a 15°	kg/m <sup>3</sup>	860	900	ASTM D 1298
Punto de Inflamación	°C	120	---	ASTM D 93
Punto de Turbidez	°C		Reportar <sup>1</sup>	
Φ Agua y Sedimento	%	---	0,05	ASTM D 1796
Contenido de Agua	mg/kg	---	500	ASTM D 95
Viscosidad Cinemática a 40° C	mm <sup>2</sup> /S	3,5	5	ASTM D 445
Cenizas Sulfatadas	% (m/m)	---	0,02	ASTM D 874

Contenido de Azufre	Mg/kg	---	0,05	ASTM D 1552
W carbón residual	%	---	10	ASTM D 4530
Corrosión lámina de cobre	Clasificación	---	3	ASTM D 130
Numero de cetano	-	49	---	ASTM D 613
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	---	360	ASTM D 1160
W glicerina libre	%	---	0,02	ASTM D 6584
W glicerina total	%	---	0,25	ASTM D 6584
W contenido de ésteres	%	96,5	---	EN 14103
índice de yodo	g yodo/100 g	---	120	EN 14111
W contenido de metanol	%	---	0,20	ASTM D 4815 EN 14110
Contenido de fosforo	mg/kg	---	10	ASTM D 4951
Contenido de metales alcalinos (Na + K)	mg/kg	---	5	EN 14108
Contenido de metales alcalinos (Ca + Mg)	mg/kg	---	5	prEN 14538
Numero de Acidez	mg KOH/g	---	0,5	ASTM D 664

**Nota.** Tomado de (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009)

### **2.5.5. Acuerdo Ministerial 142 Listado de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos**

#### **Peligrosos y Especiales**

#### **EXPEDIR LOS LISTADOS NACIONALES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS**

#### **PELIGROSAS, DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES**

**Art. 3.** Serán considerados desechos especiales los establecidos en los Anexo C del presente acuerdo (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

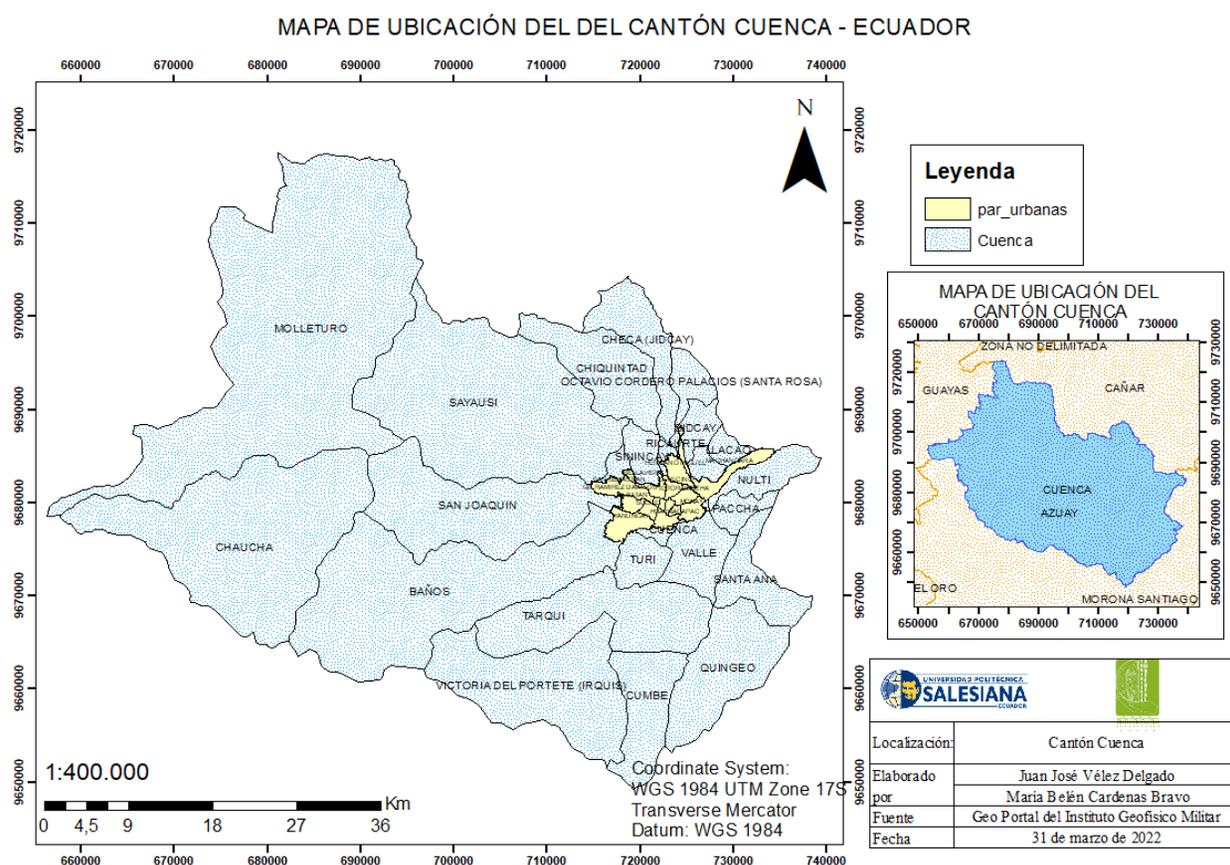
**Anexo C:** Listado nacional de desechos especiales: Aceites vegetales usados generados en procesos de fritura de alimentos con el código: ES-07 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012)

### 3. Metodología

#### 3.1. Delimitación de la zona de estudio

El cantón Cuenca se ubica en la parte centro sur de la República del Ecuador, pertenece a la provincia del Azuay, limita al Norte con la provincia del Cañar, al Este con el Cantón Paute y Gualaceo, al Sur con el cantón Girón y al Oeste con la Provincia del Guayas. Tiene una expansión territorial de 366.532,96 hectáreas, que representa el 42% de toda la provincia, además el cantón cuenta con una población de 505.585 habitantes, el 66% se establece en la cabecera cantonal y el 34% restante se encuentran distribuidos por las parroquias rurales (GADCuenca, 2015).

**Figura 6** Mapa identificación del Cantón Cuenca



**Fuente:** Autores, 2022



### 3.3. Georreferenciación del restaurante

La georreferenciación de los restaurantes se dio a través de la colocación de los nombres en el Software Google Earth Pro, donde se consiguió las coordenadas en el sistema Universal transverse Mercator (UTM).

### 3.4. Determinación de la muestra poblacional y categorización de la muestra

Para la obtención del tamaño de la muestra de los restaurantes, se determina con la fórmula para poblaciones finitas propuesta por (Aguilar, 2005). Se ha determinado con una población de 273 establecimientos y a un nivel de confianza del 95% se obtuvo una muestra representativa de 160 establecimientos.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 - p).

N = Tamaño de la población o universo

e = error de estimación máximo aceptado

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

**Tabla 4** Nivel de confianza para una muestra finita

Nivel de Confianza	Z <sub>alfa</sub>	Error
99%	2,58	1
<b>95%</b>	<b>1,96</b>	<b>5</b>
90%	1,645	10

**Nota.** Tomado de (Aguilar, 2005)

Se dividió a los restaurantes en tres categorías Grandes, Medianos y Pequeños, en base al tamaño del establecimiento.

### **3.5. Realización de las encuestas**

Se aplicó un cuestionario a los establecimientos de la muestra por medio de la plataforma de Google Forms, para conocer si los establecimientos encuestados reutilizan el aceite para freír más de una vez, cada cuanto compran aceite vegetal para el establecimiento, de qué manera estos desechan al aceite vegetal usado, entre otros parámetros.

### **3.6. Realización del aprovechamiento**

#### **3.6.1. Tratamiento del aceite**

Se obtuvo una muestra general de aceite vegetal usado de la marca “El Cocinero” que es el aceite más utilizado en el cantón Cuenca. Para poder realizar el tratamiento del aceite reciclado, se procedió a filtrar la muestra para eliminar residuos de mayor tamaño que puede contener la muestra, como pueden ser restos de comida.

**Figura 8** *Filtrado de la muestra de aceite vegetal usado*



**Fuente:** Autores,2022

Después se realizó un lavado del aceite en donde se calentaron el agua y aceite, en una proporción 1:3 hasta llegar a los 80 °C. Luego se mezcló el aceite con el agua en agitación durante 1 minuto, enseguida la mezcla fue colocada en balones de decantación para que se puedan separar las fases. Al cabo de 3 horas, se pudo observar la separación de fases en donde se obtiene el aceite lavado y agua residual. Se continuó haciendo el proceso de lavado hasta que se aclare el agua residual.

**Figura 9** *Decantación del aceite vegetal usado lavado*



**Fuente:** Autores,2022

Finalmente, el aceite lavado se lleva a una estufa para eliminar el contenido de agua a 110 °C por 8 horas, para eliminar el exceso de agua presente en las muestras.

**Figura 10** Colocación de muestras del aceite filtrado y lavado en la estufa



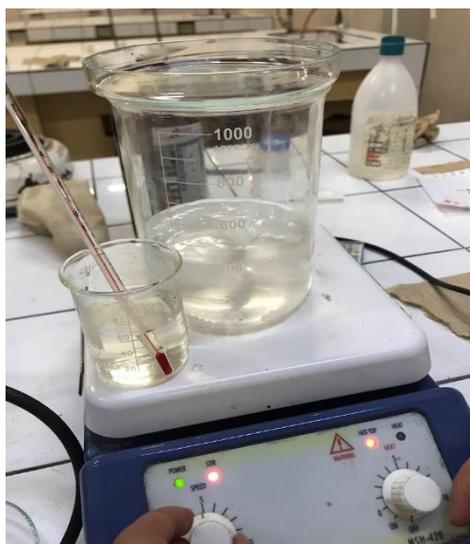
**Fuente:** Autores,2022

### 3.6.2. Obtención de biodiesel

Para la obtención de biodiesel se utilizaron dos tipos de catalizadores el NaOH y KOH, para ambos catalizadores se utilizó una relación molar 9:1 de metanol (96%) y aceite, y el 1 % (p/p) de catalizador.

Como primer paso, en un vaso de precipitación se colocó el catalizador junto con el alcohol a 500 rpm por 15 minutos a una temperatura constante de 60 °C, con lo cual formaremos Metóxido de Sodio y Metóxido de Potasio.

**Figura 11** *Formación de Metóxido de Sodio y Potasio*



**Fuente:** Autores,2022

Después, continuando con las mismas condiciones de agitación y temperatura, se mezcló con el aceite pretratado.

**Figura 12** *Mezcla del Aceite con el Metóxido*



**Fuente:** Autores,2022

Consecutivamente se colocaron las muestras en balones de decantación para nuevamente proceder a la separación de fases, después de 3 horas se separó el biodiesel de la glicerina.

**Figura 13** Separación de las fases en un balón de decantación



**Fuente:** Autores,2022

El biodiesel fue sometido a un proceso de ebullición para eliminar restos de agua, una vez que deja de hervir se retira del calor y finalmente se obtuvo el producto, que posteriormente se analizará en el cromatógrafo de gases para determinar los ácidos grasos presentes.

**Figura 14** Eliminación del agua de las muestras de biodiesel



**Fuente:** Autores,2022

### 3.7.Método para

Para determinar el pH del aceite vegetal usado, se utilizaron tiras medidoras de pH.

Primero se colocó la muestra de aceite vegetal usado en un vaso de precipitación, después se humedeció la tira reactiva en el aceite por 10 segundos, y finalmente se comparó el color de la tira con una gráfica universal que tiene un rango de 0 – 14 con lo que se conoció el valor del pH. El pH tiene un valor de 5, por lo que se considera que la muestra de aceite vegetal usado es ácida.

**Figura 15** *Tiras de pH*

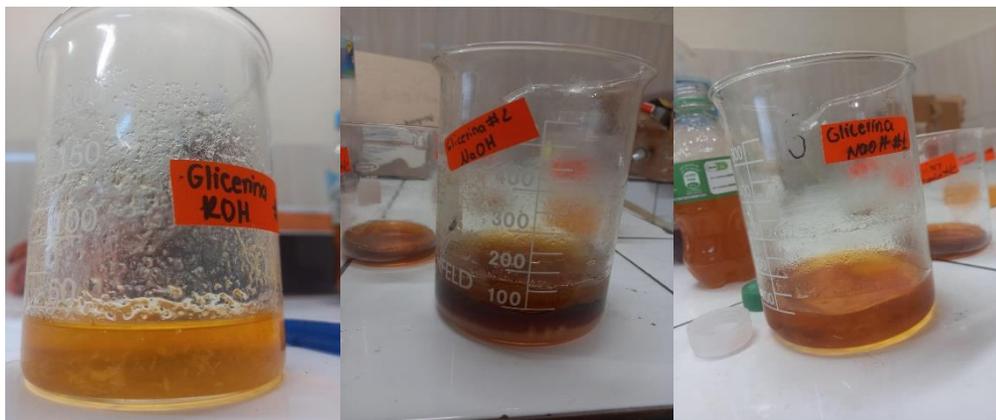


**Fuente:** Autores,2022

### **3.8. Metodología para la obtención de jabón sólido y líquido**

Posterior al proceso de obtención del biodiesel, en el mismo balón de decantación se encuentran las fases biodiesel y fase glicerina, para este punto se utilizó la fase glicerina, las cuales se separaron según el catalizador utilizado.

**Figura 16** *Glicerina Cruda de transesterificación*



**Fuente:** Autores,2022

Como primer paso, las muestras se calentaron para eliminar los excesos de alcohol y catalizador restantes. Posterior a ello se realizó la refinación de la glicerina con carbón activado, procedimiento descrito en el punto 2.4.6.2.1., para clarificar y eliminar residuos de las muestras.

**Figura 17** *Glicerina Filtrada mediando carbón activado*

De glicerina de NaOH y KOH.



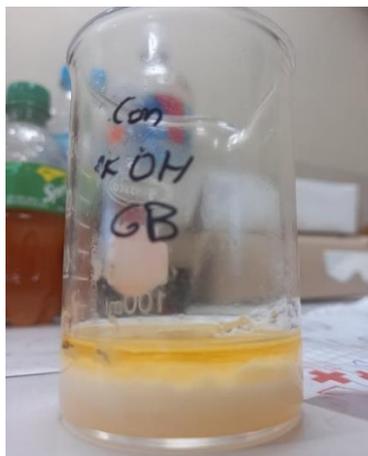
**Fuente:** Autores,2022

**Tabla 5** Especificaciones del carbón activado

<b>ESPECIFICACIONES CARBON ACTIVADO</b>	
<b>Pérdida por secado (at 105°C)</b>	<b>NMT-10.0%</b>
<b>Residuos en ignición</b>	<b>NMT-10.0%</b>
<b>pH</b>	<b>8.0-11.0</b>
<b>Absorción de yodo</b>	<b>NLT-900</b>

**Nota.** Las especificaciones son del carbón activado de grado especial 2.0 -5.0 mm CAS #: 7440-44-0, Autores, 2022

Para la obtención del jabón líquido se siguió la metodología de (Perero & Salazar, 2017) Se realizó con la muestra de glicerina de KOH, debido a que con este catalizador se puede realizar dicho procedimiento. Primeramente, la glicerina se la mezcló con una solución de hidróxido de potasio al 30%, este va a ser agitado constantemente a una temperatura de 40°C por 20 minutos. Finalizado este proceso se deja reposar, hasta que se alcance la temperatura ambiente, obteniendo así el jabón líquido.

