

Evaluación de estrategias de gestión de aceites de cocina usados. Caso de estudio Puyo, Amazonia Ecuatoriana.



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 19/ Edición N.38
Junio-Diciembre de 2022
Reia3813 pp. 1-21

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

MÓNICA ELIZABETH PRIETO GUERRERO¹
DINA ALEJANDRA ROBALINO ZAMBRANO¹
LILIANA BÁRBARA SARDUY-PEREIRA¹
JONATHAN FABRICIO VILLAVICENCIO MONTOYA¹
✉ KAREL DIÉGUEZ-SANTANA¹

1. Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO / TO REFERENCE THIS ARTICLE /

Prieto Guerrero, M. E.; Robalino Zambrano, D. A.; Sarduy-Pereira, L. B.; Villavicencio Montoya, J. F.; Diéguez-Santana, K. (2022). Evaluación de estrategias de gestión de aceites de cocina usados. Caso de estudio Puyo, Amazonia Ecuatoriana. Revista EIA, 19(38), Reia3813. pp. 1-21 <https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1545>

✉ *Autor de correspondencia:*

Diéguez-Santana, K. (Karel):
Master en Ingeniería en Saneamiento Ambiental. Candidato a PhD en Química Sintética e Industrial.
Correo electrónico:
karel.dieguez.santana@gmail.com

Resumen

La contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes y comunes que se presentan en todo el mundo debido a satisfacer nuestros hábitos alimenticios, generando desechos para el ambiente. El presente trabajo analizó la viabilidad técnica y económica de tres estrategias de aprovechamiento del aceite de cocina usado (ACU) para diferentes establecimientos gastronómicos de la ciudad de Puyo, Provincia de Pastaza, Ecuador. La situación actual del manejo se evaluó en 47 establecimientos, y se analizaron las características del aceite generado. Las estrategias analizadas fueron acopio y venta a gestores autorizados, fabricación de jabones y velas como las posibles alternativas para el aprovechamiento del ACU. Según los resultados de la evaluación económica la elaboración de las velas es la opción más rentable económicamente con un valor actual de \$447.530,01, una tasa de retorno de 106,3% y un periodo de recuperación 0,7 años. Finalmente, se recomienda que se extienda este análisis a otros barrios y sectores de la ciudad de Puyo, a fin de conocer la generación de la ciudad, e integrar a las demás unidades económicas en un proyecto de mayor alcance.

Palabras clave: Aceite residual, análisis económico, aprovechamiento de recursos, reciclaje de residuos

Recibido: 12-07-2021
Aceptado: 18-01-2022
Disponible online: 01-06-2022

Evaluation of strategies management of used cooking oils. Study case Puyo, Ecuadorian Amazon.

Abstract

Environmental pollution is one of the most important and common problems that occur around the world due to satisfying our eating habits, generating waste for the environment. The present work analyzed the technical and economic viability of three strategies for using used cooking oil (UCO) for different economic units in the Obrero-Puyo neighborhood, located in the Province of Pastaza. The current management situation was evaluated in 47 establishments, and the oil generated characteristics were analyzed. The strategies analyzed were collection and sale to authorized managers, manufacture of soaps and candles as possible alternatives for UCO use. According to the results of the economic evaluation, candle making is the most economically profitable option with a current value of \$447,530.01, a return rate of 106.3% and a recovery period of 0.7 years. Finally, it is recommended that this analysis be extended to other neighborhoods and Puyo city sectors, in order to know the generation of the city, and integrate the other economic units in a project of greater scope.

Key Words: Waste oil, economic analysis, resource utilization, waste recycling

1. Introducción

El índice de contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes y comunes que se presentan en todo el mundo. Las actividades industriales se han incrementado en innumerables procesos de fabricación, cocción, transporte y gestión de residuos han surgido para satisfacer nuestros hábitos alimenticios, trayendo consigo la generación de desechos peligrosos para el ambiente (González et al., 2018, Diéguez-Santana et al., 2021a).

Los residuos de aceite de cocina provenientes de la industria alimentaria, los restaurantes / establecimientos de servicio de alimentos y los hogares se han convertido en un importante problema ambiental y ecológico, especialmente porque se descarta indiscriminadamente después de su uso, en vertederos municipales o se vierte en desagües sin ningún tratamiento (Dias et al., 2014, Patil et al., 2012, Zhang et al., 2012).

El derrame de 1 L de aceite usado puede contaminar potencialmente un millón de litros de agua dulce (Singh-Ackbarali et al., 2017), aumenta la carga orgánica en los cuerpos de agua y forma una capa delgada en la superficie, que reduce la concentración de oxígeno disuelto requerida para especies acuáticas (Guerrero-Romero and Sierra, 2011). Se conoce que el aceite de cocina residual dispuesto incorrectamente en los fregaderos de la cocina puede solidificarse y, por lo tanto, bloquear las tuberías de alcantarillado. Adicionalmente, la degradación adicional de ACU puede causar corrosión de elementos metálicos y daños en estructuras de hormigón (Refaat, 2010). Por lo tanto, la eliminación de ACU de las corrientes de alcantarillado en la planta de tratamiento de aguas residuales le agrega un costo adicional (Guerrero-Romero and Sierra, 2011).

En general, se separa mediante el uso de trampas de grasa de las líneas de alcantarillado o cerca de los procesos de tratamiento de efluentes, junto con otra materia orgánica y se digiere de forma anaeróbica para obtener biogás (específicamente me-

tano) (Luostarinen et al., 2009). Aunque, los residuos de aceite o grasa para cocinar se pueden recolectar antes de que se descarguen en el alcantarillado, lo que es más eficiente para que los gobiernos traten los efluentes (Panadare and Rathod, 2015).

El reciclaje del aceite usado es considerado como una alternativa viable para mitigar los problemas ambientales y ecológicos asociados con su eliminación (Singh-Ackbarali et al., 2017). Estas prácticas son funcionales en los países desarrollados que administran adecuadamente sus aceites usados a través de los servicios de recolección y de reciclaje. Mientras, los países en vías de desarrollo están bien rezagados en este aspecto, ya que sea por la poca conciencia sobre el reciclaje de materiales de desecho, o la carencia de normas, procedimientos, e infraestructuras efectivas para su recuperación (Batayneh et al., 2008, Kahn et al., 2009).

Muchos investigadores han estudiado el uso potencial del ACU reciclado mediante la integración en cadenas de la alimentación animal (Panadare and Rathod, 2015), la producción de jabones o la conversión a biodiesel (Buczek, 2014, Panadare and Rathod, 2015); sin embargo, existen estudios limitados sobre evaluación de alternativas que puedan implementarse en los países en vías de desarrollo. En ese sentido, los aceites de cocina usados puede ser entregados directamente a gestores, para que el destino final pueda ser el traslado a otros países para su empleo en la producción de biodiesel principalmente (Echavarría, 2012). Además, la elaboración de jabones y velas puede tener la finalidad de darle una mejor disposición final del ACU, dependiendo principalmente de las características del aceite y de remoción de los contaminantes que dan una coloración al aceite.

