

Procesos para la Valorización del Aceite Vegetal Usado: Revisión Sistemática

Julian Ojeda Arias

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales

Noviembre 2021

Procesos para la Valorización del Aceite Vegetal Usado: Revisión Sistemática

Julian Ojeda Arias

Asesora

PhD Liliana Londoño Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales

Noviembre 2021

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

Agradezco en primer lugar a mi familia, en especial a mi madre y padre

Agradezco a mi asesora la Ingeniera Liliana Londoño

Agradezco a todas las personas cercanas que ayudaron en el desarrollo de esta
monografía

Resumen

El aceite es un compuesto que no se degrada en el medio ambiente, por ende, se considera un residuo peligroso. En los últimos años, el consumo de aceite producto de nuestra alimentación se incrementó considerablemente y simultáneamente el vertimiento de dicho compuesto al suelo y desagües de la red pública también se ha elevado. Esto se debe a los malos manejos en su disposición final. Dicha situación ha generado un incremento en la contaminación de las fuentes hídricas, debido a que no permite el intercambio del oxígeno. Un solo litro puede llegar a contaminar cerca de 1.000 litros de agua potable. Se calcula que cerca del 35% se convierte en residuo al terminar su vida útil y va a parar a los sifones directamente.

En la actualidad, existen una serie de procesos y técnicas para aprovechar este residuo. Por ejemplo en; jabones, ceras, velas, biocombustibles, lubricantes, procesamiento de alimentos, etc. Se considera que el aprovechamiento de dicho residuo podría disminuir la huella ambiental y generaría beneficios a la economía. Se logró mediante búsqueda de información, recopilar las diferentes técnicas y procesos para aprovechar el aceite usado. Se evidenció que la logística de recolección y la falta de conocimiento sobre la correcta disposición son los factores que más afectan al desarrollo de un proyecto de este tipo.

Palabras Claves: Aceite, aprovechamiento, contaminación, medio ambiente

Abstract

Oil is a compound that does not degrade in the environment, therefore it is considered a hazardous waste. In recent years, the consumption of oil as a product of our diet has increased considerably and simultaneously the discharge of this compound into the soil and drains of the public network has also increased. This is due to poor management in its final disposal. This situation has generated an increase in the contamination of water sources because it does not allow oxygen exchange. A single liter can contaminate about 1,000 liters of drinking water. It is estimated that about 35% becomes waste at the end of its useful life and goes directly to the siphons.

Currently, there are a series of processes and techniques to take advantage of this waste. For example in; soaps, waxes, candles, biofuels, lubricants, food processing, etc. It is considered that the use of this waste could reduce the environmental footprint and generate benefits to the economy. Through a search for information, it was possible to compile the different techniques and processes to take advantage of used oil. It was found that the logistics of collection and the lack of knowledge about the correct disposal are the factors that most affect the development of a project of this type.

Key words: Oil, advantage, contamination, environment.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	9
Lista de Figuras	10
Introducción	11
Planteamiento del Problema	14
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Desarrollo de la Revisión	17
Los lípidos	17
Composición química	17
Datos Estadísticos de Aceites - Grasas	22
Aceites y grasas vegetales usados	24
Impactos Ambientales	26
Efectos en la Salud	27
Economía Circular	28
Procesos de Aprovechamiento	31
Logística de Recolección (Casos Locales)	32
Pre-tratamiento	33
Biocombustibles	36

Jabones.....	40
Betún y Velas	42
Surfactantes	43
Biogás	44
Oportunidad de Negocio.....	45
Marco Normativo.....	47
Ámbito Internacional.....	48
Ámbito Nacional	49
Análisis de la Información.....	54
Conclusiones y Recomendaciones	57
Referencias	58

Lista de Tablas

Tabla 1. Nombres químicos y descripciones de Ácidos Grasos Comunes	21
Tabla 2. Clasificación de las grasas según su origen	23
Tabla 3. Producción y Consumo Mundial de Aceites Vegetales	24
Tabla 4. Cambios químicos ocurridos en los aceites durante el proceso de fritura	38
Tabla 5. Normas a nivel mundial sobre AVU	54
Tabla 6. Normas a nivel Colombiano sobre AVU	57

Lista de Figuras

Figura 1. Configuración Cis y Trans del mismo ácido graso	19
Figura 2. Configuración Cis y Configuración Trans	20
Figura 3. Deterioro del aceite en el tiempo	27
Figura 4. Obstrucción de tuberías por residuos de grasas	28
Figura 5. Economía lineal vs Economía Circular	32
Figura 6. Ciclo de vida ideal para el aceite	34
Figura 7. Esquema de producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado	41
Figura 8. Reacción química para obtención de biocombustible	42
Figura 9. Antigua producción de jabón de tierra	45
Figura 10. Jabones producidos con aceite de cocina usado	46
Figura 11. Distribución histórica del consumo de energéticos en el sector transporte	52

Introducción

Las grasas y aceites, también identificadas como materias grasas, constituyen la forma mayoritariamente comestible de los lípidos. Actualmente muestran un gran desarrollo tecnológico y nutricional, aunque su utilización en la alimentación y en usos domésticos comenzó hace muchos siglos, históricamente, fue el médico inglés William Prout quien en 1827 reconoció formalmente la importancia de las materias grasas en la nutrición (Valenzuela & Morgado, 2005). La Revolución Industrial significó un salto cuantitativo en el conocimiento de las materias grasas que están presentes en todo momento de nuestras vidas. Las utilizamos en nuestra alimentación, en nuestro aseo, higiene, en la conservación de nuestra salud y en innumerables productos como combustible (Valenzuela & Morgado, 2005).

Los aceites y grasas no son reconocidos como alimento por los consumidores, no son valorados nutricionalmente, el consumidor lo percibe solo como el medio para calentar. Es debido en parte a esto, que no le dan el manejo adecuado, por ejemplo; excesiva utilización, almacenamiento incorrecto, altas temperaturas y una inadecuada disposición de los residuos generados, ocasionando efectos contaminantes para el medio ambiente, ya que, al ser vertido al agua, permanece en su superficie y no permite la oxigenación, generando que, la cobertura del aceite impida el paso de luz, afectando la flora y la fauna de ríos y lagos (Rojas E. , 2021). Así mismo el vertimiento puede causar; erosión, pérdidas de fertilidad del suelo y destrucción de hábitats de animales. Incluso, a nivel urbano, por falta de difusión de información sobre la correcta disposición, se generan bolas de grasa que obstruyen las redes ocasionando dificultades y originando sobrecostos a las plantas de tratamiento.

Adicionalmente, un aceite vegetal usado (AVU) mal dispuesto, se convierte en una amenaza para la salud humana cuando cae en manos de los carteles dedicados a la recolección y comercialización de aceites usados, porque al ser utilizados en la cocina, desarrollan radicales libres y acrilamidas, altamente cancerígenos (Sigra, 2019).

Según Asograsas, se ha denunciado un cartel del ‘aceite pirata’ que recoge este desecho generado por algunos restaurantes, hoteles y cafeterías, los cuales a falta de políticas serias de reciclaje lo venden a recolectores “informales”. Esta denuncia, que viene haciendo el gremio desde hace varios años, insiste en la existencia de un sector informal en barrios populares de grandes ciudades, que se dedica a comprar el aceite usado para reenvasarlo y venderlo como aceite nuevo. Según estudios de Asograsas, un 30% del aceite que se vende en tiendas y supermercados de esos sectores son los denominados “aceites ilegales” (Asograsas, 2016). Un fenómeno que pone en riesgo la salud de los consumidores, debido a la contaminación que es sometido el aceite por malas prácticas de manipulación y a la generación de radicales libres en cada proceso de recalentamiento. Sumado a esto, Asograsas también ha identificado la reutilización de envases y la alteración del producto con la adición de químicos que le devuelven la transparencia al aceite usado y el engaño al consumidor con envases que ofrecen entre el 10% al 40% o menos del contenido anunciado en la etiqueta.

Es necesario destacar que, a partir de la década del 70, existe una creciente preocupación por la contaminación generada (Sanaguano, 2013), motivo por el cual los gobiernos nacionales y la comunidad internacional han incrementado el apoyo y las inversiones, para estimular la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y una transición a una sociedad baja en carbono, atendiendo al compromiso de varios protocolos internacionales, como el de Kyoto y el paquete europeo de clima y energía, cuyo objetivo es regular las emisiones, reducir el desperdicio y el uso de energía (Carnevale, Molari, & Vittuari, 2017). De allí la importancia de implementar un modelo de economía circular que promueva el aprovechamiento de los Aceites Vegetales Usados (AVU) como materia prima para la producción de nuevos productos.

Por lo cual el objetivo de la monografía fue realizar una revisión bibliográfica de la normativa existente, así como la cantidad generada en Colombia, efectos ambientales y de salud provocados por los AVU, disposición final y propuestas de aprovechamiento de este

residuo para convertirlo en un producto de valor.

Planteamiento del Problema

La industria de grasas y aceites comestibles comprende la producción de aceites y grasas refinadas para usos alimenticios doméstico e industrial en donde se encuentran los aceites líquidos, sólidos vegetales, grasas comestibles y margarinas. En el ámbito industrial, estos productos se utilizan como bienes intermedios en la elaboración de otros alimentos y son elaborados por la industria de aceites y grasas a partir de las especificaciones de cada cliente (Asograsas, 2016). La industria colombiana requiere de aceite para producir la margarina, la manteca, cremas para usos especiales, helados, galletas, panes y otros (Torres, 2011).

Según datos de Asograsas (2016), en Colombia durante el año 2016, el consumo de aceite vegetal comestible fue de 621.000 toneladas, y de esto el 35% se convirtió en residuo al terminar su vida útil. Estos residuos al ser vertidos en los cuerpos de agua superficial afectan su capacidad de intercambio de oxígeno y alteran el ecosistema, así mismo el vertimiento puede causar; erosión, pérdidas de fertilidad del suelo y destrucción de hábitats de animales. Incluso, a nivel urbano, por falta de difusión de información sobre la correcta disposición, ausencia de procedimientos técnicos y desconocimiento de normatividad, son vertidos en el sistema de alcantarillado en donde se mezcla con detergentes y jabones de uso doméstico generando las bolas de grasa que obstruyen las redes ocasionando dificultades y originando sobrecostos a las plantas de tratamiento. La depuración de un litro de aceite es 700 veces más costoso comparado con el tratamiento del agua residual (Iñigo, 2017).

Debido a lo anterior se requiere difundir la información para la disposición correcta, generar políticas e incentivos de recolección para generar emprendimientos que aprovechen este residuo en diferentes industrias como; alimentos, farmacéutica, cosméticos, equipos de manufactura, biocombustibles, etc.

Justificación

El estado colombiano comprometido con la promoción del desarrollo sostenible, contiene en su constitución política distintos artículos que resaltan la búsqueda y la preocupación por proporcionar un medio ambiente sano para los ciudadanos, igualmente ha propuesto mediante lineamientos como los expuestos en algunos CONPES la realización de actividades económicas/productivas mediante las cuales sea posible promover el desarrollo sostenible (Benavides, 2017). Es importante conocer que los residuos orgánicos pueden ser tratados de la mejor manera y reutilizarlos de diferentes formas (Davila, 2017).

La generación de aceites vegetales usados implica, como en otros muchos casos, una problemática ambiental y de salud no debidamente ponderada, además año tras año la producción y la demanda va en aumento constante debido al crecimiento de la población. Motivo por el cual, la realización de esta revisión permitirá compilar los avances en términos normativos a nivel nacional e internacional sobre el adecuado manejo y disposición de este residuo (considerado peligroso), posibles métodos de aprovechamiento que permitirán darle valor nuevamente como materia prima para la elaboración de nuevos productos y adicionalmente, evidenciar la oportunidad de mejora en los procesos de logística y recolección, educación ambiental e incentivos financieros para garantizar la generación de emprendimientos que transformen este residuo, evitando que por la mala disposición, se convierta en un contaminante del suelo y fuentes hídricas necesarias para la continuidad de la humanidad.

Objetivos

Objetivo General

Identificar los procesos usados para el aprovechamiento del aceite usado y la normatividad asociada al manejo de este residuo mediante revisión bibliográfica

Objetivos Específicos

Reconocer los procedimientos usados para el aprovechamiento y tratamiento de aceites usados.

Revisar datos estadísticos sobre la producción de aceites y su disposición final.

Indagar acerca de los productos que utilizan como materia prima los aceites usados.

