

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Maestría en Administración y Gestión de Empresas

**Factibilidad de la producción de biocombustibles a partir de aceites vegetales
usados como emprendimiento sostenible en Cuenca, Ecuador**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Magíster en
Administración y Gestión de
Empresas

Autor:

Fausto Damián Molina Neira

Director:

Juan Francisco Cordero López

ORCID: 0000-0003-0044-4333

Cuenca, Ecuador

2023-05-05

Resumen

Este artículo aborda el tema de las energías limpias, centrándose en analizar la contaminación provocada por el uso de hidrocarburos frente a la fabricación de biocombustibles como alternativa sostenible y también como emprendimiento. El documento analiza teóricamente el modelo productivo y la demanda de energías limpias. Desde el punto de vista práctico, aborda comparativamente algunas de las experiencias positivas de empresas de energía sostenible. Asimismo, aporta resultados de experimentación que demuestran la validez de esta propuesta en comparación con los parámetros de producción, costes y nivel de contaminación que justifican los resultados de la investigación. El estudio establece que, el uso de aceites vegetales usados como materia prima y con una aplicación artesanal para su fabricación, es un producto potencial para el desarrollo social, ambiental y económico de Cuenca, Ecuador, con enormes posibilidades de industrializarse y convertirse en una factibilidad para mejorar el consumo energético de esta ciudad.

Palabras clave: biocombustible, aceites vegetales usados, aceites usados de cocina, emprendimiento, sostenibilidad

Abstract

This paper addresses the issue of clean energies, focusing on analyzing the pollution caused by the use of hydrocarbons versus the production of biofuels as a sustainable alternative and also as a entrepreneurship. The study analyzes theoretically the productive model and the demand for cleaner fuels. From a practical point of view, it compares some of the positive experiences of sustainable energy companies. It also provides experimental results that demonstrate the validity of this proposal in comparison with the production parameters, costs and pollution level that justify the results of the research. The study establishes that, the use of used vegetable oils as raw material and with an artisanal application for its manufacture is a potential product for the social, environmental and economic development of Cuenca Ecuador, with enormous possibilities of being industrialized and becoming a feasibility to improve the energy consumption of this city.

Keywords: biofuel, used vegetable oils, used cooking oils, entrepreneurship, sustainability

Índice de contenidos

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Introducción.....	7
Los Biocombustibles.....	7
Biocombustibles y sostenibilidad	9
La producción de los biocombustibles.....	9
El mercado de los biocombustibles.....	10
Materiales y métodos.....	12
Experimento para la obtención de biocombustible artesanal a partir de aceite de cocina usado.....	12
Segmento de clientes y Propuesta de valor.....	14
Demanda Proyectada.....	16
Punto de Equilibrio.....	17
Obtención del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).....	18
Resultados y discusión.....	21
Conclusión.....	23
Referencias.....	24

Índice de figuras

Figura 1. Separación biocombustible-glicerina obtenida luego del proceso de transesterificación	13
Figura 2. Glicerina residual luego del proceso de filtrado.....	13
Figura 3. Biocombustible obtenido luego del proceso de filtrado.....	13

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales y reactivos utilizados en el proceso de obtención de biocombustible con base en aceites vegetales usados.....	12
Tabla 2. Datos comparativos obtenidos del analizador de gases con diésel común y biocombustible.....	14
Tabla 3. Obtención del precio por galón de biocombustible.....	16
Tabla 4. Consumo de combustible por unidad de bus urbano.....	17
Tabla 5. Estimación de la demanda mensual de Biocombustible para los transportistas urbanos.....	17
Tabla 6. Cálculo mensual de ventas y gastos de acuerdo a cada escenario.....	18
Tabla 7. Estimación de la inversión inicial en USD., inflación y tasa de interés anual.....	19
Tabla 8. Cálculo de VAN y TIR en un escenario optimista.....	19
Tabla 9. Cálculo de VAN y TIR en un escenario probable.....	19
Tabla 10. Cálculo de VAN y TIR en un escenario pesimista.....	20

Introducción

El incremento de la población mundial, la demanda energética del transporte y la producción en general contribuyen al calentamiento global, lo que impacta de manera negativa en el medioambiente y sus ecosistemas. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), provocadas por el transporte, han aumentado más que las de cualquier otro sector. Desde 2017, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se han incrementado en más del 1,6% a nivel mundial (Jeswani et al., 2020; Mat Aron et al., 2020). Este crecimiento está directamente relacionado al de la población por la demanda de bienes y servicios cuyo transporte exige recursos fósiles no renovables que tienen un horizonte de agotamiento de 50 años. Esta situación plantea la necesidad de la descarbonización del sector del transporte (Ramos, Díaz y Villar, 2016; Mat Aron et al., 2020) y el avance hacia nuevas formas energéticas.