**Figura 18** Jabón líquido de KOH

**Fuente:** Autores,2022

Para la obtención del jabón sólido, primeramente, se calentó a 100 °C la muestra de biodiesel con NaOH para eliminar el agua excedente, removiendo la muestra constantemente, generándose la reacción de saponificación. Finalizado este proceso se dejó reposar, hasta que alcanzó la temperatura ambiente. La muestra se solidificó y finalmente, se volvió a calentar para colocarla en moldes.

**Figura 19** *Jabón sólido con NaOH*



**Fuente:** Autores,2022

### **3.9. Caracterización de aceite y biodiesel**

Cabe mencionar que para el siguiente análisis se utilizó la muestra de biodiesel obtenida a partir del catalizador de KOH, ya este método no presentó problemas en la producción de biodiesel. Por otro lado, para la caracterización del aceite se utilizó una muestra de AVU pretratado.

#### **3.9.1. Derivatización de la muestra de aceite y biodiesel**

La muestra fue derivatizada para usarla en el cromatógrafo de gases. La muestra de aceite fue derivatizada a partir de 20 mg de extracto, al que se le añadieron 0.7 ml de hidróxido de potasio (10 M) y 5.3 ml de metanol.

a) Incubación y enfriamiento

La muestra fue incubada a 55°C por 1.5 horas, con agitación de 5 segundos cada 20 minutos. Transcurrido este tiempo, la muestra fue enfriada hasta temperatura ambiente.

b) Mezclado

Se añadieron 0.58 ml de ácido sulfúrico (12 M) y se mezcló de manera rotacional hasta que aparezca un precipitado.

c) Incubación y enfriamiento

Nuevamente, la muestra fue incubada a 55°C por 1.5 horas, con agitación de 5 segundos cada 20 minutos, y enfriada hasta temperatura ambiente. Se añadieron 3 ml de hexano y se mezcló por 5 min con un vórtex.

d) Mezclado y centrifugado

La mezcla fue centrifugada por 10 min a 3500 rpm. Se separó la fase orgánica (sobrenadante) y se colocó en un tubo que contenía 1 mm de sulfato de sodio anhidro. Se deja reposar la mezcla por 10 min y se separa la fase orgánica que será el material usado para la inyección en el cromatógrafo.

### **3.9.2. Condiciones del cromatógrafo para el análisis de ácidos grasos por GC-FID**

Los ácidos grasos se analizan por cromatografía de gases luego de haber sido derivatizados a metil-ésteres de ácidos grasos (FAME). Se inyectó 1 µl de muestra a 220 °C con un Split de 1:40. La separación de los compuestos se realizó en una columna capilar CP-Sil 88 (60 m x 250 µm x 0.20 µm) con un flujo de 2 ml/min de Helio como gas portador. En el horno se programó una rampa de temperatura que inició a 100°C que se incrementó a 180°C a 8°C/min, se mantuvo a 180

°C por 9 minutos y luego se incrementó a 230°C a 2°C/min, y finalmente se mantuvo 1 minuto a 230 °C. La detección de los compuestos se realizó a 250°C en un detector de ionización a la llama (FID), con un flujo de 30 ml/min de hidrógeno y 300 ml/min de aire sintético.

Se determinó el ácido graso en mayor presencia en el cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890N network CG systems, en el laboratorio de Análisis Instrumental, de la Universidad de Cuenca.

**Figura 20 Cromatógrafo de gases**



**Fuente:** Autores,2022

### **3.10. Determinación de la Viscosidad y densidad determinada del aceite y biodiesel**

Para determinar la viscosidad y la densidad se utilizó el equipo YPF-15 Quick Oil Analyzer, el cual, para la viscosidad de la muestra, se calentó a una temperatura de 40 °C. Este análisis fue realizado en el Laboratorio de ingeniería Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana.

**Figura 21** Equipo para la medición de la viscosidad y densidad



**Fuente:** Autores,2022

### 3.11. Metodología para calcular el peso de los ácidos grasos presentes en el aceite y el biodiesel

En primer lugar, con los datos obtenidos del cromatógrafo de gases se determinaron los ácidos grasos presentes en las muestras, tanto del aceite pretratado como del biodiesel. En el que se aplica la siguiente ecuación 1.

$$\text{Peso de ácidos grasos} \left( \frac{g}{mol} \right) = \frac{\text{Porcentaje del área FAME} * \text{Peso molecular}}{100} \quad \text{Ecuación 1}$$

### 3.12. Método para determinar el rendimiento del biodiesel

Para determinar el rendimiento del biodiesel, primero se obtuvo el peso de los metil ésteres presentes tanto en las muestras de aceite, como en las del biodiesel. Luego se aplica la ecuación 2

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total metil ésteres}}{\text{Peso total de aceite}} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Análisis de encuestas del aceite vegetal usado

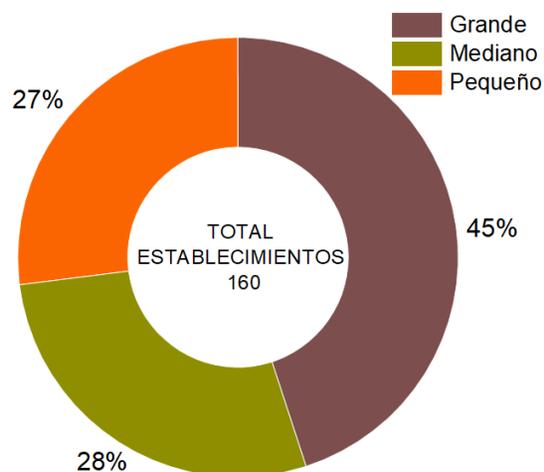
- **Tamaño del establecimiento**

**Tabla 6** *Categorización por tamaño de los establecimientos encuestados*

Tamaño Establecimiento	Cantidad	% de Total
Pequeño	72	45%
Mediano	45	28%
Grande	43	27%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Acorde al tamaño del establecimiento que se estableció antes de realizar la respectiva encuesta. De acorde a los resultados presentados en la **Figura 22**, el 45% de los encuestados se encuentran en la categorización de establecimientos o restaurantes pequeños, seguido por el 28% de los encuetados son restaurantes medianos y el 27% restante de los encuestados se encuentran categorizados como restaurantes grandes.

**Figura 22** *Categorización de los establecimientos*

**Fuente:** Autores,2022

- **Pregunta 1: ¿Reutiliza el aceite de cocina para freír los alimentos más de una vez?**

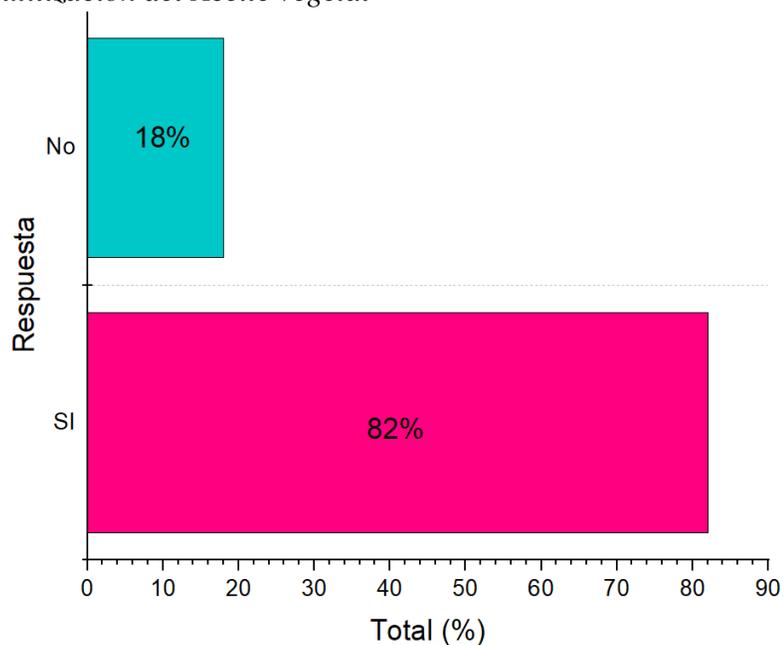
**Tabla 7** Reutilización del aceite vegetal

Respuesta	Cantidad	% de Total
No	29	18%
Sí	131	82%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Acorde a los resultados obtenidos en la **Figura 23** , se puede decir que la mayoría de los establecimientos encuestados (82%) reutilizan el aceite de cocina para freír los alimentos más de una vez. El 18% de los establecimientos no reutilizan el aceite de cocina para freír los alimentos más de una vez.

**Figura 23** Reutilización del Aceite vegetal



**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 1.1: Si en la pregunta anterior, selecciono la opción SI, ¿Cuántas veces lo hace?**

**Tabla 8** *Veces que reutilizan el aceite vegetal para freír*

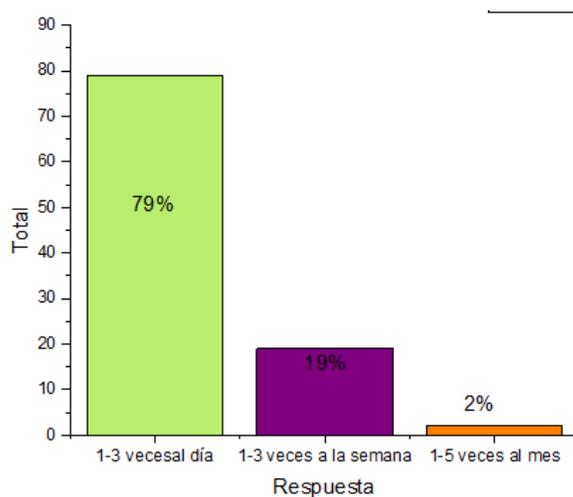
<b>Respuesta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% de Total</b>
1-3 veces al día	103	79%
1-3 veces a la semana	25	19%
1-5 veces al mes	3	2%
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

En la

**Figura 24** podemos apreciar que el 80% de los establecimientos reutilizan el aceite de cocina de 1 a 3 veces al día. El 18% de los establecimientos reutilizan el aceite de cocina de 1 a 3 veces a la semana y apenas el 2% de los encuestados lo reutilizan de 1 a 5 veces al mes.

**Figura 24** *Veces que reutilizan el aceite vegetal para freír*



**Fuente:** Autores, 202

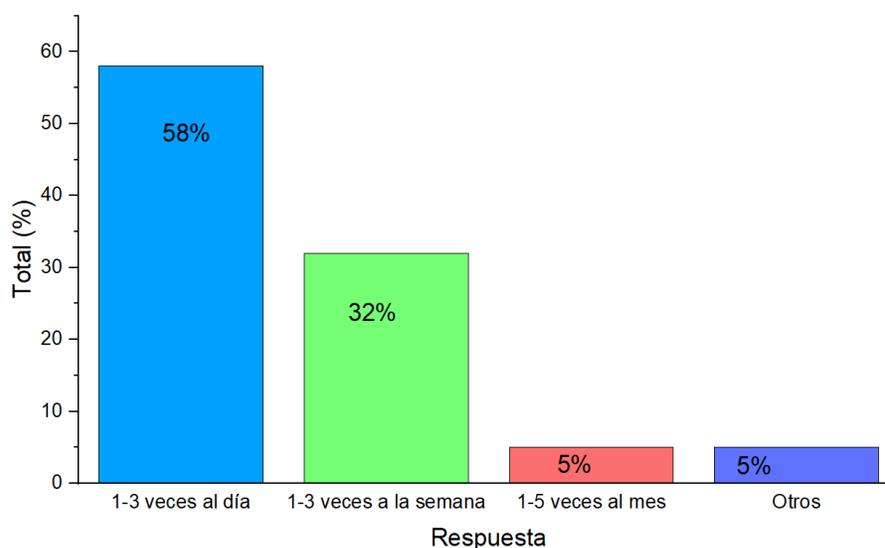
- **Pregunta 2: ¿Con qué frecuencia cambia el aceite vegetal en el proceso de fritura de los alimentos?**

**Tabla 9** Frecuencia del cambio del aceite vegetal

<b>Respuesta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% de Total</b>
1-3 veces al día	93	58%
1-3 veces a la semana	51	32%
1-5 veces al mes	8	5%
Otros	8	5%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Se les consulto a los encuestados sobre cada cuanto ellos cambian al aceite una vez que este ya este quemado o ya haya acabo su proceso de fritura, en la **Figura 25** podemos observar que el 58 % de los encuestados cambian al aceite de manera constante es decir de 1 a 3 veces al día. El 32% de los establecimientos realizan el cambio de aceite de 1 a 3 veces en la semana, además el 5 % del total de la muestra selecciono que cambian de 1 a 5 veces al mes, en este último hay que aclarar que son locales que no utilizan muy a menudo el aceite para freír los alimentos, por último, tenemos un 5% de otros en donde se agrupo a respuestas de los encuestados, donde mencionaban que era dependiendo el nivel de acidez del aceite y de acorde a como estén las ventas.

**Figura 25** Frecuencia del cambio del aceite vegetal

**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 3: ¿Cada cuánto tiempo compra aceite vegetal en su establecimiento?**

**Tabla 10** Tiempo de compra de aceite vegetal

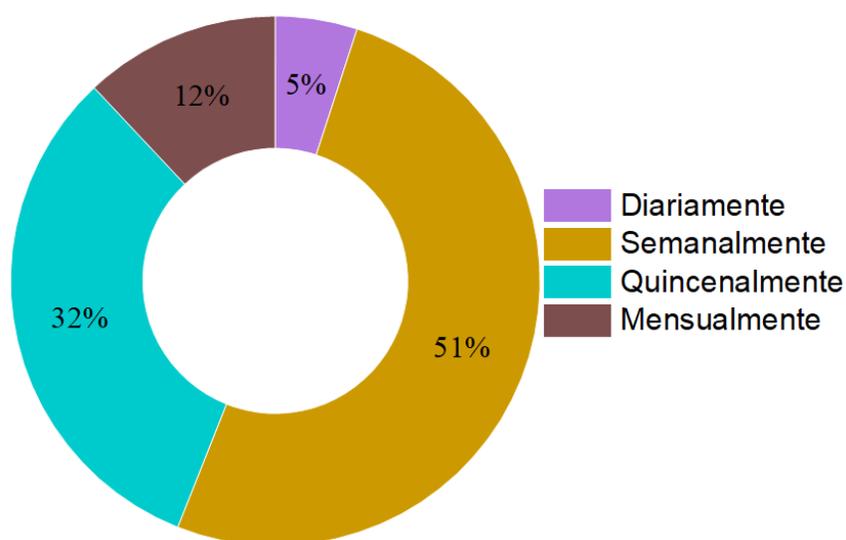
Respuesta	Cantidad	% de Total
Diariamente	8	5%
Semanalmente	82	51%
Quincenalmente	51	32%
Mensualmente	19	12%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Fue importante preguntar sobre cada que tiempo compran aceite vegetal los establecimientos encuestados, dándonos como resultado en la

**Figura 26** que el 5 % del total de la muestra compra diariamente aceite para su establecimiento, el 51% de los establecimientos compra aceite vegetal semanalmente. El 32% de los establecimientos compra aceite vegetal quincenalmente y por último el 12% de los establecimientos compra el aceite vegetal mensualmente para su establecimiento.