Investigar las normas actuales que rigen en el manejo del aceite usado

Desarrollo de la Revisión

Los lípidos

Los lípidos son uno de los principales componentes de los alimentos e importantes en la dieta debido a que son fuente de energía y de nutrientes esenciales. La composición de cada aceite y/o grasas varía de acuerdo con la fuente vegetal y/o animal de la que provienen; se obtienen así contenidos diferentes de ácidos grasos saturados e insaturados para cada uno (Ramírez, 2017). Son un conjunto de biomoléculas cuya característica distintiva es la insolubilidad en agua y la solubilidad en solventes orgánicos: benceno, cloroformo, hexano, entre otros. Estos también son llamados grasas en su estado sólido y aceites cuando se encuentran líquidos a temperatura ambiente (Zábala, Torres, & Zárate, 2016).

Están constituidos por triglicéridos, que son ésteres de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos. La mayoría de los triglicéridos son mixtos; es decir, 2 o 3 de sus ácidos grasos son diferentes (Tejedor, 2017). Los ácidos grasos son sintetizados por plantas y animales, están constituidos por cadenas con un número de carbonos normalmente entre 6 y 18; el ácido oleico, esteárico, palmítico, linoleico son los más comunes (Tovar & Ortiz, 2017).

Composición química

Las grasas y los aceites son los lípidos más abundantes en la naturaleza. Proporcionan energía para los organismos vivos, insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos, aíslan los órganos del cuerpo y transportan vitaminas liposolubles a través de la sangre. Las grasas y los aceites se denominan triglicéridos (o triacilglicoles) porque son ésteres compuestos de tres unidades de ácidos grasos unidos al glicerol y un alcohol trihidroxilado (LibreTexts Chemistry, 2020).

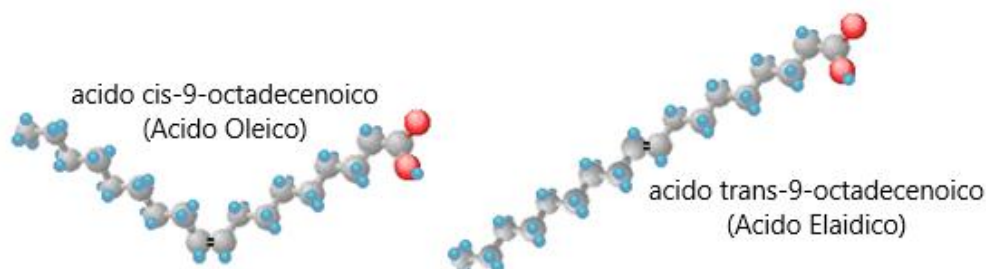
Los ácidos grasos consisten de átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) organizados como una cadena de carbonos con un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo.

Los ácidos grasos saturados tienen todos los hidrógenos que pueden enlazarse a los átomos de carbono y consecuentemente no tienen enlaces dobles entre los carbonos. Los ácidos grasos monoinsaturados tienen solamente un enlace doble. Los ácidos grasos poliinsaturados tienen más de un enlace doble (Zamora, 2020)

En las configuraciones de Ácidos Grasos, los enlaces dobles son muy fuertes y evitan la rotación de los carbonos alrededor del eje. Esta rigidez da origen a los isómeros geométricos que consisten de arreglos de átomos que solamente pueden cambiarse quebrando los enlaces dobles (Zamora, 2020). En la figura 1 se observan dos ejemplos.

Figura 1.

Configuración Cis Y Trans Del Mismo Ácido Graso



Fuente: Zamora (2020).

Estos modelos moleculares tridimensionales demuestran los isómeros geométricos *Cis* y *Trans* del ácido 9-octadecenoico con los átomos de hidrógeno representados de color azul. Los prefijos latinos *Cis* y *Trans* describen la orientación de los átomos de hidrógeno con respecto al enlace doble. *Cis* significa "en el mismo lado" y *Trans* significa "en el lado opuesto". Los ácidos grasos naturales generalmente tienen la configuración *Cis*. La forma natural del ácido 9-octadecenoico (ácido oleico), un constituyente del aceite de oliva, tiene

forma de "V" por la configuración *Cis* en la posición 9. La configuración *Trans* (ácido elaídico) tiene una forma recta (Zamora, 2020).

Los ácidos grasos trans (AGT) han sido definidos por la Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius como "ácidos grasos insaturados que contienen uno o varios enlaces dobles aislados (no conjugados) en una configuración trans". Esto se refiere a la estructura química de estas grasas, en las que los dos hidrógenos se disponen en configuración "cis" (del mismo lado del doble enlace) o "trans" (en lados opuestos del doble enlace) de la molécula, dándole una estructura (y propiedades) diferentes a ambas formas (Infoalimentos, 2020). Se observa en la figura 2.

Figura 2.

Configuración Cis y Configuración Trans.



Fuente: Infoalimentos (2020).

Los ácidos grasos trans (AGT) se forman durante la hidrogenación parcial de aceites vegetales líquidos para formar grasas semisólidas que se emplean en margarinas y muchos alimentos procesados, que resultan atractivos para la industria alimentaria debido a su tiempo de conservación prolongado, su mayor estabilidad durante la fritura y su mayor solidez y maleabilidad para su uso en productos de repostería. Los ácidos grasos trans (AGT) también se forman de manera natural en pequeñas cantidades por la acción de microorganismos presentes en el estómago de los rumiantes (por ejemplo: ganado bovino, ovino y caprino); por

lo que están presentes de forma natural en la leche y en la carne de estos animales. Sin embargo, estos AGT representan una pequeña proporción (<0,5% del aporte energético total) de la cantidad total de grasas trans consumidas y no tienen los efectos perjudiciales como los de origen industrial (Infoalimentos, 2020).

La forma de cada molécula triglicérida depende del tipo específico de ácido graso. Si la mayor parte de los ácidos grasos del triglicérido forma una cadena recta, como los ácidos grasos saturados o los transácidos grasos, los triglicéridos pueden unirse para formar una estructura cristalina que producirá una grasa sólida. En la siguiente tabla se aprecia la composición de los ácidos grasos (ENIG, 1991).

Tabla 1

Nombres Químicos y Descripciones de Ácidos Grasos Comunes.

Nombre Común	Carbonos	Enlaces Dobles	Nomenclatura Química	Fuentes
Ácido Butírico	4	0	Ácido butanoico	Mantequilla
Ácido caproico	6	0	Ácido hexanoico	Mantequilla
Ácido caprílico	8	0	Ácido octanoico	Aceite de coco
Ácido capríco	10	0	Ácido decanoico	Aceite de coco
Ácido laurico	12	0	Ácido dodecanoico	Aceite de coco
Ácido mirístico	14	0	Ácido tetradecanoico	Aceite de palmiste
Ácido palmítico	16	0	Ácido hexadecanoico	Aceite de palma
Ácido palmitoleico	16	1	Ácido 9-hexadecenoico	Grasas animales
Ácido esteárico	18	0	Ácido octadecanoico	Grasas animales
Ácido oleico	18	1	Ácido 9-octadecenoico	Aceite de oliva
Ácido ricinoleico	18	1	Ácido 12-hidroxi-9-octadecenoico	Aceite de ricino
Ácido vaccenico	18	1	Ácido 11-octadecenoico	Mantequilla
Ácido linoleico	18	2	Ácido 9,12-octadecadienoico	Aceite de semilla de uva
Ácido alfa-linolenico	18	3	Ácido,9,12,15-octadecadienoico	Aceite de lino (linaza)
Ácido gamma-linolenico	18	3	Ácido 6,9,12-octadecatrienoico	Aceite de boraja
Ácido araquídico	20	0	Ácido eicosanoico	Aceite de cacahuete, aceite de pescado

Ácido gadoleico	20	1	Ácido 9-eicosanoico	Aceite de pescado
Ácido araquidónico	20	4	Ácido 5,8,11,14-eicosatetraenoico	Grasas del hígado
Epa	20	5	Ácido 5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	Aceite de pescado
Ácido behenico	22	0	Ácido docosanoico	Aceite de colza (canola)
Ácido erucico	22	1	Ácido 13-docosenoico	Aceite de colza (canola)
Dha	22	6	Ácido 4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	Aceite de pescado
Ácido lignocérico	24	0	Ácido tetracosanoico	Pequeñas cantidades en muchas grasas

Fuente: Zamora (2020)

Si la mayor parte de los ácidos grasos de la molécula triglicérida forman cadenas curvas, como los ácidos grasos insaturados oleico, linoleico y linolénico, los triglicéridos no pueden aglutinarse para formar cristales con la misma rapidez y por lo tanto producirán un aceite. Ni las grasas ni los aceites naturales están compuestos solamente de ácidos grasos saturados o insaturados. Más bien son una mezcla de varios ácidos grasos en diferentes proporciones. Estas grasas naturales oscilan entre grasas muy duras y grasas muy suaves y entre aceites muy viscosos y aceites muy líquidos (ENIG, 1991), (Ver tabla 2).

Tabla 2

Clasificación de las Grasas según su Origen.

Tipo de Grasa	Características	Ejemplos
Grasas Vegetales	Tienden a ser líquidas a temperatura ambiente (aceites). Aunque hay algunas sólidas como el aceite de coco. Típicamente contienen entre 70 – 80 % de ácidos grasos insaturados	Aceites de oliva, coco, soya, ajonjolí, girasol, maíz.
Grasas Animales	La mayoría son sólidas a temperatura ambiente (mantequilla, manteca, sebo). Contienen entre 40 – 50 % de ácidos grasos saturados	Manteca de cerdo, sebo de res, aceite de hígado de bacalao

Fuente: Castillo (2017).

Datos Estadísticos de Aceites - Grasas

Según las estimaciones de la alemana *Oil World*, en los años 2018-2019 (comprendida entre octubre 2018 y septiembre 2019) la producción mundial de aceites vegetales sería levemente superior al consumo, incrementándose entonces el nivel de stock al final. La producción de aceites vegetales (incluidos aceites de palma, soja, colza, girasol, almendra de palma, maní, algodón, coco y oliva) aumentaría un 2,3% respecto al año anterior y un 27,2% en relación al producto obtenido en los años 2011-2012. La producción de aceites pasó de casi 160 millones de toneladas en 2011-2012 a un estimado de poco más de 203 Mt en 2017/18, evidenciando un incremento de 43 Mt en siete periodos (Ruralnet, 2019). La tabla 3 presenta el comportamiento.

Tabla 3

Producción y Consumo Mundial De Aceites Vegetales

Producto	Producción				Consumo			
	2011/12	2017/18	2018/19	Var % (2011/12 vs 2018/19)	2011/12	2017/18	2018/19	Var % (2011/12 vs 2018/19)
Aceite de Palma	52,5	70,1	73	39,20%	11,2	68,3	72,9	42,30%
Aceite de Soja	42,2	55,6	56,4	33,70%	42,3	55,2	56	32,2%
Aceite de Colza	24,4	25,9	26,3	7,50%	24,1	26	26,4	9,8%
Aceite de Girasol	15,3	18,9	19,5	28,00%	14,6	19	19,4	33,0%
Aceite de Almendra de Palma	5,8	7,5	7,8	34,10%	55,6	7,3	7,7	39,0%
Aceite de Algodón	5,2	4,5	4,6	-10,70%	44,9	4,5	4,6	-6,3%
Aceite de Maní	4,1	4,3	4	-2,00%	44,1	4,3	4	-2,2%

Aceite de Maíz	3	4,4	4,6	51,70%	33	4,4	4,5	53,9%
Aceite de Oliva	3,6	3,4	3,5	-3,60%	33,3	3,2	3,3	-2,4%
Aceite de Coco	3,1	2,8	2,9	-7,70%	33,1	2,7	2,9	-5,6%
Aceite de Sésamo	0,8	0,9	0,9	11,50%	00,8	0,9	0,9	11,5%
Total mundial	160	198,3	203,5	27,20%	1157	195,8	202,6	29,1%

Fuente: Ruralnet (2019)

El consumo de grasas y aceites en Colombia, según los resultados de ENSIN 2010 refieren que 95.2% de los colombianos consume alimentos fritos, de los cuales el 32% lo hacen a diario y 58.8% cada semana; en un día se encuentra que el 20.8% los consume una vez, 9.1% dos veces y 2.8% tres o más veces. El consumo diario aumenta a mayor edad hasta los 30 años: el 31.4% de los niños de 5 a 8 años y el 38.5% de los adultos de 19 a 30 años los consume. Además, el 30% de la población consume alimentos como mantequilla, crema de leche y manteca de cerdo. Un estudio realizado en 2008 muestra que el 66% de la población consume mezclas de aceites vegetales, 21% aceite de girasol y 13% otro tipo de aceites y grasas; el consumo de aceite de canola, oliva y maíz para este periodo es bajo (0.17%, 0.04% y 0.08% respectivamente). Considerando el contenido de ácidos grasos de estos aceites, es importante resaltar que el contenido de ácidos grasos trans en el aceite de girasol fue mayor que en el aceite mezcla; estos contenidos variaron por marca con un rango de 2.22% a 8.64% para aceite de girasol y de 1.11% a 6.53% para los aceites mezcla (Zábala, Torres, & Zárate, 2016).