El consumo de aceite vegetal es imprescindible en los diferentes sectores de la ciudad, lo que genera un elevado volumen de contaminantes. No existe un manejo adecuado para el aceite de cocina vegetal usado, y lo más primordial, la ausencia de una cultura responsable para un manejo de los residuos de la ciudad de Puyo (Diéguez-Santana et al., 2021b). Por su parte, el Barrio Obrero es uno de los unos de los sectores de la ciudad de mayor actividad económica, principalmente por la elevada presencia turística, que visita la ruta del Paseo Turístico del Río Puyo, los restaurantes, bares, cafeterías, discotecas, establecimientos de comida rápida y hosterías.

El objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad técnica y económica de tres alternativas de aprovechamiento del aceite vegetal usado en las diferentes unidades económicas del barrio Obrero-Puyo. Este documento, además, diagnostica la situación actual del manejo del aceite vegetal usado los establecimientos gastronómicos de estudio, y propone estrategias de aprovechamiento y disposición final del aceite vegetal residual.

2. Materiales y métodos

2.1 Localización

El estudio se realizó en el barrio Obrero de la ciudad de Puyo, ubicado en la Provincia de Pastaza. Su altitud de 580 a 1.120 msnm, precipitación anual que varía de 1.000 a 4.000mm y una temperatura promedio de 18,6°C. Con un clima subtropical lluvioso de bosque siempre verde de acuerdo al sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2012). La Figura 1 muestra la ubicación en Ecuador y en la provincia Pastaza.



2.2 Selección de la muestra. Situación actual del manejo de los residuos del aceite de cocina vegetal

Para el registro EEG se utilizó el dispositivo cerebro-interfaz Emotiv Epoc® Research. Se identificó el área de estudio (Barrio Obrero de la ciudad de Puyo) y se definieron las unidades económicas productoras de aceite vegetal residual mediante la ayuda del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pastaza (GADMCP). En el periodo del estudio (mes de mayo de 2019), se encontraban en funcionamiento 53 unidades gastronómicas.

Para la obtención de la muestra se empleó la Ecuación 1.

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde, N = tamaño de la población (En este caso 53 unidades)

z = nivel de confianza, (con 95% de confianza, z=1,96)

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada (0,5)

q = probabilidad de fracaso (0,5)

E = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).
(5% de error esperado)

A partir de los datos mostrados se calculó el tamaño de la muestra para el estudio. Siendo de 47 unidades o establecimientos. De manera aleatoria se ubicaron en el mapa de la figura y antes de considerarlo se socializó con los propietarios y encargados para conocer la disponibilidad de participar en el estudio. Posteriormente, se realizaron entrevistas y una encuesta para conocer acerca de la problemática. La infor-

mación solicitada en la encuesta se dividió en dos secciones. La primera para obtener información sobre la gestión actual del establecimiento, y la segunda para conocer la disposición hacia la mejora de la gestión del aceite o la percepción de la sociedad ante el mismo.

A partir de los resultados de la encuesta, se obtuvo información sobre el conocimiento de los responsables de establecimientos y la disposición a colaborar en el diseño y evaluación de las alternativas en análisis. Durante 4 semanas se cuantificaron los ingresos de aceite en los establecimientos y la generación de aceite de cocina usado de las unidades en estudio.

2.3 Propuestas de estrategias para el manejo adecuado del aceite

A partir de las cantidades que se generan en el sector, basado en la literatura sobre el manejo del aceite usado a nivel nacional, se formularon tres alternativas, que aparecen descritas a continuación:

Alternativa 1- Venta a gestores: Esta estrategia consiste en acopiar el aceite usado en los Puntos Limpios de Recogida y Reciclaje de la Ciudad. Es fundamental que la gestión de aceites comestibles y aceites minerales esté perfectamente diferenciada. El principal uso de los gestores autorizados es la comercialización para producir biocombustible.

Alternativa 2- Elaboración de jabón: La segunda propuesta se basó en la obtención de jabón. Los residuos de aceite de cocina pueden ser empleados para la elaboración de jabón como plantea la revisión de (Panadare and Rathod, 2015), y el producto puede usarse como lavado de platos, lavado de ropa, limpieza de casas, limpieza de animales o vehículos o uso de baños, etc (García et al., 2013).

Para la elaboración del jabón a base de Aceite Vegetal Usado se siguieron los criterios descritos por Albarracín et al. (2010). Para la elaboración de un kilogramo de jabón fueron empleados 360 g de sosa cáustica al 95% de pureza, 650 g de ACU, 350 g de agua, 3 mL de colorante y 3 mL de esencia. Se filtró del ACU en una malla, luego se mezcló en un recipiente con la sosa cáustica previamente diluida a temperatura de 45 °C hasta llegar al punto línea, finalmente se agregaron el colorante y la esencia y se colocó en moldes por 3 a 4 días.

Alternativa 3- Elaboración de velas: La producción de velas artesanales puede ser una alternativa para los problemas de contaminación al medio ambiente que produce el ACU. El hacer una vela ecológica con aceite usado nos da la oportunidad de reaprovechar ese aceite (Villabona et al., 2017). La elaboración de vela a base de ACU se realizó con 175 g de ácido esteárico, 175 g de ACU, 2 mL de colorante y 3 mL de esencia. Para el procedimiento se fundió el ácido esteárico a 65 °C en un vaso de precipitados, luego se agregaron el colorante y la esencia, y se colocó en moldes, finalmente cuando solidificó la superficie se colocaron los mecheros.

2.4 Caracterización de materia prima y productos

pH: En un vaso de precipitados se colocó 1g de Jabón y se añadió 30 mL de agua destilada a temperatura ambiente hasta disolver totalmente. Luego, se introdujo el electrodo y se realizó la medición con un pH – metro, marca Hanna Instruments.

