

# Estudio de los parámetros del motor MWM Internacional al emplear mezclas diésel-biodiésel de *Jatropha curcas*



<https://cu-id.com/2177/v33n1e06>

## Study of the parameters of the MWM International engine when using *Jatropha curcas* diesel-biodiesel mixtures

<sup>Ⓜ</sup>Saray Díaz-Barrios<sup>1\*</sup>, <sup>Ⓜ</sup>Osney G Pérez-Acosta<sup>1</sup>,  
<sup>Ⓜ</sup>Lucía Rosario Sarduy-García<sup>1</sup>, <sup>Ⓜ</sup>Yanoy Morejón-Mesa<sup>II</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>II</sup>Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

**RESUMEN:** El agotamiento de los combustibles fósiles es eminente en el transcurso del tiempo por su carácter no renovable. El uso de biodiésel es una opción viable para frenar su disminución ya que su obtención proviene de la biomasa. Por la importancia que reviste el tema, se requiere determinar el porcentaje de biodiésel que se puede añadir sin afectar el funcionamiento del motor MWM Internacional modelo 6.10T acoplado a una bomba vertical de pozo profundo marca Worthington. La presente investigación se desarrolló en el departamento de Ingeniería y Medio Ambiente, del Instituto de Ciencia Animal. Se evaluó el sistema de bombeo que se usa en el abastecimiento del agua para el instituto y la comunidad. Se manejaron mezclas diésel-biodiésel (B-0, B-5, B-10, B-15, B-20, B-25 y B-30) con tres frecuencias de rotación (1350, 1550, 1750). El consumo horario (Gh) no evidenció diferencias estadísticamente significativas en las frecuencias de rotación 1350 y 1550 min<sup>-1</sup>, solo en 1750 min<sup>-1</sup> se obtiene el consumo más elevado al utilizar el 30% de biodiésel. El consumo específico de combustible (ge) a 1750 min<sup>-1</sup> demostró diferencias estadísticamente significativas solo en B-30 y en 1350 min<sup>-1</sup> el mayor consumo se observó en B-5 y B-30. Al estar el motor en funcionamiento durante 1 000 h de trabajo, las mezclas B-20 y B-25 obtienen los mejores valores con respecto a la eficiencia económica, con 9 780 y 9 070 peso, respectivamente. Al estudiar todas las mezclas analizadas se puede afirmar que B-20 y B-25 son las más recomendables para utilizar.

**Palabras clave:** combustible fósil, funcionamiento, eficiencia económica, análisis de varianza.

**ABSTRACT:** The depletion of fossil fuels is eminent over time due to its non-renewable nature. The use of biodiesel is a viable option to stop its decline since it is obtained from biomass. Due to the importance of the percentage of biodiesel that can be added without affecting the operation of the MWM International model 6.10T engine coupled to a Worthington vertical deep well pump. This research was developed in the Department of Engineering and Environment, of the Institute of Animal Science. The pumping system used in the water supply for the institute and the community was evaluated. Biodiesel-diesel blends (B-0, B-5, B-10, B-15, B-20, B-25 and B-30) were handled with three rotation frequencies (1350, 1550, 1750 min<sup>-1</sup>). The hourly consumption (Gh) did not show statistically significant differences in the rotation frequencies 1350 and 1550 min<sup>-1</sup>, only at 1750 min<sup>-1</sup> the highest consumption is obtained when using 30% biodiesel. The specific fuel consumption (ge) at 1750 min<sup>-1</sup> showed statistically significant differences only in B-30 and at 1350 min<sup>-1</sup> the highest consumption was observed in B-5 and B-30. When the engine is running for 1000 hours of work, the B-20 and B-25 blends obtain the most economically efficient values, with 9 780 and 9 070 pesos, respectively. By studying all the blends analyzed, it can be stated that B-20 and B-25 are the most recommended to use.