**Figura 26** *Tiempo de compra de aceite vegetal*



**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 4:** ¿Cuánto aceite vegetal compra en su establecimiento?

**Tabla 11** *Cantidad de aceite vegetal comprado*

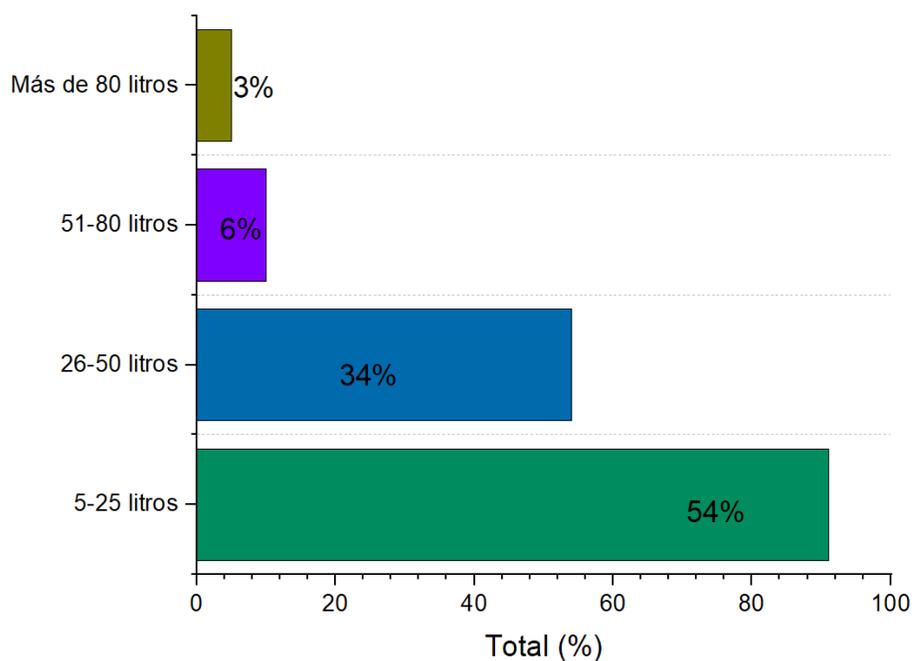
Respuesta	Cantidad	% de Total
5-25 litros	91	54%
26-50 litros	54	34%
51-80 litros	10	6%
Más de 80 litros	5	3%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Cabe mencionar que los encuestados nos dijeron que compran generalmente la caneca de 20 litros. Se puede observar en la

**Figura 27**, que la mayoría de los establecimientos encuestados (54%) compran de 5 a 25 litros de aceite vegetal, así mismo el 34% de los encuestados mencionaron que compran de 26 a 50 litros, lo que equivaldría aproximadamente a dos canecas de aceite vegetal. El 15 % de los encuestados compran 51 a 80 litros lo que equivaldría a unas cuatro canecas de aceite por último contamos que el 6% de los encuestados compran más de 80 litros de aceite vegetal.

**Figura 27** Cantidad de aceite vegetal comprado



**Fuente:** Autores, 2022

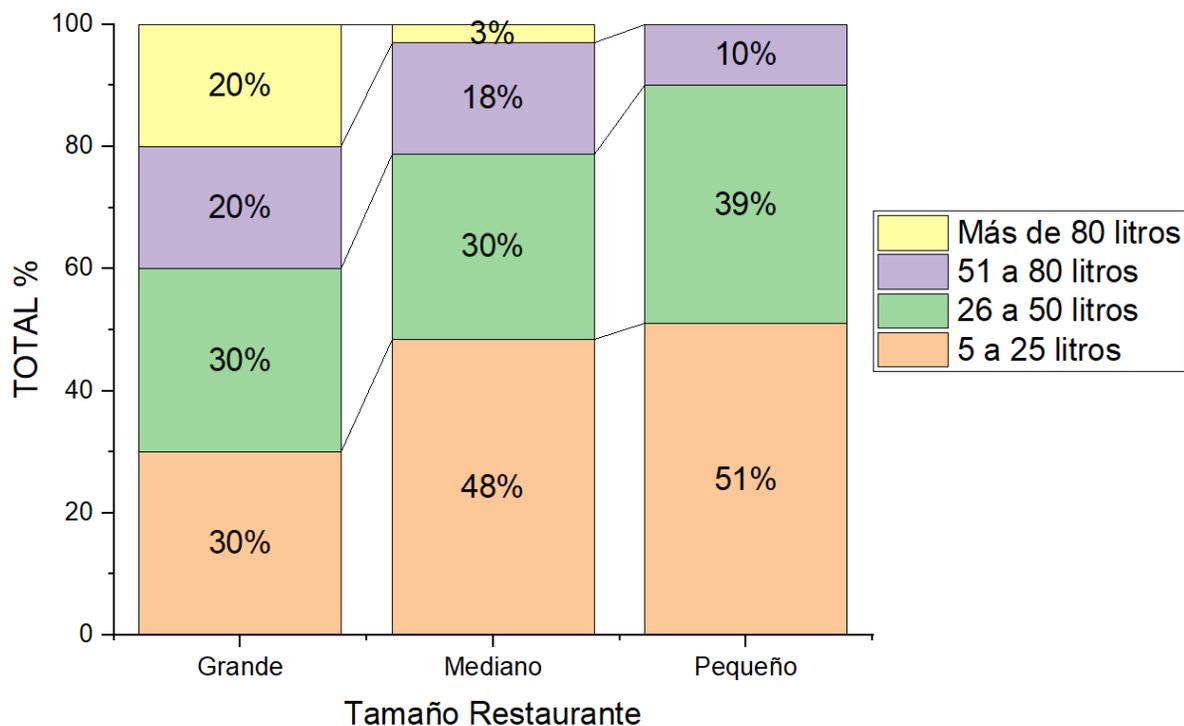
#### 4.1 Compra de aceite vegetal por tamaño de establecimiento

**Tabla 12** *Compra de Aceite vegetal por tamaño de establecimiento*

<b>Tamaño Restaurante</b>	<b>5 a 25 litros</b>		<b>26 a 50 litros</b>		<b>51 a 80 litros</b>		<b>Más de 80 litros</b>		<b>TOTAL</b>	
Grande	19	30%	15	30%	7	20%	3	20%	44	100%
Mediano	25	48%	15	30%	2	18%	2	3%	44	100%
Pequeño	47	51%	24	39%	1	10%	0		72	100%

**Fuente:** Autores, 2022

En la **Figura 28** podemos apreciar que en los establecimientos categorizados como Pequeños, el 51% de la muestra compra de 5 a 25 litros, el 39% compra de 26 a 60 y el 10% restante compra de 51 a 80 litros de aceite vegetal. En los restaurantes categorizados como Medianos tenemos que el 48% de los encuestados compra de 5 a 25 litros de aceite vegetal, el 30 % de los restaurantes medianos compra de 26 a 50 litros de aceite, el otro 18% de los restaurantes medianos compra de 51 a 80 litros de aceite vegetal, el 3% restante corresponde a la compra de más de 80 litros de aceite vegetal. La última categoría de restaurantes son los Grandes, en donde podemos apreciar que el 30 % compra de 5 a 25 litros así mismo 30% compra de 26 a 50 litros, tenemos un 20% que compra de 51 a 80 litros y otro 20 % que compra más de 80 litros de aceite.

**Figura 28** Compra de aceite vegetal por tamaño de establecimiento

Fuente: Autores, 2022

- **Pregunta 5: ¿Cuánto aceite vegetal usado genera en su establecimiento, después del proceso de fritura?**

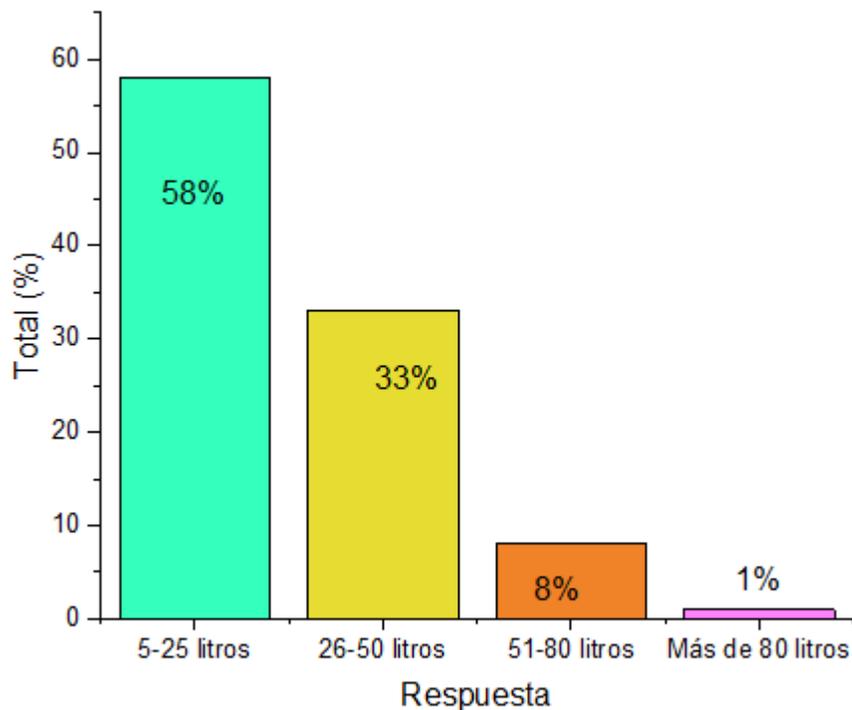
**Tabla 13** Cantidad de aceite vegetal usado generado

Respuesta	Cantidad	% de Total
5-25 litros	93	58%
26-50 litros	53	33%
51-80 litros	12	8%
Más de 80 litros	2	1%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autores, 2022

Al ser el aceite vegetal usado un desecho especial, fue importante para este estudio identificar cuanto AVU generan los establecimientos de la muestra, el cual es relativamente proporcional al aceite vegetal comprado, para ello se presenta la **Figura 29**, en donde se muestra que el 58 % de los establecimientos encuestados generan de 5 a 25 litros de AVU, el 33 % de la muestra genera 26 a 50 litros de AVU, el 9% restante lo conforman las demás categorías de generación de AVU.

**Figura 29** Cantidad de aceite vegetal usado generado



**Fuente:** Autores, 2022

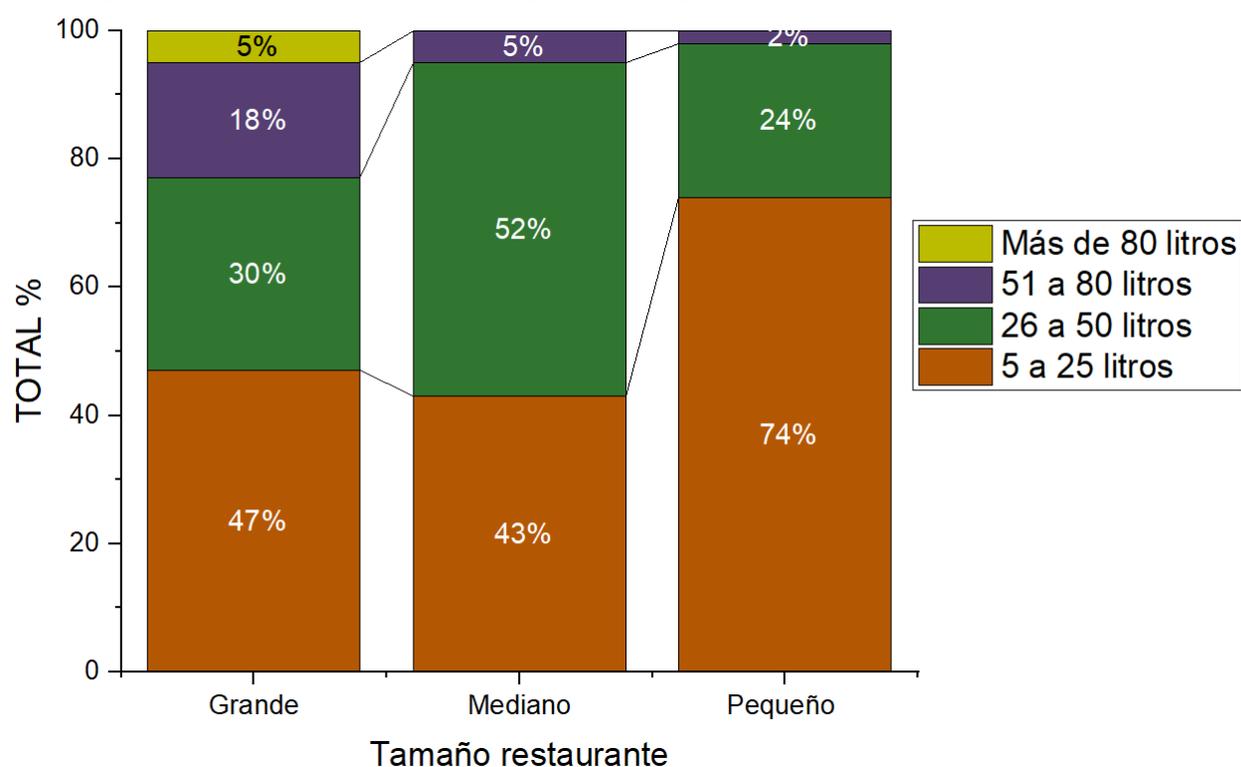
- **5.1 Generación de aceite vegetal usado por tamaño de establecimiento**

**Tabla 14** *Generación de aceite vegetal usado por tamaño de establecimiento*

<b>Tamaño</b>	<b>5 a 25</b>		<b>26 a 50</b>		<b>51 a 80</b>		<b>Más de 80</b>		<b>TOTAL</b>	
<b>Restaurante</b>	<b>litros</b>		<b>litros</b>		<b>litros</b>		<b>litros</b>			
Grande	21	47%	13	30%	8	18%	2	5%	44	100%
Mediano	19	43%	23	52%	2	5%			44	100%
Pequeño	53	74%	17	24%	2	2%			72	100%

**Fuente:** Autores, 2022

Es importante conocer por tamaño de establecimiento la cantidad de AVU que se está generando, podemos observar en la **Figura 30**, los mayores generados de AVU se encuentran en la categoría de restaurantes Pequeños con el 74% que genera de 5 a 25 litros, seguido por los restaurantes Grandes con 47% y los restaurantes Medianos con 43%. También se puede observar que la generación de 51 a 80 litros de AVU en los restaurantes, el mayor productor de aceite de 26 a 50 litros es los restaurantes Medianos con el 52%, la generación de más de 80 litros está liderada por los restaurantes grandes con un 5%.

**Figura 30** Generación de aceite vegetal usado por tamaño de establecimiento

**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 6:** ¿Cuál de las siguientes marcas de aceite vegetal ecuatoriano utiliza usted en su establecimiento, para el proceso de fritura?

