

Biogeneración de energía utilizando un residuo

Biogeneration of energy using a waste

BAUTISTA-VARGAS, María Esther*†, GARCÍA-NAVARRO, Josefina, ALTAMIRANO-DEL ÁNGEL, David Judiel y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío

Universidad Politécnica de Altamira, Ingeniería en Energía, Nuevo Libramiento Altamira Km. 3, Santa Amalia, 89602 Altamira, Tamaulipas, México

ID 1^{er} Autor: *María Esther, Bautista-Vargas* / ORC ID: 0000-0002-0857-3888, Researcher ID Thomson: K-8125-2018, CVU CONACYT ID: 380282

ID 1^{er} Coautor: *Josefina, García-Navarro* / ORC ID: 0000-0002-7966-7849, Researcher ID Thomson: S-6921-2018, CVU CONACYT ID: 170015

ID 2^{do} Coautor: *David Judiel, Altamirano-Del Ángel* / ORC ID: 0000-0001-8363-9149, Researcher ID Thomson: S-6937-2018

ID 3^{er} Coautor: *Rocío, Zumaya-Quñones* / ORC ID: 0000-0002-0857-3888, Researcher ID Thomson: S-7838-2018, CVU CONACYT ID: 173205

Recibido 23 de Septiembre, 2018; Aceptado 12 de Noviembre, 2018

Resumen

La problemática del Cambio Climático ha generado el incremento de la contaminación atmosférica, causada por el uso desmedido de combustibles fósiles, cuyo impacto ambiental ha sido negativo. Otra problemática, es la contaminación del recurso hídrico, debido a diferentes fuentes que vienen desde la industria hasta el doméstico. Un aceite quemado de cocina tirado por la cañería representa daños irreparables. Es por ello, que el objetivo es el análisis del uso de bioenergéticos como solución a estas problemáticas y la obtención de biodiesel a partir de aceite desechado. Como resultados se puede decir que la Comisión Reguladora de Energía es la que promueve el uso de bioenergéticos. Lo cual brinda una amplia gama de oportunidades para el desarrollo y uso de un biocombustible. La producción de Biodiesel, a través del proceso de transesterificación utilizando aceite de cocina desechado, genera dos soluciones: minimizar el uso de diésel y el dar uso a los desechos de aceites de origen vegetal o animal de fuente doméstica. Sin embargo, el uso de un residuo no se ha promovido adecuadamente. La generación de bioenergéticos es una oportunidad, buscando enlazarlos a otras soluciones.

Aceite desechado de cocina, RAUC, Bioenergéticos, Contaminación, Biodiesel

Abstract

The problem of Climate Change has generated an increase in atmospheric pollution, caused by the use of fossil fuels, whose environmental impact has been negative. Another problem is the pollution of the water resource, due to different sources that come from the industry to the domestic one. Burnt kitchen oil thrown down the pipe represents irreparable damage. That is why; the objective is the analysis of the use of bioenergetics as a solution to these problems and the obtaining of biodiesel from waste oil. As results, it can be said that the Energy Regulatory Commission is the one that promotes the use of bioenergetics. This provides a wide range of opportunities for the development and use of a biofuel. The production of Biodiesel, through the process of transesterification using waste cooking oil, generates two solutions: to minimize the use of diesel and to use the waste of oils of vegetable or animal origin from domestic sources. However, the use of a waste has not been adequately promoted. The generation of bioenergetics is an opportunity, seeking to link them to other solutions.

Discarded cooking oil, RAUC, Bioenergetics, Pollution, Biodiesel

Citación: BAUTISTA-VARGAS, María Esther, GARCÍA-NAVARRO, Josefina, ALTAMIRANO-DEL ÁNGEL, David Judiel y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío. Biogeneración de energía utilizando un residuo. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-5: 14-24

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: esther.bautista@upalt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Cualquier tipo de organismo viviente depende en gran manera de los recursos naturales, tanto es así que el ser humano ha logrado implementar al paso del tiempo ciertas técnicas y tecnologías que le permiten poder gozar de cierto confort, relacionando todas las actividades diarias que este realiza.

Lamentablemente dichas técnicas están afectando en gran manera a la fuente origen, que es el medio ambiente. Este es el caso del consumo de una de las sustancias más utilizadas a nivel global, el cual es el aceite de uso vegetal. La mayoría de la población tiene en sus hogares este tipo de sustancia ya que sirve para acelerar la cocción de determinados alimentos.

Sin embargo, una vez que dicha sustancia cumplió su propósito queda un solo un residuo el cual representa uno de los más grandes problemas de contaminación que se tiene que resolver lo antes posible.

Dicho residuo o como la empresa certificada REOIL (ISCC-EU) lo conoce, el Residuo de Aceite Usado de Cocina (RAUC), es una de las principales fuentes de contaminación que el ser humano no ha logrado solucionar; ya que en vez de optar por una recolección cuyo destino fuese utilizar dicha sustancia para mitigar el impacto ambiental, se opta por dirigirlo a la red de alcantarillado mediante las tarjas o redes de agua pluvial contaminando cuerpos de agua, provocando taponamientos, junto a una cadena de malos olores en las cañerías, entre otros problemas que destruyen parte por parte al ambiente (REOIL, 2009).