**Keywords:** Fossil Fuel, Operation, Economic Efficiency, Variance Analysis.

\*Author for correspondence: Saray Díaz-Barrios, e-mail: [sdiaz@ica.co.cu](mailto:sdiaz@ica.co.cu)

Recibido: 10/05/2023

Aceptado: 09/12/2023

## INTRODUCCIÓN

El sector agrícola realiza actividades diarias que contaminan el medio ambiente, se debe principalmente a que las maquinarias que se utilizan expulsan gases de efectos invernaderos. Además, otro de los retos al que se enfrenta es que el combustible que se utiliza es de carácter no renovable. El inminente cambio climático y las afectaciones en la naturaleza requieren la búsqueda de fuentes energéticas viables. [Vieira et al. \(2020\)](#) expresa que el aumento del consumo de energía y el eminente agotamiento de los combustibles fósiles ha incentivado a los países a buscar fuentes de energía innovadoras y limpias.

La biomasa no requiere de un proceso de formación de miles de años como es el caso del combustible fósil, por lo que se considera una energía renovable. Se puede utilizar directamente a través de la quema de la leña o al transformarla para producir biocombustible. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el uso indiscriminado de este recurso repercute negativamente en el sector agrícola. Las mayores producciones se realizan con materia agrícola (maíz, soya, caña de azúcar, palma africana, etc.) afectando directamente la seguridad alimentaria ([Gonzales et al., 2017](#)). Por esta razón existen muchos criterios divergentes respecto a si la obtención de los biocombustibles proporciona protección a los derechos de la naturaleza.

Muchos autores [Trejo \(2007\)](#); [López-Ramírez et al. \(2012\)](#); [Rey \(2014\)](#), coinciden en que su obtención afecta al sistema ecológico y ambientalista, además de poner en riesgo derechos como la alimentación por el uso de grandes extensiones de tierra y la materia prima que se utiliza para su producción. En cambio se puede citar a ([Díaz-Barríos y Pérez-Acosta, 2021](#)) que plantean que el enfoque para no repercutir de forma negativa en el medio ambiente debe de estar dirigido al método de producción y la materia de la que se obtienen. Para un mayor desarrollo sostenible o sustentable la opción más viable es la del biocombustible de segunda generación (G2). Se debe a que se pueden adquirir de cultivos sembrados en áreas marginales e improductivas no destinadas a la alimentación, que requieran poca agua y fertilizante. Además, se utilizan tecnologías amigables con el medio ambiente y en su mayoría económicas. La fabricación del mismo depende en gran medida de la disponibilidad nacional de cultivos energéticos ([Díaz-Barríos y Pérez-Acosta, 2021](#)).

Actualmente Cuba se encuentra necesitando reducir importaciones y potenciar el sector energético con energías limpias y renovables. La Agenda 2030 permite el enfoque como individuos, estado e instituciones en el desarrollo de la sostenibilidad. El Plan nacional de desarrollo económico y social hasta el 2030 plantea que el Estado promoverá la eficiencia

energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía potenciando su participación en la matriz energética nacional, con énfasis en la biomasa, la eólica y fotovoltaica ([Verdejo-Espinosa et al., 2020](#)).

En el caso de la biomasa, en específico la producción del biodiesel, se avanza hacia la generalización de la tecnología y su mayor producción en Cuba se obtiene de la *Jatropha curcas* ([Piloto-Rodríguez, 2021](#)). Esta planta es conocida en países tropicales y semi-tropicales por su potencial para la obtención de este biocombustible. Se caracteriza por su resistencia a la sequía, el alto contenido de aceite, adaptación a diferentes condiciones y crecimiento rápido. En suelos arenosos pueden llegar a alcanzar alturas de 1 a 8 m ([Bárzaga-Quesada et al., 2015](#)).