**Tabla 15** Marca de aceite vegetal Ecuador, utilizado por los encuestados

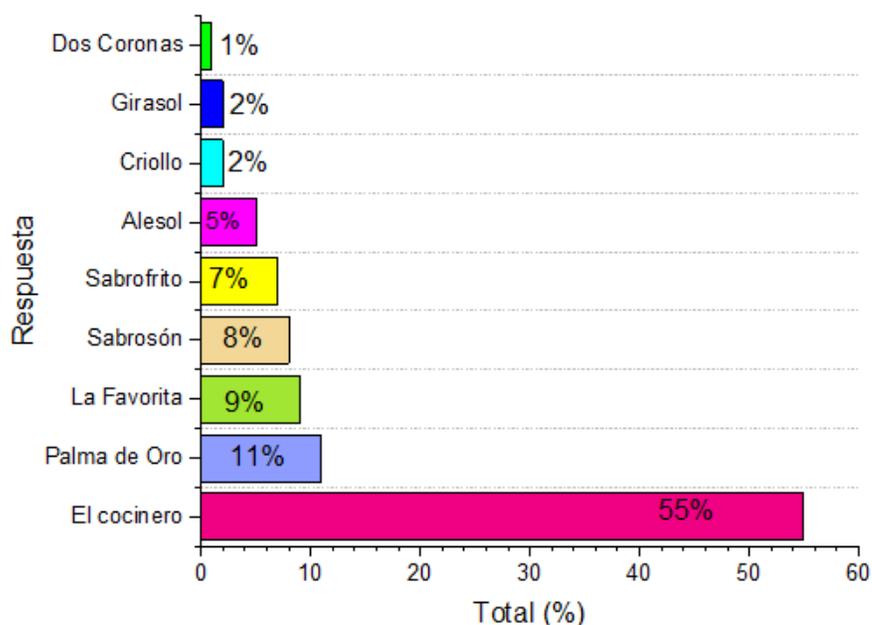
Respuesta	Cantidad	% de Total
El cocinero	88	55%
Palma de oro	18	11%
La favorita	14	9%
Sabrosón	13	8%
Sabrofrito	11	7%
Alesol	8	5%
Criollo	3	2%
Girasol	3	2%

Dos coronas	2	1%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Se hizo la consulta a los establecimiento sobre la marca de aceite que prefieren para las frituras para establecer cuál es la más utilizada en la zona de estudio teniendo como resultados en la **Figura 31**, que la marca de aceite que prefieren los encuestados es El Cocinero con el 55% del total de la muestra, seguido por la Palma de Oro con 11%, la Favorita con el 9%, el Sabrosón con el 8 % y el Sabrofrito con el 7%, este último es un aceite que es utilizado netamente para las frituras de acorde a la información proporcionada por los encuestados al momento de la entrevista, por lo que para otras elaboraciones utilizan otro tipo de aceite. Cabe destacar que el aceite El Cocinero es un aceite de palma y soja

**Figura 31** Marca de aceite vegetal Ecuador, utilizado por los encuestados



**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 7: ¿De qué manera usted desecha el aceite vegetal usado en su establecimiento?**

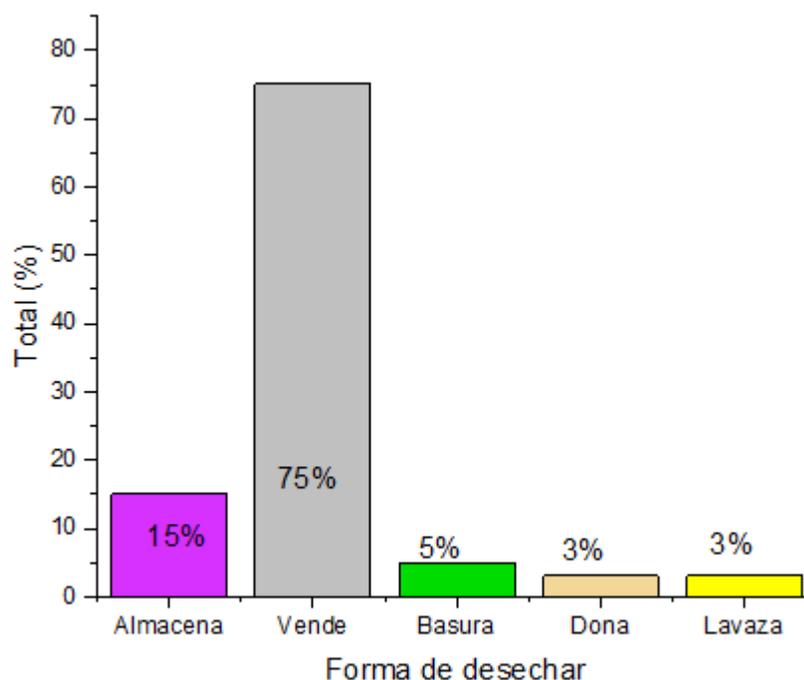
**Tabla 16** *Manera de desechar el AVU*

<b>Respuesta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% de Total</b>
Almacena	24	15%
Vende	120	75%
Basura	8	5%
Dona	4	3%
Lavaza	4	3%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

Otro punto importante de aplicar esta encuesta es saber de qué manera desechar al aceite vegetal usado, como se mencionó en la página 26, el aceite de frituras es un desecho especial por lo que debe tener una adecuada disposición final, por lo que en la **Figura 17**, tenemos que el 75% de los establecimientos encuestados vende el AVU a personas quienes tienen el conocimiento acerca del aprovechamiento de este residuo, el 15% de los encuestados solo almacena este residuo sin ningún tipo de disposición final posterior, el 5% de los encuestados bota a la basura el AVU porque no tienen conocimiento de que hacer con este residuo, el 3% de los encuestados donan o regalan este residuo a personas particulares, algunos de los encuestados mencionaron que saben que realizan jabones con este producto pero otros no saben que harán después de que entregan el residuo, el 3% restante pertenece a la categoría de lavaza, donde mencionaron los encuestados que lo que generan de AVU no es gran cantidad por lo que arrojan en el tacho de la comida para el ganado porcino.

**Figura 32** *Manera de desechar el AVU*



**Fuente:** Autores, 2022

### 7.1 Forma de desecho de aceite vegetal por tamaño de establecimiento

**Tabla 17** Forma de desecho de aceite vegetal por tamaño de establecimiento

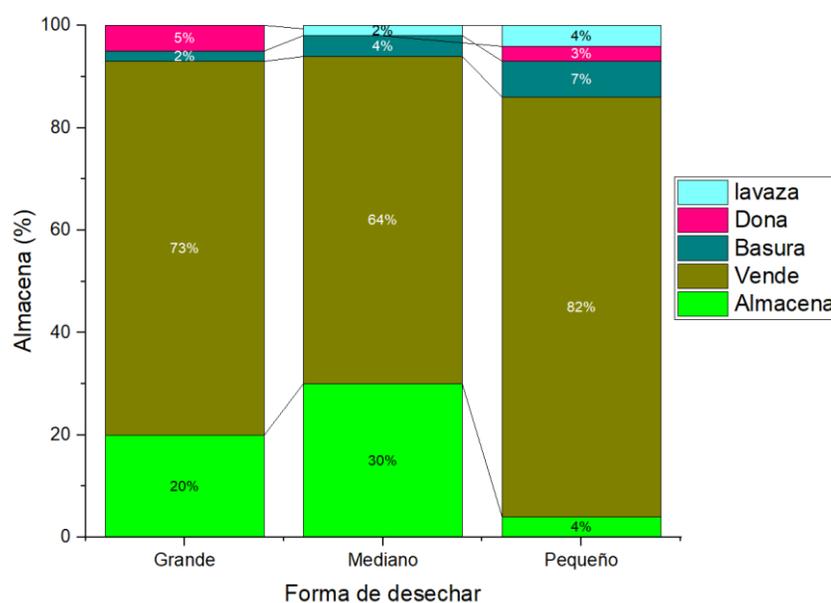
Respuesta	Almacena	Vende	Basura	Dona	lavaza	Total
Grande	8 20%	31 73%	1 2%	2 5%		42 100%
Mediano	13 30%	29 64%	2 4%		1 2%	45 100%
Pequeño	3 4%	60 82%	5 7%	2 3%	3 4%	73 100%

**Fuente:** Autores, 2022

Acorde a la **Figura 18**, podemos decir que la manera más común de desechar el AVU, es la venta de este con 82% en restaurantes Pequeños, el 73% en restaurantes Grandes y el 64% en restaurantes Medianos, el principal comprador acorde a lo hablado con los encuestados son personas del oriente que compran para darle el aprovechamiento del mismo, el botar el AVU entre la comida para el ganado porcino no es común en los restaurantes de categoría grande sin embargo

los que más realizan esta práctica son los restaurantes pequeños con un 4%, debido a que no tienen una correcta educación ambiental y aparte son costumbres que se han ido adoptado por el paso del tiempo, así mismo en esta categoría es común la práctica de tirar el AVU al tacho de la basura, según lo encuestados es que al no saber que hacer simplemente lo ponen en botellas o fundad y lo tiran a la basura.

**Figura 33** Forma de desecho de aceite vegetal por tamaño de establecimiento



**Fuente:** Autores, 2022

- **Pregunta 8. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar el aceite vegetal usado antes de ser desechado?**

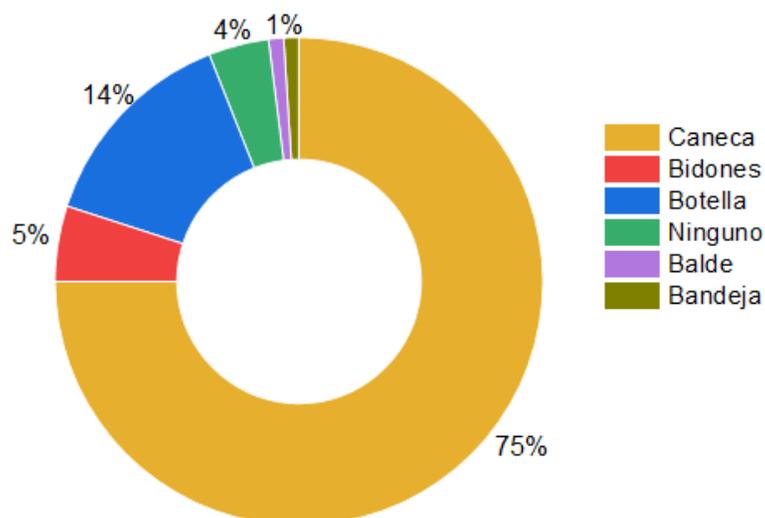
**Tabla 18** Tipo de recipiente utilizado para almacenar el AVU para su posterior disposición final

<b>Respuesta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% de Total</b>
Caneca	120	75%
Bidones	8	5%
Botella de plástico	23	14%
Ninguno	6	4%
Balde	2	1%
Bandeja	2	1%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Autores, 2022

De acorde a la **Figura 19**, la forma más común de almacenar el AVU es en canecas con el 75%, debido a que los encuestados nos mencionaron que en la misma caneca que compran el aceite lo ocupan para almacenar el AVU, posterior tenemos con un 15% que los encuestados almacenan su AVU en botellas plásticas, algunos almacenan en la botella para después desechar en la basura, el 5% de la muestra encuestada lo almacena en bidones, tenemos un 4% de las encuestas que no tienen ningún tipo de recipiente para almacenar, estos son directamente proporcionales a los que nos dijeron que botaban a la basura o a la comida para el ganado porcino.

**Figura 34** *Formas de almacenar el AVU*



Fuente: Autores, 2022

- **Pregunta 9. Estaría dispuesto a entregarnos una muestra de su aceite vegetal usado con fines académicos**

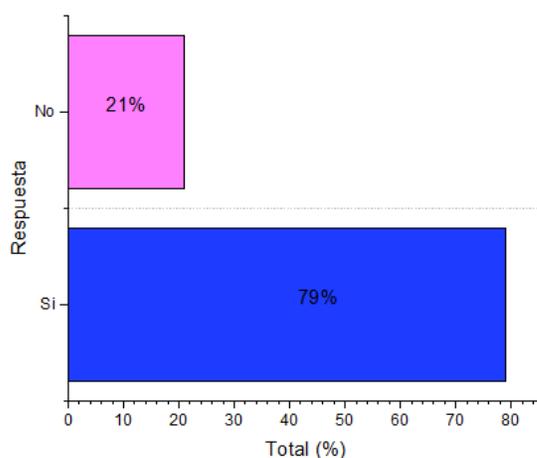
**Tabla 19** *Recepción de muestras de AVU*

Respuesta	Cantidad	% de Total
Sí	126	79%
No	34	21%
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

Fuente: Autores, 2022

El 79% de los encuestados nos otorgaron las muestras de AVU, con las cuales realizaremos el aprovechamiento en este estudio, el 21% restante corresponde a los restaurantes que no quisieron otórganos la muestra de AVU.

**Figura 35** *Recepción de muestras de AVU*



Fuente: Autores, 2022

#### 4.2.Resultados del biodiesel

De la experimentación se obtuvo que las muestras que contenían como catalizador el hidróxido de sodio (NaOH), la una muestra se solidificó después del último proceso descrito en la Obtención de biodiesel, y la otra muestra de NaOH se hizo una sustancia viscosa. La muestra de KOH es la que nos dio como resultado biodiesel.

#### 4.3.Resultados Jabones

**Figura 36** Jabón sólido en forma de Spiderman y Jabón líquido de KOH



Fuente: Autores, 2022

#### 4.4.Resultados de la cromatografía de gases

##### 4.4.1. Ácidos grasos determinados en el aceite

**Tabla 20** Ácidos grasos determinados en el Aceite

Ácidos grasos	Porcentaje	Pesos ácidos grasos (g/mol)
C 14:0	0.606 %	1.55
C 16:0	26.350 %	67.56

C 18:0	39.384 %	112.04
C 18:1	1.061 %	3.06
C 18:2	25.409 %	71.21
C 18 :3	4.160 %	11.58
C 24:0	3.030 %	11.17
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>278.17</b>

**Fuente:** Autores, 2022

El ácido esteárico (C 18:0) y el ácido palmítico (C 16:0) son los ácidos grasos más abundantes presentes en la muestra de aceite vegetal usado, que según (Zeng et al., 2022) son los componentes que se pueden encontrar en aceites de cocina.

#### 4.4.2. Ácidos grasos determinados en el biodiesel

*Tabla 21 Ácidos grasos determinados en el Biodiesel*

Ácidos grasos	Porcentaje	Pesos ácidos grasos (g/mol)
C 14:0	0.757 %	1.94
C 16:0	28.215 %	72.34
C 18:0	6.482 %	18.44
C 18:1	39.878 %	114.98
C 18:2	21.959 %	61.54
C 20:0	0.285 %	0.89
C 18 :3	1.578 %	4.39
C 24:0	0.845 %	3.12
Total	100%	277.64

**Fuente:** Autores, 2022

El ácido oleico (C 18:1) y el ácido palmítico (C 16:0) son los ácidos grasos más abundantes presentes en la muestra de biodiesel.

#### 4.5.Resultados de la viscosidad y densidad

La norma INEN 2482 establece que la viscosidad y densidad del biodiesel se debe encontrar entre 3.5 – 5 y 860 - 900 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Por lo que podemos decir que la viscosidad pasa del límite de la norma, pudiendo inferir que faltó realizar un procedimiento de lavado final al biodiesel. Por otro lado, la densidad se encuentra dentro del rango.

