

RESEARCHS / INVESTIGACIÓN

Reducción de emisiones de CO y CO₂ al medio ambiente con mezclas B5 y B10 de biodiesel a base de algas (chlorella).

Eduction of CO and CO₂ emissions to the environment with B5 and B10 mixes of biodiesel based on algae (chlorella).

Carlos Nolasco Mafla Yépez¹, Ignacio Bayardo Benavides Cevallos², Erik Paúl Hernández Rueda³, Edwin Salomón Arroyo Teran⁴, Fernando Renato Ramírez⁵

DOI. 10.21931/RB/2018.03.03.6

Resumen: En este artículo se presenta un estudio experimental para evaluar las emisiones de gases contaminantes en un motor usando diésel de origen fósil y mezclas con biodiésel a base de algas al 5 y 10%, denominadas B5 y B10, respectivamente. Los resultados muestran que las emisiones de CO reducen hasta un 8.1% con el uso de B5 y 11% con B10 en todo el rango de revoluciones ensayado, a excepción de 1500 rpm. En el caso de CO₂ se genera un incremento de emisiones con un máximo de 5% usando biocombustible, excepto en ralentí con B5 y a 3000 rpm usando B10. Las emisiones de NOx presentan un incremento elevado a ralentí de 37% usando B5 y 21.4% usando B10, mientras que en el resto de revoluciones no superan el 4.1%.

Palabras Claves: CO, CO₂, B5, B10, biodiesel, algae, chlorella.

Abstract: This article presents an experimental study to evaluate the emissions of polluting gases in an engine using diesel of fossil origin and mixtures with biodiesel based on algae at 5 and 10%, denominated B5 and B10, respectively. The results show that CO emissions reduce up to 8.1% with the use of B5 and 11% with B10 throughout the range of revolutions tested, with the exception of 1500 rpm. In the case of CO₂, an increase in emissions is generated with a maximum of 5% using biofuel, except in idling with B5 and at 3000 rpm using B10. NOx emissions have a high idle increase of 37% using B5 and 21.4% using B10, while in the rest of revolutions they do not exceed 4.1%.

KeyWords: CO, CO₂, B5, B10, biodiesel, algae, chlorella.

Introducción

El consumo cada vez más acelerado de combustibles fósiles y el aumento del calentamiento global amenazan el equilibrio ecológico de nuestro planeta, lo que motiva la búsqueda de energías renovables que reduzcan los efectos de la contaminación, como son los biocombustibles¹. Sin embargo, el uso de biocombustibles de primera generación, procedentes de materias primas comestibles, podrían amenazar la soberanía alimentaria por lo cual se busca alternativas como los biocombustibles de tercera generación y mezclas de biodiesel con combustible convencional².

En la producción de biocombustibles de tercera generación, las algas pueden ser la base para producir etanol, butanol, biodiesel, hidrógeno, metano y otros productos^{3, 4}. La alta tasa de crecimiento, bajo consumo de agua, tasa de crecimiento elevada, hace atractivo el estudio de estos organismos para la producción de biodiesel como una alternativa de combustible limpio y renovable^{5, 6}. Dependiendo de la cepa de algas, el contenido de lípidos está entre un 8% y un 40% de la biomasa⁷. El aceite extraído de la biomasa de algas/microalgas se compone principalmente de ácidos grasos insaturados como: ácidos palmitoleico, oleico, linoleico y linolénico^{8, 9, 10}.

La materia prima, el método de extracción del aceite, la metodología de síntesis del biodiésel, por ejemplo, la transesterificación, y los procesos de refinación afectan directamente la calidad del biodiésel^{11, 12}. Las propiedades químicas y termofísicas presentes en el biocombustible caracterizan las diferencias en la combustión respecto al diésel fósil¹³.

En lo que respecta a emisiones, debido al mayor contenido de oxígeno en el biodiésel a base de algas, las emisiones de CO y CO₂ disminuyen en referencia al diésel de origen fósil, permitiendo una combustión más completa; pero el aumento de temperatura en la combustión debido al contenido adicional de oxígeno en el biodiésel a base algas incrementa las emisiones de NOx¹⁴.