La necesidad de buscar alternativas al consumo de energía fósil es el punto de partida de este artículo que se centra en demostrar que la producción de biocombustible desde aceites vegetales usados puede constituirse como una alternativa sostenible y además como un emprendimiento utilizando como caso de estudio la ciudad de Cuenca en Ecuador. Para ello, el estudio analiza los biocombustibles, respecto a la factibilidad de su producción a partir de aceites vegetales usados como emprendimiento sostenible; se revisará la literatura vinculada a generalidades, sostenibilidad, producción y mercado, se analizarán los objetivos planteados de estudiar cómo se generan los procesos de utilización de biocombustibles a nivel global, para comprender las particularidades de cada proceso y cada una de las generaciones, y extraer de ellos ejemplos extrapolables a la realidad local, con la aplicación de un experimento artesanal y el uso de materiales y reactivos para producir biocombustibles a partir de aceites vegetales usados. Todo este análisis para demostrar los objetivos de generar oportunidades económicas que impulsen el desarrollo ambiental y socioeconómico de la ciudad. Con esto se pretende responder a la hipótesis de si es factible producir biocombustibles a partir de aceites vegetales usados, como modelo de negocio sostenible.

Los Biocombustibles

Se definen como biocombustibles a aquellos combustibles que son producidos a partir de la biomasa, entendida como la materia orgánica de origen vegetal o animal y susceptible de ser utilizada como fuente de energía, y que son considerados renovables. El uso de biocombustibles data de la época en la que la humanidad descubrió cómo hacer fuego y se

valió de quemar madera para cocinar alimentos o calentarse. Durante el siglo XVIII, las principales ciudades americanas y europeas utilizaban aceite de ballena para iluminar sus ciudades. A principios del siglo XX, Rudolf Diesel, inventor del motor de combustión interna que lleva su nombre, desarrolló un prototipo de motor que funcionaba con aceite de maní. En la década de 1970, los biocombustibles cobraron nueva importancia debido a la crisis del mercado petrolero, como consecuencia especialmente de la guerra entre Israel y los países árabes. Hacia finales del siglo XX, la preocupación mundial sobre el cambio climático, la disminución de los recursos fósiles y el propósito de asegurar sostenibilidad energética, entre otros factores, volvieron la mirada a los biocombustibles, lo que condujo a impulsar de manera concreta su producción.

Los biocombustibles se producen utilizando materias primas fermentables, biológicas, grasas o carbohidratos que se convierten en diferentes formas de energía, entre ellas, los combustibles líquidos.

Los biocombustibles se clasifican de primera, segunda, tercera y cuarta generación (Ramos, Díaz y Villar, 2016; Jeswani et al., 2020; Mat Aron et al., 2020). La diferencia entre cada generación no varía demasiado en cuanto a su composición química, sino en el tipo de materia orgánica de la que provienen, siendo los de primera generación provenientes de materias comestibles, los de segunda de biomasa de desechos o residuos forestales, los de tercera de la biomasa de microalgas y los de cuarta de microalgas alteradas genéticamente. Los biocombustibles, en la actualidad, representan el 3,4% del total de los combustibles para transporte en el mundo. Para el 2030 se proyecta una cuota del 7% y se estima que para el año 2050 llegue al menos a un 30% (Jeswani et al., 2020). Por tanto, los biocombustibles tendrán un papel fundamental en el futuro energético, sobre todo en el sector del transporte. Las ventajas evidentes del uso de biocombustibles radican en que, si bien no anulan por completo las emisiones de GEI, generan un decrecimiento considerable de ellas, y al obtenerse de recursos renovables, de origen vegetal, disminuyen la demanda petrolera (Mat Aron et al., 2020). Asimismo, se trata de una sustancia no explosiva, no inflamable, renovable y con menor cantidad de material particulado (MP) (Acevedo et al., 2017). En lo que respecta a las desventajas, pueden generar competitividad con el precio de la cadena productiva de los alimentos (Mat Aron et al., 2020), y demás aspectos de sostenibilidad en relación a los biocombustibles. Por ejemplo, la huella ecológica basada en un análisis del ciclo de la vida (ACV) que determina la carga que puede llegar a tener un producto sobre el medio ambiente con el fin de buscar estrategias para que su afectación disminuya.

Biocombustibles y sostenibilidad

Según Mat Aron y colegas (2020) “La sostenibilidad se define como la satisfacción de las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro las necesidades de las generaciones futuras, su objetivo es garantizar el crecimiento continuo de la economía al tiempo que se protege el medio ambiente y las necesidades de la sociedad”. El modelo sostenible nace de la preocupación mundial por los efectos del ser humano sobre la naturaleza. Como respuesta a esta preocupación en 1983 se crea la Comisión Mundial sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (CMMD) misma que provee las primeras pruebas científica sobre el calentamiento global. Esta evidencia sumada al accidente de Chernobil de 1986, en Ucrania, supusieron un punto de inflexión y ejemplo de la capacidad destructiva de la actividad humana (Molina, 2018).

En 1987, la CMMD a través del denominado informe Nuestro Futuro Común, propone un uso racional y planificado de los recursos naturales en el presente con el fin de asegurar su disponibilidad para el futuro (Brundtland, 1987). El informe conocido como el informe Brundtland supuso el primer compromiso moral de las Naciones Unidas por avanzar hacia un desarrollo sostenible. Desde entonces, y a partir de la cumbre de la Tierra (Río 1992) con actualizaciones: Río +20 y los recientes Objetivos de Desarrollo Sostenible, existe un claro interés por buscar alternativas a los combustibles fósiles y sus efectos negativos tanto en la esfera de lo humano como de lo natural. En este contexto, los biocombustibles ofrecen tanto ventajas, como el uso de fuentes primarias renovables y reciclables, y desventajas, como el gasto de agua, electricidad y alimentos, en relación a la sostenibilidad.

