

TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L) PARA LA GENERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE Y DETERMINACIÓN DE COSTOS

Data de aceite: 05/03/2023

Telly Yarita Macías Zambrano

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

Tanya Beatriz Bravo Mero

<https://orcid.org/0000-0002-3437-8584>

Verónica Dolores Palma Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-0277-2242>

Rosa Delfina Giler Giler

<https://orcid.org/0000-0002-3703-2773>

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

Verónica Del Pilar Zambrano Burgos

<https://orcid.org/0000-0003-2128-3823>

Magda Francisca Cejas Martínez

<https://orcid.org/0000-0002-0618-3608>

TRANSESTERIFICATION OF
VEGETABLE OIL OF HIGUERILLA
(*Ricinuscommunis* L) FOR BIOFUEL
GENERATION AND COST
DETERMINATION

RESUMEN: El escaso aprovechamiento de los recursos naturales que se poseen,

lo cual implica la flora endémica (arbustos, hierbas, etc.) y desechos de la producción (hojarasca, diversas fibras vegetales, estiércol de ganado, de aves de corral, etc.), las cuales son apiladas para posteriormente ser quemadas ocasionando consecuentemente contaminación al medio ambiente, son algunos de los problemas que se generan a nivel de finca. El objetivo de la investigación consistió en generar biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de sodio y aceite de higuierilla en la finca Mis 2 Principitos de la Comuna el Limón, cantón Portoviejo. Dentro de la metodología para producir biodiesel o biocombustible mediante el proceso de transesterificación se utilizó el aceite de ricino obtenido de la semilla de higuierilla, el metanol (alcohol metílico) e hidróxido de potasio (KOH) (ácido o catalizador). Mediante la transesterificación en el que se utilizó 0,001 m³ de aceite de ricina, 0,0001 m³ de metanol y 0,01 Kg de hidróxido de potasio en condiciones de temperatura aproximada de 60°C y 40 rpm de agitación en la plancha agitadora, se obtuvo como resultado 0,001 m³ de biodiesel. Se puede generar biodiesel a partir del aceite de higuierilla o ricino,

aprovechando una biomasa fuente de energía, que puede ser usada en motores de bombas para el riego en fincas.

PALABRAS CLAVES: aceite vegetal; biocombustible; higuerrilla; metanol; transesterificación.

1 | INTRODUCTION

La energía renovable puede ser definida como “flujos energéticos que son repuestos al mismo ritmo al cual son utilizados” (Alexander, G. y Boyle, G., 2014). La energía obtenida de los continuos flujos energéticos que existen en el ambiente natural es lo que se conoce como energía renovable (Castro, 2011). Las energías renovables han venido utilizándose desde hace varias décadas sobre todo en las zonas rurales donde se ha palpado la carencia de la energía eléctrica para sus diversos usos, lo que ha hecho que para suplir esa necesidad el campesino deba utilizar combustibles como el diésel para alumbrar su hogar, para echar a andar motores y bombas de riego que se utilizan a diario en la agricultura.

La principal fuente primaria de casi todas las energías existentes en la tierra es la energía solar. El potencial de las fuentes renovables es gigantesco puesto que la energía existente en ellas puede cubrir varias veces la actual demanda de energía mundial (Kammen, 2014); Singh, 2016). De acuerdo a información obtenida de la (WEC, 2010) “La cantidad total de radiación que irradia el sol en la tierra en un año es 7500 veces mayor que el consumo energético mundial anual”. El cambio climático, el pico (o cénit) petrolero y la seguridad energética son las tendencias mundiales que empiezan a marcar el ritmo de la transición energética requerida para abastecer a la creciente demanda de energía mundial al tiempo que se abandona aquella que ha sido la principal fuente de energía hasta la actualidad: combustibles fósiles. Ante este reto, las tecnologías de fuentes de energía renovable están recibiendo fuertes incentivos y estímulos de desarrollo a nivel global.

Esto ha permitido que varias de ellas se vuelvan competitivas ante alternativas tradicionales de generación energética y empiecen a tener un despliegue y uso comercial, por ejemplo en la provincia de Manabí existen condiciones de radiación solar considerable para realizar inversiones que no contaminen (Rodríguez, 2018; Ermayanti et al., 2016).