Este tipo de sustancias provocan un elevado costo en cuanto a la depuración con destino de uso común, además de dificultar el normal funcionamiento de las plantas que tienen como propósito el tratamiento de agua.

En México, acorde a la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles (ANIAMC), menciona que a nivel nacional el 78% de consumo de aceites que son envasados, son aquellos de origen vegetal y que pueden ser comestibles (aceites mixtos) y que solo el 22% es aceite puro.

En el año 2009, la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) analizó alrededor de 71 muestras de aceites vegetales lo que generó 264 respuestas de todo México. El aceite, que por lo general se compra para ser utilizado en la cocina, está compuesto principalmente de soya con 31%, canola 18%, oliva 13%, maíz 11%, cártamo 8%, mixto 4%, girasol 2% y aguacate 0.4%. Haciendo mención, de que el aceite nunca se debe reutilizar, ya que sobrecalentado produce tóxicos y se torna oscuro. Sin embargo, PROFECO menciona que el 30% de la gente sí los reutiliza: una vez 77.5%, dos 18.7%, tres 1.2%, cuatro o más 2.5%. En el año 2010, PROFECO, realizó un sondeo para conocer a fondo el consumo de aceite comestible vegetal y conocer los hábitos de compra que existe entre el hombre y la mujer. En dicho periodo se obtuvieron alrededor de 264 respuestas de 31 estados diferentes (Figura 1) donde la Ciudad de México tiene un 24% de consumo de aceite.

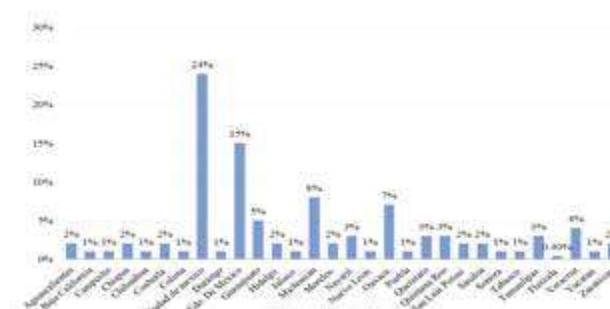


Figura 1 Índice de consumo de aceite de origen vegetal en toda la República Mexicana

Fuente: PROFECO, 2010

La estructura química de los RAUC, está formada por diferentes compuestos, en los que la materia orgánica de la comida interfiere en gran medida. En la Figura 2, se puede observar la composición química de un aceite que ya fue usado.

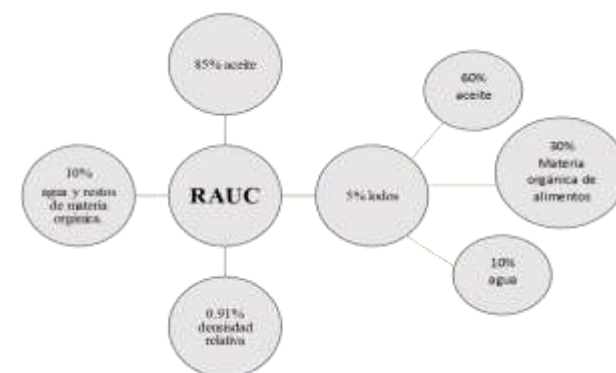


Figura 2 Esquema ejemplificando los componentes del aceite usado

Fuente: Esquema de Elaboración propia, datos de RAFRINOR, 2012

BAUTISTA-VARGAS, María Esther, GARCÍA-NAVARRO, Josefina, ALTAMIRANO-DEL ÁNGEL, David Judiel y ZUMAYA-QUÍÑONES, Rocío. Biogeneración de energía utilizando un residuo. Revista del Diseño Innovativo. 2018

El RAUC no solo provoca problemas en los mares, lagunas, ríos o mantos acuíferos, sino que representa un alimento que es ideal para la fauna nociva o dañina para el ser humano (ratas, cucarachas, parásitos y bacterias).

Además, la red de agua pluvial en donde desembocan todos los desechos que el ser humano genera, junto con los jabones y detergentes, así como otro tipo de sustancias; dicho residuo provoca la reducción de reservas de agua que el país tiene, dando lugar así a la disminución de los caudales de agua dulce. El RAUC afecta de 5 formas principales:

- Contaminación del agua
- Contaminación del aire
- Contaminación del suelo
- Hacia la salud humana
- Hacia la salud animal

Afectaciones en la salud humana

La principal forma en la que daña el RAUC al ser humano, es que el consumirlo provoca una indigestión directamente de dioxinas, los cuales son unos compuestos químicos que se originan debido a un proceso necesario de la combustión que implica cloro.

Este grupo son unas sustancias altamente contaminantes y que son persistentes, esto quiere decir que se van acumulando a lo largo de la cadena alimenticia y que va pasando a través de los animales.