La producción de los biocombustibles

La industria de biocombustibles, a nivel mundial, tiene como gran desafío desarrollar tecnologías e identificar insumos y alternativas que disminuyan los costos de producción, haciéndolos más competitivos frente a los derivados fósiles tradicionales (Acevedo et al., 2017). Para lograrlo se basa en estrategias ambientalmente sostenibles, por ejemplo, el uso de aceite vegetal reciclado, para aportar a la generación de políticas que permitan dar paso a un futuro pos-petrolero. Cada generación de biocombustibles se caracteriza por requerir determinadas materias primas, así como un proceso específico de producción. Aquellos de primera generación provienen de comestibles como el maíz, la caña de azúcar, el arroz, el aceite vegetal, entre otros. Sin embargo, se genera un debate acerca de la competitividad que la producción los biocombustibles de primera generación puede llegar a tener con la cadena alimenticia. Por lo tanto, una alternativa que podría disminuir este problema sería el

uso de aceites usados de cocina, pues al no ser comestibles, son clasificados como materia prima para producir biocombustibles de segunda generación.

Los aceites usados de cocina (AUC) representan una posibilidad prometedora en la industria de los biocombustibles debido a su bajo costo de adquisición y su alta disponibilidad como consecuencia de los desechos domésticos, que, en sí mismos, representan un problema para el medio ambiente. El 80% de AUC se produce en los hogares del mundo, sin embargo, en la mayoría de países no existe un correcto sistema de recolección para estos residuos (Acevedo et al., 2017). Gran parte de estos son arrojados por desagües, reutilizados clandestinamente para alimentación animal o, incluso, humana. Ante estos inconvenientes, el reciclaje de AUC para la obtención de biocombustibles se presenta como una alternativa para la sostenibilidad. Sin embargo, la experimentación con biocombustibles exige aún mayores datos.

Los procesos para producir biocombustibles a base de AUC son: pirólisis, micro-emulsificación y transesterificación. En la transesterificación, los triglicéridos de los aceites, con exceso de alcohol (metanol), reaccionan con ayuda de catalizadores como el Hidróxido de Sodio (NaOH) y en temperaturas relativamente elevadas (Antonio et al., 2017; Cortés-Sánchez et al., 2019; Seminario Calle y Ortega Maldonado, 2022). Aunque el proceso es relativamente sencillo, presenta algunas desventajas asociadas a la remoción de impurezas de los aceites, de las glicerinas residuales, el consumo de agua y energía eléctrica. Esto representa un reto en las investigaciones para emprendedores que buscan innovar con este proceso energético.

El mercado de los biocombustibles

El mercado de los biocombustibles se encuentra en constante crecimiento, Estados Unidos, algunos países europeos y varios países de América Latina, entre los cuales destacan Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México, ven relevancia en el emprendimiento de esta industria (Vargas-Hernández, 2018). Sin embargo, la experimentación y recolección de datos que justifiquen su producción y uso como alternativa a los combustibles tradicionales aún se encuentra en una etapa inicial. Esto debido a la influencia de los poderes factuales (económicos, sociales, gubernamentales), que limitan los emprendimientos en torno a la producción de biocombustibles debido a agendas políticas e intereses clientelares (Thompson, 2018; Narwane et al., 2021).

Ante las limitaciones que ha supuesto la investigación y el desarrollo tecnológico para la producción y comercialización de biocombustibles basados en aceites vegetales reutilizados los emprendedores empresariales sostenibles han sumado esfuerzos para generar

diferentes estrategias de legitimación del modelo de producción y negocio. Los empresarios han demostrado que sus emprendimientos generan un desempeño activo en materia de sostenibilidad económica y medioambiental. Por ejemplo, la marca One Oak, produce accesorios como relojes, mochilas o carteras a partir de madera, y por cada producto vendido reforestan mucha más madera de la utilizada, a favor del medio ambiente. Además, la huella de carbono por fabricar un reloj de madera es la mitad de la que sería al fabricar uno de acero inoxidable. O la empresa Auara, que se dedica a embotellar y comercializar agua mineral natural, no fabrica plástico nuevo para sus botellas, sino que utiliza el que ya existe, ahorrando petróleo, evitando que los residuos acaben en los océanos, dándoles una segunda vida y reciclándolos. Otras empresas como IB Tech en México, o Lipsa y Bioarag en España, han logrado obtener permisos favorables para comercializar productos como por ejemplo biogás, biocombustible, entre otros.

En Ecuador, país donde el petróleo aporta el mayor porcentaje de su PIB anual (USD. 106 mil millones) (Banco Mundial, capítulo Ecuador, 2022), todavía se requiere inversión en programas y plantas piloto para la industria de los biocombustibles, además de investigación y desarrollo relacionados. Si bien el país presenta potencial para la producción agrícola de materia prima para biocombustibles de primera generación, consideramos que existe un potencial mayor en la inversión de una industria fundamentada en la reutilización de residuos ya existentes como los AUC y en generación de conocimiento y valor agregado.