El empleo de mezclas de diésel-biodiesel es la solución a nivel mundial que se le da al uso del combustible fósil en las maquinarias. Al utilizarlas se logra disminuir la dependencia de los derivados del petróleo y reducir los gases contaminantes. Investigadores como [García-Muentes et al. \(2018\)](#); [Piloto-Rodríguez \(2021\)](#) [García et al. \(2018\)](#), [Piloto et al. \(2018\)](#), plantean que el biodiesel obtenido de la *Jatropha curcas* se puede utilizar en los MCI, se debe a que presenta similitudes en las propiedades de viscosidad y densidad con el diésel que son las principales características a tener en cuenta. Sin embargo, esas diferencias en las propiedades repercuten en los parámetros del motor como es el caso la viscosidad que tiene una influencia directa sobre el proceso de inyección y atomización del combustible ([Riba et al., 2010](#)).

Por todo lo planteado anteriormente se requiere determinar el porcentaje de biodiesel que se puede añadir sin afectar el funcionamiento del motor MWM Internacional acoplado a una bomba vertical de pozo profundo marca Worthington. Además, conocer el funcionamiento de los parámetros del motor, así como el comportamiento económico de las mezclas al utilizar este combustible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Departamento de Ingeniería y Medio ambiente, del Instituto de Ciencia Animal (ICA). Se evaluó el sistema de bombeo que se usa en el abastecimiento del agua para el instituto y la comunidad. Se realizan tres bombeos al día, el tanque es en forma de hongo con un volumen de 283, 91 m<sup>3</sup>. El motor que se utiliza es un MWM Internacional; modelo 6.10T y una bomba vertical de pozo profundo marca Worthington. El cabezal es italiano, marca Roto Pompe con una frecuencia de rotación máxima de 1760 min<sup>-1</sup> y con una capacidad de 5,5 L.

Por medio de la Estación Experimental "Indio Hatuey" (EPPF-IH) y LABIOFAM de Guantánamo se logró obtener el biodiesel de *Jatropha curcas* que se utilizó en el experimento, mientras que el diésel

utilizado provino de la pista de abastecimiento del ICA. El primer paso fue definir el porcentaje a añadir a la mezcla (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25% y 30% biodiesel) e identificar la frecuencia de rotación a trabajar (1350, 1550, 1750 min<sup>-1</sup>). Para medir el tiempo de la prueba se emplea un cronómetro digital, con grado de precisión de ± 0,01s y el tacómetro digital para identificar la frecuencia rotativa.

Para el cálculo de los parámetros del motor se utilizó las siguientes expresiones:

$$ge = \frac{Gh}{Ne} , \quad \frac{L}{kW \cdot h} \quad (1)$$

$$Gh = \frac{Gc}{t} , \quad \frac{L}{h} \quad (2)$$

donde:

Pbe: esfuerzo de frenado, N;

kgf; β: distancia, m;

Gc: gasto de combustible, L;

t: tiempo en el que se consume el combustible suministrado, h.

El motor del experimento no se utiliza en un banco de prueba. En cambio; está acoplado a una bomba hidráulica, por lo que la metodología del cálculo de la Ne y Me se le realizan algunas modificaciones.

A partir de lo que se plantea anteriormente se tiene las siguientes expresiones matemáticas:

$$Ne = Nh * \eta h \quad (3)$$

$$Me = \frac{Ne * 9550}{n} , \quad kW \quad (4)$$

$$Nh = Q * h * \rho * g \quad (5)$$

De la multiplicación de ρ\*g se obtiene γ por lo que la ecuación se transforma en:

$$Nh = Q * h * \gamma \quad (6)$$

$$Nh = Q * h * 9,81 \quad (7)$$

donde:

ρ: es la densidad del fluido (1 000 kg/m<sup>3</sup> en el caso del agua);

g: es la aceleración de la gravedad (generalmente se adopta: 9.81 m/s<sup>2</sup>);

γ: es el peso específico del fluido

Q: es el caudal, m<sup>3</sup>/s;

h: es la ganancia de carga en la bomba, o en otros términos, altura dinámica de la bomba, m.