La exposición continua a estas sustancias aumenta notablemente la probabilidad a que el cuerpo desarrolle cáncer.

Un estudio realizado por investigadores suecos sirvió como base a que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos realizara estudios en determinados animales, para encontrar como resultado a que estos desarrollaron un cáncer en diferentes partes del cuerpo, lo que da como lugar a la prevención de estas sustancias.

No solo eso, si no que pueden causar problemas en la reproducción y desarrollar efectos secundarios que afectan al sistema inmunológico.

Finalmente, México ocupa el primer lugar en obesidad infantil y es el segundo en obesidad de adultos, esto es debido a que las sustancias que contienen los aceites vegetales conocidos como los CIS cambian en el proceso de la cocción a TRANS, las cuales forman una larga cadena de triglicéridos que son muy difíciles de poder digerir y eliminar, y cuyos efectos provocan que el cuerpo humano sufra un trastorno aumentando el colesterol dañino y disminuyendo el colesterol que beneficia y lo nutre.

Si la situación continua así, dentro de los próximos 10 años el país podría sufrir de un colapso de salud, reduciendo en gran medida la tasa de mortalidad tanto para niños como para adultos.

Afectaciones en la salud animal

Alrededor del mundo se considera que el uso de aceite para cocinar diferentes carnes de animales está prohibido en la mayoría, debido a que esta práctica es una de las principales causas de Encefalopatía Bovina Espongiforme.

Este tipo de enfermedad los científicos creen que se transmite a los bovinos principalmente por el consumo de alimentos que han sido procesados y los cuales la mayoría son de origen de desechos de otros animales que han sido infectados previamente.

Este tipo de bacteria o agente patógeno es resistente a cualquier técnica de desinfección como la térmica, o incluso al proceso que algunas carnes de ciertos bovinos tienen que pasar para que la calidad sea mayor. Este tipo de enfermedad no es nueva, ya que desde los años 80's, se ha conocido como la enfermedad de la vaca loca en el Reino Unido.

Además, ciertos especímenes en Europa, Asia, Oriente, Norteamérica y el Medio Oriente, han presentados esta enfermedad, lo cual es un dato curioso ya que dichos bovinos debido a la distancia de separación que tienen es difícil creer que se han infectado, pero se afirma que debido a la mala alimentación enfermedades que afectan al hombre han ido desarrollándose con el paso del tiempo.

Esto implica un gran riesgo en la salud pública, ya que si llega a ingerir productos bovinos los cuales están contaminados por la proteína infecciosa anormal comienza a provocar en la persona que lo ingirió una degeneración esponjosa del cerebro, y da lugar a signos y síntomas en los que el sistema neurológico es el principal afectado.

Es fecha que hasta hoy no se ha descubierto una cura o vacuna para poder combatir contra esta enfermedad.

Existen casos muy raros en Bélgica, en donde las carnes blancas (pollos, pescados, etc.), así como las carnes rojas (bovinos, cerdos, etc.) se ha contaminado el tejido principal con dioxinas por desechar sustancias RAUC en los principales alimentos de estos animales.

Es un hecho alarmante saber que este tipo de productos son exportados a diferentes países tales como China, Corea, Japón.

Este fenómeno ha adquirido escales preocupantes globalmente, ya que los profesionales que investigan temas relacionados a la salud, se han visto obligados a dar luz de alarma.

Contaminación al aire

Hoy en día las industrias de comida utilizan técnicas en donde se utiliza más de una vez el mismo aceite para la cocción de los alimentos dentro de hornos, freidoras, calderas, entre otras; donde se utilizan altas temperaturas. Lo que presenta un problema, ya que la mayoría de las partículas de dicho RAUC comienzan a evaporarse al medio ambiente provocando así un proceso de incineración incompleto, lo cual genera dioxinas que vas directamente hacia la atmosfera.

Entre las posibles afectaciones y problemas que acompañan a las dioxinas atmosféricas, son los problemas en la dermis, inmunotoxicidad, efectos negativos en los aparatos reproductores de ambos sexos y teratogenicidad (lo cual es un desorden en la formación de los fetos durante cualquiera de sus etapas), así como problemas en el sistema endocrino el cual juega un papel fundamental en el desarrollo de tejidos, órganos, el metabolismo y la función sexual.

Hasta el momento los principales afectados por las dioxinas de los RAUC son los fetos y/o los neonatos, ya que afectan su desarrollo embrionario al momento de la gestación por su alto potencial cancerígeno.

Contaminación en el agua

Es muy importante recordar que por cada litro de aceite que queda como residuo, y es tirado a la tarja, drenaje o coladera, en realidad se está contaminado alrededor de 1,000 litros de agua. Esta información la ha comprobado el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina en donde indico que el litro de aceite usado tiene un potencial como para afectar de 1,000 a 10,000 litros.