Para concluir este subtema sobre datos estadísticos, según una encuesta realizada en el año 2007, el 31% de las personas no son conscientes que los residuos de aceite usado de cocina contaminan el medio ambiente y tienen impacto negativo a la salud de las personas y animales. Además, el 45% bota este aceite en el lavaplatos ocasionando problemas en el

sistema de alcantarillado y en el medio ambiente. Finalmente, de las personas que almacenan el aceite, el 57% reúnen una cantidad de 300 ml al mes, el 29% 300 ml a la semana, el 10,2% 600 ml al mes, un 2% una cantidad de 2000 ml a la semana y otro 2%, 600 ml a la semana (Molina, 2012).

Aceites y grasas vegetales usados

Las grasas y aceites vegetales refinados son empleados a nivel doméstico e industrial, principalmente en procesos de elaboración de alimentos, debido a que, por sus propiedades, permite la transmisión de calor y aporta sabor y textura mediante la fritura, o como materia prima para la elaboración de otros alimentos (Rojas H. , 2021).

En Colombia, así como en la mayoría de los países, los aceites vegetales resultan imprescindibles tanto en las cocinas domésticas como en el sector HORECA (Hoteles, Restaurantes y Cafeterías). Hoy día, los mayores generadores de aceite vegetal usado en el país son los restaurantes y los hogares de los colombianos (Rojas H. , 2021).

Según datos de Asograsas (2016), en 2016 en Colombia el consumo de aceite vegetal comestible fue de 621.000 toneladas, haciéndose importante realizar una adecuada disposición y aprovechamiento de este residuo después de su uso.

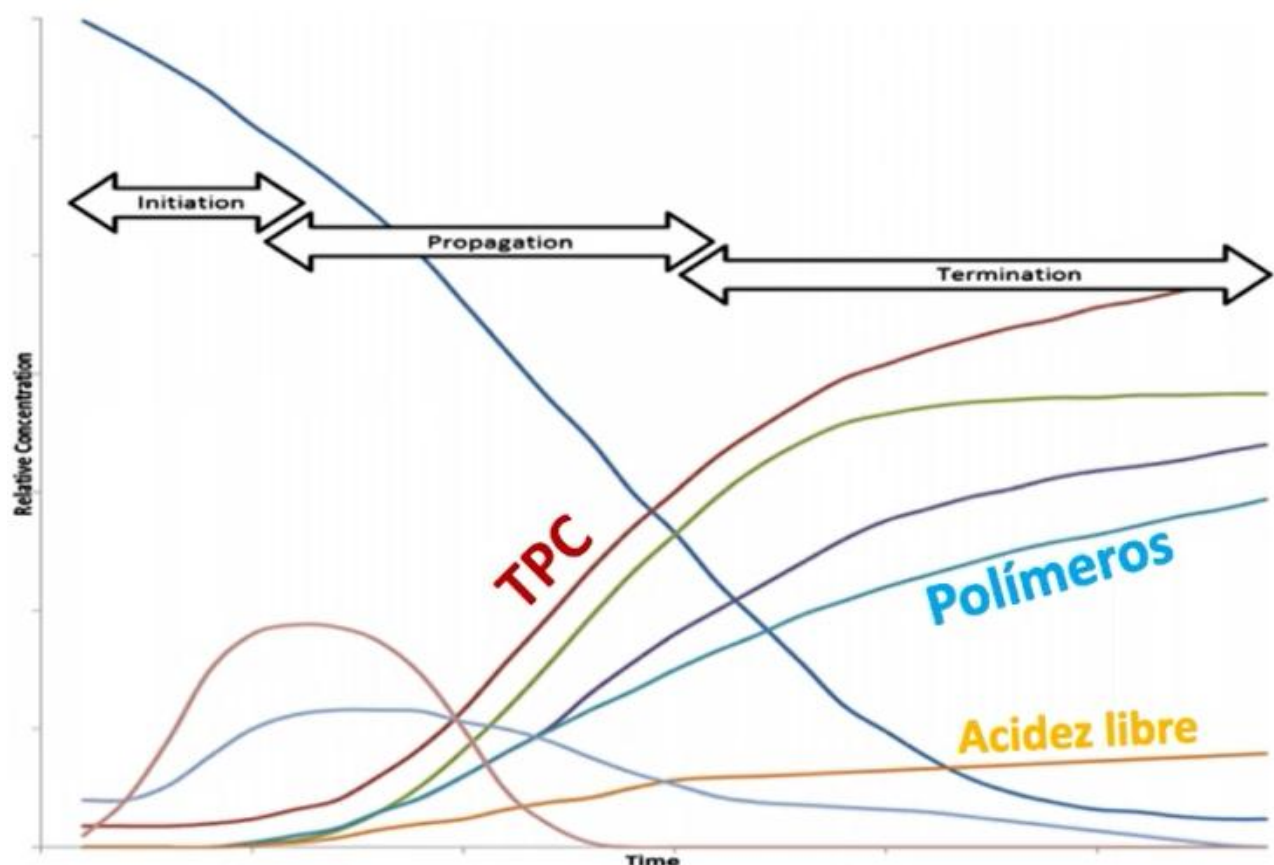
Entre las variables que indican que un aceite fue usado están la viscosidad (aumenta), el color (se oscurece) y el olor a rancio (indicio claro de la oxidación del aceite), todos estos factores afectan las características organolépticas y la calidad del alimento a consumir, poniendo en riesgo la salud, no solo de humanos sino también de animales (Gamez, 2009).

Cuando el aceite ha cumplido su vida útil, usándolo para la preparación de alimentos, se convierte en un residuo que se denomina "Aceite Vegetal Usado - AVU". Se calcula que cerca del 35% del aceite vegetal comestible se convierte en AVU luego de los procesos de preparación de alimentos (Semana, 2017).

En la figura 3 se aprecia la alteración generada en el tiempo de uso de los aceites, en donde TPC se refiere a compuestos totales polares. Los TPC, polímeros y acidez libre son nocivos para la salud (Rojas E. , 2021).

Figura 3.

Deterioro Del Aceite En El Tiempo.



Fuente: Rojas E. (2021).

La formación de polímeros durante la fritura está asociada con el proceso de autooxidación que se produce vía radicales libres, generando el sabor rancio, por el lado de los TPC indica el grado de deterioro alcanzado por un aceite durante la fritura. Y la acidez libre

tiene valores determinados según legislación de cada país señalando los límites máximos para su uso (Juárez & Sammán, 2007)

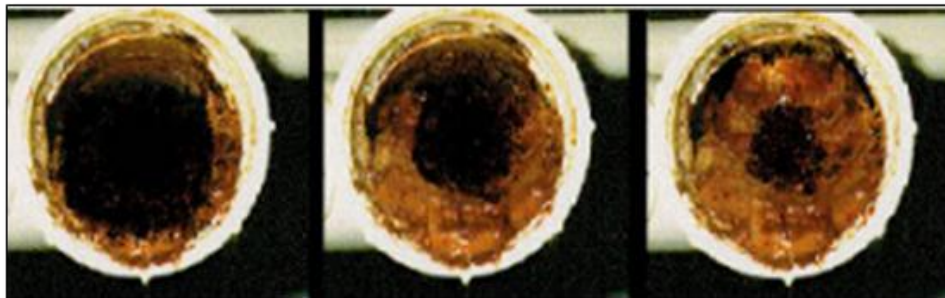
Impactos Ambientales

Un pequeño porcentaje, aproximadamente 30% (Gonzalez & Ubierna, 2015) de los aceites vegetales usados se recoge como vertido controlado y se recicla, sin embargo, la mayor parte de estos aceites son vertidos a los desagües generando impactos desfavorables para el medioambiente, especialmente para los recursos hídricos, el suelo y la salud humana (MADS, 2018). La recolección y disposición adecuada de Aceite Vegetal Usado en Colombia no ha sido ampliamente difundida entre los diferentes productores, desde los productores domésticos como en grandes centros de producción de alimentos, por ello no se han generado iniciativas importantes en relación a la correcta disposición de AVU en el país (Gomez, 2018).

Las propiedades fisicoquímicas del aceite de cocina usado, tales como la densidad y la viscosidad, no se ven altamente alteradas; por esta razón, la densidad de los aceites de cocina usados sigue siendo inferior a la densidad del agua, por lo tanto, se crea una película oleosa en los cuerpos de agua (Gamez, 2009). Al ser vertidos en los cuerpos de agua superficial, los aceites afectan su capacidad de intercambio de oxígeno y alteran el ecosistema, así mismo, el vertimiento al suelo puede causar: erosión, pérdidas de fertilidad del suelo y destrucción de hábitats de animales. Incluso, a nivel urbano, al ser vertidos en el sistema de alcantarillado y unirse con restos de los detergentes y jabones de uso doméstico, llegan a provocar las denominadas “bolas de grasa” capaces de obstruir las redes y se ocasionan dificultades en la disposición y sobrecostos a las Plantas de Tratamiento, debido al alto contenido de materia orgánica (Castillo, 2017). En la figura 4 es posible observar la obstrucción de tuberías.

Figura 4.

Obstrucción De Tuberías Por Residuos De Grasas.



Fuente: Ruralnet (2019).

Un litro de aceite vegetal usado puede contaminar hasta 1.000 litros de agua, lo que representa la cantidad de agua que toma una persona promedio durante un año (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2008). Así mismo, el tratamiento en planta depuradora de un litro de aceite usado supone un costo 700 veces superior al costo de tratamiento de un litro de agua residual (Horrach, 2018).

Efectos en la Salud

Los aceites comestibles generalmente extraídos de aceitunas, soja, girasol y/o palma, después de empleados en procesos de cocción, sufren alteraciones químicas que generan pérdidas de sus características fisicoquímicas haciéndolos impropios para su uso y teniendo que ser desechados por razones de calidad (Horrach, 2018).

Durante el freído, el aceite es sometido a temperaturas entre 160 y 190°C, en ocasiones, innecesariamente se eleva por encima del punto de humo en presencia de aire y luz y por tiempos relativamente largos con varias reutilizaciones. Dichas condiciones causan cambios químicos que dependen principalmente de la composición del aceite, ya que, al aumentar la temperatura, se aceleran todos los procesos químicos y enzimáticos, por lo que se degradan con rapidez. La reutilización excesiva de los aceites de fritura genera elementos cancerígenos como los radicales libres, producto de la ruptura de los dobles enlaces de los

ácidos grasos, y las acrilamidas, otro subproducto que se puede crear por aumento de la temperatura por encima de los 100°C, sobre todo si estamos friendo un alimento rico en azúcares y pobre en materia proteica (Rojas H. , 2021). Se presume que estos pueden ser reutilizados hasta cinco veces; sin embargo, es mejor no darle ese número de usos, debido a la pérdida de sus propiedades iniciales y sus consecuencias nocivas en la salud (Tovar & Ortiz, 2017). Estos componentes al ingerirse en la comida pueden afectar y desarrollar varias enfermedades crónicas tales como parálisis, hipertensión, artritis, alergias, hipersensibilidad, debilitamiento del sistema inmune, cataratas, arrugas y cáncer (Gamez, 2009). Según Biogras (2020) si el aceite vegetal usado se quema, origina importantes problemas de contaminación emitidos a la atmósfera. Cinco litros de aceite quemados contaminarían 100.000 m³ de aire, que es la cantidad de aire respirada por una persona durante seis meses aproximadamente.

Cuando no se gestionan de la manera adecuada, los aceites usados de cocina traen varias consecuencias en la salud humana y animal, puesto que, al exponerlos a altas temperaturas, generan dioxinas, las cuales se consideran agentes cancerígenos. Asimismo, debido a las elevadas temperaturas a las que se someten los aceites para freír alimentos, estos liberan elementos cancerígenos como el benzopireno. Por tanto, existe transferencia de dioxinas y ácidos grasos trans al ser humano a través de la carne animal (Tovar & Ortiz, 2017).

La conversión de algunos ácidos grasos en grasas trans por hidrogenación de los dobles enlaces de las cadenas de carbono insaturadas y la adición de grasas trans a alimentos industriales está prohibida en Estados Unidos y la mayor parte de las empresas tampoco las utilizan en Europa por su incidencia sobre el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Economía Circular

La comunidad científica está intentando dar valor al aceite vegetal usado, de forma que, a través de una serie de transformaciones, se puedan aprovechar para otros propósitos.