donde:

k: coeficiente de resistencia por accesorio

v: velocidad del fluido en la tubería, m<sup>2</sup>/s;

g: aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

En el análisis económico se considera fundamentalmente, el costo del combustible consumido. El mismo, se determina en función del consumo horario de combustible (Gh) durante el período de experimentación, respecto al precio del mismo (EP Petroecuador, 2020). Para la determinación, se utiliza la expresión:

$$Cc = Gh \cdot Pc, \quad \text{peso/h} \quad (8)$$

donde:

Gh: Consumo horario de combustible, L/h;

Pc: Precio del combustible, peso/ L

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

A partir de los datos reunidos se logró obtener los siguientes parámetros del motor: consumo horario (Gh), consumo específico de combustible (ge), potencia efectiva (Ne) y el momento tursor (Mt) del motor al estar acoplado a una bomba del agua. Los resultados del Gh y ge se le realizó un análisis de varianza según modelo de Clasificación simple con arreglo factorial 7(mezclas) x 3(min<sup>-1</sup>) (Duncan, 1995). Donde se aplicó la dócima de Duncan para P<0,05 y el paquete estadístico utilizado fue Infostat (Di Rienzo et al., 2012). Además, se realiza un análisis de factibilidad económica a partir del Gh al trabajar a 1750 min<sup>-1</sup>. En la [Tabla 1](#), se muestra el análisis estadístico del consumo horario a las frecuencias de rotación 1350, 1550 y 1750 min<sup>-1</sup>.

**TABLA 1.** Análisis estadístico del consumo horario

Indicador	Mezclas	1750	1550	1350	EE± y sign
	B/min <sup>-1</sup>				
Consumo horario (Gh), [L/h]	0	19,34 <sup>cd</sup>	14,02 <sup>b</sup>	10,43 <sup>a</sup>	0,38 P=0,0427
	5	19,16 <sup>cd</sup>	14,06 <sup>b</sup>	11,60 <sup>a</sup>	
	10	19,25 <sup>cd</sup>	14,16 <sup>b</sup>	10,90 <sup>a</sup>	
	15	19,97 <sup>d</sup>	13,68 <sup>b</sup>	10,93 <sup>a</sup>	
	20	19,33 <sup>cd</sup>	13,77 <sup>b</sup>	10,93 <sup>a</sup>	
	25	18,44 <sup>c</sup>	13,48 <sup>b</sup>	10,58 <sup>a</sup>	
	30	21,47 <sup>e</sup>	14,02 <sup>b</sup>	11,24 <sup>a</sup>	

a,b,c,d,e: letras distintas; difieren a P<0,05. EE: error estándar sign: significación

Al analizar las mezclas evaluadas se evidencia que las frecuencias de rotación 1550 min<sup>-1</sup> y 1350 min<sup>-1</sup> no presentan diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. Este resultado se debe a la baja potencia en que está trabajando el motor respecto a su frecuencia de rotación. En el caso de 1750 min<sup>-1</sup> si se evidencia diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de diésel-biodiesel, donde se evidencia un aumento del consumo en comparación con 1550 y 1350. Si se observa cada una de las mezclas a 1750 min<sup>-1</sup> se puede concluir que el mayor consumo de combustible es en B-30 debido al menor poder calorífico del combustible utilizado. Esto se debe a la necesidad que requiere el motor de consumir más combustible para lograr la misma potencia. [Dinza-Verdecia et al. \(2020\)](#) coinciden con este resultado, ya que expresan que el Gh aumenta con el incremento de las cargas del motor debido a que los aceites vegetales y por ende sus mezclas con combustibles tradicionales presentan menor poder calorífico que el diésel convencional.