En otras palabras, un litro de aceite podría contaminar hasta 10,000 litros de agua lo cual es en promedio el agua que utiliza una persona por 11.5 años. Los datos de los RAUC no deben de confundirse con la tasa de contaminación que generan los aceites usados de coches, los cuales fácilmente contaminan de 10 a 20 mil litros de agua, debido a la cadena de metales pesados que tienen en su estructura química.

Además, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), México tiene como reserva el 0.1% de agua del total de agua dulce que está disponible a nivel mundial y global, lo que determina un porcentaje muy mínimo. Pero para poder determinar cuánta agua se contamina debido al aceite, tenemos que analizar las estimaciones que realiza el Consejo Nacional de Población (CONAPO), el cual menciona que entre los años 2012 y 2030 la población del país se incrementara en 20.4 millones de personas.

Sin embargo, no solo eso, sino que para el año 2030 aproximadamente el 75% de la población estará en localidades que serán urbanas. Lo que ocasionara una disminución muy impactante del agua renovable a nivel nacional per cápita. El agua en México se distribuye un gran porcentaje al sector agrícola y solo el 14.5 % a zonas urbanas (Figura 3).

En el año 1950 se calculaba que México tenía reservas de 18 000 m³ (es importante señalar que por cada m³ son 1 000 litros) de agua por cada habitante en ese año.

Para el año 2012, México tenía una población de alrededor de 117 millones de habitantes y se estimaba que las reservas de agua eran de 4 028 m³ de agua. Sin embargo en el 2015, se calculó que México tendría 3 692 m³ por cada habitante al año.

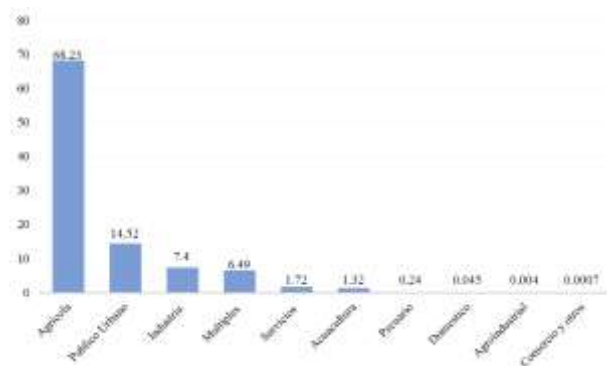


Figura 3 Porcentaje de agua anual en México

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2016

Otro dato importante, en el año 1955 cada mexicano consumía alrededor de 40 litros al día; para el año 2012 este número aumento, ya que una persona promedio consumía 285 litros en tan solo un día.

Actualmente, la población no tiene cuidado lo que hacen con los RAUC ya que la mayoría los deposita en vertederos de agua pluvial.

Lo cual, al contaminarse con aceite usado, este vital líquido comienza a formar una delgada y pequeña película por encima del agua. Dicha película, afecta el intercambio natural que debe de existir del oxígeno por lo cual afecta de gran manera a los seres vivos que habitan dicho ecosistema (Ver Figura 4).

Las grasas debido a su característica aglutinante, es decir que distintos elementos químicos queden unidos entre sí por una reacción química, genera bolos que producen importantes atascos en las cabeceras de la canalización de las redes de canales pluviales (aguas residuales).

Estos bioresiduos, son el principal cultivo que utilizan bacterias patógenas para crecer y desarrollarse, así como para multiplicarse; dichos gérmenes inciden negativamente tanto a la salud del ecosistema afectado como a la salud de la población más cercana.

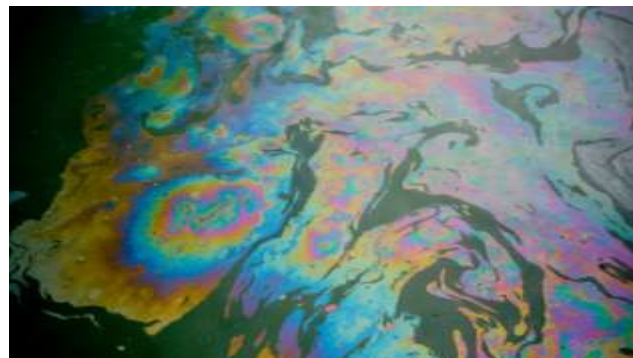


Figura 4 Bolos en canales pluviales y formaciones de películas provocadas por desechos de aceite en el agua residual

Fuente: CONAGUA, 2016

Si a dicho problema se le agrega los desechos de jabones, detergentes o plaguicidas en forma líquida, inicia el taponamiento de los drenajes.

Lo cual provoca grandes inversiones de dinero con el fin de evitar que existan desembocaduras en aguas pluviales en vías públicas donde el contacto con las personas sea directo.

Contaminación al suelo

Cuando el residuo usado de aceite vegetal entra en contacto con el suelo y la superficie, provoca y genera una permeabilidad a diferentes sustancias que naturalmente la materia orgánica provoca.

Cuando la estructura del suelo cambia provoca que en lugar de absorber las sustancias de descomposición de la materia orgánica, como lo son los lixiviados, queden expuestos al aire y comienzan a generar una contaminación atmosférica al momento que cambian de fase debido al calor natural.