En Ecuador, los últimos 25 años de inversión en fuentes de energía renovable han permitido reducciones de costos en valores del 40% en tecnologías relacionadas con biomasa, del 70% en geotermia y del 90% en energías eólica, solar fotovoltaica y solar térmica (Paredes, J. y Ramírez, J., 2017). Se considera que para que estas tecnologías tengan potencial para ser utilizadas en Ecuador se encuentren en la fase de despliegue y comercialización. Las energías renovables constituyen una alternativa práctica y amigable con el medio ambiente, sobre todo en los actuales momentos en que el planeta atraviesa

por cambios climáticos severos que afectan particularmente a los campos agrícolas y a los ecosistemas en general. De esta forma se ha venido impulsando además, la generación de biocombustible o biodiesel a partir de material biológico, como aceites vegetales, residuos de madera, estiércoles, etc. El biodiesel generado a partir de aceites vegetales libera menos cantidad de CO cuando es quemado por un motor y no genera los trióxidos de azufre (SO₃), evitando así la lluvia ácida (Cornejo y Estrada, 2012; Vivas et al., 2017).

Una de las plantas utilizadas para la generación de biodiesel es la higuera (*Ricinus communis L.*) caracterizada por su gran tolerancia a la sequía, esta condición permite que el cultivo sea económicamente viable en ambiente semiáridos donde hay escasas de agua. La industrialización de la higuera origina como subproducto la pasta o llamada también torta, es rica en proteínas y puede ser utilizada en la restauración de suelos degradados, así mismo contiene productos que puede ser empleados para el control de nematodos en el suelo, debido a que contiene la proteína llamada ricina altamente toxica, esta se concentra en el endospermo de la semilla, permanece en la torta tras la extracción del aceite, cabe mencionar que esta proteína es soluble en agua.

La concepción actual de una finca productiva y sostenible propende a la utilización de fuentes de energía alternativa que coadyuven a la integralidad de la finca, aprovechando de mejor manera los desechos orgánicos que genera la producción agropecuaria en beneficio de la finca como tal. Las fincas agropecuarias tradicionales dedicadas a la producción de cultivos variados, a la cría de ganado vacuno y porcino, y aves de corral se encuentran diariamente con cierto volumen de residuos orgánicos como hojarasca, tallos, frutos caídos, secos y húmedos, estiércol de vacuno, porcino, aves de corral, etc. que constituyen un obstáculo para el agricultor en cuanto al tiempo y al dinero, ya que la manera en que se han venido manejando los residuos dentro de la finca es con el apilamiento y la quema (Macías, 2018).

Para aprovechar todos los desperdicios que se generan dentro de la finca se precisa la utilización de las fuentes de energía renovable, como la generación de biogás a partir de toda la biomasa recolectada, la instalación de paneles solares para aprovechar la radiación solar y la obtención de biocombustible a partir de la higuera que crece nativamente en gran parte de la finca. Desde el punto de vista ambiental, la utilización de energías renovables es una alternativa ante el costo de la energía eléctrica, ante el combustible derivado del petróleo, ante el gas licuado de petróleo para cocción de los alimentos y calefacción.

Una de las limitaciones más frecuentes que se da en la Finca Mis dos principitos es el escaso aprovechamiento de los recursos naturales que se poseen, lo cual implica la flora endémica (arbustos, hierbas, etc.) y desechos de la producción (hojarasca, diversas fibras vegetales, estiércol de ganado, de aves de corral, etc.), las cuales son apiladas

para posteriormente ser quemadas ocasionando consecuentemente contaminación al medio ambiente. La participación de las familias en las actividades cotidianas de la finca es fundamental para maximizar la productividad de la finca y minimizar los costos de producción, puesto que el pago en jornaleros llega a representar un gran porcentaje de los ingresos que pueden obtenerse de la venta de los productos agropecuarios, limitando el hecho de propender hacia una finca más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental; tendiendo además a afectar el bienestar y capacidad productiva de la tierra de la finca.

El objetivo de la presente investigación consistió en generar biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de sodio y aceite de higuera en la finca Mis 2 Principitos de la Comuna el Limón, cantón Portoviejo, determinando además, los costos de producción.

2 I MATERIALES Y MÉTODOS

Para producir el biodiesel o biocombustible mediante el proceso de transesterificación se utilizó el aceite de ricino obtenido de la semilla de higuera, el metanol (alcohol metílico) e hidróxido de potasio (KOH) (ácido o catalizador).