**Tabla 22** Viscosidad y Densidad determinada

Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	
<b>Aceite (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Biodiesel</b>
43.6	<b>6.98</b>
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	
<b>Aceite</b>	<b>Biodiesel</b>
922	<b>862</b>

**Fuente:** Autores, 2022

#### 4.6.Resultados del rendimiento del biodiesel

Aplicando la ecuación 2 obtenemos el rendimiento del biodiesel

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso total metil ésteres}}{\text{Peso total de aceite}} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\%Rendimiento = \frac{277.64}{278.17} * 100$$

$$\%Rendimiento = 99.81\%$$

#### **4.7.Resultados de la socialización con ETAPA EP**

*Para cumplir con el tercer objetivo del presente trabajo de titulación, a través de la unidad de Gestión Ambiental de ETAPA EP se realizó la socialización de los resultados obtenidos del aprovechamiento del aceite vegetal usado, el día 28 de julio del año 2022. En la cual se entregaron los resultados de las encuestas realizadas en el cantón y se dialogaron futuras metodologías para la implementación de biodiesel como combustible alternativo, las evidencias se encuentran en el*

**Anexo 14** Socialización de los resultados del trabajo de titulación con ETAPA EP.

#### **4.8.Discusión del biodiesel**

De acuerdo con (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022), la eliminación del AVU en diversos ecosistemas, incluidos el suelo y el agua, podría tener graves consecuencias ambientales. Por otra parte, la mala gestión de estos residuos peligrosos también podría traducirse en la pérdida de recursos, dado su contenido energético. Por lo tanto, se ha buscado ampliamente encontrar vías alternativas rentables y ecológicas para la gestión y la valorización simultánea del AVU, como la conversión en biodiesel. La crisis del cambio climático es otra motivación para utilizar los biocombustibles. El transporte es uno de los sectores más contaminantes, además que este sector depende de los combustibles fósiles importados, incluidos la gasolina y el diésel (Tongroon et al., 2019). Nayab et al., (2022) afirma que, entre todos los biocombustibles, el biodiesel está alcanzando una atención considerable como alternativa a los combustibles fósiles debido a su naturaleza ecológica, biodegradabilidad, menor cantidad de azufre, alto número de cetanos y alto punto de inflamación. Sin embargo, los catalizadores homogéneos o heterogéneos convencionales utilizados en el proceso de producción de biodiesel, es decir, la transesterificación, son generalmente tóxicos y se derivan de recursos no renovables. Por lo tanto, para impulsar las características de sostenibilidad del proceso, el desarrollo de catalizadores derivados de los recursos orientados a los desechos renovables es de gran importancia (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022).

## 5. Conclusiones

- Se puede concluir que, de la muestra seleccionada, el 45% son restaurantes pequeños, el 28% grandes y el 27% medianos, así mismo la mayor cantidad de aceite vegetal comprado y AVU generado se encuentra en el rango de 5-25 litros semanales acorde al tiempo de compra, por otra parte, El 55% de los encuestados menciono que el aceite vegetal más utilizan es El Cocinero, el cual es una mezcla de oleína de palma y aceite puro de soja. Al respecto de la forma de desechar el AVU la mayoría de los generados lo venden en las propias canecas en las que compran el aceite vegetal.
- Se determinó que la muestra de biodiesel que tuvo mejores características fue la realizada con KOH, ya que el catalizador se ocupa en menor cantidad, es más económico y se obtuvo mayor cantidad de biodiesel.
- Los análisis correspondientes a la Norma técnica NTE INEN 2482 no se pudieron realizar en su totalidad, debido a la falta de equipos en la UPS, por lo que se realizaron análisis de densidad, viscosidad y rendimiento del biodiesel.
- Tras la obtención de biodiesel se genera como subproducto la glicerina.
- El biodiesel se lo puede utilizar como combustible para motores y vehículos a diésel, como fuente de calor, sustituto del querosén, generación de energía eléctrica, lubricante ecológico y reduce la necesidad de importar petróleo.
- La glicerina puede ser utilizada en la formación de pintura, barnices, para la obtención de hidrógeno y como se aplicó en nuestro estudio, para la obtención de jabones.

## 6. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios posteriores en donde determinen la cantidad total en el mes de aceite vegetal usado de todos los generados del cantón Cuenca.
- Realizar más estudios para poder determinar la funcionalidad del biodiesel en un motor de combustión interna.
- Realizar un estudio de viabilidad para la refinación de los jabones obtenidos mediante la glicerina.

## 7. Bibliografía

Agüero, S. D., García, J. T., & Catalán, J. S. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutricion Hospitalaria*, 32(1), 11–19.

<https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>

Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11(1–2), 333–338.

Alarcón, M., & Romero, R. (2021a). *Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil.*

Alarcón, M., & Romero, R. (2021b). *Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil*  
Title : *Study and design of a used vegetable oil collection system used for the commercial and reside.*

Alarcón, N., & Guayaquil, R. (2011). *ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ACEITE VEGETAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN EL ECUADOR.*

Alba Pons, G. (2015). *Aceites vegetales, hacia una producción sostenible.* 46.

Algumedo, C. A. (2020). *ELABORACIÓN DE JABONES ARTESANALES CON ACEITE USADO COMO ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES A*

*TRAVÉS DE APRENDIZAJE BASADOS EN PROYECTOS.*

- Avellaneda Vargas, F. A. (2010). Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. In *Universitat Rovira i Virgili*.
- Bernal, A. (2019). *OPTIMIZACIÓN DEL MODELO DE COSTOS DE OPERACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO EN BOGOTÁ*.  
<https://doi.org/10.1037//0033-2909.I26.1.78>
- Bharathiraja, B., Jayamuthunagai, J., Sreejith, R., Iyyappan, J., & Praveenkumar, R. (2022). Techno economic analysis of malic acid production using crude glycerol derived from waste cooking oil. *Bioresource Technology*, 351, 126956.  
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2022.126956>
- Bravo, C. A., Osorno, C. J., & Salgado, E. (2016). *Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa “productos verdes” laboratorio de biotecnología, unan – managua, marzo - julio 2016*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- C, N., K V, Y., R, M. P., M, S., & R, G. B. (2022). Simultaneous refining of biodiesel-derived crude glycerol and synthesis of value-added powdered catalysts for biodiesel production: A green chemistry approach for sustainable biodiesel industries. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132448. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132448>
- Castellar Ortega, G. C., Angulo Mercado, E. R., & Cardozo Arrieta, B. M. (2014). Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. *Prospectiva*, 12, 90–104.
- COA. (2017). Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento*, 983, 12 de abril, 92.
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Constitución de la Republica del Ecuador. *Registro Oficial*, 449, 20 de octubre, 173.
- COOTAD. (2010). Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD. *Registro Oficial Suplemento*, 303, 19 de octubre, 1–180.

ETAPA EP. (2021). *PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE ACEITES VEGETALES USADOS REDUCIRÁ CONTAMINACIÓN DEL AGUA.*

<https://www.etapa.net.ec/noticias/detalle/id/2788/contenido/programa-de-recoleccion-de-aceites-vegetales-usados-reducira-contaminacion-del-agua>

Fangfang, F., Alagumalai, A., & Mahian, O. (2021). Sustainable biodiesel production from waste cooking oil: ANN modeling and environmental factor assessment. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46(April), 101265.

<https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101265>

Fariño, K. L. (2016). *Incidencia de las acciones promocionales como soporte de la gestión de venta de Aceites comestibles en el canal tradicional de Guayaquil. Estudio del caso Marca La Favorita.*

Fazenda, A. J., & Tavares-Russo, M. A. (2016). Caracterización de residuos sólidos urbanos en Sumbe: herramienta para gestión de residuos. *Ciencias Holguín*, 22(4), 1–15.

GADCuenca. (2015). *Atlas PDOT Cantón 2015* (p. 750).

Gaur, V. K., Sharma, P., Sirohi, R., Varjani, S., Taherzadeh, M. J., Chang, J. S., Yong Ng, H., Wong, J. W. C., & Kim, S. H. (2022). Production of biosurfactants from agro-industrial waste and waste cooking oil in a circular bioeconomy: An overview. *Bioresource Technology*, 343, 126059. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.126059>

Goh, B. H. H., Chong, C. T., Ge, Y., Ong, H. C., Ng, J. H., Tian, B., Ashokkumar, V., Lim, S., Seljak, T., & Józsa, V. (2020). Progress in utilisation of waste cooking oil for sustainable biodiesel and biojet fuel production. *Energy Conversion and Management*, 223, 113296. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2020.113296>

Gómez Delgado, M. (1995). El estudio de los residuos: definiciones, tipologías, gestión y tratamiento. *Serie Geográfica*, 5, 21–42.

Guo, M., Jiang, W., Ding, J., & Lu, J. (2022). Highly active and recyclable CuO/ZnO as photocatalyst for transesterification of waste cooking oil to biodiesel and the kinetics. *Fuel*, 315, 123254. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.123254>

Habela, F. (2016). *MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA*

*ESPECIALIDAD: QUÍMICA INORGÁNICA E INGENIERÍA QUÍMICA Trabajo de Fin de Máster.* Universidad Nacional de Educación a Distancia.

- Hermida, C., & Domínguez, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño : el modelo ECO-3. *Informador Técnico (Colombia)*, 78(1), 82–90.
- Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Li, C., Chen, X., Peng, W., Aghbashlo, M., Lam, S. S., & Tabatabaei, M. (2022). Managing the hazardous waste cooking oil by conversion into bioenergy through the application of waste-derived green catalysts: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127636. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.127636>
- Huidobro, A. P. (2003). *Telas de carbón como soporte de catalizadores bimetálicos Pt-Sn: efecto promotor del TiO2*. Universidad de Alicante.
- Ianda, T. F., Kalid, R. de A., Rocha, L. B., Padula, A. D., & Zimmerman, W. B. (2022). Techno-economic modeling to produce biodiesel from marine microalgae in sub-Saharan countries: An exploratory study in Guinea-Bissau. *Biomass and Bioenergy*, 158, 106369. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2022.106369>
- Idun-Acquah, N., Obeng, G. Y., & Mensah, E. (2016). Repetitive Use of Vegetable Cooking Oil and Effects on Physico-Chemical Properties-Case of Frying with Redfish (*Lutjanus fulgens*). *Science and Technology*, 6(1), 8–14. <https://doi.org/10.5923/j.scit.20160601.02>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, I. (2009). NTE INEN 2482: Biodiesel. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN*, 10.
- Kalita, P., Basumatary, B., Saikia, P., Das, B., & Basumatary, S. (2022). Biodiesel as renewable biofuel produced via enzyme-based catalyzed transesterification. *Energy Nexus*, 6, 100087. <https://doi.org/10.1016/J.NEXUS.2022.100087>
- Lerda, D. (2020). La acrilamida en los alimentos y la salud humana. *Methodo Investigación Aplicada a Las Ciencias Biológicas*, 5, 100–107. [https://doi.org/10.22529/me.2020.5\(3\)05](https://doi.org/10.22529/me.2020.5(3)05)
- López, J. M., Flores, F. J. P., Rosales, E. C., Muñoz, E. O., Hernández-Anzaldo, S., Lima, H. V., & Ortega, Y. R. (2022). A theoretical and experimental study of liquid-liquid equilibrium to refine raw glycerol obtained as a byproduct on the biodiesel production. *Chemical Engineering Journal Advances*, 10, 100257. <https://doi.org/10.1016/J.CEJA.2022.100257>

- Maotsela, T., Danha, G., & Muzenda, E. (2019). Utilization of Waste Cooking Oil and Tallow for Production of Toilet “Bath” Soap. *Procedia Manufacturing*, 35, 541–545.  
<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2019.07.008>
- Medina, I., Chávez, N., & Jáuregui, J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y Ciencia*, 20. [www.huixtlaweb.com](http://www.huixtlaweb.com)
- Medina Villadiego, M., Ospino Roa, Y., & Tejeda Benítez, L. (2015). Esterificación Y Transesterificación De Aceites Residuales Para Obtener Biodiesel. *Luna Azul*, 40, 25–34.  
<https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.3>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Acuerdo Ministerial 142. *Registro Oficial Suplemento*, 856, 21 de diciembre, 48.
- Montes O., N., Millar M., I., Provoste L., R., Martínez M., N., Fernández Z., D., Morales I., G., & Valenzuela B., R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87–91. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Nayab, R., Imran, M., Ramzan, M., Tariq, M., Taj, M. B., Akhtar, M. N., & Iqbal, H. M. N. (2022). Sustainable biodiesel production via catalytic and non-catalytic transesterification of feedstock materials – A review. *Fuel*, 328, 125254.  
<https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.125254>
- Ojeda, J. (2021). *Procesos para la Valorización del Aceite Vegetal Usado: Revisión Sistemática*.
- Oro, L., Sola, E., Bayon, J. C., Gomes, P., Moya, S., Rosales, M., Sanchez Delgado, R., Dos Santos, E., & Torrens, H. (2000). Fundamentos y aplicaciones de la Catálisis Homogénea. In L. A. O. y E. Sola (Ed.), *Cyted* (Vol. 1).
- Pardal, A. C. (2012). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis. In *IPBeja Repositorio Científico*. Universidad de Extremadura.
- Parrales, A., Reyes, M., & Pine, W. (2012). *Cromatografía del Gas Natural*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Perero, L. M., & Salazar, M. F. (2017). *Porcentajes De Aceite De Fritura E Hidróxido De Potasio En La Saponificación De Grasas Para La Obtención De Jabón Líquido*.

- Posada-Duque, J., & Cardona-Alzate, C. (2010). Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. *Ingeniería y Universidad*, 14(1), 9–27.
- Prieto-sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular : Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación sustainability and strategies for its implementation. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 15, 85–95.
- Prieto, M. (2019). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL LAS DIFERENTES UNIDADES ECONÓMICAS DEL BARRIO OBRERO- PUYO AUTORA : PRIETO GUERRERO MÓNICA ELIZABETH DIRECTOR DEL PROYECTO : Ing . KAREL DIÉGUEZ SANTANA.*
- Quizpe
- Regla, I., Vélez, E., Amaya, D., & Neri, A. C. (2014). La química del jabón y algunas aplicaciones. *Revista Digital Universitaria*, 15(5), 1–15.
- Rendón, A. F. M. (2010). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*, 4, 67–72.
- Reyes Vargas, H. D. (2018). *Estudio de la generación de aceites usados en los diferentes establecimientos de comida y su reutilización industrial. In Universidad Nacional de Piura.*
- Rivera, D. (2008). *Caracterización de aceites esenciales por cromatografía de gases de tres especies del género piper y evaluación de la actividad citotóxica.* <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1051.pdf>
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M., & Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería.* <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550626005>
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 44(03), 121–135. <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>
- Seminario, D., & Ortega, M. (2022). *Obtención de un catalizador de óxido de cinc a partir de pilas C-Zn usadas para la elaboración de biodiesel con aceite vegetal reciclado.*
- Serrano, D. (2019). Evaluación Del Uso Y Disposición Final Del Aceite Vegetal Residual

- Proveniente De Comedores En General Villamil Playas, Ecuador. In *Universidad de Guayaquil*.
- Solis, J. J. (2016). *Manual del pequeño industrial: Fórmulas, procedimientos, secretos, consejos prácticos, recomendaciones y proveedores para la micro industria de fabricación de productos de limpieza*. IBUKKU LLC.
- Suaterna Hurtado, A. C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 11(1), 39–53.
- Tello, P., Campani, D., & Sarafian, D. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*.
- Tongroon, M., Saisirirat, P., Suebwong, A., Aunchaisri, J., Kananont, M., & Chollacoop, N. (2019). Combustion and emission characteristics investigation of diesel-ethanol-biodiesel blended fuels in a compression-ignition engine and benefit analysis. *Fuel*, 255, 115728. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.115728>
- Torossi, F. (2006). Reacciones en contexto : la transesterificación en la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura usado. *ANALES de La Real Sociedad Española de Química*, 102(3), 43–49.
- Verevkin, S. P., Pimerzin, A. A., Glotov, A. P., & Vutolkina, A. V. (2022). Biofuels energetics: Measurements and evaluation of calorific values of triglycerides. *Fuel*, 326, 125101. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.125101>
- Villegas, A. R., & Martínez, J. M. (2021). *Evaluación de la disposición final del Aceite Vegetal Usado en el municipio de Yaguará Huila*.
- Zeng, X., Yue, C., Ding, Z., Wang, L., Su, Z., Zeng, H., Zhang, B., Li, F., & Zhu, M. (2022). Waste cooking oil: New efficient carbon source for natamycin production by *Streptomyces gilvosporeus* Z8. *Process Biochemistry*, 118, 294–306. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2022.04.028>
- Zhao, Y., Chen, M., Zhang, X., Wu, S., Zhou, X., & Jiang, Q. (2022). Effect of chemical component characteristics of waste cooking oil on physicochemical properties of aging asphalt. *Construction and Building Materials*, 344, 128236. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.128236>

## 8. Anexos

### Anexo 1 Oficios para la obtención de la base de datos del registro municipal obligatorio de la Dirección de control municipal




Cuenca, 23 de febrero de 2022

DIRECCIÓN DE CONTROL MUNICIPAL  
 RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS

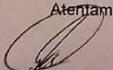
Trámite: Est. 5719-2022  
 Fecha: 2-03-2022 No: 10.54  
 Enviado a: Ana María Posas

ARQUITECTO  
 JUAN CARLOS RODRÍGUEZ RIVERA  
 DIRECTOR GENERAL DE CONTROL MUNICIPAL  
 Ciudad

De mi consideración:

Quien subscribe, JUAN JOSÉ VÉLEZ DELGADO, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se dirige a usted de la manera más atenta y respetuosa para solicitar, un listado de los restaurantes grandes, medianos y pequeños de toda la ciudad que cuentan con el permiso de funcionamiento con el fin de georreferenciar los mismos. Todo esto con el objetivo de realizar mi proceso de titulación

Sin más por el momento y esperando una respuesta favorable a mi petición quedo de usted

Atentamente  
  
 Juan José Vélez Delgado

Teléfono: 097949250  
 Correo Electrónico: [jvelezd@est.ups.edu.ec](mailto:jvelezd@est.ups.edu.ec)  
[jose030510@hotmail.com](mailto:jose030510@hotmail.com)

1 / 1



DIRECCIÓN DE  
CONTROL MUNICIPAL

Oficio Nro. DGCM-1179-2022

Cuenca, 07 de abril de 2022

Señor  
Juan Jose Velez  
**Solicitante**  
**CIUDADANO - SOLICITANTE**  
Presente.