Este líquido arrastra consigo sustancias que son nocivas a la salud (hasta 200 compuestos diferentes), algunos de ellos muy tóxicos y hasta cancerígenos. En dado caso de que estos no se controlen adecuadamente, se corre el riesgo de que alteren el orden ecológico del suelo.

Los lixiviados presentan características contaminantes hacia los suelos y los mantos acuíferos, que junto a los RAUC comienzan a degradar lentamente el orden ecológico y como se trata de un proceso contaminante lento, sus efectos no suelen percibirse hasta generaciones posteriores o en años después.

BAUTISTA-VARGAS, María Esther, GARCÍA-NAVARRO, Josefina, ALTAMIRANO-DEL ÁNGEL, David Judiel y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío. Biogeneración de energía utilizando un residuo. Revista del Diseño Innovativo. 2018

Contaminación en México por hidrocarburos

Como se ha mencionado, el consumo de aceite para uso vegetal ha desencadenado una serie de problemas que afectan tanto al ser humano como a la fauna que le rodea.

Además, el uso de combustibles fósiles (hidrocarburos) provoca un desequilibrio en el ecosistema, ya que aumenta tanto la contaminación hídrica como la contaminación atmosférica derivado del uso industrial y por movilidad.

Algunas de las soluciones a esta contaminación es el uso de biocombustible cuyo principal objetivo es tener un combustible alternativo al fósil, lo que minimizaría las emisiones del Bióxido de Carbono (CO₂).

Aunque este cambio no se ha adoptado en centrales de generación de energía eléctrica, si se ha logrado implementar en el uso de transporte vehicular y/o aparatos que necesiten de un combustible para poder realizar un trabajo.

México, es un país que contamina a gran escala, debido al uso de transporte con combustibles convencionales, lo cual está avalada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirmando que en el país se produce anualmente alrededor de 9,300 muertes asociadas con la contaminación del aire. Este tipo de emisiones contaminantes provienen especialmente del sector de transporte, cuya flota ineficiente ha aumentado de manera considerable en los últimos años. Lamentablemente en México no hay combustibles limpios a pesar de que la NOM-086 obliga a Petróleos Mexicanos (PEMEX) a introducir este combustible desde febrero del 2009 en todo el territorio afirma la Institución Nacional de Ecología (INE).

Además, un hecho alarmante se puede encontrar en la NOM-016-CRE-2016 la cual brinda la especificación de calidad en cuestión de los petrolíferos, que son sustancias destinadas a ser usadas en gasolinas, limita el uso de Etano al 5.8% y lo prohíbe en las zonas metropolitanas más importantes del país.

Sin embargo, en lugar de pensar en un biocombustible o en un colportor energético amigable con el medio ambiente, las gasolineras normalmente deben de cumplir con tener mínimo el 11% de MTBE (éter metil tert-butílico) el cual es un líquido altamente inflamable con un olor muy desagradable y que, desde los años 80s, se ha usado como principal aditivo para incrementar el octanaje de la gasolina sin plomo.

Dicha sustancia química está prohibida en Estados Unidos, ya que es alta y potencialmente cancerígeno, pero que al paso de los años se sigue usando contribuyendo en gran manera al deterioro del medio ambiente y de nuestra salud.

Es alarmante saber que tan solo en el año 2010 las emanaciones de CO₂ tan solo por el consumo energético, ascendieron a 407.3 Mega toneladas, destacando el uso de transporte y las fuentes estacionarias de generación eléctrica como uno de los más grandes productores de este gas contribuyente al deterioro ambiental.

Este tipo de datos están dentro de las Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiental, las cuales establecen los límites permisibles para proteger la salud de la población ante los contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), este funciona como un valor de referencia para comprender el tipo y nivel de contaminantes existen en cada uno de los estados o ciudades. Este Índice tiene a sus manos el poder supervisar los niveles de contaminantes que existen en el aire (atmosfera), tales como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y partículas cuyas mediciones son por debajo de los 10 micrómetros (PM10).

A continuación, se muestran datos recolectados en el año 2010 sobre la producción de CO₂ del país. En la Figura 5, se observa las diferentes fuentes de generación de contaminación atmosférica. Según el porcentaje, el más alto es el uso del transporte, el cual rebasa ligeramente la que provocan las industrias, que utilizan combustibles de derivados fósiles.

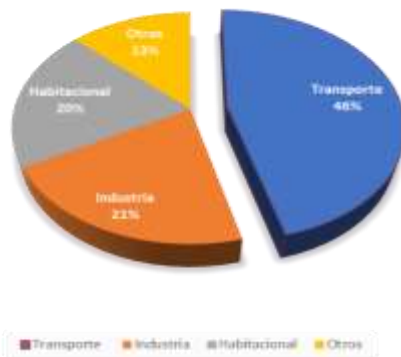


Figura 5 Contaminación por fuente generadora
Fuente: SEDEMA, 2016

Biodiesel

Es por eso, que surge la idea de implementar poco a poco un combustible de tercera generación (el cual se produce a base de un derivado de biomasa), cuya obtención está basada en tecnologías que pueden prometer una gran cantidad de combustible por unidad de área junto con menores costos de producción, es una idea en la que ya se está trabajando.