Material	Unidades
Aceite de ricino	0,001 m ³
Metanol	0,0001 m ³
Hidróxido de potasio	0,01 Kg

Tabla 1. Materiales utilizados en la obtención de biocombustible

Fuente: (Macías, 2018)

2.1 Proceso de transesterificación

El proceso de transesterificación es la reacción química de un alcohol, un aceite y un ácido o catalizador, lo cual significa que el glicerol contenido en el aceite de ricino es sustituido por el metanol ante la presencia del hidróxido de potasio (Cornejo y Estrada, 2012).

Para la transesterificación se utilizaron 0,001 m³ de aceite de ricino, 0,0001 m³ de metanol (10% del volumen total de aceite de ricino) y 0,01 Kg de hidróxido de potasio (1% del volumen total de aceite de ricino).

Se procede a mezclar el metanol con el hidróxido de potasio en una plancha agitadora utilizando un vaso de precipitación que contiene un agitador magnético. Se coloca

el metanol en el vaso y poco a poco se añade el catalizador, controlando la temperatura que no debe pasar los 80° C, durante 8 minutos aproximadamente, tiempo en el cual el hidróxido de potasio se ha diluido completamente. Inmediatamente se agrega el volumen de aceite de ricino a temperatura ambiente, graduando la plancha agitadora a 40 rpm para obtener una temperatura de 60°C.

Se controla que la temperatura no se eleve, hasta que finalice el proceso de transesterificación, observando que el color de la mezcla se mantenga en una tonalidad amarillo fuerte y su consistencia sea densa.

Cuando se alcanzaron estos indicadores, se retira la mezcla de la agitadora y se deja reposar la mezcla, la cual mediante decantación se procede a separar la glicerina del biocombustible.

El biodiesel o biocombustible B-100 extraído en el proceso de transesterificación se sometió a una práctica en un motor de 7 457 Watts, utilizando combinaciones de diésel y biodiesel en porcentajes del 5% y 20% de diésel para obtener biocombustible B-5 y B-20.

2.2 Producción de biodiesel tipo B-5

Para producir 0,001 m³ de biodiesel del tipo B-5 se combina un 95% de diésel convencional y un 5% de biocombustible. Se toma 0,000050 m³ de aceite de ricino y 0,000950 m³ de diésel, se mezclan y se obtiene 0,001 m³ de biocombustible del tipo B-5.

Prueba en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m³ de biocombustible del tipo B-5 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,07 horas, alcanzando una temperatura de 136°C.

Cálculo del volumen de B-5 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m³ de biocombustible del tipo B-5 que se requieren para echar andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación en base a la ecuación (1).

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,07 \text{ horas}} = 85,71 \quad (1)$$

$$85,71 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,08571 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,08571 m³ de biocombustible del tipo B-5 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

2.3 Producción de biodiesel tipo B-20

Para elaborar 0,001 m³ de biodiesel del tipo B-20 se combina 80% de diésel y 20% de biocombustible. Se toma 0,0002 m³ de aceite de ricino y 0,0008 m³ de diésel, se mezclan y se obtiene 0,001 m³ de biocombustible del tipo B-20.

Prueba en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m³ de biocombustible del tipo B-20 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,123 horas, alcanzando una temperatura de 132°C.

Cálculo del volumen de B-20 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m³ de biocombustible del tipo B-20 que se requieren para echar a andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación empleando la ecuación (2).

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,123 \text{ horas}} = 48,78 \quad (2)$$

$$48,78 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,04878 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,04878 m³ de biocombustible del tipo B-20 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

Prueba del B-100 en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m³ de biocombustible del tipo B-100 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,089 horas, alcanzando una temperatura de 167°C.

Cálculo del volumen de B-100 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m³ de biocombustible del tipo B-100 que se requieren para echar andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación:

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,089 \text{ horas}} = 67,42$$

$$67,42 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,06742 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,06742 m³ de biocombustible del tipo B-100 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

2.4 Cálculo de precios unitarios para la obtención de biocombustible

El cálculo de precios para la producción de biodiesel se detalla en la tabla 1 a continuación.

Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Costo Unitario	%
	A	B	C=A*B	D=C/R	
Herramientas menores (% MO)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 % uso de laboratorio	1,00	0,09	0,09	0,09	7,0%
			Parcial M	\$0,09	7,03%

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Costo Unitario	%
		A	B	C=A*B	
Aceite de ricino	L	1,000	1,00	\$1,00	78,1%
Metanol	cm ³	10,000	0,02	\$0,16	12,5%
Hidróxido de potasio	G	1,000	0,03	\$0,03	2,3%
			Parcial O	\$1,19	92,97%

TOTAL COSTOS DIRECTOS		$Q=(M+N+O+P)$	\$1,28
COSTOS INDIRECTOS:			
Utilidad:	(Q) x	0,00%	\$0,000
Gastos Administrativos:	(Q) x	6,00%	\$0,077
Imprevistos:	(Q) x	3,00%	\$0,038
Impuestos +garantías	(Q) x	2,00%	\$0,026
Precio unitario total			\$1,42
Valor propuesto			\$1,42

Tabla 1. Cálculo de precios unitarios para la obtención de biodiesel

Nota. Elaboración propia.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el proceso de transesterificación en el que se utilizó 0,001 m³ de aceite de ricina, 0,0001 m³ de metanol y 0,01 Kg de hidróxido de potasio en condiciones de temperatura aproximada de 60°C y 40 rpm de agitación en la plancha agitadora, se obtuvieron 0,001 m³ de biodiesel.

La tabla 2, muestra los elementos utilizados en el proceso de transesterificación.

Aceite de ricino (m ³)	Metanol (m ³)	KOH (Kg)	T (°C)	Agitación (rpm)	Biodiesel obtenido (m ³)
0,001	0,0001	0,01	60	40	0,001

Tabla 2. Elementos para la transesterificación

Nota. Elaboración propia.

Para la generación 0,001 m³ de biocombustible a partir del aceite de ricino se determinaron tres tipos de biodiesel. La tabla 3 muestra el volumen de aceite vegetal y diésel utilizado para producir 3 tipos de biodiesel.

Tipo de biodiesel	Aceite de Ricino		Diésel		Biodiesel obtenido (m³)
	(m³)	(%)	(m³)	(%)	
B-5	0,00005	5	0,00095	95	0,001
B-20	0,0002	2	0,00080	80	0,001
B-100	0,001	100	-	0	0,001

Tabla 3. Generación de biodiesel

Nota. Elaboración propia.

Los tipos de biodiesel obtenidos fueron probados en un motor de bomba para riego de 7457 Watts de potencia. La Figura 1, muestra la temperatura de fusión por tipo de biodiesel.

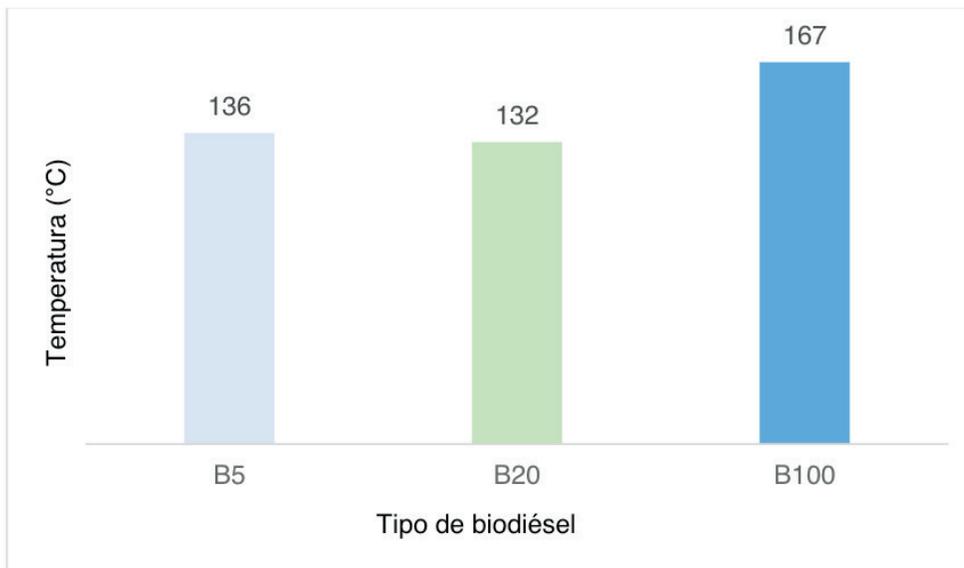


Figura 1. Temperatura de fusión por tipo de biodiesel

Se experimentó el tiempo de consumo con el mismo volumen de muestra y tipo de biodiesel, obteniéndose los resultados mostrados en la figura 2.