Notifíquese a los correos electrónicos: [jvelezd@est.ups.edu.ec](mailto:jvelezd@est.ups.edu.ec) /  
[jose030510@hotmail.com](mailto:jose030510@hotmail.com)

De mi consideración:

Con la finalidad de dar atención al trámite EXT-5719-2022, mediante el que solicita el listado de restaurantes grandes, medianos y pequeños de la ciudad que cuentan con los permisos de funcionamiento respectivo con la finalidad de georreferenciarlos.

Al respecto me permito informar que el técnico del Departamento de Higiene y medio Ambiente de la Dirección General de Control Municipal asignado para dar atención a su requerimiento es el Arq. Víctor Curillo, quien le podrá entregar la información solicitada de los establecimientos de servicio de alimentación que están en la zona urbana y rural (excepto Centro Histórico) y que cuentan con Registro Municipal Obligatorio.

Con un cordial saludo, me suscribo de Usted.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:  
JUAN CARLOS  
RODRIGUEZ RIVERA

Mgst. Juan Carlos Rodríguez Rivera  
**DIRECTOR GENERAL DE CONTROL MUNICIPAL**

Referencias:  
- EXT-5719-2022

Anexos:  
- TTRAMITE 5719-2022.pdf

Copia:  
Señorita  
Sofia Esperanza Rojas Cuesta  
**Servidora Municipal**

DIRECCIÓN DE  
CONTROL MUNICIPAL

Teléfono: 4134900 Ext: 1617  
Cuenca, Ecuador  
[www.cuenca.gob.ec](http://www.cuenca.gob.ec)

@MunicipioCuenca  
 @MunicipioDeCuenca

**Anexo 2** Oficios para la obtención de la base de datos del registro municipal obligatorio de la Dirección de áreas históricas del Municipio de Cuenca

CUENCA, 09 de marzo de 2022

Señor Arquitecto  
Felipe Manosalvas  
Director de Áreas Históricas del Municipio de Cuenca

Cuenca

De mi consideración:

Quien suscribe, Juan José Vélez Delgado, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se dirige a usted de la manera más atenta y respetuosa para solicitar, un listado de los restaurantes grandes, medianos y pequeños que se encuentran en la zona histórica que cuenten con el permiso de funcionamiento del año 2021 con el fin de georreferenciar los mismos. Todo esto con el objetivo de realizar mi proceso de titulación

Sin más por el momento y esperando una respuesta favorable a mi petición quedo de usted

Atentamente

  
Juan José Vélez Delgado

Teléfono: 0979049250  
CI: 0106784077  
Correo Electrónico: jvelezd@est.ups.edu.ec  
jose030510@hotmail.com

RECEPCION DE DOCUMENTOS  
Trámite N° 67-6457-04  
Fecha 9-3-22 Hora 12:23  
Recibido 



**cuenca**  
ALCALDÍA

DIRECCIÓN GENERAL  
DE ÁREAS HISTÓRICAS  
Y PATRIMONIALES

Oficio Nro. DGAHP-0931-2022

Cuenca, 17 de marzo de 2022

Señor  
Juan Jose Velez  
**Solicitante**  
**CIUDADANO - SOLICITANTE**  
Presente.

De mi consideración:

En atención a la solicitud de listado de restaurantes grandes, medianos y pequeños que se encuentran en la zona histórica, se encuentra anexada la información solicitada esperando que sea de su utilidad.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



DIEGO FELIPE  
MANOSALVAS SACTA

Mgst. Diego Felipe Manosalvas Sacta  
**DIRECTOR GENERAL DE ÁREAS HISTÓRICAS Y PATRIMONIALES (E)**

Referencias:  
- EXT-6457-2022

Anexos:  
- 6457.pdf  
- restaurantes\_rmo\_2021.rar

NUT: IMC-2022-19025

RI



DIRECCIÓN GENERAL  
DE ÁREAS HISTÓRICAS  
Y PATRIMONIALES

Presidencia Municipal y Avenida 10111E  
Pasaje Lado  
Teléfono: 4134900 Ext. 2220  
Cuenca, Ecuador  
[www.cuenca.gob.ec](http://www.cuenca.gob.ec)

@areashistoricascuenca  
 @Áreas Históricas Cuenca

### Anexo 3 Captura de pantalla de la base de datos con la actividad declarada del registro municipal obligatorio

3	Año permiso	Estado	Clave Catastral	SectorPlaneamiento	Actividad Declarada	Fecha Despacho	Nombre Comercial	Uso Suelo
130	2021	FINA	510410019	CP	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	11/01/2021	DELMEX'S DELICIAS MEXICANA	COMPATIBLE
160	2021	FINA	1001018004000	R2 2-1	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	14/01/2021	LAS EMPANADAS DEL PACO	COMPATIBLE
161	2021	AN	0404041115000	14	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN		LAS EMPANADAS DEL PACO	COMPATIBLE
118	2021	AN	0701007124000	N-3	SERVICIOS DE ALIMENTACION Y BEBIDAS		JODACRI	COMPATIBLE
124	2021	FINA	1001029008000	23	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	05/02/2021	VIDAVENTURA GRILL	COMPATIBLE
135	2021	EMIT	0803049001000	R3 1-1	SERVICIOS DE ALIMENTACION Y BEBIDAS	21/01/2021	SUGAR	COMPATIBLE
139	2021	NEFI	0701007123000	N-3	SERVICIOS DE ALIMENTACION Y BEBIDAS	04/02/2021	JODACRI	COMPATIBLE
191	2021	FINA	0601105023000	N-4	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	27/02/2021	POLLO SABROSO AL HORNO	COMPATIBLE
101	2021	FINA	1001044011000	R3 2-2	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	04/02/2021	RESTAURANTE DIEZ DE AGOSTO	COMPATIBLE
107	2021	FINA	680190013	CP	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	25/02/2021	MI TIERRA CAFE BAR	COMPATIBLE
108	2021	FINA	690250018	S-26	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	26/01/2021	RESTAURANTE TWINS	COMPATIBLE
111	2021	AN	0404047008000	E-3	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	26/01/2021	RESTAURANTE LA LOJANITA	COMPATIBLE
149	2021	FINA	1701016002000	S S.02.	RESTAURANTES	02/03/2021	EL CUADRIL	COMPATIBLE
155	2021	FINA	1701019002000	03.T.C.S	RESTAURANTES	28/01/2021	PITYS COMIDA RAPIDA	COMPATIBLE
159	2021	FINA	0601129053000	RAC-SCEC2	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	29/01/2021	COMEDOR VIRGEN DEL CISNE	COMPATIBLE
192	2021	FINA	0404038010000	E-7	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	03/03/2021	PICANTERIA MI TIERRA	COMPATIBLE
195	2021	AN	1001036003000	31	RESTAURANTES		PITYS COMIDA RAPIDA	COMPATIBLE
102	2021	NEFI	0301035004000	E-2	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	22/02/2021	SAMUELSS ASADERO	COMPATIBLE
110	2021	NEFI	4,04041E+11	14	RESTAURANTES	02/02/2021	COPELIA	COMPATIBLE
131	2021	FINA	0302003073000	E-3	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	05/02/2021	LA CITA	COMPATIBLE
143	2021	FINA	570780163	CP	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	07/04/2021	MARILYN'S RESTAURANT	COMPATIBLE
172	2021	FINA	1502031028000	O-15	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	03/02/2021	PARRILLADAS ALEXANDRITA	COMPATIBLE
173	2021	AN	1003021017000	2-2	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	02/02/2021	LA CASA DEL ENCEBOLLADO	COMPATIBLE
108	2021	FINA	0905014045000	O-21A	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	03/02/2021	CHAMPPS BURGER	COMPATIBLE
122	2021	FINA	1409164023000	N-21A	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	04/02/2021	POLLOS AL CARBÓN DON BOLSO	COMPATIBLE
137	2021	FINA	620102001012000	RIC SP-02	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	25/02/2021	RICO BROSTER LA FONDITA	COMPATIBLE
138	2021	FINA	1001010013000	9	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	03/03/2021	DOMINOS PIZZA	COMPATIBLE
165	2021	FINA	0904044048000	S-7	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	10/02/2021	CEVICHE DE LA Y	COMPATIBLE
169	2021	FINA	6,00000000000	E-13	SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	03/03/2021	BOGANA	COMPATIBLE

#### Anexo 4 Listado de restaurantes categorizado

Restaurantes Grandes				
x	y	Nombre Comercial	tamaño	
725993,55	9682446,22	LA JUNGLA RESTAURANT	grande	RG001
726771,59	9683403,44	EL COBAYO	grande	RG002
732912,61	9684526,59	ROYAL RESTAURANT	grande	RG003
733233,59	9684644,83	RESTAURANTE RANCHO BRAVO	grande	RG004
723219,25	9680913,2	PAPI BROSTER	grande	RG005
722901,04	9680837,52	EL PAPI POLLO MIRAFLORES	grande	RG006
732981,18	9684546,3	PIO RESTAURANTES T.T.	grande	RG007
723586,21	9678942,47	RESTAURANTE EL CARBONAZO	grande	RG008
723460,69	9678890,76	MAX CHIKEN (10 DE AGOSTO)	grande	RG009
722009,11	9678575,09	SPORTS PLANET	grande	RG010
721877,8	9678582,59	CHILL & GRILL FUSION FOOD	grande	RG011
721950,5	9678306,99	MARISQUERIA RESACA	grande	RG012
721850,05	9678256,29	SERAFINA	grande	RG013
719979,78	9679199,78	EL CHARRUA AL PASO	grande	RG014
721601,61	9678413,15	HOPPERS	grande	RG015
722282,77	9677885,83	ORIGEN BISTRO	grande	RG016
721134,85	9678463,51	NINA RESTO BAR	grande	RG017
721228,16	9678544,08	EL CHE PIBE	grande	RG018
721127,77	9678596,63	LOS KANIBALES Remigio	grande	RG019
722945,71	9680170,97	EL CARBONCITO	grande	RG20
722122,4	9679886,36	las campanas	grande	RG21
722130,54	9679867,42	Bucanero	grande	RG022
722105,6	9679882,04	BALCÓN QUITEÑO	grande	RG023
714386,85	9681775,21	LAS CABAÑAS	grande	RG024
715160,31	9681415,2	FREYA SABOR Y DIVERSION	grande	RG025
717114,88	9676918,29	BARRO'S RESTAURANT	grande	RG026
717897,65	9679749,99	RESTAURANTE MARIA ASUNCION	grande	RG027
718240,8	9679363,79	RESTAURANTE FLORIDA PRADO	grande	RG028

718424,92	9678134,96	EL FOGONAZO, LUJORDY	grande	RG029
718723,81	9678348,16	RESTAURANTE LA YUNTA	grande	RG030
719233,05	9677636,96	EL GRAN ASADOR	grande	RG031
719868,95	9679690,24	POLLOS DELICIA CUENCANA	grande	RG032
719922,48	9679108,35	EL FOGÓN DE BENJA	grande	RG033
719968,27	9678098,15	PARRILLAS Y BARBOSAS	grande	RG034
720621,53	9677135,82	KFC MALL DEL RIO	grande	RG035
720759,63	9679035,46	CAVIA	grande	RG036
720786,62	9678836,89	RANCHOS CAFE	grande	RG037
720884,65	9678827,46	LOS NOCHEROS	grande	RG038
721046,26	9677093,35	PICANteria REINA DEL CISNE	grande	RG039
721054,89	9676986,26	FOGO GRILL & BAR	grande	RG040
721166,46	9676789,99	HUGO'S GRILL MASTER	grande	RG041
721172,76	9678632,13	CHINA BISTRO	grande	RG042
721238	9676710	RESTAURANTE LA COLINA DE TURI	grande	RG043

RESTAURANTES MEDIANOS				
X	Y	NOMBRE	TAMAÑO	CODIGO
724407,27	9682339,64	RESTAURANT FAST FOOD LA PATRONA	mediano	RM000
724473,6	9680510,39	PICANteria Y MARISQUERIA EL RODEO	mediano	RM001
726115,67	9683242,07	PICANteria VIRGEN DE GUADALUPE	mediano	RM002
730207,76	9683004,81	PECOS BILL	mediano	RM003
732052,22	9684144,4	LAS COSTILLAS DE PALOSO	mediano	RM004
723224,33	9680766,57	CEVICHE DEL MORSA	mediano	RM005
723355,61	9680639,86	PICANterÍA DON NICO	mediano	RM006
723459,43	9680643,13	SODA BAR EL MONITO	mediano	RM008

722354,83	9680853,55	SEQUITOS DEL POLLO VOLADOR	mediano	RM009
721743	9679123	CHIPLOTE	mediano	RM010
722862,59	9679818,66	RESTAURANTE CHIFA CHINA	mediano	RM012
718973,69	9680606,51	ERIKA'S PICANTERIA	mediano	RM013
723963,06	9679159,54	EL RINCON DEL BROSTER	mediano	RM014
723727,25	9678958,83	LA COUSINE DE LLA NONNA	mediano	RM015
723266,18	9679120,66	TABLOOM GRILL	mediano	RM016
721317,54	9678504,32	CHIFA ASIA LIU	mediano	RM017
721448,18	9677924,02	COMEDOR DOÑA ROSITA	mediano	RM018
722159,95	9678006,39	ROCA CARIBEÑA	mediano	RM019
722151,25	9678046,17	CRABBY	mediano	RM020
722638,56	9678031,78	MELINNA & CANNELO	mediano	RM021
721113,05	9678598,11	COME EN CASA	mediano	RM022
722069,19	9679458,19	las delicias del mar restaurante	mediano	RM024
722266,12	9679486,62	cositas restaurant	mediano	RM023
721695	9679204	CAFÉ MORLACO	mediano	RM024
722547	9679516	EL BUEN SABOR RESTAURANTE	mediano	RM025
721511	9680143	MOKAT RESTAURANTE	mediano	RM026
723479,99	9678748,2	CEVICHERÍA 12 DE ABRIL	mediano	RM027
721687,17	9677975,22	RESTAURANTE DIEZ DE AGOSTO	mediano	RM028
724203,1	9679421,46	RESTAURANTE LA LOJANITA	mediano	RM029
732135,1	9684332,7	PITYS COMIDA RAPIDA CHALLUABAMBA	mediano	RM030