Rahman, y otros¹ utilizaron biodiesel obtenido de la especie *Jatropha curcas*. Se demostró que a varios regímenes de giro y carga que el uso de biocombustible reduce las emisiones de CO. Bajo tres modos de prueba en el motor (1000-1500 rpm; 10-15% carga) el uso de B10 redujo entre el 13.9 % y 16.7 % las emisiones de CO respecto al uso de diésel¹⁵.

Al-lwayzy y Yusuf⁵ trabajaron con *Chlorella Protothecoides* (MCP-B) para motores de encendido por compresión. La combinación MCP-B100 mostró una mejor combustión con un aumento relativo de la eficiencia del motor. Las emisiones de CO₂ y CO se redujeron en un 4.2 y 28 % respectivamente, con un incremento de 15.8% de O₂ y 2 % en el número de cetano en comparación con diésel fósil⁵.

Con el uso de biodiesel a partir de aceite de soja (B10, B20, B50 y B100) se reducen las emisiones de CO entre 28 y 46%. En cuanto a emisiones de CO₂ se observó un incremento en el rango de 1 a 5.63% para las mezclas usadas. Todos estos ensayos se realizaron en condiciones de estado estacionario en un motor diésel de inyección directa de un solo cilindro en el rango de 1200 a 3000 rpm¹⁷. Tüccar y otros han demostrado que las emisiones de NOx aumentan debido a las altas

¹ Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Automotriz, Grupo de investigación BICER, Ciudadela Universitaria Av. 17 de julio 5-21 y General José María Córdova sector El Olivo, CP. EC100150 Ibarra-Ecuador.

temperaturas de combustión¹⁶.

Existen distintas variables a tomar en cuenta para la selección del aceite vegetal a usar en la elaboración del biodiésel. Entre las más significativas están la tasa de crecimiento de la especie vegetal, la robustez, los costos de producción y/o extracción, la disponibilidad de la materia prima, la calidad del biocombustible y sobretodo la incidencia en el rendimiento de los motores de combustión interna. Los estudios demuestran que las especies *Chlorella* y *Spirulina* son las más cultivadas e idóneas para la elaboración de biocombustibles¹⁸.

La mayoría de los estudios precedentes basan sus conclusiones en la experimentación con bancos de prueba que no representan en su totalidad las condiciones reales de trabajo a las que se someten los motores diésel. El presente trabajo aporta con pruebas en motores diésel y emisiones de escape (CO, CO₂ y NOx), con el uso de biodiésel a base de algas en proporción B5 y B10. Los resultados obtenidos son positivos en cuanto a la disminución de emisiones y favorecen el uso de Biodiésel a base de aceite de algas.

Metodología

El presente proyecto es una disertación cuantitativa-experimental, la cual recoge los resultados de análisis de gases de escape emitidos por el motor en diferentes pruebas realizadas y con tres tipos de combustible a varios regímenes de giro del motor, con el respectivo análisis comparativo de los resultados obtenidos con diésel y biodiésel.

La medición de los gases emitidos (CO, CO₂, NOx) fue realizada en la Ciudad de Ibarra, la cual se encuentra a 2200 msnm, con una presión atmosférica de 78 kPa y temperatura ambiente promedio de 20°C. Las pruebas fueron realizadas en un banco de pruebas motor Diésel Mitsubishi Cánter 4D31, con una cilindrada de 3,3 litros, 4 cilindros en línea, sistema de inyección de elementos en línea.

El combustible empleado fue diésel de origen fósil y biodiésel a base de aceite de algas en proporciones B5 (95% diésel fósil y 5% biodiésel) y B10 (90% diésel fósil y 10% biodiésel).

Es indispensable sangrar el combustible que se encuentra en todo el sistema de alimentación, previo a realizar las mediciones de los gases de escape (CO, CO₂, NOx), con el fin de evitar mezclas internas no deseadas en las cañerías, filtros, bomba e inyectores del banco de pruebas.

Se empleó el analizador de gases BrainBee AGS-688, con la sonda y el sensor para medición de NOx. Para la obtención de las mediciones de los gases de escape, el banco de pruebas fue sometido a distintos regímenes de giro, como es el caso: 720 rpm (ralentí), 1500 rpm, 2500 rpm y 3000 rpm. En cada régimen y con cada uno de los combustibles: diésel fósil, biodiésel B5 y B10 se realizaron 5 pruebas.