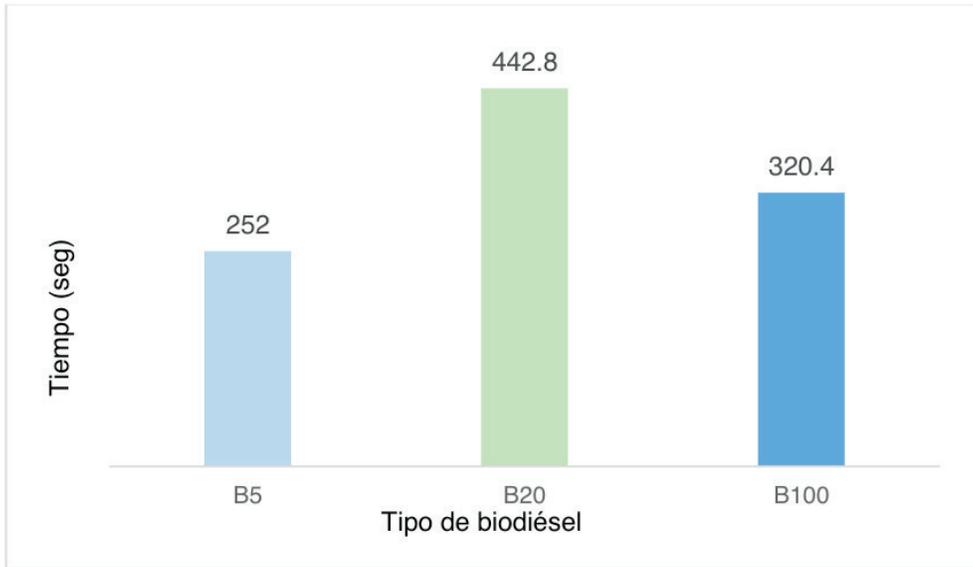


Figura 2. Tiempo de consumo por tipo de biodiesel

La tabla 4 detalla el volumen por tipo de biodiesel requerido para riego en un número de horas determinado con un motor de bomba para riego de 7457 Watts de potencia.

Tipo de biodiesel	Volumen (m ³)	Tiempo (horas)						
B-5	0,02857	2	0,05714	4	0,08571	6	0,11428	8
B-20	0,01626	2	0,03252	4	0,04878	6	0,06504	8
B-100	0,02247	2	0,04494	4	0,06742	6	0,08988	8

Tabla 4. Requerimiento de biodiesel por horas de riego en un motor de bomba de 7457 Watts

Para instalar un sistema de biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de potasio y aceite de higuerilla en la finca Mis 2 Principitos, el cual se utilizará como biocombustible del tipo B5 (5% de biocombustible y 95% de diésel) que se utilizará en la puesta en marcha de dos bombas de 5 HP a diésel para el riego de 4 ha de cultivo de plátano y palma de coco se necesita de 60 lts de B5 al mes y de una inversión de USD\$1,62.

El presupuesto total para la obtención de biocombustible a partir de la transesterificación con los elementos indicados, el cual es de \$1,62 para producir 0,001 m³ de biodiesel o B-100.

Para producir 0,001 m³ de B-5 y B-20 se aplica una regla de tres simple, al valor obtenido se le suma el precio del porcentaje a utilizar de diésel de acuerdo al tipo de biocombustible y se obtienen los siguientes costos como se muestra en la tabla 5.

Tipo de biodiesel	Precio (\$)						Total por tipo de biodiesel
	0,0005 m ³	0,0002 m ³	0,001 m ³	0,00095 m ³	0,0008 m ³	0,001 m ³	
B-5	\$ 0,08			\$ 0,025			0,11
B-20		\$ 0,32			0,021		0,34
B-100			1,62				1,62
B-0 (diésel)						0,26	0,26

Tabla 5. Precio de tipos de biodiesel por 0,001 m³

Nota. Elaboración propia.