Determinación de alcalinidad libre: Se colocó en el matraz Erlenmeyer 10 g de muestra de jabón previamente desmenuzada. Luego, se añadió 100 mL de alcohol etílico neutro y se disolvió mediante agitación. Posteriormente, se adicionó cinco gotas de solución indicador de fenoltaleína para determinar el carácter básico o ácido de la

solución; y se realizó la determinación. En solución alcalina, se tituló con la solución 0,1 N de ácido clorhídrico. En el orden de facilitar la observación del cambio de color en la titulación, se preparó una solución igual a la utilizada en el ensayo. Ver la Ecuación 2

$$AL = 4 * \frac{V \cdot N}{m} \text{ (Ecuación 2)}$$

Determinación de la acidez libre: Se empleó el método para la determinación de acidez libre en agentes tensoactivos según Albarracín et al. (2010). Se pesaron 10g de muestra desmenuzada en un matraz Erlenmeyer, después se añadieron 100 mL de alcohol etílico neutro al 95%, posteriormente se colocó en agitación y calor hasta disolver. Una vez disuelto, se agregaron 5 gotas de fenolftaleína al 1% y se tituló con una solución 0,1N de hidróxido de potasio (KOH). El carácter ácido se calculó con el empleo de la ecuación 3.

$$A = 28,25 * \frac{V \times N}{m} \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

A= Acidez libre

V= Volumen de la solución de KOH, utilizado en la titulación

N= Normalidad del KOH

m= masa de la muestra analizada en gramos

Determinación de humedad y materia volátil: Se analizó mediante el método de agentes tensoactivos descrito por (Albarracín et al., 2010). Se colocó 1 g de Jabón en una caja Petri, y se llevó a la estufa a 105 °C por 2 horas, se enfrió por 30 min en un desecador y se pesó. Posteriormente, se colocó nuevamente en la estufa a 105 °C por una hora y se llevó a la desecadora por 30 min, hasta enfriar y pesar la muestra. El porcentaje de materia volátil se calculó mediante la Ecuación 4.

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

H= Materia Volátil

m1= Masa de cristizador antes del secado

m2= Masa de cristizador después del secador

m=Masa de la muestra analizada

2.5 Viabilidad técnico-económica de ACU

Se analizaron los resultados y se determinó que tipo de estrategia es más fiable para el manejo adecuado de los (ACU) en las diferentes unidades económicas. La viabilidad de estrategias se centró en desarrollar una alternativa que reduzca gradualmente los costes de los productos a base de ACU.

2.5.1 Análisis Técnico

Análisis de los procesos y sub-procesos tecnológicos de las tres alternativas. El procedimiento incluyó el análisis de los equipos, procesos, aditivos y materias primas necesarias. En esta tabla 1 podemos observar el tipo de equipamiento y capacidad que serán necesarios instalar para las alternativas analizadas. En el caso de los procesos de elaboración de velas y jabones con las capacidades necesaria. Es importante destacar que la máquina de reciclaje de aceite de cocina será empleada para mejorar la calidad del aceite a emplear en todas las alternativas mencionadas, de igual manera se utilizarán los tanques para el almacenamiento del aceite en las tres opciones a consideradas. Mientras, a la alternativa 2 corresponde la máquina de elaborar jabón y la alternativa 3, la máquina automática de elaboración de velas.

Tabla 1. Equipos considerados para las propuestas.

Etapa/Proceso	Equipos	Capacidad	Cantidad
Purificación del aceite/Alternativa 1, 2 y 3	Máquina de reciclaje de aceite de cocina	100 L/día	1
Almacenamiento primario/Alternativa 1, 2 y 3	Tanques	200 L	5
Fabricación/ Alternativa 2	Máquina de elaborar jabón	100 L/día	1
Fabricación/ Alternativa 3	Máquina automática de elaboración de velas	100 L/día	1

2.5.2 Análisis Económico

El análisis económico se realizó en dos secciones, primeramente, se analizaron los indicadores económicos basados en el costo de producción y posteriormente los indicadores dinámicos de factibilidad. En la primera parte, se analizó la economía potencial (EP), costo de inversión, operación y el costo total de producción. En un segundo lugar, se analizaron los indicadores dinámicos, para revisar la viabilidad de las alternativas propuestas.

2.5.2.1 Economía potencial y costo total de producción

La economía potencial se calculó por la diferencia entre venta productos y costo de materias primas. Mientras la inversión de capital incluye dos fuentes de gastos: i) El dinero requerido para la compra e instalación de la planta, denominado inversión de capital fijo (ICF); y ii) Dinero necesario para que la instalación opere durante el primer mes, llamado capital de trabajo (CT). En la inversión de capital fijo, además de los equipos del proceso, se incluye: el piping, la instrumentación, y la preparación del sitio, entre otros. Se emplearon los factores para estimar la inversión de capital a partir de los criterios de (Peters and Timmerhaus, 1991), para planta de procesamiento de sólidos y fluidos. El costo asociado a cada uno de estos elementos se puede estimar como un porcentaje del costo total de equipos, en este caso se establece que la inversión de capital fijo corresponde a 4,22 veces el costo total de los equipos, a partir de esta relación se estimó la inversión de capital fijo para los casos a evaluar. En cuanto al capital de trabajo se estimó como el 18% de la inversión de capital fijo (Peters and Timmerhaus, 1991), es decir, 0,76 veces el costo total de los equipos (Froment et al., 1990).

Por su parte, para el cálculo del costo de operación, se consideraron los costos directos y fijos. En el caso de los directos, estos incluyen costos de las materias primas (CMP), el de los servicios (CS) que incluye agua de proceso, electricidad y tratamiento de residuos, los salarios de los trabajadores (CST), supervisión, mantención, reparación, entre otros. Mientras los costos fijos tienen en cuenta la depreciación de los equipos y edificaciones, impuestos locales, seguros y gastos generales de la planta que incluyen costos de administración, distribución y venta, investigación y desarrollo. Para el cálculo del costo de operación anual (COP) se estimó a partir de la Ecuación 5, la cual incorpora las categorías de costos mencionados (Turton et al., 2009).

$$\text{COP} = 0,23 \text{ ICF} + 2,21 \text{ CST} + \text{CS} + \text{CMP} \text{ (Ecuación 5)}$$

En cuanto al costo total de producción (CTP), este indicador se emplea para comparar los costos de operación con los de inversión inicial (convertidos en gastos anualizados), según Towler and Sinnott (2013) se considera una tasa de interés del 15-20 % y un tiempo de vida de la planta de 10 años. A partir de estas consideraciones se calculó el costo total de producción, mediante la Ecuación 6.

$$\text{CTP} = \text{COP} + 0,2 * \text{ICF} \text{ (Ecuación 6)}$$

2.5.2.2 Indicadores dinámicos de factibilidad

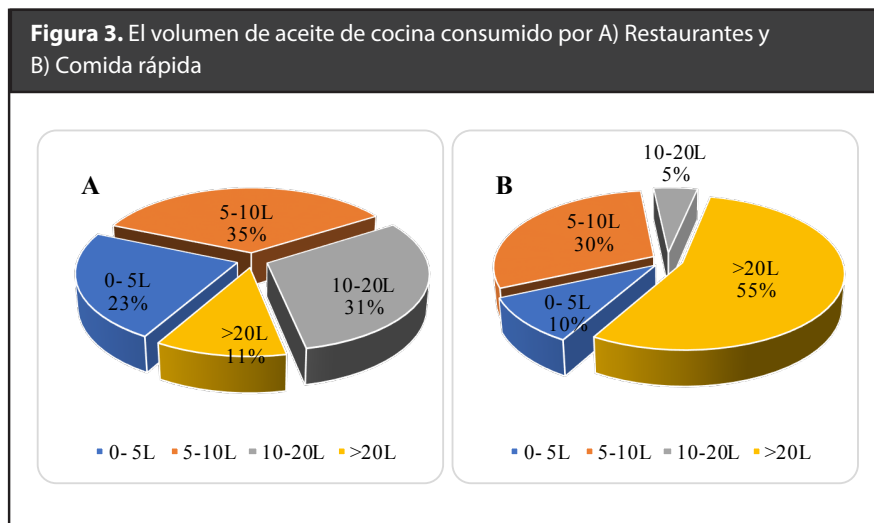
Se evaluó la viabilidad de las tres propuestas, a través de los principales indicadores dinámicos, Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de recuperación de la inversión (PRI).