En la [Tabla 2](#), se expresa el análisis estadístico del consumo específico de combustible a las frecuencias de rotación 1350, 1550 y 1750 min<sup>-1</sup>. En estos resultados se aprecia que a 1550 min<sup>-1</sup> no existen diferencias estadísticamente significativas. En cambio, a 1750 min<sup>-1</sup> solo hay diferencias en la mezcla B-30 la

**TABLA 2.** Análisis estadístico del consumo específico de combustible

Indicador	Mezcla B/min <sup>-1</sup>	1750	1550	1350	EE± y sign
Consumo específico de combustible (ge), [ L/kW·h]	0	0,308 <sup>abcd</sup>	0,332 <sup>ef</sup>	0,366 <sup>g</sup>	0,006 P=0,0051
	5	0,305 <sup>abc</sup>	0,333 <sup>ef</sup>	0,407 <sup>i</sup>	
	10	0,306 <sup>abc</sup>	0,335 <sup>ef</sup>	0,382 <sup>gh</sup>	
	15	0,301 <sup>ab</sup>	0,324 <sup>def</sup>	0,384 <sup>gh</sup>	
	20	0,306 <sup>abc</sup>	0,326 <sup>def</sup>	0,384 <sup>gh</sup>	
	25	0,294 <sup>a</sup>	0,319 <sup>bcd</sup>	0,371 <sup>g</sup>	
	30	0,342 <sup>f</sup>	0,332 <sup>ef</sup>	0,395 <sup>hi</sup>	

a,b,c,d,e: letras distintas; difieren a  $P < 0,05$ . EE: error estándar sign: significación

cual se debe al mayor consumo horario del motor y menor poder calorífico del combustible. Se han reportado resultados similares por [Piloto et al. \(2013\)](#) donde se evidencia el incremento del contenido de biodiesel en la mezcla, al aumentar el consumo específico de combustible, [García et al. \(2019\)](#) coincide con estos resultados.

En cuanto a la frecuencia de 1350 min<sup>-1</sup> las mezclas que evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas, solo en el caso de B-5 y B-30 se alcanzan los mayores valores del consumo específico de combustible.

La no existencia de diferencias significativas en la mayoría de los valores que se presentan en la [Tabla 2](#) se debe a la mejor combustión de la mezcla y eficiencia del motor. Esta es causada por el retroceso del combustible y el turbocompresor que presenta el MCI.

En lo referente a la potencia del motor y el momento torsor se obtuvo tres valores de forma respectiva para cada una de las frecuencias de rotación. Los datos se representan en gráficos para un mejor análisis de los mismos. En la [Figura 1](#) se observan los valores obtenidos en función de las tres frecuencias de rotación (1350, 1550 y 1750 min<sup>-1</sup>).

Al analizar los valores se aprecia una disminución de los parámetros en las menores frecuencias del

motor. Esto se debe a que está siendo subutilizado pues su frecuencia de rotación nominal es de 2 600 min<sup>-1</sup> sin embargo se trabajó con frecuencias inferiores. El uso de menores revoluciones depende de que la bomba a la que está acoplado el motor posee un cabezal que admite solo hasta 1770 min<sup>-1</sup> máxima. En cuanto al momento torsor sus resultados son similares debido a las condiciones excepcionales con las que se trabajó.

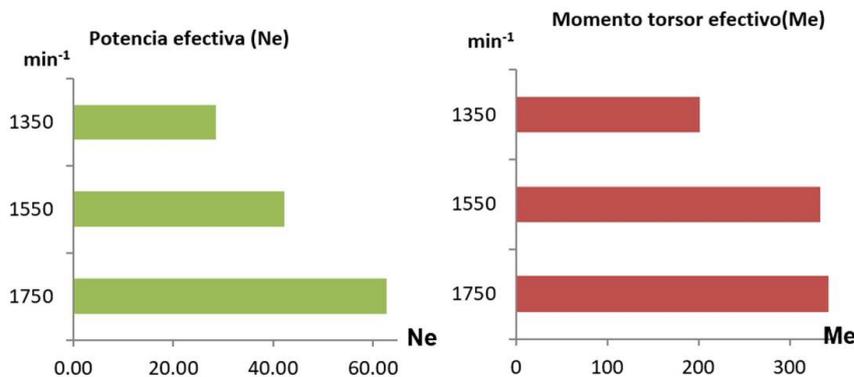
En la [Tabla 3](#), se muestran el precio del combustible desde el 2015 al 2020, después de obtener el Gh de todas las mezclas se realiza el análisis de factibilidad económico al utilizar la expresión 1. Los valores del consumo horario que se utilizan son a 1750 min<sup>-1</sup> ya que es la frecuencia de rotación que más se acerca a la nominal del motor.