723118,12	9678999,22	SAMUELSS ASADERO	mediano	RM031
725896,07	9683293,65	RICO BROSTER LA FONDITA	mediano	RM032
719537,74	9680158,23	LA TAPITA ESPAÑOLA	mediano	RM033
715390,8	9681516	EL TEJAR BBQ	mediano	RM034
718284,15	9677522,5	SANDBUR CHEFS	mediano	RM035
723143,02	9678579,83	SAUJA BISTRO RESTAURANT	mediano	RM036
719601,75	9677521,01	EL BROSTER DE GOKU (DON BOSCO)	mediano	RM037
721464,46	9678547,69	LA GRAN MURALLA	mediano	RM038
724399,47	9679499,12	ASADOS D´ JOAQUIN	mediano	RM039
719523,46	9677557,61	MAX CHICKEN	mediano	RM040
724869,63	9679510,51	KFC MONAY	mediano	RM041
723629,5	9680630,6	KFC MIRAFLORES	mediano	RM042
719535,69	9679655,38	EL SABOR LATINO	mediano	RM044
721837,7	9678133,3	BRAZILIAN FUSION RESTAURANTE	mediano	RM045

RESTAURANTES PEQUEÑOS				
X	Y	NOMBRE	TAMAÑO	
724494,34	9682247,37	KRUJI BROSTER	pequeño	RP000
724930,01	9680212,55	LAS PAPAS DE TOTORA	pequeño	RP001
724868,98	9680328,23	BIG FRIES	pequeño	RP002
722449,95	9679634,39	FUENTE DE SODA "LOS PERNILES DE TOTORACOCHA"	pequeño	RP003
724507,24	9679825,18	WALTERS RESTAURANT	pequeño	RP004
726374,24	9681335,25	COMEDOR LA KENNEDY	pequeño	RP005

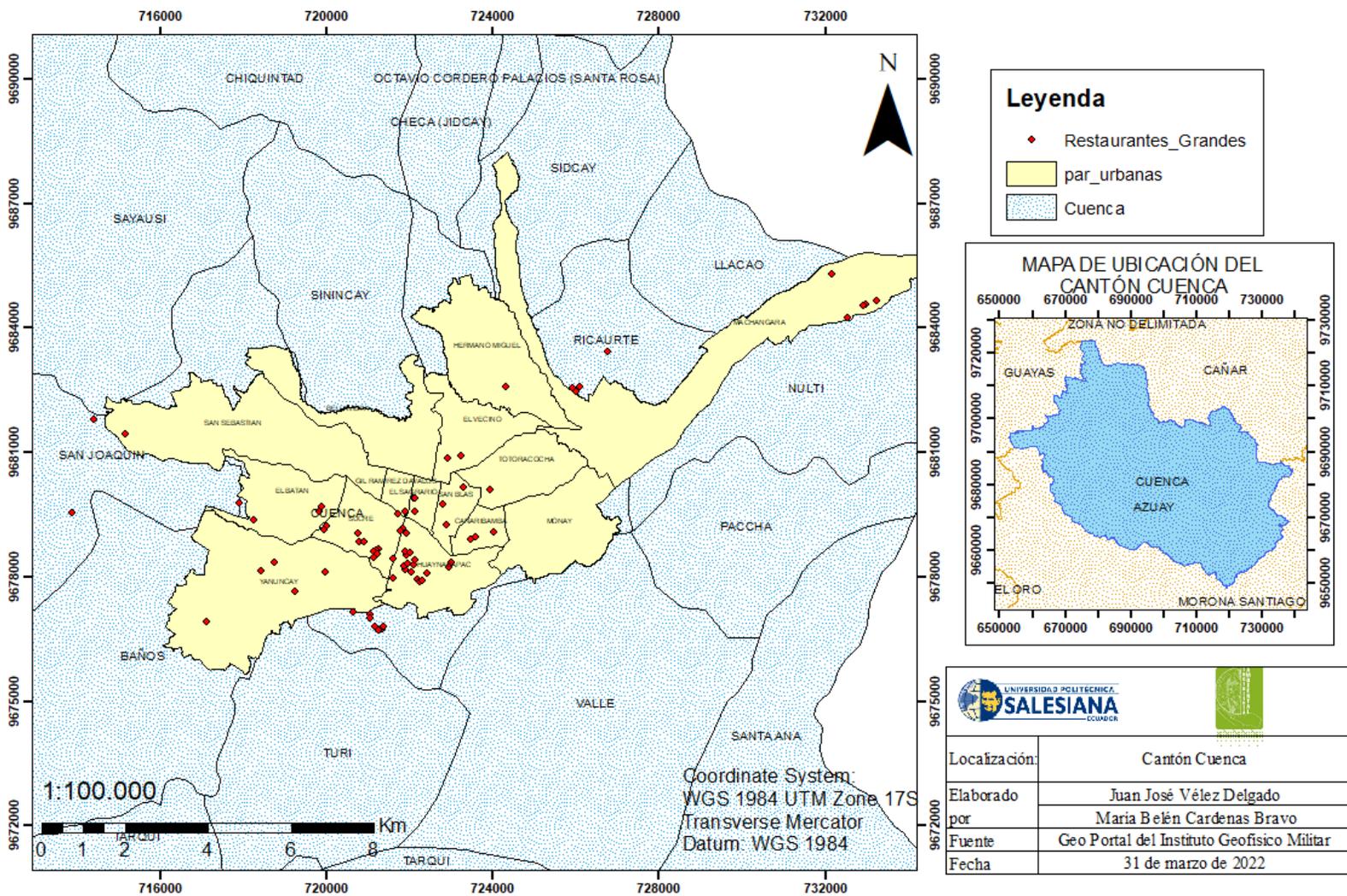
724227,16	9681428,29	LA SAZON DE LA ABUELITA	pequeño	RP006
723762,23	9680898,71	GREAT BURGERS Y WINGS	pequeño	RP007
722903,53	9681227,24	TENSHI WING	pequeño	RP008
724042,46	9679157,83	CRAZY80SFOOD	pequeño	RP009
723593,64	9678949,69	SAKURA	pequeño	RP010
721763,72	9678577,6	DOÑA BURGUER	pequeño	RP011
724598,37	9678968,71	SAZON DE MAMA LUZ	pequeño	RP011
723042,91	9678505,77	REAL TRAYS	pequeño	RP012
721869,35	9678346,56	RANCHO CHILENO EXPRESS	pequeño	RP013
721947,51	9677668,41	SABOR Y SAZON	pequeño	RP014
722163,09	9677464,67	D FRANZ	pequeño	RP015
722399,95	9677755,74	MONSTER HOT DOG	pequeño	RP016
721748	9679131	AMORE RESTAURANT	pequeño	RP017
721416	9680302	EL TOCTE RESTAURANT	pequeño	RP018
722132	9679070	PICANTERIA RUCIO MORO	pequeño	RP018
721195	9680266	CHICO ANIMAL RESTAURANTE	pequeño	RP019
721890,47	9677558,78	LA CASA DEL ENCEBOLLADO	pequeño	RP020
717379,59	9676748,3	CHAMPPS BURGER	pequeño	RP021
720877,07	9678757,09	CHUZOS DE LA REMIGIO	pequeño	RP022
723337,28	9679745,71	PICANTERIA SAN ANTONIO	pequeño	RP023
722222,54	9678269,25	PUB - CULTURA	pequeño	RP024
723676,33	9680385,16	LOMOS CUENCANOS	pequeño	RP025
722847,71	9679578,94	ENCEBOLLADOS MAR AZUL	pequeño	RP026
720936,58	9678764	GORILLA SUPER SNACKS	pequeño	RP027
722949,39	9678094,63	LA BRASA ROJA	pequeño	RP028
718594,05	9678466,45	PICANTERIA DOÑA SUCA	pequeño	RP029
720943,17	9678757,48	DUBAI EXPRESS FAST FOOD	pequeño	RP030
724303,96	9680378,48	PARRILLADAS EL QUEVEDEÑO	pequeño	RP031
722223,58	9678381,75	ELAQUE	pequeño	RP032

720508,71	9677120,93	MENESTRAS DEL NEGRO mall del rio	pequeño	RP033
720550,28	9677093,59	TROPIBURGER	pequeño	RP034
719863,64	9679553,8	MENESTRAS DEL NEGRO CC batan	pequeño	RP035
720208,74	9684788,1	KAVA'S	pequeño	RP036
724001,94	9679127,8	CEVICHERÍA D' LUCHO	pequeño	RP037
722136,75	9679157,4	PARRIDOGS	pequeño	RP038
717532,55	9676196,06	EL TORETE ASADO	pequeño	RP039
720040,82	9679636,1	RICO RINCON	pequeño	RP040
717168,2	9676876,12	ALASAS	pequeño	RP041
723036,82	9680048,75	PICANteria JESSICA	pequeño	RP042
724918	9679626	CARIBEANWINGS	pequeño	RP043
718825,64	9677711,77	PICANteria EL TRIUNFO	pequeño	RP044
719873,89	9679707,54	BOX FRESHS	pequeño	RP045
722458,53	9677914,59	CASMO	pequeño	RP046
724996,47	9679431,61	PICANterÍA LA OLLA MANABITA	pequeño	RP047
719660,34	9679584,15	LA CASA DE LA SALCHIPAPA	pequeño	RP048
723292,09	9678814,5	EL VEREDAZO DEL SABOR	pequeño	RP049
726722,55	9681240,1	PICANteria DON GATO	pequeño	RP050
723172,14	9677772,37	CREAM COFFEE	pequeño	RP051
714936,89	9681511,13	PICANteria EL CHANCHITO	pequeño	RP052
718482,41	9678244,81	COME DELI'S	pequeño	RP053
720569,29	9677103,79	HERRADURA MALL	pequeño	RP054
718705,94	9677829,54	SECOS EL MANABA	pequeño	RP055
718929,57	9680047,08	PITYS EXPRESS PUERTAS DEL SOL	pequeño	RP056
720558,04	9677100,47	CASTILLO DEL RIO	pequeño	RP057
720390,01	9677233,41	MARISQUERIA EL CHEFF INTERNACIONAL	pequeño	RP058
720126,29	9679586,8	PARROL RESTO-BAR	pequeño	RP059
714922,37	9676883,24	CEVICHEs DEL MEMO # 1	pequeño	RP060
720035,19	9677610,07	CEVICHEs DEL MEMO # 2	pequeño	RP061
720393,8	9677289,62	CEVICHEs DEL WAZA	pequeño	RP062

720893	9678804	SJ'S 50'S DINER	pequeño	RP063
717917	9680685	LAS DELICIAS DEL MAR Y TIERRA	pequeño	RP064
718776	9677834	PICANTERIA LAS DELICIAS	pequeño	RP065
726036,79	9675266,36	PICANTERIA CHABELITA	pequeño	RP066
723154,77	9679142,51	EL SALCERO	pequeño	RP067
719600,15	9680287,93	LUNCH BUFFET BAR	pequeño	RP068
723007,59	9678378,2	BRASAS & CARBON	pequeño	RP069
723377,9	9680338,77	EL NUEVO SABOR	pequeño	RP070
720510	9680494,73	ORO MAR	pequeño	RP071
721058,07	9678672	KALASHNIKOV RUSSIAN FOOD AND DRINKS CUENCA	pequeño	RP072

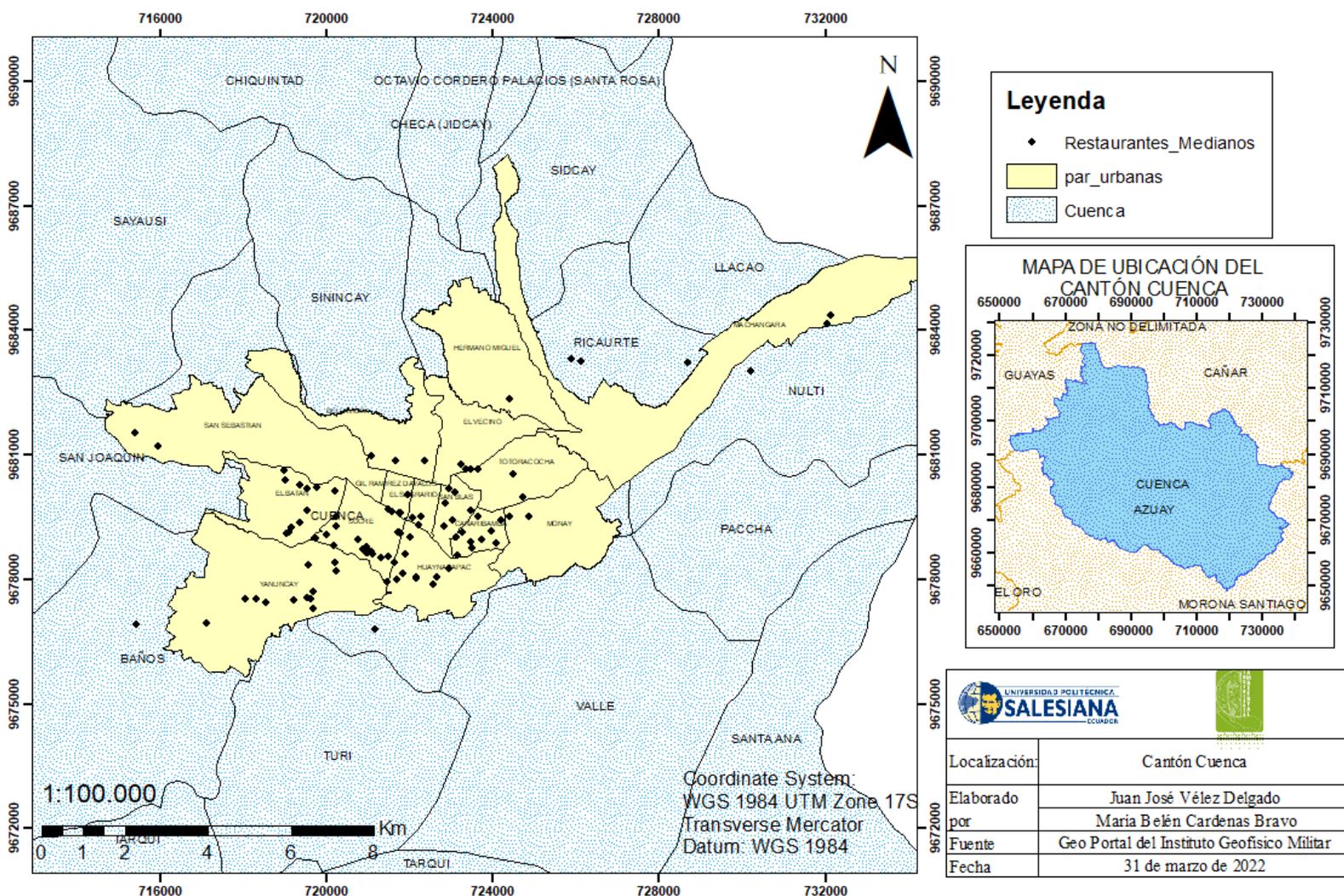
Anexo 5 Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Grandes