Las alternativas energéticas renovables y sostenibles, como los biocombustibles, suponen una alternativa para reducir las emisiones de GEI y mitigar el cambio climático.

Materiales y métodos

La metodología para la experimentación en la fabricación de biocombustible se basa en fuentes secundarias. Específicamente los trabajos de Antonio E. y colegas (2017), Cortés-Sánchez y colegas (2019), y de Seminario y Ortega (2022), que en resumen aplican el proceso de transesterificación, con la aplicación de catalizadores para la separación del aceite en glicerinas y biocombustibles, lo que permitió la replicación parcial del proceso de producción artesanal de biocombustible que, junto con las especificaciones sobre la cantidad de materia prima, se desarrolla a continuación.

Experimento para la obtención de biocombustible artesanal a partir de aceite de cocina usado

Tabla 1. *Materiales y reactivos utilizados en el proceso de obtención de biocombustible con base en aceites vegetales usados*

Materiales	Reactivos
Botellas plásticas 500ml	Etanol al 99%
Jarra con medidor de ml	Hidróxido de Sodio al 30-40% (Lejía)
Balanza digital	Aceite usado de cocina
Embudo de plástico	
Papel filtro	

Nota: elaboración propia

El proceso de producción de biocombustible se fundamentó en la reacción de transesterificación, a partir de aceite vegetal de cocina usado. En una botella limpia y seca se añaden 6 gr. de lejía¹ con 200 ml de etanol, se agita hasta que la lejía se disuelva por completo, luego, se añade la mezcla catalizadora a un litro de aceite vegetal usado, previamente filtrado y libre de restos alimenticios. A continuación, se agita nuevamente hasta que forme un solo cuerpo y se deja en reposo para el inicio de la reacción química, se esperan 72 horas hasta que el catalizador (reactivo conformado por etanol y lejía) actúe, donde se espera a que se separen los dos componentes, el biocombustible y la glicerina

¹ El NaOH es un componente de difícil acceso Ecuador en tanto requiere de permisos especiales para su uso, por tal motivo, para el experimento, a diferencia de lo establecido en la literatura, se utilizó un componente con un menor contenido de NaOH.

presente en el aceite vegetal usado. Finalmente, el combustible se filtra con embudo y papel filtro sin permitir el paso de la glicerina sobrante.

Figura 1. *Separación biocombustible-glicerina obtenida luego del proceso de transesterificación*

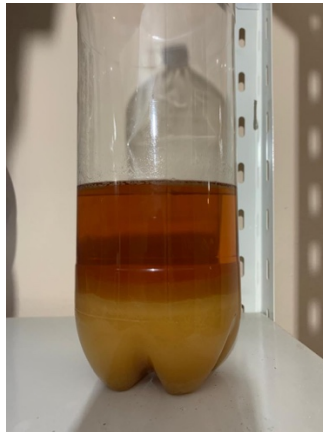


Figura 2. *Glicerina residual luego del proceso de filtrado*



Figura 3. *Biocombustible obtenido luego del proceso de filtrado*



La prueba para establecer los niveles de contaminación del biocombustible se realizó en un motor de combustión Nissan Urvan 2008, conectado a un analizador de gases, para luego comparar con el diésel tradicional que se encuentra en las estaciones de servicio. Teóricamente, el biocombustible obtenido del AUC tiene un contenido despreciable de azufre, por lo cual las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) son prácticamente nulas (Chávez et al., 2017). Debido al difícil acceso local a analizadores que miden contenido de azufre y opacidad de los gases en el escape, estos dos parámetros no se midieron, si no que se extrapolaron de la literatura.

Tabla 2. Datos comparativos obtenidos del analizador de gases con diésel común y biocombustible

Diésel común	Ralentí	2500 rpm
Dióxido de Carbono CO ₂	2,30%	2,70%
Monóxido de Carbono CO	0,05%	0,06%
Pureza del aire O ₂	18,20%	17,73%
Biocombustible Artesanal	Ralentí	2500 rpm
Dióxido de Carbono CO ₂	2,50%	2,50%
Monóxido de Carbono CO	0,09%	0,09%
Pureza del aire O ₂	18,33%	18,31%

Nota: elaboración propia

Segmento de clientes y Propuesta de valor

Para lograr clientes, se partirá de la premisa de que la gran mayoría de potenciales consumidores, serán quienes utilicen vehículos de combustión interna a diésel, entre los cuales destaca el sector del transporte público; sin embargo, muchos clientes aumentarán su confianza si notan desde un principio un rumbo claro en este emprendimiento, esto será la clave (Freire A., 2005). Si sumamos a los gremios de transporte pesado y a la ciudadanía en general, el biocombustible se ha de posicionar frente al consumidor, a través de una percepción de calidad y credibilidad. Prestar servicios personalizados para darle a conocer al cliente, los beneficios del biocombustible para satisfacer sus necesidades, la relación calidad-precio, talvez en un principio el combustible puede ser más costoso que el diésel

subsidiado, pero puede traer beneficios a largo plazo en ahorro de gastos por mantenimiento de sus vehículos (Chams C., 2006). Utilizar estrategias de acopio de aceites de cocina usados, apalancados en principios y ordenanzas municipales, que permitan trabajar directa e indirectamente con autoridades locales y la Asociación de recicladores urbanos de Cuenca (ARUC).