2.5.2.3 Consideraciones para el análisis económico

Para el análisis económico se consideraron los precios nacionales de las materias primas. En el caso de la tecnología, los importes fueron calculados en función de precio de equipamiento en página web (<https://spanish.alibaba.com/>), más los costos de importación nacional (45%). Para el caso de los auxiliares (agua, electricidad, tratamiento de desechos), se consideraron los precios que rigen nacionalmente para el sector empresarial. En lo relativo a los salarios de los trabajadores, la alternativa 1 de venta a un gestor del aceite purificado, requiere un trabajador, mientras los procesos de elaboración de jabones y velas se consideró necesario la disponibilidad de dos trabajadores (uno para el proceso de elaboración y otro para el proceso de envasado). Se considera en el estudio el sueldo anual de 5400 dólares por operario (salario de 450 USD/mes).

2.6 Tratamiento de resultados

En primer lugar, se utilizó el Test de Shapiro Wilk y Barttley para verificar la normalidad y homoscedasticidad de los datos recopilados de generación de residuos durante ambos períodos. Los datos no fueron distribuidos normalmente; por lo tanto, se realizó un análisis no paramétrico de Wilcoxon Rank-sum (Mann Whitney). Adicionalmente, los datos fueron analizados en estadística descriptiva (media, desviación estándar, error, valores mínimos, máximos, etc). Todos los datos fueron tabulados en Excel y para los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico STATA versión 12.



Mientras en la tabla 2 se muestran las diferencias significativas entre los tipos de establecimientos según el test no paramétrico de Wilcoxon Rank-sum (Mann-Whitney). Los datos descriptivos reflejan que en los restaurantes los valores medios son de 10 L, mientras que en los centros gastronómicos de comida rápida es de 30,85 L.

Tabla 2. Resultados de estadísticos del consumo de aceite de cocina por tipo de unidad económica grupo (1) Restaurantes, (2) Comida rápida

Grupo	Obs	Media	DE	Suma rangos	Esperado
1	27	10	7,28	535	648
2	20	30,85	34,38	593	480
Combinados	47	18,87	25,03	1128	

En el caso de las cantidades de residuos de aceite de cocina usado a la semana se realizó un análisis estadístico a los diferentes tipos de unidades económicas de los resultados de las 4 semanas en estudio. La tabla 3 muestra los principales resultados de la generación de desechos.

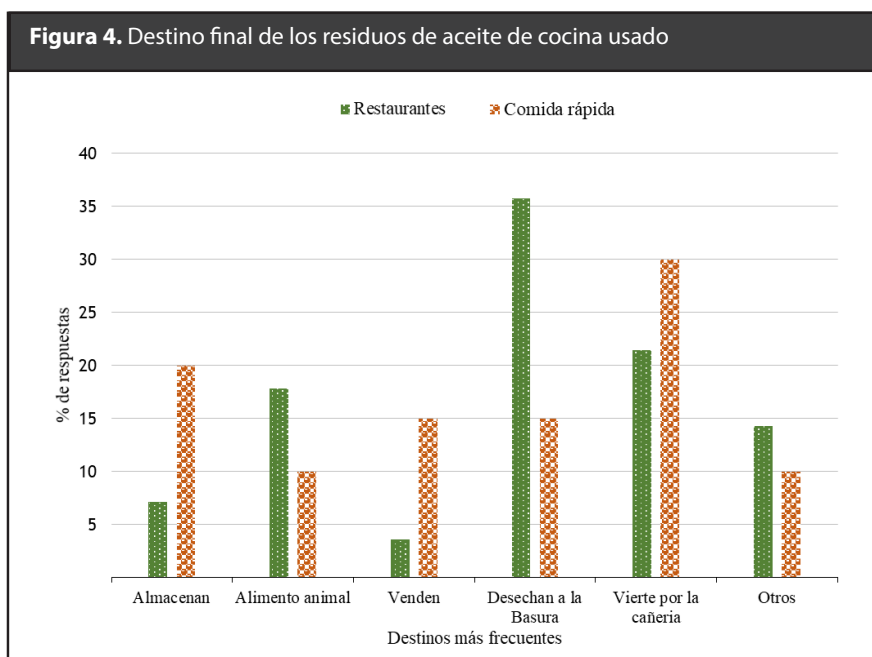
Tabla 3. Resultados de estadísticos de la generación de desechos por tipo de unidad económica grupo (1) Restaurantes, (2) Comida rápida

Grupo	Obs	Media	DE	Suma rangos	Esperado
1	27	4	4,04	528	648
2	20	13,7	15,11	600	480
Combinados	47	8,06	11,30	1128	

3.1.1 Encuestas: análisis de los resultados

En la encuesta realizada se intentó conocer la frecuencia que cambia el aceite de cocina utilizado en el proceso de elaboración de alimentos. Al preguntar por el reúso del aceite, 25 unidades económicas (53,2 %) mencionan que ellos cambian todos los días el aceite vegetal utilizado en el proceso de fritura, lo que aporta a garantizar la salud del consumidor. Por su parte, nueve encuestados (19,1%) lo cambian tres veces a la semana, mientras siete (14,9%) y seis (12,8%) lo hacen dos veces y una vez a la semana, respectivamente.

En otro caso el vertido de los residuos de aceite de cocina usados según la encuesta las unidades económicas principalmente almacenan, utilizan para alimento animal, venden, desechan a la basura o vierten al alcantarillado. La figura 4 muestra las diferencias entre los dos tipos de establecimientos.



En base a los resultados obtenidos en cuanto a la disposición final que tiene el ACU las unidades económicas, 13 unidades adjuntan a la basura común que posteriormente son enviadas al relleno sanitario y que puede llegar a contaminar el suelo y el agua, 11 unidades las vierten directamente por la cañería y se observa que es la opción menos desfavorable un número alto de locales que desechan el ACU de esta manera y contaminan los afluentes de agua cercanos como son el río Puyo, en otros resultados tenemos un número alto de locales que destinan el ACU a la alimentación de los porcinos, abono, fungicida o para la reutilización en otros alimentos como son el achiote y el ají.