**TABLA 3.** Precios de combustible por año del diésel, USD

Año	Precio (USD)/gal	Precio(USD)/L
2015	1,67	0,44
2016	1,37	0,36
2017	1,69	0,45
2018	2,11	0,56
2019	1,96	0,51
2020	1,18	0,31

Fuente: [EP PETROECUADOR, 2020](#).

Elaboración por los autores

**FIGURA 1.** Comportamiento de potencia efectiva y momento torsor efectivo del motor en función de las tres frecuencias de rotación.

En la [Tabla 4](#), se muestra el análisis de factibilidad económico de las mezclas de combustible en los años 2018, 2019 y 2020. Además, se aprecia el costo del combustible consumido en el motor al transcurrir 1 000 h de explotación respecto al precio del diésel en el 2018.

Al realizar el análisis de los datos expuestos anteriormente, se puede observar, que el menor gasto por consumo de combustible se obtiene en el año 2020. [REN21 \(2020\)](#) reporta que este es un año en el que disminuyó el consumo de combustible y por ende el precio del mismo causado por la situación especial que se vivió con la pandemia (COVID-19). La mezcla B-25 es donde se alcanzan los menores valores del gasto por consumo en los tres años analizados, se debe al aumento del porcentaje de biodiesel a la mezcla sin presentar diferencias significativas en el Gh. Los precios de B-20 también son satisfactorios al compararlo con el diésel puro. Por lo que se puede concluir que existe una disminución del gasto por consumo de combustible al aumentar el porcentaje de biodiesel a la mezcla. En el caso de B-30 se evidencia un aumento en todos los años ya que presenta el mayor consumo horario.

Al analizar todos los valores de los estudios realizados se puede concluir que las mezclas B-20 y B-25 son las más adecuadas para utilizar sin afectar al motor, debido a su comportamiento similar respecto a B-0. Sin embargo, se necesita señalar que es de vital importancia conocer el comportamiento de los gases de efecto invernadero que se expulsan a la atmósfera mediante la combustión, esto se debe a que no necesariamente estas mezclas serían las más idóneas si se analiza el componente ambiental. Los gases contaminantes expulsados a la atmósfera son perjudiciales para el medio ambiente y la salud del hombre. Su disminución permite contrarrestar el cambio climático que tanto daño está causando actualmente en el mundo. Además, se requiere conocer la durabilidad de las piezas del motor al utilizar este biodiesel en específico, el cual presenta menor poder calorífico y propiedades de viscosidad y densidad diferentes al diésel puro.