Demostrar que puede ser un producto competitivo frente al producto que ya se conoce, para eso se presenta la necesidad de realizar investigaciones para medir su alcance.

Una vez obtenido un segmento de clientes, el enfoque viene en cómo desarrollar la propuesta de negocio factible y cuáles son las características del biocombustible y su producción, para la obtención de potenciales consumidores. Por lo tanto, es la búsqueda de algo que le genere al cliente una percepción de valor creado, dentro de un entorno empresarial (Freire A., 2005). La propuesta de este emprendimiento se ha basado principalmente en tres ámbitos: Ambiental, Social y Económico. De ahí parte el análisis para medir su factibilidad.

Este biocombustible es un producto ambientalmente sostenible, respecto al análisis de las emisiones de gases contaminantes, los mismos no varían demasiado en comparación con los gases del diésel común, a pesar que existe un ligero incremento de monóxido de carbono (CO), la pureza del aire incrementa, esto ayuda a que la combustión sea más eficiente. Adicionalmente, de un apartado anterior se conoce que el contenido de azufre es despreciable, pues el aceite de cocina es utilizado para el consumo humano, menos nocivo para el medioambiente.

En lo social, en Cuenca se generan al año más de 100 mil galones de aceite de cocina usado; sin embargo, en los centros de acopio municipales, tan solo se entrega el 2% por parte de la ciudadanía (La voz del Tomebamba, 2022). De acuerdo a la Revista Líderes (2018), empresas privadas en Quito como ArcPieper y La Fabril pagan a los recicladores 2 dólares por una caneca de 20 litros de AUC. Por lo tanto, los recicladores locales verían una fuente de trabajo y un estímulo económico, al replicar este mismo modelo de reciclaje.

El siguiente paso será obtener la estructura de costos de producción a nivel artesanal y sus niveles de sostenibilidad para considerar su viabilidad a una mayor escala, desde esta perspectiva se analizará el costo comercial de cada componente, desglosado en la proporción utilizada para cada galón. Esto servirá para determinar si es un producto económicamente sostenible.

Tabla 3. Obtención del precio por galón de biocombustible

Componente	Costo
Etanol 99% 200 ml	\$ 0,39
Lejía 6 gr	\$ 0,03
AUC 1 lt	\$ 0,10
Insumos	\$ 0,05
Producto	
Biocombustible 1 lt	\$ 0,57
CVU 1 gal	\$ 2,17
Precio-Utilidad 16%	\$ 2,51

Nota: elaboración propia. AUC: Aceite usado de cocina CVU: Costo variable unitario

Demanda Proyectada

Como punto de partida tenemos que, en Cuenca hay 475 unidades de buses urbanos, cada uno recorre al día en promedio 31,26 Km en un ciclo (ida y vuelta) y realiza un aproximado de 8 recorridos; es decir, que recorre unos 238 Km diariamente. El consumo mensual de diésel de los buses bordea los 349 mil galones, mientras que la producción de AUC es alrededor de 9750 galones por mes, tan solo representa el 2,8% de la demanda de combustible (Ruiz Castillo y Villacreses Novillo, 2015; Resolución 360 de 2021 [I. Concejo Cantonal del GAD Municipal del cantón Cuenca]. Para la Fijación del subsidio del transporte colectivo de pasajeros en la modalidad de uses urbano en el cantón Cuenca.16 de noviembre de 2021).

El gobierno ecuatoriano gasta 1429 millones de dólares en subsidio de diésel al año, actualmente un galón tiene un costo de USD. 1,75 cuando su costo real sin subsidio bordea los USD. 4,00 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2022).

Tabla 4. Consumo de combustible por unidad de bus urbano.

Parámetros	Unidad	Consumo
Rendimiento bus	Km/galón	6,4
Consumo	galón/Km	0,156
Precio diésel (sin subsidio)	USD.	4,00
Precio diésel (con subsidio)	USD.	1,75
Costo por Km diésel	USD.	0,27
Precio galón biocombustible	USD.	2,51
Costo por Km biocombustible	USD.	0,39

Fuente: Resolución No. 360 GAD Cuenca, 2021

Nota: Precio del galón de diésel en diciembre de 2022. Precio biocombustible elaboración propia

En este contexto, se realiza una proyección de la demanda mensual de biocombustible, suponiendo el acopio de todo el aceite usado posible, tomando como ejemplo de clientes a los transportistas urbanos de la ciudad y con tres posibles escenarios: optimista (ventas 80% biocombustible), probable (ventas 50% biocombustible) y pesimista (ventas 30% biocombustible).

Tabla 5. Estimación de la demanda mensual de Biocombustible para los transportistas urbanos

Escenario	Galones
Optimista 80%	7800
Probable 50%	4875
Pesimista 30%	2925

Nota: elaboración propia

Punto de Equilibrio

El Punto de Equilibrio (PE) dará un indicador de cuantas unidades del producto (galones de biocombustible) deberán ser vendidas mensualmente para que el emprendimiento sea económicamente factible. En este análisis se aplica la siguiente ecuación:

$$PE = \frac{CF}{P - CVU}$$

Donde:

CF: Costos fijos mensuales USD.