Al preguntar sobre el conocimiento que tienen sobre los daños que producen los residuos de aceite de cocina usado al ser desechados inadecuadamente, solamente el 10,6% (5 encuestados) menciona tener conocimiento, algún conocimiento tienen 44,7% (21 responsables de establecimientos) y el restante de la población encuestada

44,7% (21 encuestados) no tienen conocimiento de los peligros que puede generar el vertido inadecuado del aceite de cocina usado.

Otra pregunta fue enfocada hacia el conocimiento de los responsables de las entidades gastronómicas sobre el aceite de cocina usado y su reutilización para la elaboración de nuevos productos. El 40% (19 encuestados) mencionó conocer algo acerca de ello, y el 60% (28 encuestados) dijo que no conocía. En este punto, es importante destacar que la falta de educación y una cultura de reciclado en la ciudad de Puyo, especialmente del aceite vegetal usado, hace que los responsables de los establecimientos de restaurantes y locales de comida rápida desconozcan el valor que tiene este desecho como materia prima para la obtención de nuevos productos.

Finalmente, se indagó sobre la disponibilidad de entregar el aceite de cocina usado para realizar productos, aprovecharlo e impedir la contaminación directa por el manejo inadecuado y el 100% de los establecimientos mostró disposición a la colaboración y entrega.

3.2 Estrategias de aprovechamiento y disposición final del aceite vegetal residual

3.2.1. Venta a un Gestor autorizado

En la Tabla 4, podemos observar los diferentes gestores de ACU a nivel nacional en Ecuador.

Tabla 4. Listado de los principales gestores autorizados o empresas que comercializan los aceites de cocina usados.

Gestores	Precio (\$/20L)	Producto	Lugar	Distancia
Arc- Piper	2,50	Biodiesel	Quito	235 km
Quimicosas	4,00	Grafito	Puyo	0 km
Oilec	4,50	Biodiesel	Quito	215 km
Técnicos Ecológicos Reciclaje de Aceite	7,00	Biodiesel	Quito	249 km

3.2.2. Caracterización de materia prima y productos elaborados

En la Tabla 5. se observan los resultados de la caracterización del aceite. El valor de acidez libre es de $0,03 \pm 1,596E-05$ mg/g.

Tabla 5. Caracterización química del aceite de cocina usado.

Parámetros	Medi	Median	Varianz	Coef.	
	a	a	a	σ	Desviación
				0,00	
Acidez Libre (mg/g)	0,03	0,03	1,596E ⁻⁰⁵	4	0,129
Alcalinidad Libre (mg/g)	0,12	0,12	0	0	0
Impureza (%)	2	2	0	0	0
Densidad (g/cm ³)	0,91	0,91	0	0	0
pH	7,85	7,85	0	0	0

Mientras, en la Tabla 6. se observan los resultados de la caracterización de las propiedades del jabón.

Tabla 6. Caracterización química del jabón.

Parámetros	Media	Mediana	Varianza	σ	Coef.
					Desviación
Acidez Libre (mg/g)	0,14	0,141	0	0	0
Humedad y materia volátil (%)	27,31	27,305	0,68	0,827	0,02
pH	10,32	10,315	0,20	0,445	0,02

3.2.3 Análisis de procesos de elaboración

Los procesos fueron tres, el primero fue la purificación del aceite (que fue común para las tres alternativas). Luego, se realizó la fabricación de jabones y finalmente, el tercero de fabricación de velas.

Etapa 1-Purificación del aceite: De las unidades económicas en estudio del barrio obrero se obtienen 376 L de aceite de cocina usado semanalmente. A partir del proceso de purificación se pierden 5,64 L, por lo que en la semana quedan 370,36 L y anualmente 19.258 L de aceite de cocina usado purificado. En la alternativa 1 es la cantidad disponible para vender a los gestores.

Etapa 2- A partir de las cantidades semanales de aceite de cocina usado purificado y las demás materias primas, se realiza el proceso de elaboración del jabón. Se consumen 3.333,24 kg sosa cáustica al 95%, y 83,33 kg de colorantes y esencias respectivamente. Por lo que se obtiene un rendimiento de jabón de 27.777 kg al año, equivalente a 138.885 unidades de 200 g, listos para la comercialización.

Etapa 3- Elaboración de velas: En el caso de la elaboración de las velas, a partir de la misma cantidad de aceite 19.258 L, se emplean 14.443 kg de ácido esteárico, y 319,8 kg de colores y esencias respectivamente. Con ello se pueden elaborar 266 666 kg de velas, equivalente a 3.555.546 velas de 75 g/año.

3.3 Viabilidad técnica-económica para las estrategias propuestas

En los procesos analizados los productos son diferentes, Alternativa-1- aceite usado para venta a un gestor autorizado, Alternativa-2- Fabricación de Jabones y en la Alternativa-3-Elaboración de Velas. En la (Tabla 7) aparecen las principales materias primas y los productos a comercializar. Para todos los casos se consideró como precio de venta el menor que aparece en el mercado.

3.3.1 Economía potencial y costo total de producción

A partir de los valores de la tabla 7, se obtiene que la economía potencial de la Alternativa-1 es 4.333,21, USD/año, mientras en la Alternativa-2 es 19.071,38 y finalmente en la Alternativa-3 con 210.910,14 USD/año.

Tabla 7. Costos anuales de insumos y productos (en dólares).

	Alternativa-1	Alternativa-2	Alternativa-3
Materias primas, USD			
Aceite vegetal usado, L	2407,34	2407,34	2407,34
Sosa cáustica	-	14999,58	-
Ácido esteárico	-	-	53331,84
Colorantes	-	2083,28	14814,4
Esencia		2612,43	18577,26
Hilos		-	6123,29
Sub-total	2407,34	2210,62	89130,84
Producto, USD			
Aceite vegetal purificado	6740,55	-	-
Jabones	-	41174	-
Velas	-	-	300040,98
Sub-total	6740,55	41174	300040,8
Economía Potencial	4333,21	19071,38	210910,14

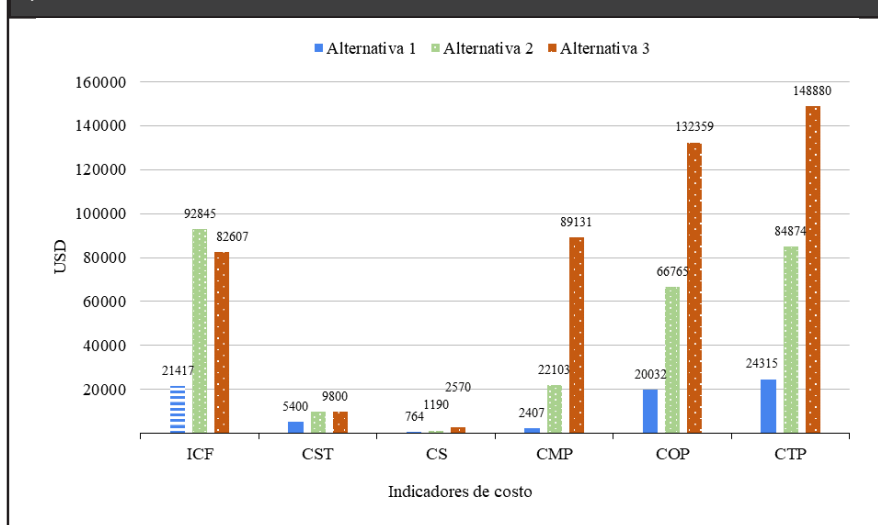
La estimación de la inversión de capital generalmente se realiza en función del costo total de los equipos, valor que se obtiene al sumar los costos de cada uno de los equipos que se incluyen en la Tabla 8.