Según el Manual de la (OLADE, 2014) sobre la generación de fuentes de energía renovables, en los países sureños de América se trabaja en la obtención de biocombustible a partir de la soja y en Bolivia se está experimentando con la obtención de etanol a partir de la caña de azúcar. Aunque se enfatiza en la seguridad alimentaria, es evidente que el propósito central del cultivo se enfoca hacia otro mercado, la producción de biocombustible, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

En el presente caso se ha generado biocombustible a partir de la higuierilla con una mezcla de metanol e hidróxido de potasio en los tipos B-5, B-20 y B-100. Los resultados obtenidos en la mezcla citada para obtener biocombustible, priorizan el aceite de ricino o higuierilla al ser una planta cuyos frutos tienen alto contenido de aceite vegetal de alto poder calorífico, la cual se siembra con el propósito expreso de utilizarla para la generación de biocombustible.

En la publicación de Benavides *et al.*, (2007) se encontró que biocombustible de aceite de higuierilla presenta excelentes propiedades de flujo a baja temperatura. Las pruebas en motor con mezclas biodiesel de higuierilla/diésel convencional, en el rango de proporciones de biodiesel ensayadas, muestran que a medida que se incrementa la proporción de biodiesel en la mezcla aumenta el consumo específico de combustible, mientras que el rendimiento efectivo y las emisiones de CO y CO₂ prácticamente permanecen constantes.

En el presente estudio se realizaron pruebas en motor de 7457 Watts de potencia, con tres tipos de biodiesel, en las cuales también aumentaba el consumo de combustible al aumentar la proporción de biodiesel, esto fue, al generar B-20, excepto cuando se probó con biodiesel al 100% B-100.

4 | CONCLUSIONES

Se logró generar biocombustible conocido como biodiesel en 3 tipos, B-5 constituido por un 95% de diésel y 5% de aceite de ricino; B-20 conformado por un 80% de diésel y 20% de aceite de ricino, y B-100 constituido del 100% de aceite de ricino, a partir de la mezcla de metanol, hidróxido de potasio y aceite de ricino o higuera.

Las condiciones que permiten obtener mejores rendimientos de biodiesel se obtuvieron con una muestra de 0,0001 m³ del tipo B-5 a una temperatura de 136°C y un tiempo de consumo de 0,07 horas.

El biodiesel representa una ventaja económica y ambiental frente al diésel que es el combustible que tradicionalmente se utiliza en bombas para el riego en finca. La producción de 0,001 m³ de B-5 tiene un costo de \$0,11 y de B-100 tiene un costo de \$1,62. Se debe almacenar el biocombustible aplicando las correspondientes normas de seguridad para que sea utilizado eficientemente y durante un corto tiempo.

REFERENCIAS

Alexander, G. y Boyle, G. (2014). *Introducing renewable energy*. Cambridge: Oxford University Press.

Benavides, A.; Benjumea, P. y Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como alternativa en motores diesel. *DYNA*, 141-150.

Castro, M. (2011). *Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador*,. Quito: CEDA-IDRC.

Cornejo, M. y Estrada, O. (2012). *Caracterización de aceite de higuera de dos variedades silvestres para la producción de biodiesel en la región del Valle de Mezquital, Hidalgo*. Chihuahua-México: Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital .

Ermayanti, N. G. A. M., Oka, I. G. L., Mahardika, I. G., & Suyadnya, I. P. (2016). Free testosterone level and quality of cauda epididymis sperm of local rabbit that given commercial feed supplemented by cod fish liver oil. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 2(3), 1-8.

Kammen, D. (2014). *Taxonomía de la energía renovable*. Cleveland: Elsevier.

Macías, T. (2018). *producción orgánica y convencional de Theobroma cacao L, en el cantón Bolívar*. Tesis de Maestría. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.

OLADE (2014). *Contribución al desarrollo de energías renovables*. Florianópolis: Olade.

Paredes, J.R. y Ramírez, J.J. (2017). *Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia*. Bogotá- Colombia: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Rodríguez, M. & Vázquez, A. (2018). La energía fotovoltaica en la provincia de Manabí. ISBN: 978-9942-948-20- 5. Universidad Técnica de Manabí, Ediciones UTM-Unidad de Cooperación Universitaria. <https://www.utm.edu.ec/index.php>

Singh, D. (2016). Study of ethno-botanical flora of dakingari, kebbi state Nigeria, west tropical Africa. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 2(5), 17-28.

Vivas, F. E. V., Cuello, R. L. C., Macías, D. M., & Rosado, G. P. (2017). Elaboration of essential oil from the oregano for medicinal use sheet. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, 1(1), 81-87. <https://doi.org/10.21744/ijpse.v1i1.22>

WEC. (2010). *Survey of energy resources*. Londres: World Energy Council.