La reutilización o reciclaje, que viene a ser la puesta en valor de estos residuos, se enmarca dentro del modelo de economía circular. El modelo económico que rige en la actualidad de “extraer, producir, desperdiciar” está llegando ya al límite de su capacidad física. La economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad. Esto implica disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía, el modelo circular crea capital económico, natural y social. Se basa en tres principios:

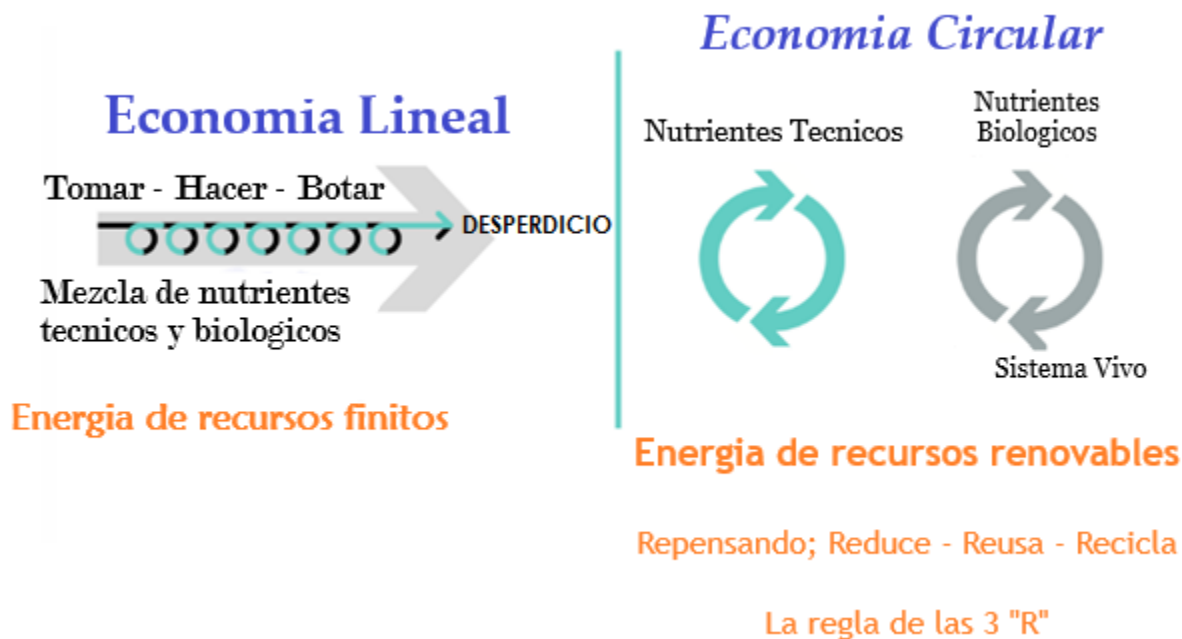
1. Eliminar residuos (aprovechamiento) y contaminación desde el diseño
2. Mantener productos y materiales en uso
3. Regenerar sistemas naturales (Ellen Macarthur Foundation, 2017)

La actividad económica de una economía circular contribuye para la salud general del sistema. El concepto reconoce lo importante que es el funcionamiento de la economía en cualquier nivel, grandes y pequeños negocios, organizaciones e individuos, global y localmente. La transición hacia una economía circular no se limita a ajustes que reducen los impactos negativos de la economía circular, sino que representa un cambio sistémico. Ella construye resiliencia a largo plazo, genera oportunidades económicas y de negocios, proporciona beneficios ambientales y sociales (Ellen Macarthur Foundation, 2017)

Todos los productos se fabrican de manera que se puedan desmontar y los materiales se descompongan por naturaleza o se devolverán a la producción. Por lo tanto, el material biológico consiste en alimentos limpios y no tóxicos, y los materiales técnicos están diseñados para ser un recurso para ser utilizados industrialmente nuevamente. El objetivo es no tirar nada y reducir la necesidad de comprar nuevos productos, mientras que la producción y el transporte se logran mejor con energía renovable (Sustainability Guide, 2018).

Figura 5.

Economía Lineal Vs Economía Circular.



Fuente: Sustainability Guide (2018).

La economía circular es una forma muy diferente de hacer negocios, obligando a las empresas a repensar todo, desde cómo diseñar y fabricar productos hasta sus relaciones con los clientes. Una de las mayores diferencias es el papel del cliente. La atención ya no se centra en el consumo, sino en el uso de una función. Esto impone diferentes demandas a la comunidad empresarial para construir relaciones a largo plazo en sus modelos de negocio. La ventaja es que las empresas se benefician del éxito de las demás en esta cascada de diferentes ciclos (Sustainability Guide, 2018).

Para el caso del aceite vegetal usado, el modelo de economía circular promueve su uso como materia prima para la elaboración de nuevos productos, como: biodiesel, aditivos de caucho, jabones, poliuretano, surfactantes, lodos de perforación, tintas para artes gráficas, ceras, velas y resinas entre otros. En la figura 6 se observan los pasos que se deberían realizar desde la producción hasta el aprovechamiento.

Figura 6.

Ciclo De Vida Ideal Para El Aceite.



Fuente: Murcia (2019).

Procesos de Aprovechamiento

Los aceites comestibles usados aprovechados, son destinados principalmente como materia prima para la producción de biocombustible (Biodiesel), con lo cual se reducen las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte en un 8%. Particularmente el biodiesel producido en Colombia baja aproximadamente en 83% la emisión de GEI, como lo recalcó la Conferencia Internacional sobre palma de aceite (Medina, 2019). Por cada litro de aceite vegetal usado que se convierte en biodiesel, se le entrega una reducción de 2.5kg de CO₂ al ambiente (Rojas H. , 2021).

Los aceites usados también pueden tener aplicaciones como elaboración de biocarburantes para aviación, alcohol, asfalto, aditivos de caucho, artículos de tocador,

farmacéutica, detergentes, jabones, ceras, barnices, lodos de perforación, lubricantes, pinturas, poliuretano, resinas, surfactantes, tintas para artes gráficas, velas, abono industrial, entre otros.

Logística de Recolección (Casos Locales)

Se realizaron dos entrevistas, a dos emprendimientos formados en la Ciudad de Santiago de Cali (Valle del Cauca). Ambos entrevistados comentan que la logística de recolección, es la mayor problemática en todo el negocio del aprovechamiento de este residuo.

El primer caso surgió de una necesidad de iniciar el Proyecto “BIOPRAVU” que interviene en el reciclaje de aceite de cocina y grasas animales en la ciudad de Cali y el departamento del Valle del Cauca como alternativa de solución y prevención a la contaminación del agua, de la tierra, del ser humano y de las especies animales. El señor Juan Tejada es el gerente y coordina las recogidas en restaurantes, hoteles, casinos industriales, etc. En donde se paga por este residuo (Tejada, 2021).

Para el caso dos, se entrevistó al señor Rodolfo Miranda (Gerente de Eco Urbano), el cual comentó que recoge cada vez que soliciten el servicio. Él se enfoca en casas y apartamentos en donde se realiza la recogida por cada 5 litros de aceite usado. No paga, ni cobra por este servicio, lo hace de forma gratuita (Miranda, 2021).

En ambos casos, el residuo se comercializa a empresas que lo transforman en un producto, por lo general biocombustibles.

Según Rojas H. (2021), en la mayoría de los países no existe un método sistemático para la recolección efectiva de este residuo, a lo que se suma la ausencia de una conciencia ecológica en la mayoría de la población sobre los impactos ambientales que genera la mala disposición del aceite vegetal usado. Hoy en día, el aceite que desecha el sector HORECA (Hoteles, restaurantes y Cafeterías) y los hogares de los colombianos se dispone de tres maneras:

- En primer lugar, es arrojado por los desagües de las cocinas, incrementando los niveles de contaminación de las fuentes hídricas.
- En segundo lugar, es comprado por empresas clandestinas para ser re- envasado y comercializarlo nuevamente a los hogares y a industrias que fabrican alimentos concentrados para animales, causando graves problemas en la salud. Según datos de Asograsas, estos comercializadores recolectan cerca del 30% del AVU entregado por los generadores.
- El tercer uso, consiste en la recolección y procesamiento del aceite de cocina usado por parte de empresas especializadas en estas funciones, con el fin de crear un producto apto para ser utilizado en la generación de biodiésel.

A este último pertenecen los dos proyectos entrevistados, pero la capacidad de recolección es reducida respecto a la generación del residuo y se centra hacia el nicho de generadores industriales, comerciales y de servicios, hoteles, restaurantes e industrias, pero la generación más grande de residuo se da al interior de los hogares, los cuales representan el 80% de la cantidad generada de AVU (Rojas H. , 2021), es por esto que se propone educar a los ciudadanos, instalar puntos de recolección en conjuntos residenciales, incentivos para pequeños emprendimientos porque los beneficios solo los obtienen los grandes empresarios, alivio en impuestos para quien entregue aceite usado y ayudas económicas para no solo recoger sino para producir jabones, glicerina, biocombustibles, etc.

Pre-tratamiento

El aceite de cocina residual se genera en casi todos los lugares, principalmente en zonas urbanas; en hogares, restaurantes, panaderías, industrias, etc. Cuando ya no se puede utilizar para cocinar, el aceite se desecha principalmente en las redes de alcantarillado. Eliminación incorrecta que causa contaminación del suelo, aguas superficiales, subterráneas y en ciudades que tienen tratamiento de aguas residuales, el aceite usado hace el proceso de

tratamiento más caro. Por este motivo, el pre-tratamiento y reciclaje de este tipo de residuos es de gran importancia.

El pre-tratamiento tiene como objetivo, facilitar el proceso final del aceite desechado y reducir su contaminación potencial. Adicional, el objetivo del reciclaje es generar productos comerciales, en este sentido, el uso de enzimas y microorganismos capaces de metabolizar el aceite de cocina residual es una alternativa para hacer que el tratamiento y el reciclaje sean más fáciles y limpios. Las enzimas hidrolizan los triacilgliceroles presentes en el aceite, transformándolos en glicerol y ácidos grasos. Una vez descartados, los productos de la hidrólisis son metabolizados fácilmente por microorganismos, acelerando la degradación del aceite en proceso. Además, los ácidos grasos pueden sufrir esterificación y reacciones de transesterificación para producir biodiesel (Garner, 2018).

Los aceites vegetales usados, son subproductos valiosos de la cadena alimentaria que pueden emplearse como materias primas ecológicas para la elaboración de productos químicos. Se estima que cada año en Colombia, se comercializan alrededor de 162 millones de litros de aceite de cocina, de los cuales el 65% se consume en los hogares y el 35% se convierte en residuo (Rojas H. , 2021), causando serios problemas ambientales, económicos y sociales (Mannu, Ferro, Enrica, & Mele, 2019).

El aprovechamiento y reutilización de los aceites vegetales usados, depende en gran medida de sus características fisicoquímicas y del volumen disponible. Además del origen del aceite de cocción, las propiedades de los AVU dependen principalmente de las condiciones de utilización, pues durante su uso se dan cambios químicos debido a reacciones termolíticas, oxidativas, hidrolíticas y poliméricas. Como consecuencia de los cambios químicos (Tabla 4), los AVU contienen trazas de hidrocarburos, aldehídos, ácidos grasos libres, peróxidos y glicéridos polimerizados, lo que los hace no aptos para el consumo humano, y presentar algunas restricciones para su uso como alimento animal.

Tabla 4

Cambios Químicos Ocurridos en los Aceites durante el Proceso de Fritura

Reacciones Químicas	Causa de Reacción	Cambios En La Composición Química
Hidrólisis	El contenido de agua en los alimentos interactúa con el aceite para freír a altas temperaturas	Incremento en la concentración de moléculas polares producción de ácidos grasos y glicerol
Degradación térmica	Degradación de triglicéridos a alta temperatura en ausencia de oxígeno	Producción de alcanos, alquenos, cetonas simétricas, esterés de oxopropyl, CO, CO ₂ y compuestos dimericos
Oxidación	Reacción con el entorno; aire, atmosfera y oxígeno	Formación de hidroperóxido, cambios en el contenido de conjugados de dienes y trienes
Polimerización	Reacciones con grasas insaturadas y grupos acilo a alta temperatura	Formación de polimerizados triacilgliceridos e incluyendo dimeros y oligómeros

Fuente: Panadare & Rathod (2015).