Tabla 8. Costo de los equipos (USD).

Equipos	Cantidad, U	Precio, USD	Importe, USD	Importe ajustado ^a
Máquina de reciclaje de aceite de cocina	1	1000	1000	1450
Tanques	5	500	2500	3625
Máquina de elaborar jabón	1	12000	12000	17400
Máquina automática de elaboración de velas	1	10000	10000	14500

Mediante la ecuación 5 y 6 se estima el costo total de producción de los productos elaborados. La Figura 5 agrupa los principales indicadores considerados para obtener el costo total de producción.

Figura 5. Resumen de criterios económicos en función del costo total de producción.



3.3.2 Análisis de indicadores dinámicos de factibilidad

La tabla 9 muestra los resultados de los indicadores dinámicos para las 3 alternativas en estudio.

Tabla 9. Indicadores dinámicos económicos de los casos de estudio.

Casos de estudio	Valor Actual Neto (VAN) USD	Tasa de retorno de la inversión (TIR), %	Período de recuperación (PRI), años
Alternativa-1	-34845,82	-14,3	-15,0
Alternativa-2	-1412,06	7,4	5,8
Alternativa-3	447530,01	106,3	0,7

4. Discusión

4.1 Situación actual

El estudio reveló que los restaurantes consumen menor cantidad de aceite que los establecimientos de comida rápida. En este caso los restaurantes tenían la tendencia (58%) de consumir entre 0-5 L y 5-10 L de aceite de cocina semanal, mientras que los centros de comida rápida consumían un mayor volumen de aceite, que era de >20 L semanales (55%). Esto indicó que los centros gastronómicos de comida rápida tenían una mayor tendencia a producir más residuos de aceite de cocina.

De acuerdo a los resultados de la tabla 2, podemos observar que según la prueba no paramétrica de Wilcoxon Rank-sum (Mann-Whitney), existen diferencias significativas entre los dos grupos de unidades económicas (Valor de $P < 0,05$, 95% de confianza). El grupo 2 (establecimientos de comida rápida), presenta los mayores valores de generación de aceite (una media de 13,7 L) frente al grupo 1 (restaurantes), media de 4 L. Luego, se analizó la cantidad total que generaron los dos tipos de establecimientos donde se muestra que los locales de comida rápida desechan 273 L a la semana, y los restaurantes desechan un total de 103 L por semana. Lo que evidencia un mayor desecho de aceite vegetal por parte de la población de locales de comida rápida. Adicionalmente, es importante indicar que posteriormente en el proceso de las encuestas los dueños o administradores expresaron que la cantidad de aceite que utilizan puede variar en los días festivos y vacaciones.

En cuanto a los criterios analizados en la encuesta, la frecuencia de vertido del aceite es necesaria analizarla, pues este es un aspecto importante para la salud del consumidor, pues como menciona (Ros et al., 2015) la práctica de volver a emplear los aceites de fritura puede ocasionar problemas a la salud de las personas.

En el caso de la pregunta sobre el conocimiento de los efectos de contaminación que provoca en ACU al medio ambiente, existe un criterio general de poco o ningún conocimiento de ello (89,4%), esta misma situación ha sido reflejada en otros estudios como Márquez et al. (2015). Mientras tanto, se obtiene que una mínima parte de unidades económicas tiene conocimiento sobre los problemas que causan tanto al agua, el suelo y a la salud, sin embargo, debido la falta de estrategias y de normativa no saben cómo proceder adecuadamente para su disposición final.

En cuanto a la pregunta sobre el conocimiento de los responsables de las entidades gastronómicas sobre el aceite de cocina usado y su reutilización para la elaboración de nuevos productos, es importante destacar que la falta de educación y una cultura de reciclado en la ciudad de Puyo, especialmente del aceite vegetal usado, hace que los responsables de los establecimientos de restaurantes y locales de comida rápida

da desconozcan el valor que tiene este desecho como materia prima para la obtención de nuevos productos.

4.2 Estrategias de aprovechamiento y disposición final del aceite vegetal residual.

4.2.1 Venta a un gestor autorizado

En el análisis de la tabla 4 sobre los principales gestores nacionales, se puede destacar que la empresa ARC- Piper, se dedicada a recoger, procesar y reciclar diariamente el aceite de cocina usado en todo el Ecuador, el cual es exportado a Holanda para ser convertido en un biocombustible. Además, la empresa puede prestar el servicio de recolección directamente a la provincia de Pastaza a cada establecimiento, y facilitar envases de plástico para cada restaurante, pero el precio de cada 20 L es 2,50 USD. La segunda alternativa, es un distribuidor autorizado de insumos químicos, materia prima, productos elaborados, envases y perfumería fina de la ciudad de Puyo, y que también se dedica a la recolección de ACU para la elaboración de grafito, el ACU, lo reciben en sus instalaciones en la ciudad de Puyo, por lo que cada representante del establecimiento debe transportarlo al local. Mientras, la tercera opción analizada fue la empresa Quiteña "Oilec" que impulsa la gestión integral del aceite usado vegetal y lo exporta a Colombia para la elaboración de biocombustible. Pueden brindar servicio de recolección a la ciudad del Puyo, a partir de 1.000 L y también puede proporcionar envases de plástico para cada restaurante, así como también un recipiente para el almacenamiento de los envases de aceite reciclado. Por su parte, la cuarta alternativa considerada es la empresa de la capital "Técnicos Ecológicos Reciclaje de Aceite", que solo se dedica a la recolección y reciclaje del ACU en todo el Ecuador, el cual es exportado a Holanda para ser convertido en un biocombustible. Entre las facilidades también tiene cobertura de recolección en la provincia Pastaza directamente en los establecimientos generadores.

Como se puede apreciar en los valores de la tabla 2 Arc- Piper tiene el incentivo económico más bajo del mercado de 0,125 USD/L, por el contrario, "Técnicos ecológicos Reciclaje de Aceite" pagan 7 USD cada 20 L o 0,35 USD/L de ACU, no existen diferencias entre el servicio de recolección, pues ambos lo proporcionan. Por lo tanto, se podría definir como el precio de Arc Piper (0,125 USD/L) el precio de adquisición del aceite y 0,35 USD/L el precio de venta del aceite al gestor después de recolección, almacenamiento y filtración del mismo en la propuesta 1.