## CONCLUSIONES

- Se reporta el costo por gasto de combustible al estar el motor en funcionamiento durante 1 000 h de trabajo, donde se evidencia que B-20 y B-25 obtienen los valores más eficientes, con 9 780 y 9 070 peso, respectivamente.
- El uso de mezclas diésel-biodiesel en un motor MWM Internacional permite disminuir la dependencia de los combustibles tradicionales y las importaciones.
- En este trabajo se logra identificar las mezclas más adecuadas (B-20 y B-25) a utilizar en un motor MWM Internacional acoplado a una bomba vertical de pozo profundo marca Worthington sin realizar modificaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁRZAGA-QUESADA, J.; RODRÍGUEZ-PONCE, Y.; MENA-MENA, E.; BELTRÁN-REYNA, R.; LORENTE-LEYVA, L.: "Utilización de la planta *Jatropha Curcas* como energía renovable para el desarrollo ambiental y sostenible de una finca en la provincia Granma, Cuba", *Infociencia*, 9(1): 67-71, 2015, ISSN: 1390-339X.
- DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.: *InfoStat versión 2012.*, [en línea], Inst. Universidad Nacional de Córdoba: Grupo InfoStat, FCA; 2012, Córdoba, Argentina, 2012, Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- DÍAZ-BARRÍOS, S.; PÉREZ-ACOSTA, O.: "Uso del biodiesel en motores de combustión interna destinados a actividades ganaderas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(1): 69-81, 2021, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- DINZA-VERDECIA, D.; ARIAS-GILART, R.; ALFARO-RODRÍGUEZ, C.; SILVEIRA-FONT, Y.; MENADIER-GAINZA, R.; SOTO-FERNÁNDEZ, K.: "Evaluación de una mezcla aceite de *jatropha*-diésel bajo la acción de un campo magnético", *Ingeniería Energética*, 41(1):

**TABLA 4.** Costo del consumo del combustible en los años 2018, 2019 y 2020

Mezclas	Costo del Consumo combustible, peso/h (2018)	Costo del consumo combustible, peso/h (2019)	Costo del consumo combustible, peso/h (2020)	Costo por cada 1000 h de operación, peso (2018)
B-0	10,83	9,86	6,00	10 830
B-5	10,46	9,55	5,91	10 460
B-10	10,25	9,39	5,92	10 250
B-15	10,37	9,51	6,12	10 370
B-20	9,78	9,01	5,91	9 780
B-25	9,07	8,38	5,61	9 070
B-30	10,28	9,52	6,51	10 280

- 1-10, Publisher: Facultad de Ing. Eléctrica Universidad Tecnológica de La Habana, CUJAE, 2020, ISSN: 1815-5901.
- DUNCAN, D.B.: "Multiple range and multiple F tests", *biometrics*, 11(1): 1-42, Publisher: JSTOR, 1995, ISSN: 0006-341X.
- EP PETROECUADOR: *Observatorio de Energía y Minas*, Inst. Boletín Estadístico del Sector de Hidrocarburos, Ecuador, Ecuador, 2020.
- GARCÍA, H.; SAAVEDRA, R.; SÁNCHEZ DE PINTO, M.; PAPPALARDO, L.: "Producción de biodiesel a diferentes tiempos y temperaturas de reacción y consumo en motor", En: *II Simposio de residuos agropecuarios y agroindustriales del Noa Y Cuyo. San Juan, Argentina 2018*, Argentina, pp. 68-72, 2019, ISBN: 978-987-521-982-3.
- GARCÍA, M.S.A.; SÁNCHEZ, A.E.; LABRADA, V.B.; LAFARGUE, P.F.; DÍAZ, V.M.: "Cinética de la reacción de transesterificación para la producción de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas* L., en la provincia de Manabí, Ecuador", *Tecnología Química*, 38(2): 281-297, 2018, ISSN: 2224-6185.
- GARCÍA-MUENTES, S.; SÁNCHEZ DEL CAMPO-LAFITA, A.E.; LABRADA-VÁZQUEZ, B.; LAFARGUE-PÉREZ, F.; DÍAZ-VELÁZQUEZ, M.: "Cinética de la reacción de transesterificación para la producción de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas* L., en la provincia de Manabí, Ecuador", *Tecnología Química*, 38(2): 281-297, Publisher: Departamento de ediciones Universidad de Oriente, 2018, ISSN: 2224-6185.
- LÓPEZ-RAMÍREZ, N.; DE LOS SANTOS-REYES, I.; JIMÉNEZ-DÍAZ, A. de J.; PALACIOS-SILVA, R.: "Biodiesel la historia detrás de la moda", *Gaceta Nas Jomé*, 6-7, 2012, Disponible en: <https://xdoc.mx/documents/biodiesel-la-historia-de-trás-de-la-moda>.
- PILOTO, R.; SIEREN, R.; VERHELST, S.; FERRER FRONTELA, N.: "Caracterización de un motor diésel trabajando con mezclas de aceite de *Jatropha* y combustible diésel", *Revista Ingeniería Energética*, 34(3): 198-207, 2013, ISSN: 1815 - 5901.
- PILOTO-RODRÍGUEZ, R.: "Un acercamiento al desarrollo del biodiesel en Cuba", *Revista Cubana de Ingeniería*, 12(2): 285, 2021, ISSN: 2223-1781.
- REN21: *Renewables 2020 global status report*, Ed. Paris: REN21 Secretariat, 2020, ISBN: 978-3-948393-00-7.
- REY, M.: *Estado del arte de la producción de biocombustibles avanzados en la Unión Europea, [en línea]*, Inst. Universidad de Sevilla, España, Sevilla, España, 2014, Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70579/fichero/Estado+del+arte+de+la+producci%C3%B3n+de+biocombustibles+avanzados+en+la+Unión+Europea.pdf>.
- RIBA, J.R.; ESTEBAN, B.; BAQUERO, G.; PUIG, R.; RIUS, A.: "Characterization of physical properties of vegetable oils to be used as fuel in diesel engines", *Afinidad*, 67(546): 100-106, 2010, ISSN: 0001-9704, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.018>.
- TREJO, E.: *Estudio de Derecho Comparado y Marco Jurídico Internacional sobre Biocombustibles*, Inst. Bioenergéticos, México: Congreso de la Unión, México, 2007.
- VERDEJO-ESPINOSA, M.A.; LEYVA-CÉSPEDES, A.; ROQUE-DOVAL, Y.: "La Agenda 2030, las estrategias energéticas en España y Cuba. Calidad de vida de los adultos mayores", *Novedades en Población*, 16(Especial), 2020, ISSN: 1817-4078, Disponible en: <http://www.novpob.uh.cu>.
- VIEIRA, F.; ROMERO-LUNA, C.M.; ARCE, G.L.; ÁVILA, I.: "Optimization of slow pyrolysis process parameters using a fixed bed reactor for biochar yield from rice husk", *Biomass and Bioenergy*, 132: 105-112, Publisher: Elsevier, 2020, ISSN: 0961-9534.