El biodiesel, es por definición un biocombustible líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales, siendo materias primas más utilizadas mundialmente para este fin.

Según la American Society for Testing and Material Standard (ASTM) describe al biodiesel como un éster mono alquílico de ácido graso de una cadena larga, derivado de lípidos tales como aceites vegetales o grasas animales, y que se pueden emplear en motores de ignición de compresión (Motores tipo Diesel).

Aunque en la actualidad los principales ésteres más utilizados son los que provienen de aceites vegetales puros o grasas de ciertos animales, la transesterificación de residuos de aceite vegetal presenta una muy buena opción ya que contiene ciertos ácidos grasos.

Los cuales debido a su bajo costo y sus ventajas químicas y su amplia gama de producción, sirven como una opción autosustentable.

La diferencia que presenta el biodiesel a comparación de algunos combustibles cuyo origen son los hidrocarburos, es que la principal materia prima que se utiliza como catalizador son productos de vegetales.

Es importante destacar que para que dicho biocombustible sea sustentable, la dependencia de la disponibilidad local de la materia sea lo suficiente como para cubrir la gran demanda que se origina.

Es decir, la producción de biodiesel a partir de las reservas del RAUC depende de lograr cubrir la demanda que se genere.

Cuando se asegura la existencia de una demanda sustentable, el desarrollo es más fácil de cubrir, favoreciendo así la reducción de los efectos colaterales que se han manifestado al paso del tiempo por el uso de combustibles convencionales.

En cuanto a la utilización del biodiesel como combustible de automoción, es de gran importancia señalar que las características que presentan (los ésteres monocíclicos) son más parecidas a las del gasoil, que a las del aceite vegetal sin modificar. Entre dichas características entran a viscosidad, la cual es dos veces mucho más superior a la del gasoil frente a diez veces o más que el aceite crudo; incluso, el índice de cetano de los ésteres es superior, siendo los valores adecuados para su uso como un combustible sustentable.

Sin embargo, para determinar el correcto funcionamiento de dicho biocombustible, la ASTM ha puesto al alcance del público diferentes estudios y pruebas realizadas con anticipación cuyos resultados previos deben de tomarse en cuenta. De no ser así, puede que la utilización del biocombustible afecte de manera negativa, produciendo un problema en vez de una solución. En la actualidad se han llevado a cabo diferentes investigaciones para conocer las diferentes alternativas que se tienen para que la producción del biocombustible sea sostenible, entre ellas se encuentran las siguientes:

1. Proceso base-base. En dicho proceso industrial se utiliza como principal agente catalizador un metóxido (combinación de metanol con una pureza del 90% y un hidróxido), y en algunas circunstancias especiales un simple hidróxido. Dicho hidróxido puede ser ya sea sosa caústica (hidróxido de sodio) o potasa caústica (hidróxido de potasio).

2. Proceso ácido-base. A diferencia del proceso anterior, este proceso consta de o consiste en hacer primero una esterificación ácida y luego seguir el proceso normal descrito previamente (proceso base-base). Este tipo de proceso se lleva a cabo para aceites cuyo índice de acidez es muy elevado, con el propósito principal de disminuir la acidez que contiene y no afectar posteriormente.

3. Procesos supercríticos. En este proceso ya no se necesita la presencia de un agente catalizador, ya que, solo se aplican presiones elevadas a la atmosférica, en donde el aceite y el alcohol reaccionan entre sí, sin que un agente externo intervenga en la reacción, como lo hace el hidróxido.

4. Proceso enzimático. En dicho proceso se utilizan enzimas, las cuales pueden provenir por ejemplo de ciertas algas o microalgas que se dan en ciertos lugares. Este tipo de enzimas pueden servir para sustituir el agente catalizador, dando lugar a una pronta aceleración de la reacción aceite-alcohol. Este tipo de procesos no es muy usado, ya que, además de estar en investigación, el alto coste produce que se impida la producción de biodiesel a grandes cantidades.

5. Método de reacción ultrasónica. En este proceso como su nombre lo menciona, se utilizan principalmente ondas ultrasónicas, las cuales dan lugar a que la mezcla aceite-alcohol produzca constantemente burbujas, las cuales al colapsar entre sí constantemente, proporcionara paso a paso la mezcla necesaria, ya que se producirá en los átomos un calor el cual dará lugar a la transesterificación.

Al utilizar un reactor ultrasónico se reduce en gran manera el tiempo, ya que por el método convencional incluye calentar a temperatura constante durante una hora y esperar a que la mezcla glicerina-biodiesel aparezca en un plazo de 24 a 96 horas. Mientras que, por el método de la reacción ultrasónica, la mezcla aceite-alcohol es sometida durante un minuto y se espera la mezcla produzca glicerina-biodiesel en un plazo de 24 horas como máximo.