4.2.2 Resultados de materias primas y productos elaborados

El análisis de la calidad del aceite, se puede apreciar que presenta un 2% de impurezas, similar a (Bombón and Albuja, 2014) que fue del 3%, que principalmente están asociadas al proceso de fritura de los alimentos. Mientras, la densidad de 0,910 g/cm³, es igual al estudio de Preciado (2017) en la ciudad de Guayaquil. En cuanto a los valores de acidez, el resultado obtenido es muy inferior al del estudio realizado en (Bombón and Albuja, 2014), donde se obtuvo una acidez libre de 4,65 mg/g, lo que difiere con los valores obtenidos.

A pesar de ello, las características físico y químicas (índice de acidez (IA), niveles de ácidos grasos libres (AGL), estabilidad oxidativa, viscosidad y composición de ácidos grasos) de AVU provenientes de los diferentes tipos de restaurantes pueden diferir, pues según (Pascacio et al., 2016, Wyse-Mason and Beckles, 2012), los establecimientos gastronómicos utilizan diferentes tipos de aceites y la duración de cocción, el tipo de alimento cocinado, los aditivos empleados y las prácticas de cocina son también distintas.

En lo relacionado a la calidad de los productos elaborados, en este caso el jabón, el análisis de la tabla 6 refleja que el valor medio de humedad y materia total es de 27,31%, que se encuentra por debajo del 30% del máximo permisible según la norma NTE INEN 0818 Determinación de humedad y materia volátil. En cuanto a acidez libre el resultado de 0,14 también cumple con la normativa que rige que deben obtenerse valores inferiores a 0,2 como límite permisible la norma NTE INEN 0822: Agentes tensoactivos. Determinación de la acidez libre, para la elaboración de jabón. Por su parte el pH presenta un valor básico de 10,32, pero se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la normativa nacional NTE INEN 839: Agentes tensoactivos. Jabón en barra, que presenta el valor de 11 como máximo permisible.

4.3 Viabilidad técnica-económica para las estrategias propuestas

4.3.1 Economía potencial y costo total de producción

Según estos resultados presentados en la tabla 7, la Alternativa-3 presenta un mayor beneficio económico, superior 48,67 y 11,05 veces a los anteriores. Es importante resaltar que la economía potencial un indicador útil pues analizan los costos de las materias primas que según Turton et al. (2009) representa un alto porcentaje del costo de producción, pero no incluye la inversión de capital ni los costos de operación, aspectos que serán analizados posteriormente.

A partir de los valores de la tabla 8 se puede estimar el costo de los equipos para cada una de las alternativas, pues para todas las variantes como se expuso anteriormente, se empleará la máquina de reciclaje de aceite de cocina (para realizar la purificación del aceite de cocina usado) y los tanques para el almacenamiento primario. Por lo que el costo de equipos para las alternativas 1, 2 y 3 serán de 5.075, 22.475 y 19.575 USD, respectivamente.

En el caso del gasto anual en servicios, la alternativa 1 incluye 186 USD en agua, 285,12 en electricidad y 293,28 USD para el tratamiento de residuos, monto que se mantiene para las otras dos alternativas. Mientras la alternativa-2, incluye un valor de agua y electricidad superior (279 USD y 617,76 USD respectivamente). Este incremento está asociado a que el proceso de elaboración de jabones necesita la adición de agua para la dilución de la sosa cáustica y el caso de la electricidad los equipos de elaboración consumen electricidad en función de la potencia nominal y las horas de trabajo al año. En la alternativa 3, proceso de elaboración de velas, el consumo de agua es igual al de la alternativa 1, pero el gasto energético es superior a los casos anteriores, puesto que el proceso de fabricación de velas requiere elevar las temperaturas del aceite y el ácido esteárico y por tanto el equipo de fabricación de estas tiene un consumo elevado de electricidad.

Los gastos en salarios para la alternativa 1 es para un empleado con un salario de 450 USD/mes, equivalente a 5.400 USD anuales. Mientras, las dos alternativas restantes tienen planificados dos empleados de salario 408 USD/mes, para un gasto de salario para ambas alternativas 9.800 USD/año.

Como se puede apreciar en la figura 5, en base a los criterios analizados del costo total de producción, la alternativa 3 presenta el mayor valor de costo total de producción (148.880 USD), a pesar de que la alternativa 2 tiene el mayor valor de la inversión de capital fijo, pero el costo de las materias primas de la elaboración de velas que asciende hasta 89.131 USD/año, incide en que esa alternativa tenga un mayor costo total de producción.

4.3.2 Análisis de indicadores dinámicos de factibilidad

Los valores de la tabla 9, muestran que las Alternativa-1 y 2 (Venta de aceite a un gestor autorizado y fabricación de jabones) tienen un VAN negativo (-34.845,82 y -1.412,06 USD respectivamente), lo que refleja que las propuestas no son rentables económicamente en el tiempo proyectado de 10 años. Mientras, la propuesta 3 (proceso de elaboración de velas) presenta un valor de 447.530,01 USD, este valor muestra los sustanciosos beneficios netos que podría generar el proyecto durante su vida útil (10 años).

Al analizar los demás indicadores económicos, el comportamiento de estos es similar al del VAN, donde el proyecto de elaboración de velas (Alternativa 3), es el único que muestra resultados económicos positivos, incluso el periodo de recuperación de la inversión es de 0,7 años (8 meses y 12 días). Es importante mencionar que para el cálculo de los indicadores dinámicos se consideró la depreciación en cinco años, por lo que la recuperación de la inversión se comparó con este valor. El caso de la alternativa 1, no será rentable, mientras que la alternativa 2, la inversión podría recuperarse en un periodo de 7,4 años, pero los valores del VAN negativos no son aceptables para la viabilidad de ejecutar la alternativa. También, se puede resaltar que, en el proyecto de elaboración de jabones, el periodo de recuperación de jabones es de 5,8 años, y el VAN es de -1.412,06 USD, lo que muestra que quizás con medidas de optimización, o una nueva valoración que incluya una disminución de los costos de producción, esta alternativa podría acometerse.

5. Conclusiones

Este estudio analizó la viabilidad técnica y económica del manejo adecuado de aceite vegetal usado de diferentes unidades económicas del barrio Obrero, Puyo, Pastaza, Ecuador. Además, diagnosticó la situación actual del manejo del aceite vegetal usado en establecimientos gastronómicos del sector y propuso varias estrategias de aprovechamiento y disposición final del aceite vegetal residual. Según la encuesta realizada a los 47 establecimientos gastronómicos, los aceites vegetales usados de las diferentes unidades económicas del barrio Obrero de la ciudad de Puyo carecen de un manejo adecuado.