Para que los aceites vegetales usados puedan ser empleados como biocombustibles, es importante realizar un proceso de filtrado, por ejemplo, en un emprendimiento en Chile, "Rendering" iniciado en el año 2002; después de retirar el aceite frito del local de sus clientes, su flota de 17 camiones que recolectan hasta 8.000 litros, se dirige a la refinería de la empresa en Lampa. Allí se le quita el agua, se filtra, para eliminar las impurezas de residuos de alimentos de los procesos de fritura y eliminación del agua presente en el residuo, se le mejora el pH y posteriormente se exporta (Patricia Marchetti Michels, 2017). El aceite vegetal usado contiene en promedio un 85% de aceite, 10% es agua con restos de aceite y materia orgánica y 5% lodos (Rojas H. , 2021).

Ya libres de impurezas, los AVU conservan una composición similar a la de otros aceites vegetales, por lo que pueden ser utilizados como materia prima oleoquímica de bajo costo. Tradicionalmente, en los países con gestión de residuos adecuada, la mayor parte de los AVU recolectados (cerca del 90%) se ha utilizado en la producción de biodiésel de uso vehicular y como combustible para calderas. El 10% restante se ha utilizado como materia

prima oleoquímica y como adjunto en alimentos para animales con restricciones de calidad específicas (Vija, 2018).

La producción de biodiesel solo es rentable en grandes volúmenes, y se requieren especificaciones muy estrictas para su comercialización; lo que se traduce en altos riesgos para una implementación industrial sostenible. En consecuencia, la industria oleoquímica busca el desarrollo de productos de alto valor agregado a partir de AVU. Entre estos se destacan productos de alto consumo y de alto valor agregado como los lubricantes, polioles y epóxidos para poliuretanos, resinas alquídicas, ácidos grasos, surfactantes, ácidos carboxílicos de cadena corta, derivados de glicerol, etc. Estos derivados se pueden obtener directamente a partir de los triglicéridos presentes en los AVU, o indirectamente a partir de los ésteres metílicos de ácidos grasos. En el caso de los AVU, existen limitantes técnicas para su transformación en ésteres metílicos, como lo es la presencia de ácidos grasos libres que desactivan los catalizadores alcalinos, y el alto contenido de cadenas insaturadas que genera inestabilidad en los derivados oleoquímicos como solventes o lubricantes (Vija, 2018).

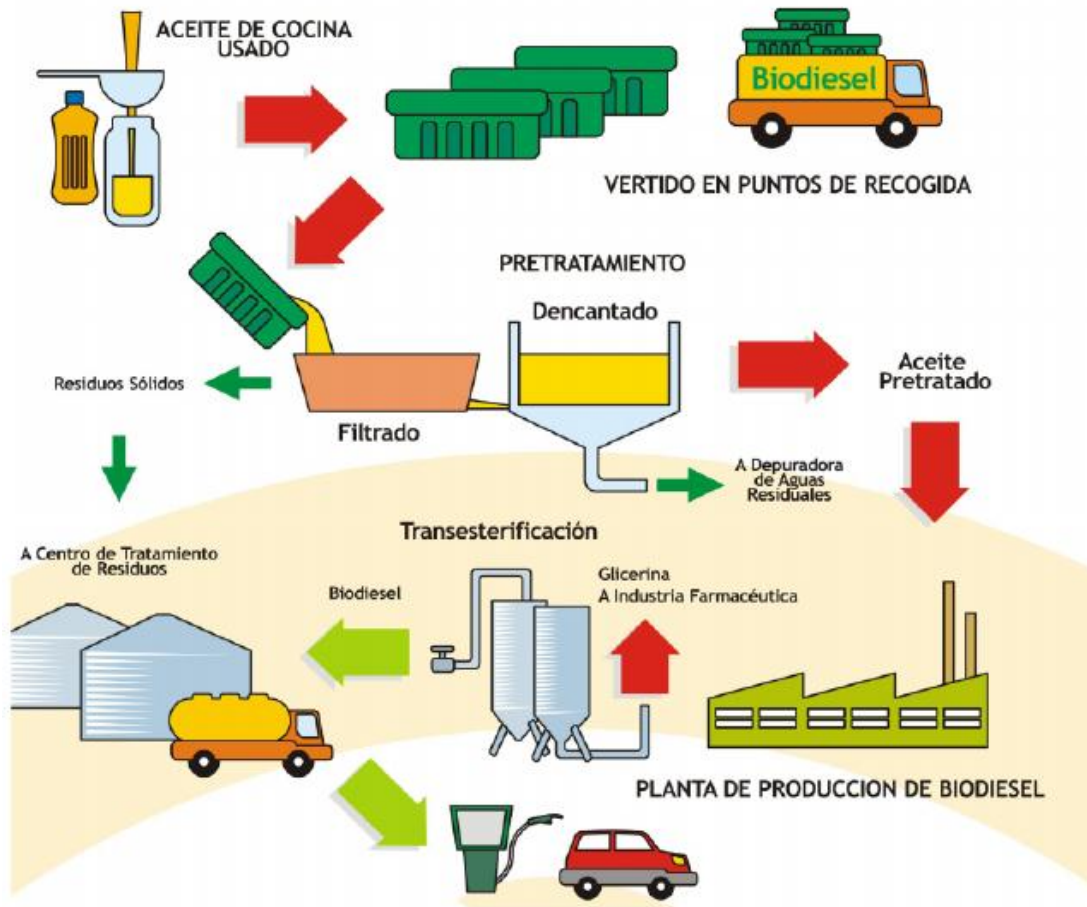
Biocombustibles

El uso de aceites vegetales como combustibles, se remonta al año de 1900, siendo Rudolph Diésel, quien lo utilizara por primera vez en su motor de ignición - compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles (Mendez, 2018). El 31 de agosto de 1937, G. Chavanne de la Universidad de Bruselas, Bélgica, obtuvo la patente por “transformar aceites vegetales para su uso como combustibles”. La patente describía la transesterificación del aceite usando etanol o metanol para separar glicerina de los ácidos grasos y reemplazarla con alcoholes de cadenas cortas. Esta fue la primera producción de biodiesel. Más reciente, en 1977, Expedito Parente, científico brasilero, inventó y patentó el primer proceso industrial de producción de biodiesel (Mendez, 2018).

El proceso más utilizado para la producción de biodiesel es la transesterificación, la cual se refiere a la reacción entre un aceite o grasa y un alcohol en un medio catalizado, para producir ésteres alquílicos de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol o glicerina (Mendez, 2018). La transesterificación es un proceso reversible de transformación de un triglicérido de cadena larga en cadenas de éster más pequeñas en presencia de un alcohol de cadena corta y un catalizador. El primer paso convierte el triglicérido en un diglicérido. En la segunda parte, a partir de los diglicéridos se forman monoglicéridos y finalmente, en la última reacción, tenemos la formación de glicerina a través del monoglicérido formado. En todas las reacciones se producen ésteres. Los catalizadores más utilizados son el hidróxido de sodio (NaOH), también conocido como sosa cáustica o hidróxido de potasio (KOH). A través de los procesos de transesterificación e hidroesterificación, el biodiesel se genera como componente principal y el glicerol como subproducto, teniendo una importancia en los sectores farmacéutico, cosmético, alimentario, de resina y fabricación aditiva (Henrique & Texeira, 2019). En la figura 7 se aprecia el proceso.

Figura 7.

Esquema de Producción de Biodiesel a partir de Aceite de Cocina Usado.

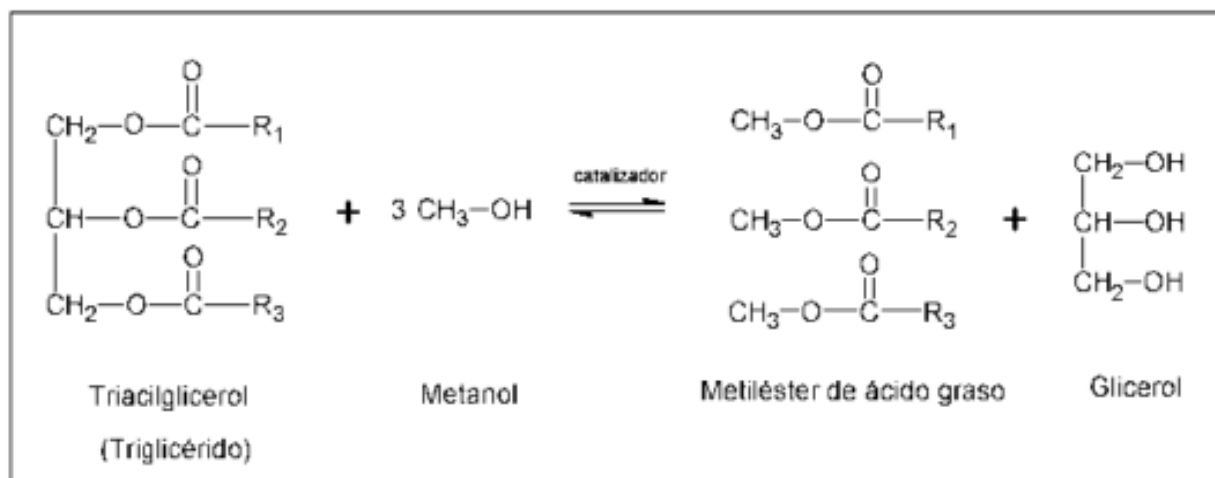


Fuente: Gamez (2009).

La figura 8 muestra la reacción que transforma las moléculas de triglicéridos, grandes y 9 ramificadas, en moléculas de ésteres alquílicos, lineales, no ramificadas, de menor tamaño y muy similar a las del petrodiesel (Mendez, 2018).

Figura 8.

Reacción Química para Obtención de Biocombustible.



Fuente: Mendez (2018).

Lo más importante es que para obtener biodiesel, un combustible fabricado con aceites y grasas animales, es menos contaminante que otros combustibles derivados del petróleo (Twenergy, 2019)

Igualmente se puede realizar la transesterificación a través de la enzima lipasa. La ventaja de la enzima es la capacidad de reutilizarse a medida que se inmoviliza, lo que sirve para una mejor separación del subproducto y el catalizador en el proceso transesterificación. La lipasa inmovilizada puede llevarse a cabo en condiciones leves, produciendo una alta pureza del producto y además puede operar con una materia prima de alto contenido de ácido graso libre, como aceite de cocina residual (Gusniah, Veny, & Hamzah, 2020).

Sin embargo, el biodiesel tiene pobre propiedades operativas a bajas temperaturas y se degrada durante su almacenamiento, generando corrosión en los motores y el desgaste de piezas automotrices. Actualmente se estudian varias soluciones, pero todas son muy costosas (Marchetti, Vasmara, & Fiume, 2019).

Según Rojas H. (2021), la mayor parte de AVU que es procesado en Colombia, no es aprovechado por la industria nacional, sino que se exporta al mercado internacional. Lo anterior obedece en gran parte, a que el mercado potencial (productores de biodiésel) y las

universidades del país cuentan con incipientes programas de investigación, desarrollo e innovación orientados a la producción de biocombustibles a partir de aceite de cocina usado.

En definitiva, en Colombia la producción de biodiésel a partir de AVU se encuentra en una fase investigativa y de pruebas experimentales en plantas piloto. Por esta razón, la producción comercial de este biocombustible emplea principalmente el aceite de palma.

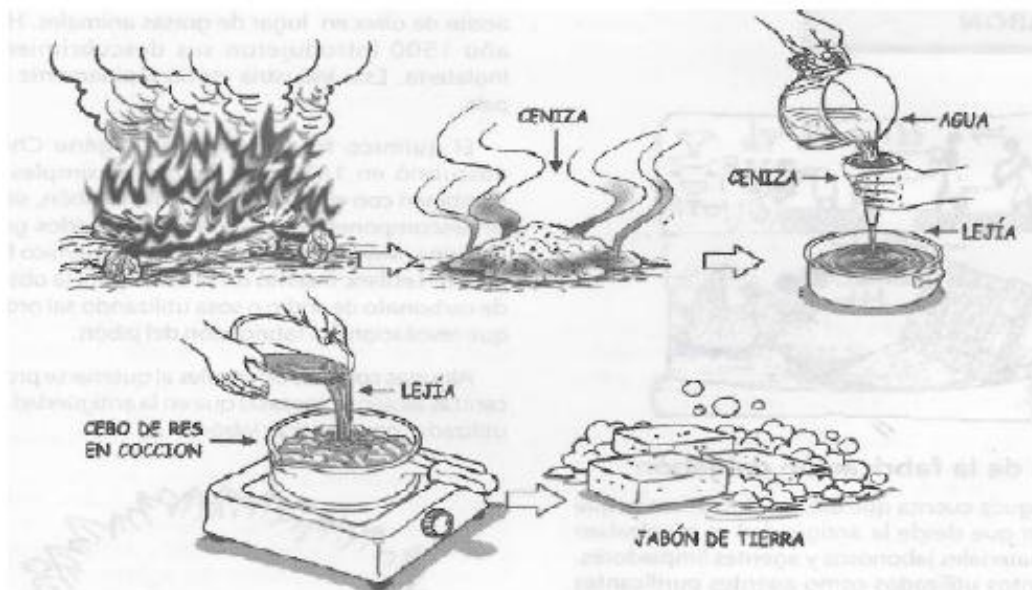
Dada la demanda de Aceite Vegetal Usado en Europa, algunos gestores que realizan la recolección y tratamiento de AVU en Colombia, encuentran en el mercado europeo una oportunidad de negocio para exportar desde Colombia y hacia los productores de biodiesel en Europa. La perspectiva a largo plazo para el AVU es extremadamente positiva, ya que los países miembros de la Unión Europea (UE) buscan eliminar gradualmente los biocombustibles basados en productos agrarios para aumentar los combustibles derivados de desechos.