De ahí que el proceso base-base sea menos efectivo que el mencionado en esta sección, permitiendo el procesamiento de grandes cantidades de litros por día.

Metodología a desarrollar

La metodología que se llevó a cabo fue la investigación documental y descriptiva de los cuales se recopiló información, además de realizar cálculos relacionados a la afectación de las personas por la contaminación de los RAUC en mantos acuíferos y centros de agua dulce.

Además, se realizó una experimentación, para determinar cuánto biodiesel se puede generar de dicho residuo. Se experimentó con el proceso base-base para determinar su sustentabilidad.

Resultados

Afectación

De acuerdo a todo lo mencionado anteriormente, si un litro de aceite contamina alrededor de 1,000 litros de agua que está destinada a usos múltiples, y conociendo que una persona en promedio ocupa 285 litros al día para sobrevivir, se obtiene que 3.5 personas en un día obtienen agua limpia debido al litro de aceite que queda como residuo y fue depositado a canales de agua.

Además, si en promedio, en México las reservas de agua por persona son de 3,692 m³ (3'692,000 litros) y dividiendo entre los 1,000 litros de agua contaminada por aceite: se obtiene un total de 3,692 litros de agua sin contaminantes, lo que es insuficiente para una persona, ya que por mexicano se necesita de 285 litros por día.

Finalmente, de los 3'692,000 litros que tiene México como reserva y los 285 litros que consume cada mexicano al día; se obtiene que actualmente existe una necesidad de agua de 12,954 personas. Es decir, que solo 80 personas gozan de agua sin ser contaminada por un RAUC. Lo antes mencionado fue un cálculo que se realizó para determinar cuántas personas necesitan y gozan de agua sin ningún porcentaje del RAUC.

Debido a que el propósito principal fue analizar cómo se pueden utilizar los RAUC para mitigar el impacto ambiental que este ha dejado huella a través del tiempo, y que aunado a esto los hidrocarburos aceleran el continuo desgaste de la capa de ozono.

Obtención de Biodiesel

Se llevó a cabo la obtención de biodiesel por medio del proceso base-base para determinar su sustentabilidad.

El primer paso, fue preparar un metóxido de potasio. Donde las principales sustancias que se utilizaron fueron de metanol con una pureza del 90% y escamas de hidróxido de potasio, junto los RAUC recolectados dentro de la Institución de la Universidad Politécnica de Altamira. En la Figura 6, se puede ver el pesaje y la disolución. Para el metóxido de potasio, se combinó de 215 ml de metanol con 7.5 gr de escamas de hidróxido de potasio.



Figura 6 Preparación del metóxido
Fuente: Elaboración propia

Una vez agregados se diluyó las sustancias hasta que no quedo ningún grumo por parte de las escamas de hidróxido.

El segundo paso, proceso el RAUC por medio de filtración, en donde toda la materia orgánica quedara separa en un filtro, calentándolo además a una temperatura de 70°C para poder eliminar cualquier rastro o presencia de humedad, ya que dicho porcentaje de agua podría afectar las muestras y resultados posteriores (Figura 7).



Figura 7 Filtración del RAUC
Fuente: Elaboración propia

En el paso tres, una vez que se filtró, se procedió a eliminar la humedad (Figura 8), se agregó los 215 ml de metóxido de potasio a los 300 ml de RAUC, en donde por diferencia de densidades se puede apreciar la separación que existe entre la muestra y el compuesto, mostrando en el lado superior el metóxido y en la parte inferior la muestra de RAUC.

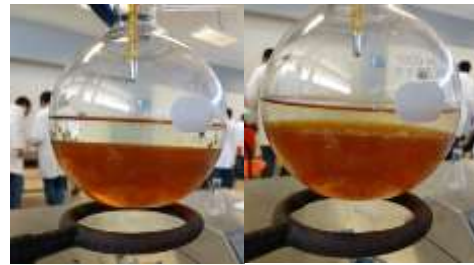


Figura 8 Eliminación de humedad
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el paso cuatro, se procedió a calentar la muestra entre 95°C y 100°C, para que la mezcla pudiese ser uniforme, y por el movimiento de partículas cuando estas están siendo sometidas a calos, el RAUC pueda aceptar fácilmente la entrada del metóxido. El calentamiento de la muestra completa fue de una 1 hr a manera constante (Ver Figura 9).



Figura 9 Calentamiento de la muestra
Fuente: Elaboración propia

En el paso cinco, al término del calentamiento, es necesario dejar reposar la muestra entre 24 y 96 horas para que, de esta manera, la muestra comience a separarse y formar dos sustancias que en pasos posteriores se pueden utilizar.

Los resultados que se obtuvieron fueron que, al cabo de 96 horas se comenzó a formar la separación entre el biodiesel y la glicerina como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Mezcla de Biodiesel

Fuente: *Elaboración propia*

En donde se puede apreciar claramente la obtención del biodiesel con una densidad mucho menor, a la glicerina que se observa en la parte inferior.