Costos fijos mensuales			
Servicios básicos	\$		50,00
Arriendo	\$		250,00
Salario (más beneficios)	\$		578,64
Otros	\$		100,00
	CF	\$	978,64

P: Precio del galón de biocombustible, considerando una utilidad del 16%. USD. 2,51

CVU: Costo Variable Unitario. USD. 2,17

PE = 2878 galones

Nota: se deberán vender 2878 galones de biocombustible para cubrir los costos fijos y variables

Obtención del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular cuánto tardará el emprendimiento en recuperar su inversión inicial, se aplicarán el VAN y el TIR, realizando una proyección en 5 años plazo y de acuerdo a los tres escenarios: optimista, probable y pesimista.

Tabla 6. *Cálculo mensual de ventas y gastos de acuerdo a cada escenario*

Escenario	Galones	Ventas	Gastos
Optimista 80%	7800	\$ 19.578,00	\$ 16.926,00
Probable 50%	4875	\$ 12.236,25	\$ 10.578,75
Pesimista 30%	2925	\$ 7.341,75	\$ 6.347,25

Nota: elaboración propia

Para el análisis se considerarán algunas variables como la inversión inicial, y se supondrán las tasas de inflación y de interés de acuerdo a los datos del entorno empresarial nacional.

Tabla 7. Estimación de la inversión inicial en USD., inflación y tasa de interés anual

Inversión inicial	
Agitador industrial	\$ 1.300,00
Tanques de acero	\$ 9.000,00
Motobombas	\$ 1.000,00
Electrobalanza	\$ 300,00
Material vidrio	\$ 1.000,00
Material plástico	\$ 700,00
Insumos varios	\$ 700,00
Total inversión	\$14.000,00
Inflación anual	4%
Tasa de interés anual	10%

Nota: elaboración propia

Tabla 8. Cálculo de VAN y TIR en un escenario optimista

Año	Flujo de Ingresos (A)	Flujo de Egresos (B)	Flujo de Efectivo Neto (A - B)
1	\$ 234.936,00	\$203.112,00	\$ 31.824,00
2	\$ 244.333,44	\$211.236,48	\$ 33.096,96
3	\$ 254.106,78	\$219.685,94	\$ 34.420,84
4	\$ 264.271,05	\$228.473,38	\$ 35.797,67
5	\$ 274.841,89	\$237.612,31	\$ 37.229,58
VAN	\$152.576,30		
TIR	2,74		

Nota: elaboración propia

Tabla 9. Cálculo de VAN y TIR en un escenario probable

Año	Flujo de Ingresos (A)	Flujo de Egresos (B)	Flujo de Efectivo Neto (A - B)
1	\$ 146.835,00	\$126.945,00	\$ 19.890,00
2	\$ 152.708,40	\$132.022,80	\$ 20.685,60
3	\$ 158.816,74	\$137.303,71	\$ 21.513,02
4	\$ 165.169,41	\$142.795,86	\$ 22.373,54
5	\$ 171.776,18	\$148.507,69	\$ 23.268,49
VAN	\$90.110,19		
TIR	1,73		

Nota: elaboración propia

Tabla 10. Cálculo de VAN y TIR en un escenario pesimista

Año	Flujo de Ingresos (A)	Flujo de Egresos (B)	Flujo de Efectivo Neto (A - B)
1	\$ 88.101,00	\$ 76.167,00	\$ 11.934,00
2	\$ 91.625,04	\$ 79.213,68	\$ 12.411,36
3	\$ 95.290,04	\$ 82.382,23	\$ 12.907,81
4	\$ 99.101,64	\$ 85.677,52	\$ 13.424,13
5	\$ 103.065,71	\$ 89.104,62	\$ 13.961,09

VAN \$48.466,11

TIR 1,04

Nota: elaboración propia

Resultados y discusión

Para la obtención de biocombustible a partir del aceite usado de cocina, la reacción del catalizador y la separación del biocombustible con la glicerina tardó 72 horas. Esta demora posiblemente se dio porque el catalizador compuesto por etanol y lejía no fue el más eficiente. La accesibilidad del reactivo hidróxido de sodio más puro, que hubiera ayudado a que el catalizador sea seguramente más potente y que la reacción sea considerablemente más rápida, requiere de permisos especiales en Ecuador, debido a que es un componente utilizado en la producción de sustancias ilícitas. El analizador de gases no pudo ser utilizado para medir el contenido de dióxido de azufre; sin embargo, varios estudios concluyen que este tipo de biocombustibles tienen un contenido casi nulo de este contaminante (Chávez et al., 2017). Respecto al monóxido y dióxido de carbono, los niveles no tienen mayor variación con respecto al diésel común, la presencia de más oxígeno y el bajo contenido de azufre, hace que este biocombustible sea ambientalmente sostenible. El servicio de recolección de aceite en Cuenca es gratuito, pero no existe un incentivo económico para los recicladores que los motive a recopilar todo el aceite usado producido. Si se aplicara el modelo de ArcPieper y La Fabril, este proceso podría ser socialmente sostenible. El costo de producción del biocombustible es económico con respecto al diésel común. Si consideramos el costo de este último sin la aplicación del subsidio fiscal, que para el Estado representa un gasto de cientos de millones de dólares anuales, estaríamos ante un producto económicamente factible. Sin embargo, el costo de venta de diésel común (con subsidio) es más barato. Por tanto, se debe analizar hasta qué punto el consumidor estaría dispuesto a pagar un poco más, por un producto menos contaminante. A pesar de esto, e incluso considerando un escenario pesimista, la producción de este combustible es factible, pues el punto de equilibrio indica que un número menor de galones deberían venderse mensualmente, para generar sostenibilidad económica. Además, al analizar el VAN y el TIR, los tres escenarios muestran resultados favorables para el emprendimiento en el plazo de 5 años, indicando un retorno de las remesas de inversión en el caso del VAN y alejándose del valor 0 en el caso del TIR.