Jabones

Los inicios del jabón datan de tiempos donde su materia prima básica era la ceniza de corteza de árbol. A medida que paso el tiempo, la materia prima de los jabones se cambió por sebo de animales con ceniza de árbol y a estos jabones se les llama “jabones de tierra” (Gamez, 2009). Se aprecia la figura 9 el proceso de obtención en la antigüedad del jabón.

Figura 9.

Antigua Producción de Jabón de Tierra.



Fuente: Gamez (2009).

El jabón es un agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas animales y/o aceites vegetales, es soluble en agua y por sus propiedades detergentes, se usa comúnmente: en productos destinados a la higiene personal y para lavar determinados objetos o tejidos. Normalmente se presenta en forma de pastilla, en polvo, en crema o en líquido, aunque es sólido en estado natural a temperatura ambiente (Tovar & Ortiz, 2017).

El jabón es una mezcla de varios productos químicos unidos por dos materias primas principales y una reacción química, siendo estos factores determinantes en sus propiedades. Los triglicéridos que son los aceites, las grasas, el sebo, los ácidos grasos y las resinas son de gran importancia en las propiedades de los jabones, influyen directamente en la solubilidad y dureza, y el hidróxido de sodio que sin ello no se produciría la reacción química, la saponificación (Caobianco, 2015). La saponificación, consiste en la formación de sales de sodio y potasio de ácidos carboxílicos de cadena larga, a partir de la hidrólisis alcalina de grasas naturales, que son ésteres de ácidos carboxílicos de cadena larga. En general, la hidrólisis de

un éster en una disolución básica se llama saponificación, porque proviene de la palabra en latín “sapo” que significa jabón (Castillo, 2017). En la figura 10 se observa jabones producidos a partir de aceite de cocina usado.

Figura 10.

Jabones Producidos con Aceite de Cocina Usado



Fuente: Fogaça (2018).

Betún y Velas

La fabricación de betún es un proceso químico que resulta de la interacción de los siguientes productos: ceras, aceites, grasas, pigmentos y disolventes. Estos productos se calientan y se mezclan para obtener la proporción adecuada. Luego de la mezcla, se vierte dentro de recipientes, para así, lograr un cambio en su estado: pasa de líquido a sólido. Posterior a ello, el betún se encuentra listo para su comercialización (Tovar & Ortiz, 2017).

Por el lado de las velas, en la ciudad de Cali una estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente recibió apoyo para su proyecto de grado; elaboración de velas con aceite de cocina utilizado en cafeterías. Su proyecto se desarrolló en el laboratorio

de Bioprocesos de la Universidad en donde realizaron análisis y pruebas que permitieron la obtención de velas con aroma y color que duran hasta 33 horas (El País, 2021).

Surfactantes

Los surfactantes son compuestos usados en una gran variedad de productos de limpieza por su capacidad para reducir la dureza superficial del agua. En esencia, hacen que las moléculas sean más resbaladizas, por lo que es menos probable que se adhieran entre sí y es más probable que interactúen con el aceite y la grasa (ChemicalSafetyFacts, 2020). Los surfactantes o tensoactivos son sustancias anfífilas, es decir, tienen afinidad polar y apolar en la misma molécula. La parte polar está formada por elementos como O, S, N, P, los cuales aparecen en grupos funcionales como alcohol, éter, éster, ácido, sulfato, sulfonato, fosfato, amina, amida, entre otros. La parte apolar está compuesta en general por hidrocarburos parafínicos o aromáticos; como consecuencia, tienen afinidad por los solventes polares, específicamente el agua, y por los solventes orgánicos, en particular los hidrocarburos, aceites o grasas (Tovar & Ortiz, 2017).

En el Centro de Innovación de Materiales y tecnología del instituto de investigación de desechos peligrosos de Texas, se produjo biosurfactantes a partir de aceite vegetal usado en cámara anódica de una electrostática microbiana. Se investigó la pila de combustible MFC (Microbial Fuel Cell) con producción de energía eléctrica. Fue necesario hasta 10ml/L de aceite vegetal usado con un cultivo bacteriano aclimatado, *Serratia sp.* en cámara anódica. La producción de biosurfactantes y el crecimiento bacteriano en la cámara anódica se comparó con un reactor discontinuo de agitación continua. Hasta 3.05 g/L de biosurfactante se produjo en la solución anódica y se alcanzó una reducción de la tensión superficial a 25,2 mN / m después de 7 días de operación del MFC (Liu, Vipulanandan, & Yang, 2018).

Más allá de los jabones y detergentes, los surfactantes se usan en lubricantes, tintas, líquidos antiempañamiento, herbicidas, adhesivos, emulsionantes y suavizantes de tejidos.

Incluso el cuerpo humano produce surfactantes, conocidos como surfactantes pulmonares. Los pulmones producen surfactantes a nivel celular para el proceso de respiración y ayudan a mantener las vías respiratorias abiertas. Los surfactantes que se añaden a los productos de limpieza, como detergentes, permiten que el detergente se mezcle con el agua y ayudan a los agentes de limpieza a eliminar la suciedad de la superficie. Sin surfactantes, los jabones no se mezclarían con el agua, sino que se deslizarían, lo que dificultaría el proceso de limpieza.

Los surfactantes también se utilizan como ingrediente en cremas hidratantes, como la crema de afeitar, y permiten a las maquinillas de afeitar eliminar fácilmente la barba incipiente y disminuir la irritación. Los surfactantes que se añaden a los lubricantes del motor de un automóvil evitan que las partículas se adhieran a las piezas del motor, y permiten que las partes se muevan con facilidad y que el vehículo funcione bien (ChemicalSafetyFacts, 2020).

Biogás

El biogás es una de las fuentes alternativas más utilizadas para la producción de energía renovable. Es el resultado de la descomposición en la ausencia de oxígeno (un proceso llamado digestión anaerobia) de varias sustancias orgánicas, por una gran cantidad de bacterias. La energía contenida en los enlaces químicos se libera y se almacena principalmente en el metano (CH_4), que, junto con el dióxido de carbono (CO_2) es el principal componente del biogás. Las otras sustancias, presentes en porcentajes más bajos, son monóxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno. El biogás tiene un alto valor calorífico y se puede convertir en electricidad y calor. La fermentación permanece en un digestato, que es un material líquido totalmente inodoro con un alto valor agronómico, con características mejoradas en comparación con el material de partida. El biogás se identifica por la UE entre las fuentes de energía renovables no fósiles que pueden proporcionar no sólo la energía autosuficiente, sino

también la reducción gradual de la situación actual de la contaminación del aire y por lo tanto el efecto invernadero (IESBIOGAS, 2019).

La producción de biogás es una solución prometedora debido al alto rendimiento de biogás en las grasas y aceites. De hecho, el máximo teórico de CH₄ producido por lípidos es 990 ml/g, es decir 1,7 veces mayor que la cantidad de CH₄ esperada de los carbohidratos y 1,5 veces que las proteínas. Sin embargo, la producción de biogás usando solamente el aceite de cocina residual como única fuente de energía presenta restricciones biológicas. Lo más importante es su alta concentración de lípidos y su bajo contenido de nitrógeno (Marchetti, Vasmara, & Fiume, 2019).

Oportunidad de Negocio

Uno de los objetivos de la monografía es exponer las oportunidades que se pueden generar en este mercado de connotaciones ambientales, alimentario, cosmético, farmacéutico, energético, etc. Por ejemplo, los jabones, después de la pandemia del AH1N1, los consumidores empezaron a comprar con más frecuencia los jabones líquidos. Este producto tuvo una tasa de crecimiento del 25% entre 2009 y 2010 y casi del 96% entre el año 2005 y 2010. Según los datos proporcionados por la base de datos Euromonitor International, las ventas de jabón líquido en el año 2010 fueron 42 billones de pesos (Molina, 2012). En 2020 una investigación revela que los colombianos están demandando cada vez más los jabones líquidos tanto de manos como de ducha. Pues en ambos casos los volúmenes han tenido aumentos de dos dígitos (23,6% y 50,1%, respectivamente) (Portafolio, 2020).

Actualmente, en un comportamiento internacional se aprecia un crecimiento en la demanda de estos productos de limpieza. En el caso Argentino, ante la emergencia sanitaria decretada por el Gobierno nacional por la pandemia del coronavirus y, en consecuencia, el aislamiento social preventivo y obligatorio, las empresas fabricantes de artículos de higiene personal subieron un 40% la producción de jabones de tocador, motivados por la demanda

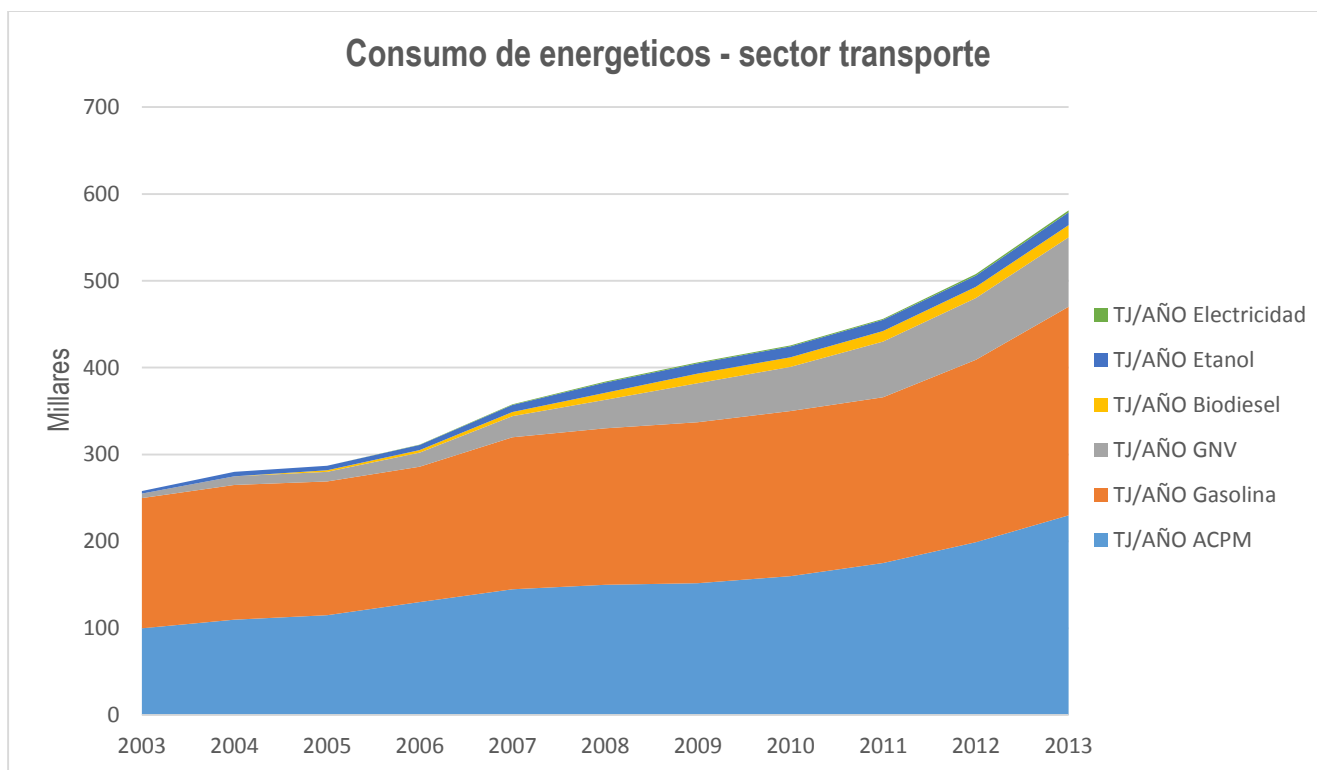
masiva de los elementos de limpieza y desinfección. Especialistas del sector advierten sobre la necesidad de mantener la faena de ganado para garantizar el sebo, la materia prima para elaborar el jabón, y los demás productos derivados de la grasa animal. En las últimas semanas, la demanda de insumos para su producción se incrementó cerca del 20%. Dado que los productos de higiene personal son requeridos para prevenir el contagio del Covid-19, las compañías que elaboran jabones de tocador registraron una subida en la producción de más del 40% desde que se presentaron los primeros casos del virus en el país. Por su parte, la Secretaría de Comercio instó a las empresas que fabrican productos de higiene personal a acelerar su producción y garantizó que no habrá faltante de materia prima (sebo).