El presente estudio modeló las estrategias de acopio y venta a gestores autorizados, fabricación de jabones - velas y calculó los indicadores dinámicos económicos en términos de producción. Los resultados del análisis técnico-económico mostraron que la elaboración de las velas es la opción más rentable económicamente. Sin embargo, necesita una fuerte gestión de venta, pues no es un producto de consumo masivo y lograr la comercialización de los elevados niveles productivos propuestos, es un tema importante para evaluar, antes de la ejecución de la alternativa planteada. Se recomienda que se evalúen otras alternativas de aprovechamiento de aceites usados, como la fabricación de biodiesel, para empleo como biocombustible o una fuente de energía renovable no convencional. Este estudio puede extenderse a otros barrios y sectores de la ciudad de Puyo, a fin de conocer la generación de la ciudad, e integrar a las demás unidades económicas en un proyecto de mayor alcance.

Referencias bibliográficas

- ALBARRACÍN, P., COLQUI GARAY, F., DI BACCO, V., GONZÁLEZ, M., TERESCHUK, M., CHAUVET, S. & GENTA, H. 2010. Estudios de Caracterización de Aceites Usados en Frituras para ser Utilizados en la Obtención de Jabón. *Investigación y Desarrollo*, 32, 1-7
- BATAYNEH, M. K., MARIE, I. & ASI, I. 2008. Promoting the use of crumb rubber concrete in developing countries. *Waste Management*, 28, 2171-2176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.035>
- BOMBÓN, N. & ALBUJA, M. 2014. Diseño de una planta de saponificación para el aprovechamiento del aceite vegetal de desecho. *Revista Politécnica*, 34, 22
- BUCZEK, B. 2014. Diesel fuel from used frying oil. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/683272>
- DIAS, A. C., NUNES, M. I., FERREIRA, T. & ARROJA, L. 2014. Environmental evaluation of valorization options for used cooking oil. *Recent advances in environmental science and biomedicine*, Sofia, WSEAS Press.
- DIÉGUEZ-SANTANA, K., SARDUY-PEREIRA, L. B., CASAS-LEDÓN, Y. & ARTEAGA-PÉREZ, L. E. 2021a. Cleaner Production Implementation in a Cocoa Processing Plant in Ecuadorian Amazon. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 9, 173-188. <https://doi.org/10.5890/JEAM.2021.06.006>
- DIÉGUEZ-SANTANA, K., SARDUY-PEREIRA, L. B. & DECKER, M. 2021b. Characterization and Quantification of Municipal Solid Waste in Fátima, Ecuadorian Amazon Parish *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 9, 392-401. [https://doi.org/10.47277/JETT/9\(2\)401](https://doi.org/10.47277/JETT/9(2)401)
- ECHAVARRÍA, R. J. 2012. El desarrollo sostenible y el reciclaje del aceite usado de cocina a la luz de la jurisprudencia y el ordenamiento jurídico colombiano. *Producción + Limpia*, 7, 109-122
- FROMENT, G. F., BISCHOFF, K. B. & DE WILDE, J. 1990. *Chemical reactor analysis and design*, Wiley New York.
- GARCÍA, M., CERESO, E. & FLORES, J. 2013. Elaboración de jabón en gel para manos utilizando aceite vegetal reciclado. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo*, 20-33
- GONZÁLEZ, G. S., ESTEVE, L. X., MOREIRA, M. T. & FEIJOO, G. 2018. Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of the Total Environment*, 644, 77-94. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.339>
- GUERRERO-ROMERO, A. S. & SIERRA, F. E. 2011. Biodiesel production from waste cooking oil. *Biodiesel-Feedstocks and Processing Technologies*. IntechOpen.
- KAHN, D. J., KASEVA, M. E. & MBULIGWE, S. E. 2009. Hazardous waste issues in developing countries. *Hazard. Waste Manag.* Published by EOLSS, 112-123
- LUOSTARINEN, S., LUSTE, S. & SILLANPÄÄ, M. 2009. Increased biogas production at wastewater treatment plants through co-digestion of sewage sludge with grease trap sludge from a meat processing plant. *Bioresource Technology*, 100, 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.029>
- MÁRQUEZ, R. M., NAVAS, Y. P., YEGRES, F. & VIVAS, E. C. 2015. Biodegradación parcial de aceites residuales usados utilizando *Aspergillus niger*, *Rhizopus sp.* y *Saccharomyces cerevisiae*. *Química Viva*, 14, 90-102
- PANADARE, D. C. & RATHOD, V. K. 2015. Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel: A Review. *Iranian Journal of Chemical Engineering(IJChE)*, 12, 55-76
- PASCACIO, T., GUADALUPE, V., ROSALES QUINTERO, A. & TORRESTIANA SÁNCHEZ, B. 2016. Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32, 303-313
- PATIL, P. D., GUDE, V. G., REDDY, H. K., MUPPANENI, T. & DENG, S. 2012. Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes. *J. Environ. Prot.*, 3, 107-113

- PETERS, M. & TIMMERHAUS, K. 1991. Plant design and economics for chemical engineers, New York, USA, McGraw-Hill.
- PRECIADO, A. 2017. Evaluación del aceite reciclado de cocina para su reutilización Universidad de Guayaquil.
- REFAAT, A. A. 2010. Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7, 183-213. <https://doi.org/10.1007/BF03326130>
- ROS, E., LÓPEZ, M. J., PICÓ, C., RUBIO, M., BABIO, N., SALA, V. A., PÉREZ, J. F., ESCRICH, E., BULLÓ, M., SOLANAS, M., GIL HERNÁNDEZ, A. & SALAS-SALVADÓ, J. 2015. Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta: postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD) *Nutrición Hospitalaria*, 32, 435-477
- SINGH-ACKBARALI, D., MAHARAJ, R., MOHAMED, N. & RAMJATTAN-HARRY, V. 2017. Potential of used frying oil in paving material: solution to environmental pollution problem. *Environmental Science Pollution Research*, 24, 12220-12226. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8793-z>
- TOWLER, G. & SINNOTT, R. 2013. Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design, Butterworth-Heinemann.
- TURTON, R., BAILIE, R. C., WHITING, W. B. & SHAEIWITZ, J. A. 2009. Analysis, synthesis and design of chemical processes, Upper Saddle River, USA, Prentice Hall. Pearson Education.
- VILLABONA, A., IRIARTE, R. & TEJADA, C. 2017. Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura *Revista científica Teknos*, 17 (1), 21-29
- WYSE-MASON, R. R. & BECKLES, D. M. 2012. An investigation of restaurant waste oil characteristics for biodiesel production in Trinidad and Tobago. *Energy for Sustainable Development*, 16, 515-519. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.005>
- ZHANG, H., WANG, Q. & MORTIMER, S. R. 2012. Waste cooking oil as an energy resource: Review of Chinese policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5225-5231. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.008>