Como apunta Mat Aron y colegas (2020), los biocombustibles no mitigan por completo las emisiones de gases contaminantes, pero sí ayudan a disminuirlos, además que provienen de recursos renovables y biodegradables. Las cuatro generaciones de biocombustibles tienen en sí gran similitud en lo que refiere a sus procesos de producción, su mayor variación radica en la proveniencia de sus materias primas, y a pesar que son diferentes, todas tienen origen animal o vegetal. El proceso de transesterificación, al igual que las investigaciones de Antonio, Cortés y Seminario (Antonio et al., 2017; Cortés-Sánchez et al.,

2019; Seminario Calle y Ortega Maldonado, 2022), efectivamente funciona como producción de biocombustible. Se considera que Cortés y colegas, en su segundo experimento, no esperaron lo suficiente para que el catalizador haga su trabajo, pues, como se comprobó a partir del proceso de esta investigación, la separación de biocombustible y glicerina sí se logró, siendo el tiempo de espera el principal condicionante.

Con respecto a las limitaciones de la investigación, tenemos el hecho de que no se pudo medir la potencia del motor al usar este biocombustible en un banco de pruebas dinamómetro debido a que, para este experimento, se elaboró muy poca cantidad de biocombustible. Tampoco se pudo constatar si el contenido de agua presente en el alcohol tiene un efecto nocivo en las partes del sistema de alimentación del vehículo. Esto pudiera abordarse en futuros estudios, lo que determinaría el efecto negativo o positivo de este tipo de combustibles en los vehículos y en la vida útil de las partes dada la acción lubricante de los aceites. Otra limitación, que podría dar lugar a más investigaciones, es el hecho de que se desechó la glicerina sobrante, siendo un componente útil como materia prima de otros productos, como por ejemplo artículos para el aseo personal.

Si el emprendimiento aquí propuesto se trasladara de lo artesanal a lo industrial, se necesitará invertir en propiedad, planta y equipos. Asimismo, analizar el efecto ambiental, económico y social que esto pudiera ocasionar. Por lo tanto, cabría implementar tecnología que ayude a la producción a ser completamente sostenible. Esto también sería una futura línea de investigación que ayudaría a probar la factibilidad de una producción industrial.

Conclusión

La investigación sí pudo estudiar cómo se generan los procesos de utilización de biocombustibles a nivel global, y determinó que la producción de biocombustibles a partir de aceites vegetales usados, permite generar oportunidades económicas que impulsen el desarrollo social, mejora la calidad medioambiental en la ciudad; y por supuesto, que es rentable desde el punto de vista empresarial.

Estos parámetros pudieron ser comprobados mediante el análisis del segmento de clientes y la propuesta de valor, y los niveles de contaminación. En este sentido, la hipótesis que planteaba la factibilidad de la producción de biocombustibles a partir de aceites vegetales usados como emprendimiento sostenible en Cuenca, Ecuador, ha sido aceptada, como consecuencia de la aplicación de técnicas de modelos de negocio y productos financieros, que dejaron números favorables respecto a las estimaciones y cómo en un escenario incluso pesimista cumple con un mínimo requerido para que los ingresos y gastos sean equitativos. Esto aún considerando los obstáculos propios de un experimento artesanal, como la poca accesibilidad a los materiales y escasez de equipos técnicos y tecnológicos, por lo que se enfatiza la necesidad de futuras investigaciones de factibilidad y sostenibilidad para que esta investigación fundamente un emprendimiento a escala industrial.

Los emprendimientos guiados por los principios de los objetivos de desarrollo sostenible, siempre aportarán al desarrollo social. En este contexto, este estudio demuestra una las posibilidades de apoyo a la lucha contra el cambio climático mediante el reciclaje y la reducción de gases contaminantes. Socioeconómicamente ético, con la posibilidad de generar oportunidad de trabajo y fuentes de ingreso, y financieramente factible al plantearse como un proyecto empresarial a nivel local.

Si se considera la influencia que las políticas gubernamentales en el Ecuador pueden tener con respecto al subsidio de los combustibles, esta propuesta no es competitiva. Sin embargo, el diésel común proviene de recursos no renovables y es incierto el tiempo que puede ser subsidiado. Por el contrario, el biocombustible de materia renovable, al ser medioambientalmente sostenible, se presenta como una importante posibilidad que debe ser considerada en tanto el valor de mercado no puede ser el único indicador ante los desafíos ambientales que enfrenta el planeta.