Desde Unilever confirmaron a LA NACION que, en época de pandemia, la capacidad de producción de todas sus plantas llegó al 100% para poder abarcar el mercado local. "En este momento, estamos en nuestra capacidad máxima productiva, esto nos va a garantizar la disponibilidad de productos de higiene y cuidado personal", indican desde la firma (Martinez, 2020).

En otro caso, se aprecia en la Figura 11 la distribución del consumo de combustibles en el sector calculada a partir de la información reportada por el Ministerio de Hacienda (combustible que paga el impuesto a la sobretasa) en el caso de combustibles líquidos, la Federación Colombiana de Combustibles (Fedebio-combustibles), y Concentra para el caso del gas natural vehicular (GNV). Esta distribución incluye la electricidad usada en el sector, que son alrededor de 65GWh correspondientes a los consumos del metro de Medellín y del Tren de la Sabana que opera Acerías Paz del Rio desde 2004, y que representa el 0,06% de la energía usada actualmente. Aunque sabemos que hay gas licuado del petróleo (GLP) que es usado como autogas en los vehículos de la flota de distribuidores de este combustible, la información del consumo no ha sido cuantificada (Garcia, Obando, Martinez, & Diaz, 2014).

Figura 11.

Distribución Histórica Del Consumo De Energéticos En El Sector Transporte



Fuente: Garcia, Obando, Martinez & Diaz (2014).

Como se puede concluir en dos casos (cosmético y energético) la demanda está creciendo debido a factores de población y otros como la pandemia de Covid-19, estamos en un momento clave para aprovechar este residuo y transfórmalo en un producto de alto valor.

Marco Normativo

Con el fin de dar un manejo adecuado a la gestión de los aceites vegetales usados, algunos países han logrado a partir de la reglamentación normativa, generar disposiciones que propenden por el adecuado manejo del aceite de cocina usado desde la generación del mismo, la recolección, el aprovechamiento y la disposición final con el fin de reducir y mitigar los impactos que se puedan generar al medio ambiente a los recursos agua y suelo, y en la salud humana por la mala disposición del residuo (Rojas H. , 2021).

Ámbito Internacional

El recorrido del principio del desarrollo sostenible que está consagrado en la Constitución tiene origen en el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro Futuro Común” en el año 1987. Antes de este informe, en el año 1972, en la Declaración de Estocolmo, el principio dos habló en otros términos, pero bajo la misma premisa del desarrollo sostenible, cuando habla de preservar todos los elementos que componen el medio ambiente en beneficio de las generaciones presentes y futuras. Posteriormente, en el año 1992, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como Declaración de Río, el principio tiene mayor visibilidad y debate a escala mundial. Esta declaración es la muestra de ello, porque es recurrente a lo largo de los 27 principios declarados en los que el desarrollo sostenible se convierte en el eje transversal de las acciones en los ámbitos nacional e internacional y busca ser el norte de las actuaciones de todos los Estados del planeta. El principio tres de la Declaración consagra explícitamente la esencia de este principio, así: “El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”. Posteriormente en el año 2000, 189 jefes de Estado y de Gobierno firmaron la Declaración del Milenio, y se comprometieron a trabajar juntos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el contexto de la Organización de las Naciones Unidas. Entre estos objetivos está el número 7 que consagra “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” (Restrepo, 2012).

En la siguiente tabla (Tabla 5) se puede apreciar un recuento a nivel mundial de iniciativas para promover, cuidar y vigilar la fauna y flora, además de promocionar el AVU como materia prima para aprovecharlo en producciones.

Tabla 5

Normas a Nivel Mundial sobre AVU.

País	Decreto/Ley/Norma
	Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, dentro de sus objetivos plantea que “antes de 2020, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, bioresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso”.
España	Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015 (PNIR): Promueve la recogida separada de residuos de aceites vegetales.
	Política Energética Europea: objetivos de producción de energía renovables a través de la producción de biocombustibles, sistemas de recolección municipales y para grandes generadores.
	Convenio pactado el 18 de diciembre de 2014 con la Federación Española de Hostelería y la Asociación de Gestores de Residuos de Aceites, en donde se plantean compromisos para una buena gestión de estos residuos.
	Decreto Supremo N° 609/98 MOP: Prohíbe el vertimiento de aceites de cocina usados en el desagüe.
Chile	Resolución Exenta N° 4808 SAG: Prohíbe la alimentación de animales con AVU
	Ley Nacional de Promoción de los Biocombustibles: Promueve el AVU como materia prima para producir biocombustibles.
	PlanBio del año 2008: programa para la recolección y reciclado del aceite vegetal usado involucrando la comunidad educativa como entes de recepción del residuo proveniente de restaurante y diferentes generadores.
Argentina	Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires del año 2009: Ley de regulación, control y gestión de aceites vegetales y grasas de fritura usados.
México	NADF012-AMBT-2015 del año: Norma ambiental para el distrito federal que establece condiciones y especificaciones técnicas para el manejo integral de grasas y aceites de origen animal y/o vegetal residuales en el territorio de la ciudad de México. En esta norma se establecen criterios y especificaciones técnicas para generadores de los residuos, para la recolección y transporte y para centros de acopio o recicladores. En adición, dispone un apartado para el fomento de gestión integral de manejo integral de grasas y aceites de origen animal y/o vegetal residuales de origen domiciliario

Fuente: Murcia (2019).

Ámbito Nacional

En un aspecto general se resaltan las normas en cuanto al aprovechamiento de aceite vegetal usado, incluyendo sus fases iniciales de producción, transporte y disposición final. Inicialmente se resalta en la Constitución Política de Colombia de 1991, en el título II “De los derechos, las garantías y los deberes” y el capítulo III “De los derechos colectivos y del ambiente”, en los artículos 79 y 80, además de CONPES, acuerdos y resoluciones. Como reza el Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. Y en el caso del artículo 80; El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (Constitucion Política de Colombia, 1991).

Se tienen políticas públicas directas, como la política ambiental de Colombia (CONPES 2544 de 1991) y unas indirectas (CONPES 3510 de 2008) y otras colaterales (como las decisiones que se toman en torno a las políticas del sector agropecuario y las políticas del sector salud), que la sociedad no alcanza a visualizar por desconocimiento de lo que es una política pública expresa, y por tanto al verificar los documentos CONPES o las normas jurídicas (leyes, decretos, resoluciones, circulares) se miran en forma aislada, sin verificar que para ello se tiene un contexto que permita determinar de una manera clara la existencia de esas políticas (Mejía, 2012).

En la siguiente tabla se observa un compendio normativo a nivel nacional.

Tabla 6

Normas a Nivel Colombiano sobre AVU

Normatividad	Objeto	Referencia
Resolución 2154 de 2012	"Por medio de la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el consumo humano y se dictan otras disposiciones".	(INVIMA, 2012)
Acuerdo 634 del 30 de diciembre de 2015, Concejo de Bogotá	"Por medio del cual se establecen regulaciones para la generación, recolección y tratamiento o aprovechamiento adecuado del aceite vegetal usado y se dictan otras disposiciones"	(Murcia, 2019)
Concepto 00166 de 2016, Secretaria Distrital de Ambiente	Concepto Jurídico respecto de la aplicación y competencias previstas en el Decreto 634 de 2015 concluyendo que es viable jurídicamente que la Dirección de Control Ambiental efectúe el seguimiento y control de las disposiciones señaladas en el mencionado Acuerdo.	(Murcia, 2019)
Resolución 316 de 2018	Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras que aplican a los productores, distribuidores y comercializadores de aceites vegetales comestibles, generadores (industriales, comerciales y servicios) y gestores de Aceite de Cocina Usado (ACU), que realizan actividades de recolección, tratamiento y/o aprovechamiento de aceites de cocina usados, dentro del marco de la gestión y cumpliendo con los requerimientos de la normativa vigente	(MADS, 2018)
Acuerdo 165 del 2015	por medio del cual se establecen regulaciones para la generación, recolección y tratamiento o aprovechamiento del aceite vegetal usado, donde se especifican las obligaciones del generador del residuo	(Vargas & Valderrama, 2017)
Resolución 0631, artículo 12	En cuanto a la normatividad para valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público se contempla la resolución 0631 en su apartado para el sector de elaboración de productos alimenticios y bebidas. Donde se resalta un nivel máximo permisible de (20 mg/L) para el parámetro de grasas y aceites en la actividad de elaboración de productos alimenticios y bebidas	(Mendez, 2018)

Como se aprecia en la Tabla 6, la legislación colombiana aun es débil en cuanto al desarrollo de políticas, manuales y procedimientos de gestión de AVU de vendedores informales, razón por la cual, los apartados de ciclo de vida de la Norma ISO 14001 de 2015

aún no se cumplen a cabalidad, de igual forma, no hay evidencias de legislación que promueva el AVU como materia prima para la generación de biodiesel. En los últimos años, se han conformado empresas privadas dedicadas a la recolección de estos residuos en el hogar, sector hotelero, restaurantes y colegios, con el fin de procesarlo y comercializarlo en el sector de biodiesel, es preciso destacar que estas empresas exportan el producto a Europa, lo que significa un retroceso en el cumplimiento de los ODS (Objeto y metas de desarrollo sostenible) 2030. En concreto, la producción de biodiesel en nuestro país se encuentra en una fase investigativa (Murcia, 2019).

Hasta el primer trimestre de 2018 no existía en Colombia una política para dejar de desechar este residuo por la tubería. A partir de esta fecha el Ministerio de Ambiente emitió la Resolución 0316 de 2018, en la que regula el reciclaje de este residuo para empresas y grandes complejos industriales, la cual será aplicada progresivamente como fecha máxima hasta el año 2025 (Espectador, 2018). Las disposiciones consignadas en la Resolución 316 de 2018 buscan la implementación de un modelo de economía circular que promueva el aprovechamiento del aceite de cocina usado como materia prima para la producción de nuevos productos, como: aditivos de caucho, jabones, poliuretano, surfactantes, lodos de perforación, tintas para artes gráficas, ceras, velas y resinas entre otros. El principal aprovechamiento de este aceite en Colombia, es utilizarlo como materia para producir Biodiesel.

Dentro de los actores a los que aplican las disposiciones de la resolución se encuentran: productores, distribuidores y comercializadores de aceites vegetales comestibles, generadores (domiciliarios), generadores (industriales, comerciales y servicios), gestores de aceite de cocina usado (ACU), municipios y autoridades ambientales competentes. Sin embargo, las obligaciones dispuestas a los municipios, los productores de AVU y los comercializadores con respecto a estrategias de comunicación y educación, brindar información sobre la importancia de tener un manejo adecuado de los ACU y promover campañas de educación, cultura y

sensibilización, son determinantes para la efectividad en el logro de las acciones encaminadas a la reducción de los impactos ambientales y al aprovechamiento del residuo.

Análisis de la Información

La principal inquietud a responder con la presente monografía se centra en identificar los procesos de aprovechamiento para el aceite vegetal usado con el objetivo de impactar positivamente en el medio ambiente. Por lo cual se estableció una búsqueda bibliográfica sistemática, que consiste en la implementación de un método de exploración en un conjunto de bases de datos científicas, documentos, páginas web o repositorios, previamente establecidas a nivel nacional y mundial, cuyas publicaciones contengan información pertinente y confiable sobre el tema en cuestión y de esta manera los datos de interés para el estudio.

Debido a que Colombia es un país en vía de desarrollo, la adecuada disposición de los residuos no es una necesidad primaria, por lo tanto, las alternativas de gestión para el aceite de cocina usado son desconocidas para la mayoría de la población. A pesar de existir una normativa ajustada a las necesidades (aunque muy retardada), los ciudadanos no están informados sobre la disposición y el aprovechamiento de este residuo, que es considerado peligroso.

Aprovechando el momento, donde el concepto de Economía Circular está en auge, es imperioso realizar una campaña a nivel nacional en lugares como; colegios, universidades, oficinas, empresas, en los barrios, en sitios de alto tráfico, etc. En donde se eduque sobre la adecuada disposición informando de los beneficios que eso genera. Se puede observar en el artículo de Semana (2017), que existen varios operadores de recolección en diferentes ciudades del país.