MAPA DE UBICACIÓN DE LOS RESTAURANTES GRANDES DEL CANTÓN CUENCA - ECUADOR



Anexo 6 Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Medianos

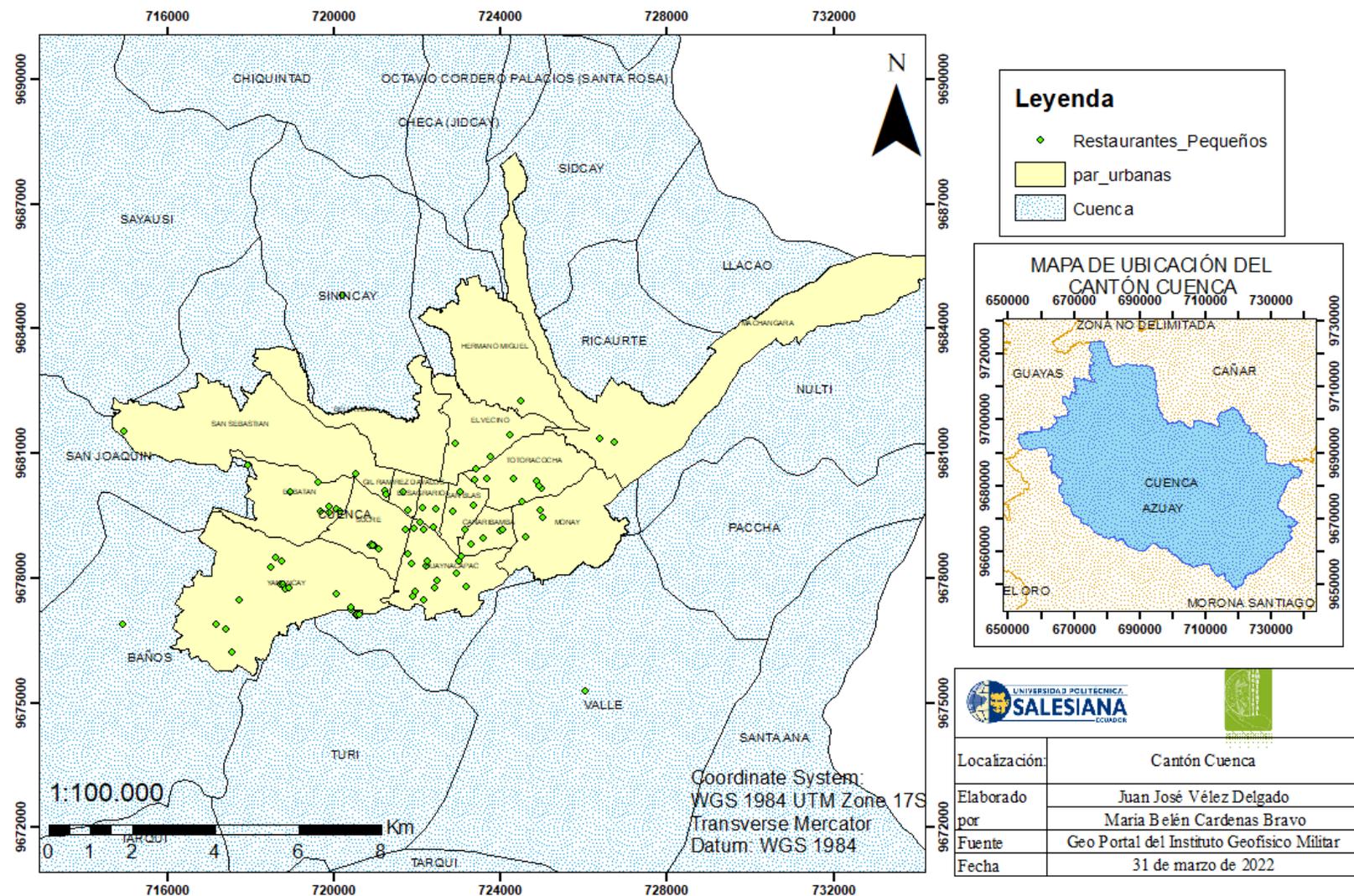
MAPA DE UBICACIÓN DE LOS RESTAURANTES MEDIANOS DEL CANTÓN CUENCA - ECUADOR



Localización:	Cantón Cuenca
Elaborado por:	Juan José Vélez Delgado Maria Belén Cardenas Bravo
Fuente:	Geo Portal del Instituto Geofísico Militar
Fecha:	31 de marzo de 2022

Anexo 7 Mapas de ubicación individuales de los restaurantes Pequeños

MAPA DE UBICACIÓN DE LOS RESTAURANTES PEQUEÑOS DEL CANTÓN CUENCA - ECUADOR



**Anexo 8** Encuesta Aplicada a los restaurantes del cantón Cuenca-Ecuador

# ACEITE VEGETAL USADO EN LOS RESTAURANTES DEL CANTÓN CUENCA- ECUADOR

Esta encuesta tiene fines académicos acerca del conocimiento del uso y disposición final del aceite vegetal usado en los restaurantes del cantón Cuenca. Solicitando de la manera más comedida brindar la información solicitada.

Nota: la información recabada será utilizada con fines académicos

---

**\*Obligatorio**

1. Nombre del establecimiento \*

\_\_\_\_\_

2. 1. ¿Reutiliza el aceite de cocina para freír los alimentos más de una vez? \*

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

3. Si en la pregunta anterior, selecciono la opción SI, ¿Cuántas veces lo hace?

*Marca solo un óvalo.*

1-3 veces al día

1-3 veces a la semana

1-5 veces al mes

Otros: \_\_\_\_\_

4. 2. ¿Con qué frecuencia cambia el aceite vegetal en el proceso de fritura de los alimentos? \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1-3 veces al día
- 1-3 veces a la semana
- 1-5 veces al mes
- Otros: \_\_\_\_\_

5. 3. ¿Cada cuánto compra aceite vegetal en su establecimiento? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente
- Mensualmente

6. 4. ¿Cuánto aceite vegetal compra en su establecimiento? \*

*Marca solo un óvalo.*

- 5-25 litros
- 26-50 litros
- 51-80 litros
- Otros: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuánto aceite vegetal usado genera en su establecimiento, después del proceso de fritura? \*

*Marca solo un óvalo.*

- 5-25 litros  
 26-50 litros  
 51-80 litros  
 Otros: \_\_\_\_\_

6. ¿Cuál de las siguientes marcas de aceite vegetal ecuatoriano utiliza usted en su establecimiento, para el proceso de fritura? \*

*Marca solo un óvalo.*

- La favorita  
 Girasol  
 Criollo  
 Sabrosón  
 El cocinero  
 Palma de oro  
 Alesol  
 Otros: \_\_\_\_\_

7. ¿De qué manera usted desecha el aceite vegetal usado en su establecimiento? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Alcantarilla  
 Almacena  
 Vende  
 Dona o regala  
 Otros: \_\_\_\_\_

10. 8. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar el aceite vegetal usado antes de ser desechado?

*Marca solo un óvalo.*

- Botella de vidrio
- Botella de plástico
- Caneca
- Bidones
- Otros: \_\_\_\_\_

11. Estaría dispuesto a entregarnos una muestra de su aceite vegetal usado con fines académicos \*

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

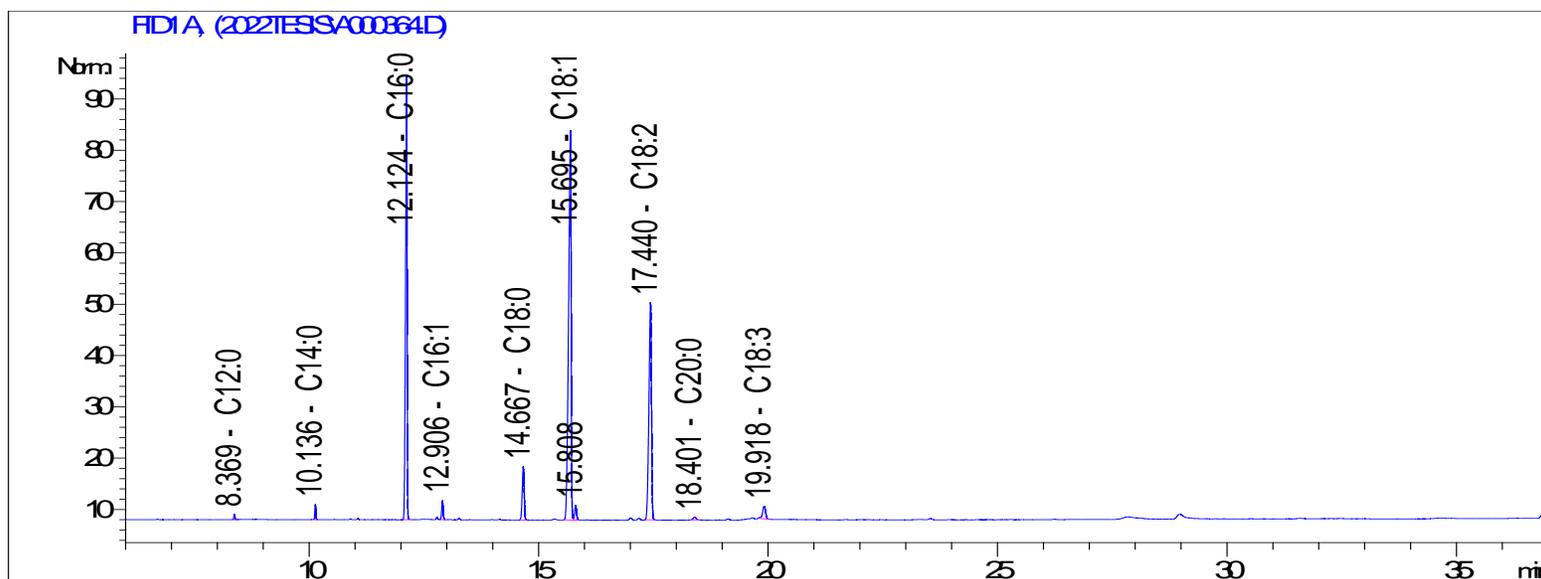
## Anexo 9 Registro fotográfico de la realización de las encuestas



**Anexo 10** Registro fotográfico de las muestras recolectadas

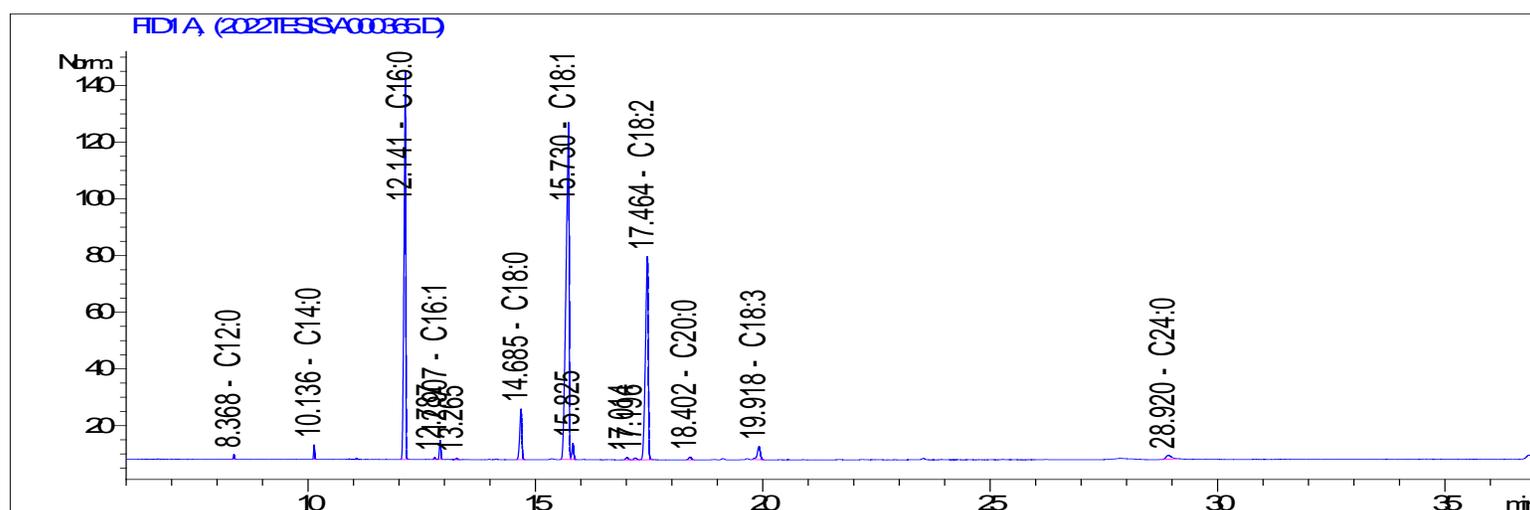
**Anexo 11** Resultados de análisis y cromatograma de ácidos grasos en el aceite.

Pico	#	Tiempo de retención	Área	Porcentaje	FAME
	1	10.136	4.70218	0.606	C 14:0
	2	12.124	203.03265	26.350	C 16:0
	3	15.695	295.02527	39.384	C 18:0
	4	15.808	8.2396	1.061	C 18:1
	5	17.44	166.81076	25.409	C 18:2
	6	19.918	13.22345	4.160	C 18:3
	7	28.965	9.03905	3.030	C 24:0



**Anexo 12** Resultados de análisis y cromatograma de ácidos grasos en el biodiesel.

Pico	#	Tiempo de retención	Área	Porcentaje	FAME
	1	10.136	8.18853	0.757	C 14:0
	2	12.141	374.25186	28.215	C 16:0
	3	14.685	58.56001	6.482	C 18:0
	4	15.73	562.11792	39.878	C 18:1
	5	17.464	312.69647	21.959	C 18:2
	6	18.402	4.06229	0.285	C 20:0
	7	19.918	22.4723	1.578	C 18:3
	8	28.92	12.03711	0.845	C 24:0



## Anexo 13 Oficio al Gerente de Gestión Ambiental de ETAPA EP



ETAPA EP  
 Recepción Documentos  
 GEFENIA GENERAL  
 22 JUL 2022  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: 11.16  
 Nul: \_\_\_\_\_  
 Extensión: \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_



CUENCA, 21 de Julio de 2022

INGENIERO  
 PAUL TORRES  
 SUBGERENTE DE GESTION AMBIENTAL DE ETAPA-EP  
 Ciudad

De mi consideración:

Quienes subscriben, María Belén Cárdenas Bravo y Juan José Vélez Delgado, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se dirigen a usted de la manera más atenta y respetuosa para solicitar, un espacio dentro de su agenda, el martes 26 de julio del presente año para socializar los resultados de nuestro trabajo de titulación, en el cual se realizó biodiésel a partir de aceite vegetal usado generado en los restaurantes de la ciudad de Cuenca.

Sin más por el momento y esperando respuesta favorable a nuestra petición, quedamos de usted.

Atentamente

  
 Firma del Solicitante

Teléfono: 0963953372 0963953372

Correo Electrónico: jvelezd@est.ups.edu.ec

mcardenasb1@est.ups.edu.ec

**Anexo 14** Socialización de los resultados del trabajo de titulación con ETAPA EP