Saray Díaz-Barríos. MSc., Inv., Instituto de Ciencia Animal (ICA), km 47 ½ Carretera Central, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [sdiaz@ica.edu.cu](mailto:sdiaz@ica.edu.cu)

Osney G. Pérez-Acosta. MSc., Inv., Instituto de Ciencia Animal (ICA), km 47 ½ Carretera Central, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [operez@ica.cu](mailto:operez@ica.cu), [osney631@gmail.com](mailto:osney631@gmail.com)

Lucía Rosario Sarduy-García. Lic., Inv., Instituto de Ciencia Animal (ICA), km 47 ½ Carretera Central, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [charo501213@gmail.com](mailto:charo501213@gmail.com)

Yanoy Morejón-Mesa. Dr.C., Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [yymm@unah.edu.cu](mailto:yymm@unah.edu.cu)

Los autores de este trabajo declaran no tener conflicto de intereses.

**CONTRIBUCIONES DE AUTOR:** **Conceptualización:** S. Díaz, Y. Morejón. **Curación de datos:** S. Díaz, L. Sarduy, O. Pérez. **Análisis formal:** S. Díaz, Y. Morejón. **Investigación:** S. Díaz, O. Pérez. **Metodología:** S. Díaz, O. Pérez. **Supervisión:** Y. Morejón. **Validación:** S. Díaz, O. Pérez, Y. Morejón. **Redacción-borrador original:** S. Díaz, O. Pérez. **Redacción-revisión y edición:** S. Díaz, O. Pérez, L. Sarduy.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a fines de identificación, no existe ningún compromiso promocional relacionado con los mismos, ni para los autores ni para el editor.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)