Además, es posible que el aceite vegetal usado, sea aprovechado por comunidades vulnerables generando emprendimientos (para esto es necesario un acompañamiento de instituciones educativas, bancos, ONG e institutos descentralizados). Se debe tener presente que Colombia es un país con una gran biodiversidad apreciada a nivel mundial, por ende, debemos propender por cuidarla y sostenerla. Por ejemplo en la Ciudad de Cali se realizó un estudio en donde concluyo, que la población de cuatro barrios necesita ser informada acerca

de los impactos que genera darle una inadecuada disposición al aceite de cocina usado, ya que solo el 60,7% tiene conocimiento de algunos impactos pero escasamente (Burbano & Vargas, 2013).

Es importante, que dentro de la campaña se informe de los peligros (ambientales y salud) de comprar los aceites en sitios de dudosa reputación porque existen carteles que compran los aceites usados, los maquillan y los envasan para consumo humano, sabiendo que este residuo pone en peligro la salud humana, además también lo utilizan para consumo animal. Por otro lado, este no es un tema solo de ámbito ambiental, sino que se puede ver como una oportunidad de negocio. En la actualidad la demanda de energía y productos de limpieza van en alza, este componente se puede aprovechar y generar ganancias para sus emprendedores. Adicional se debe velar por una logística eficiente de recolección y/o abastecimiento, debido a que es uno de los principales obstáculos en los emprendimientos, por su alto costo y dificultad. Se evidencio que en Taiwán declararon oficialmente al AVU como recurso reciclable obligatorio desde 2015, mostrando que las cantidades recaudadas de los sectores comerciales aumentaron significativamente de 1599 toneladas en 2015 a 12.591 toneladas en 2018 (Tsai, 2019).

La idea es generar políticas públicas por parte del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible o por las llamadas corporaciones autónomas regionales en donde se generen incentivos (como reducción de impuestos, facilidad de acceso a créditos, capacitaciones, etc.) a este tipo de emprendimientos para que sea algo masificado, además de agrupar a los centros comerciales, colegios, universidades y/o conjuntos residenciales para que sirvan como sitios de recolección de este residuo con el fin de ser recogidos por las empresas emprendedoras, reduciendo su costo de logística, que es su mayor obstáculo, para ser procesado y comercializado como materia prima y/o como producto, según lo dicho por Miranda (2021) y Tejada (2021).

A modo personal, lo trascendental de esta iniciativa es cuidar el recurso más importante para la vida, el agua, y por consiguiente la salud tanto humana como animal porque adicional se evitaría que este residuo llegara a los llamados “carteles de los aceites”.

Conclusiones y Recomendaciones

El sector de energías verdes a partir de residuos urbanos, debería ser incentivado y recibir aportes financieros como impulso al progreso y sostenibilidad, y ser apoyado con políticas y legislaciones que lo amparen.

Las corporaciones autónomas regionales, como la CVC y el ministerio del medio ambiente, deberían realizar un mejor control al cumplimiento de la norma en las unidades económicas, con el fin de que se le dé una mejor disposición final al aceite vegetal usado.

Generar campañas educativas en donde se informe de los peligros asociados (salud y ambiental) de comprar aceites usados y de su desecho de forma inadecuada, labor que puede ser liderada por las instituciones educativas (colegios y universidades).

Actualmente, la logística de recolección, especialmente en los hogares, genera grandes problemas para este sector, por lo cual, una buena alternativa sería la implementación de puntos de acopio en los centros comerciales, conjuntos residenciales y supermercados más frecuentados por la población.

El gobierno nacional debería generar políticas claras que incentiven la producción de Biodiesel a partir de Aceite de Cocina Usado en el país. Evitando que la mayoría de AVU sea exportado hacia otros mercados.

Referencias

- Asograsas. (2016). *Asograsas*. <http://www.asograsas.com/>
- Benavides, A. (2017). *Evaluación de diferentes estrategias de recolección de aceite usado de cocina para producir biodiesel en la ciudad de Cali*. Cali.
- Biogras. (2020). *Biogras*. <https://biogras.com.co/avu/aceite-vegetal-usado/>
- Burbano, N. S., & Vargas, M. (2013). *Diseño de las estrategias de recolección del aceite de cocina usado para su reutilización en la producción de biodiesel en cuatro barrios de la ciudad de cali*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Caobianco, G. (2015). *Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos*. Sao Paulo.
- Carnevale, E., Molari, G., & Vittuari, M. (2017). *Used Cooking Oils in the Biogas Chain: A Technical and Economic Assessment*. Bologna.
- Castillo, M. M. (2017). *Saponificación: Una propuesta didáctica para el aprendizaje significativo del concepto de cambio químico*. Bogota, Universidad Nacional de Colombia.
- ChemicalSafetyFacts. (2020). *ChemicalSafetyFacts.org*.
<https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/surfactantes/>
- Constitucion Politica de Colombia. (1991).
- Davila, A. K. (2017). *Aprovechamiento de desperdicios y residuos generados en la elaboración de alimentos y bebidas en la microempresa "la huerta de la abuela" para el procesamiento de subproductos mediante la aplicación de producción más limpia*.
- El Pais. (25 de Abril de 2021). Aceite de cocina para hacer velas. pág. B7.
- Ellen Macarthur Foundation. (2017). *Ellen Macarthur Foundation*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>
- ENIG, M. G. (1991). *Fedepalma*.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/300/300/>

- Espectador. (2018). *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/ya-es-posible-reciclar-el-aceite-de-cocina-usado-en-colombia-articulo-744117>
- Fogaça. (2018). *Brasil Escola*. <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reciclagem-oleo-cozinha-usado.htm>
- Gamez, A. (2009). *Gestion del Aceite usado en el Valle de aburra*.
- Garcia, C., Obando, C., Martinez, W., & Diaz, C. (2014). *Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia*. Bogota.
- Garner, K. (2018). *Recycled Cooking Oil*. Malaysia.
- Gomez, J. (2018). *Proceso de recolección de aceite vegetal usado en la corporación de abastos de Bogotá S.A.*
- Gonzalez, I., & Ubierna, J. A. (Abril de 2015). *Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia*.
<http://residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>
- Gusniah, A., Veny, H., & Hamzah, F. (2020). *Activity and Stability of Immobilized Lipase for Utilization in Transesterification of Waste Cooking Oil*. Malaysia.
- Henrique, L., & Texeira, R. (2019). *Análise dos processos de transesterificacao e hidroesterificacao na producao de biodiesel*. Minas Gerais.
- Horrach, J. (2018). *iresiduo*. <https://iresiduo.com/blogs/juan-mateo-horrach/residuos-aceite-cocinar-y-impacto-ambiental>
- IESBIOGAS. (2019). *IESBIOGAS*. <http://www.iesbiogas.it/es/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-biog%C3%A1s/527>
- Infoalimentos. (2020). *Infoalimentos; Consejo Argentino sobre seguridad de alimentos y nutricion*. <http://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/262-las-grasas-trans>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2008). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*.
<https://www.inti.gob.ar/>

INVIMA. (2012). *INVIMA*.

<https://www.invima.gov.co/documents/20143/441425/r+2154+de+2012+a+y+g+pdf.pdf/b0abb90-f383-c47d-9fa0-ab4d0c53172b>

Iñigo, G. C. (2017). <http://residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>

Juárez, M. D., & Sammán, N. (2007). *Rev Esp Nutr Comunitaria*.

<https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>

LibreTexts Chemistry. (18 de Junio de 2020). *LibreTexts*.

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Book%3A_The_Basics_of_GOB_Chemistry_\(Ball_et_al.\)/17%3A_Lipids/17.03%3A_Fats_and_Oils](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Book%3A_The_Basics_of_GOB_Chemistry_(Ball_et_al.)/17%3A_Lipids/17.03%3A_Fats_and_Oils)

Liu, J., Vipulanandan, C., & Yang, M. (2018). *Biosurfactant Production from Used Vegetable Oil in the Anode Chamber of a Microbial Electrosynthesizing Fuel Cell*. Texas.

MADS. (2018). *Ministerio de Ambiente*.

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3673-ministerio-de-ambiente-reglamenta-disposicion-de-aceites-de-cocina-usados-en-el-pais>

Mannu, A., Ferro, M., Enrica, M., & Mele, A. (2019). *Innovative applications of waste cooking oil as raw material*. Milan.

Marchetti, R., Vasmara, C., & Fiume, F. (2019). *Pig slurry improves the anaerobic digestion of waste cooking oil*. Alemania.

Martinez, B. (30 de Marzo de 2020). Coronavirus. Fabricantes de jabón aumentan un 40% la producción por la alta demanda. *La Nacion*.

Medina, L. E. (2019). *Radio Santafe*. <http://www.radiosantafe.com/2019/07/25/colombia-primera-productora-en-america-en-aceites-y-grasas/>

Mejía, J. I. (2012). *Aceites vegetales usados y principios del derecho ambiental*.

Mendez, M. A. (2018). *Estudio de la viabilidad ambiental y económica del aprovechamiento de aceite vegetal usado (AVU) proveniente de cocinas comerciales del centro de Villavicencio como insumo para la elaboración de biodiesel en el Meta*.

- Miranda, R. (Enero de 2021). Eco Urbano. (J. Ojeda, Entrevistador)
- Molina, A. (2012). *Plan de negocio para la produccion y comercializacion de jabon liquido de tocador a partir de residuos de aceite usado de cocina*. Bogota.
- Murcia, Z. (2019). *Propuesta de uso de bioaceite para vendedores informales desde la perspectiva del ciclo de vida de la ISO 14001:2015*.
- Panadare, D. C., & Rathod, V. K. (2015). *Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel: A Review*. Mumbai.
- Patricia Marchetti Michels. (2017). *Emol*.
<https://www.emol.com/noticias/Economia/2017/06/06/861524/Biocombustible-a-base-de-aceite-de-fritura-usado-El-nuevo-producto-que-Chile-exporta-a-Europa.html>
- Portafolio. (8 de Octubre de 2020). *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/por-la-pandemia-el-jabon-liquido-destrona-al-de-barra-545484>
- Ramírez, A. E. (2017). *Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud*.
- Restrepo, J. E. (2012). *El desarrollo sostenible y el reciclaje del aceite usado de cocina a la luz de la jurisprudencia y el ordenamiento jurídico colombiano*.
- Rojas, E. (Enero de 2021). Buenas Practicas freido. (E. T. Salud, Entrevistador)
- Rojas, H. (2021). *Caracterizacion de la Logistica de Recoleccion, Tratamiento y Exportacion de Aceite de Cocina Usado en Colombia*. Bogota: Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano.
- Ruralnet. (2019). *Ruralnet*. <https://ruralnet.com.ar/mercado-mundial-aceites-vegetales-situacion-actual-y-perspectivas/>
- Sanaguano, H. (2013). *Aprovechamiento de aceites comestibles usados del canton Guaranda, elaborando jabones empleando dos métodos exotérmico y endotérmico, para reducir la contaminación ambiental*.

- Semana. (2017). <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/aceite-de-cocina-usado-como-botarlo-y-reciclarlo-en-colombia/38474>
- Sigra. (2019). <https://sigra.com/2015/07/21/aceites-vegetales-usados-lo-que-debe-saber-sobre-su-manejo/>
- Sustainability Guide. (2018). *Sustainability Guide*.
<https://sustainabilityguide.eu/sustainability/circular-economy/>
- Tejada, J. (Enero de 2021). BIOPRAVU. (J. Ojeda, Entrevistador)
- Tejedor, A. S. (2017). *Tecnología de grasas, aceites y ceras*.
<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-02.php>
- Torres, J. A. (2011). *Bio-detergente derivado de aceite usado de fritura*.
- Tovar, C. T., & Ortiz, A. V. (2017). *Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura*.
- Tsai, W.-T. (2019). *Mandatory Recycling of Waste Cooking Oil from Residential and Commercial Sectors in Taiwan*.
- Twenergy. (2019). *Twenergy*. <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/reciclaje/la-importancia-de-reciclar-el-aceite-de-cocina-128/>
- Valenzuela, A., & Morgado, N. (2005). *Scielo*.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000200002
- Vargas, M., & Valderrama, D. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de jabón detergente a base de aceite de cocina usado en la ciudad de Cali*. Cali: Universidad Javeriana.
- Vija, L. A. (2018). *Reutilización de aceites de cocina usados en la producción de aceites epoxidados*.
- Zábala, C. C., Torres, B. C., & Zárate, M. V. (2016). *Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial*. Bogotá.

Zamora, A. (2020). *Scientific Psychic*. <https://www.scientificpsychic.com/fitness/aceites-grasas.html>