El biodiesel, se obtuvo a partir de la transesterificación de sustancias en donde la materia orgánica junto con un catalizador produce un biocombustible, el cual aplicado en motores en donde el diésel es el principal combustible, si se hace una mezcla del 50% y 50% se pueden minimizar en gran manera las emisiones de CO₂ que se genera. Además, mediante la recolección de los RAUC, se puede mitigar el impacto ambiental negativo que estos pueden ejercer, desde prevenir la salud humana, la salud de la fauna y flora que rodea a todo un ecosistema y mitigar el impacto ambiental que este pueda ejercer sobre el agua, suelo o aire.

Agradecimiento

Se agradece al CONACYT y COTACYT por el apoyo con el equipo experimental que se utilizó en esta investigación. De igual manera se agradece las facilidades prestadas en el Almacén y el Laboratorio de Energía Renovable del Programa de Ingeniería en Energía de la Universidad Politécnica de Altamira.

Conclusiones

Uno de los principales obstáculos durante este proyecto fue que se tuvo que realizar durante 4 meses una periódica investigación sobre el impacto ambiental que se tenía, y una vez que se lograba aprovechar dicho RAUC, donde y para que serviría y con qué objetivo principal.

Además, se tuvo que apoyar de investigaciones previamente realizadas tanto por organismos gubernamentales, así como de personal estudiantil que previamente había elaborado esquemas y encuestas con el objetivo de analizar cuáles eran los puntos y los índices de uso de aceite vegetal.

Finalmente, se recurrió a la supervisión de diferentes cuerpos académicos para realizar dicha investigación de la manera más correcta.

Referencias

- Almeida M. (2017). Democracia energética en México y los biocombustibles, *El economista*. México [en línea]. <https://www.economista.com.mx/opinion/Democracia-energetica-en-Mexico-y-los-biocombustibles-20170301-0007.htm>
- ASTDR (2016). ToxFAQSTM Dibenzo-p-dioxinas policloradas (DDPCs). Orígenes y efectos en el medio ambiente por las dioxinas. [en línea]. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts104.html
- CONAGUA. (2015). Atlas del Agua en México. Conagua. [en línea] <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., (2015): Agua y Medio Ambiente: Un prontuario para la toma de Decisiones. FCEA.
- ICCT. (2017). Reporte determinación de emisiones de vehículos del Metrobús. Ciudad de México. [en línea]. <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/reporte-mbicctbc-v17.pdf>
- INTI. (2009). Reciclado de aceites vegetales usados (AVUs) para la obtención de insumo industriales con valor agregado. *Noticiero Tecnológico Semanal* (N° 146) [en línea]. <https://www.inti.gob.ar/noticiero/noticiero146.htm>
- INTI. (2016). Gestión Ambiental de Aceites de Fritura Usados. [En línea]. https://www.inti.gob.ar/pdf/publicaciones/Gestion_Ambiental_de_Aceites_y_frituras_usados.pdf

Kabyax, D. (2016). Reporte de emisiones de gases de efecto invernadero. México [en línea]. http://www.infanciamexico.org/Kabyax/img/Reporte_GEI_FPN.pdf

Martínez M.R., Sanchez R.G., Meza E.R., Ulloa R. G. y Saldivar J. (2016). Síntesis de lípidos de la microalga *nannochloropsis oculata* para su uso potencial en la producción de biodiésel. *RICA*, 33. (Número especial sobre ingeniería ambiental) [1-7]. DOI: 10.20937/RICA.2017.33.esp02.08

OIE. (2011). Código Sanitario para los animales terrestres de OIE. Encefalopatía espongiiforme bovina (EEB). [en línea]. <http://www.oie.int/doc/ged/D13945.PDF>

OMS. (2016). Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. [en línea]. <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>

PROFECO. (2010). Sondeo en línea sobre el consumo de aceite comestible vegetal. Dirección general de estudios sobre consumo. [en línea]. https://www.profeco.gob.mx/encuestas/mirador/2010/Aceite_2010.pdf

REOIL México, Beta R. (2009). Empresa certificada por ISCC para el aprovechamiento de los Residuos de Aceite Usados de Cocina (RAUC). <http://www.reoil.net/rauc.html>

Rzedowski J. (2006): Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [en línea] <https://es.scribd.com/doc/50112956/Vegetacion-de-Mexico-de-Jerzy-Rzedowsky-parte-1>

SENER, CFE, Casamadrid A.V. (2012) Atlas de almacenamiento geológico de CO₂ México. <http://co2.energia.gob.mx/res/ATLAS%20FINAL.pdf>

V. I. Babushok, W. (2003) Tsang, “Gas-phase mechanism for dioxin formation”, *Chemosphere* 51 (2003), 1023-1029

Veymar G., Tacias P., Rosales Q. Arnulfo y Torrestian B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *RICA*, 32. (3) (2016) [1-11]. DOI: 10.20937/RICA.2016.32.03.05