Referencias

- Acevedo, E. L. B., Jurado, J. M. V., y Lombana, J. (2017). Alternativas productivas para la industria de biodiésel en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 13(24), 135–148. <https://doi.org/10.18270/CUADERLAM.V13I24.2159>
- Antonio, E., Cedeño, L., Rocha-Hoyos, J., Alvear, P. S., y Medrano Barboza, J. (2017). Producción e impacto del biodiesel: una revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 59–76. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V2.N7.2017.229>
- Chávez, G. C., Romo, S. M., Moya, J. V., y Reyes, R. S. (2017). Composición elemental de mezclas biodiésel-diésel y análisis de sus emisiones de combustión. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 4(2), 21–28. <https://doi.org/10.29166/REVFIG.V1I2.66>
- Villota, T. (15 de julio de 2022). *Cinco puntos de acopio de aceites de cocina en Cuenca para reducir grados de contaminación*; de La Voz del Tomebamba: <https://www.lavozdeltomebamba.com/2022/07/15/cinco-puntos-de-acopio-de-aceites-de-cocina-en-cuenca-para-reducir-grados-de-contaminacion/>
- Líderes. (1 de agosto de 2018). *Reciclan aceite de cocina para generar biodiésel*; de Revista Líderes: <https://www.revistalideres.ec/lideres/reciclan-aceite-cocina-biodiesel-holanda.html>
- Daniel Ramos, María Soledad Díaz, F., y Armando Villar, M. (2016). *Biocombustibles*. <https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/handle/11336/25791>
- Molina, B. (2019). Foros híbridos, participación y gestión sostenible de los sitios del patrimonio mundial. El caso de Santa Ana de Cuenca/Foros híbridos, participación y gestión sostenible del Patrimonio Mundial. El caso de Santa Ana de Cuenca. *Metaodos. Revista de Ciencias Sociales*, 7 (2), 225.
- Brundtland, GH (1987). Nuestro futuro común—Llamado a la acción. *Conservación Ambiental*, 14 (4), 291-294.
- Banco Mundial (2022). Datos Ecuador. <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador>
- Freire, A. (2005). Ecuación de valor y estrategias de entrada al mercado. Ed. Norma, *Pasión por emprender: de la idea a la cruda realidad* (pág. 40).
- Economía, M., y Finanzas, (2022). *SUBSIDIOS PROFORMA PRESUPUESTARIA 2023*. Retrieved December 12, 2022, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Subsidio>
- Dolores Cortés-Sánchez, M., Macarena Gata-Montero, E., Pipió-Ternero, A., & Rodríguez-Rivas Juan Manuel Sánchez-Santos, Á. (n.d.). *Biocombustibles: tipos y estrategias de producción*.
- Jeswani, H. K., Chilvers, A., & Azapagic, A. (2020). Environmental sustainability of biofuels: a review. *Proceedings of the Royal Society A*, 476(2243). <https://doi.org/10.1098/RSPA.2020.0351>
- Mat Aron, N. S., Khoo, K. S., Chew, K. W., Show, P. L., Chen, W. H., & Nguyen, T. H. P.

- (2020). Sustainability of the four generations of biofuels – A review. *International Journal of Energy Research*, 44(12), 9266–9282. <https://doi.org/10.1002/er.5557>
- Narwane, V. S., Yadav, V. S., Raut, R. D., Narkhede, B. E., & Gardas, B. B. (2021). Sustainable development challenges of the biofuel industry in India based on integrated MCDM approach. *Renewable Energy*, 164, 298–309. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.09.077>
- Resolución 360 de 2021 [I. Concejo Cantonal del GAD Municipal del cantón Cuenca]. Para la Fijación del subsidio del transporte colectivo de pasajeros en la modalidad de usos urbano en el cantón Cuenca.16 de noviembre de 2021); <https://www.cuenca.gob.ec/content/resolución-del-i-concejo-cantonal-del-gad-municipal-del-cantón-cuenca-para-la-fijación-de>
- Ruiz Castillo, V. M., & Villacreses Novillo, H. F. (2015). *Análisis de los costos operativos entre el Sistema de Transporte Público Urbano y el Tranvía de la Ciudad de Cuenca en el 2014*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7762>
- Seminario Calle, D. P., & Ortega Maldonado, M. I. (2022). *Obtención de un catalizador de óxido de cinc a partir de pilas C-Zn usadas para la elaboración de biodiesel con aceite vegetal reciclado*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/39039>
- Thompson, N. A. (2018). Biofuels are (Not) the Future! Legitimation Strategies of Sustainable Ventures in Complex Institutional Environments. *Sustainability 2018, Vol. 10, Page 1382*, 10(5), 1382. <https://doi.org/10.3390/SU10051382>
- Vargas-Hernández, J. G. (2018). Panorama del emprendimiento de empresas de biodiesel en México, perspectiva basada en las instituciones. *Revista Brasileira de Direito Do Petróleo, Gás e Energia*, 5(1), 162–170. <https://doi.org/10.12957/RBDP.2018.32656>
- Chams, C. (2006). Estudio de Marketing estratégico para la comercialización de biodiesel a partir de la palma de aceite africana en el departamento de Bolívar-Colombia. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0039489.pdf>