Resultados y discusión

Todos los resultados presentados a continuación son analizados en comparación al diésel de origen fósil.

Emisiones de CO

La figura 1 detalla las emisiones de CO, usando B5, B10 y diésel fósil a diferentes regímenes del motor.

Con el uso de biodiésel en proporción B5, las emisiones de

CO del banco de pruebas a ralentí (720 rpm) arrojaron 0,0974 (% Vol); en proporción B10 se obtuvo 0,0952 (% Vol); mientras que con diésel fósil 0,106 (% Vol), evidenciando un descenso del 8,1% con B5 y 10,2% con B10.

A un régimen de 1500 rpm, las emisiones obtenidas con B5 fueron de 0,1192 (% Vol); con B10 0,1116 (% Vol); y con diésel 0,1112 (% Vol), mostrando un ligero aumento del 7,2% con B5, y del 0,4% con B10.

A 2500 rpm, se obtuvo 0,1252 (% Vol) con B5; 0,1144 (% Vol) con B10 y con diésel 0,1276 (% Vol). Lo que representa una disminución de 1,9% usando B5 y del 10,3% con B10.

Finalmente, las emisiones de CO a 3000 rpm fueron de 0,1046 (% Vol) con mezcla B5; 0,0934 (% Vol) con B10 y 0,105 (% Vol) con diésel. Obteniendo una reducción del 0,4% y 11% con B5 y B10 respectivamente.

Emisiones de CO₂

La figura 2 detalla las emisiones de CO₂, usando B5, B10 y diésel fósil a diferentes regímenes del motor.

En proporción B5, las emisiones de CO₂ a 720 rpm mostraron 2,34 (% Vol); en proporción B10 se obtuvo 2,48 (% Vol); mientras que con diésel fósil 2,44 (% Vol), evidenciando un descenso del 4,1% con B5 y un aumento del 1,6% con B10.

A 1500 rpm, con B5 fueron de 2,48 (% Vol); con B10 2,54 (% Vol); y con diésel 2,42 (% Vol), mostrando un aumento del 2,5% con B5, y del 5% con B10.

A 2500 rpm, se obtuvo 3,18 (% Vol) con B5; 3,12 (% Vol) con B10 y diésel. Lo que representa un incremento de 1,9% usando B5.

Las emisiones de CO₂ a 3000 rpm fueron de 3,84 (% Vol) con mezcla B5; 3,66 (% Vol) con B10 y 3,78 (% Vol) con diésel. Obteniendo un aumento del 1,6% con B5 y un decrecimiento del 3,2% con B10.

Emisiones de NOx

La figura 3 detalla las emisiones de NOx, usando B5, B10 y diésel fósil a diferentes regímenes del motor.

Con B5, las emisiones de NOx a ralentí, fueron de 331,8 (ppm); en proporción B10 se obtuvo 294 (ppm) y con diésel fósil 242,2 (ppm), evidenciando un aumento del 37% con B5 y del 21,4% con B10.

A 1500 rpm, las emisiones con B5 fueron de 217,8 (ppm); con B10 213,4 (ppm); y con diésel 211,8 (ppm), mostrando un aumento del 2,8% con B5, y del 0,8% con B10.

A un régimen de 2500 rpm, se obtuvo 175,2 (ppm) con B5; 179,2 (ppm) con B10 y 172,2 (ppm) con diésel fósil. Lo que representa un incremento de 1,7% usando B5 y 4,1% con B10.

A 3000 rpm, las emisiones de NOx fueron de 322,2 (ppm) con mezcla B5; 321,4 (ppm) con B10 y 318,2 (ppm) con diésel. Obteniendo un aumento del 1,3% con B5 y 1% con B10.

Conclusiones

El uso de aceite de algas para la elaboración de biocombustibles presenta algunas ventajas en lo que respecta al ambiente y uso de tierras, además de altos niveles de insaturación; por ende el estudio del uso en motores Diesel es de suma importancia, sobre todo en lo que respecta al rendimiento y emisiones de gases a la atmósfera.

Luego de los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que respecto al uso de diésel de origen fósil, el biocombustible de aceite de algas en proporción B5 coadyuva con la disminución de emisiones de CO en todos los regímenes ensayados, a excepción de 1500 rpm.

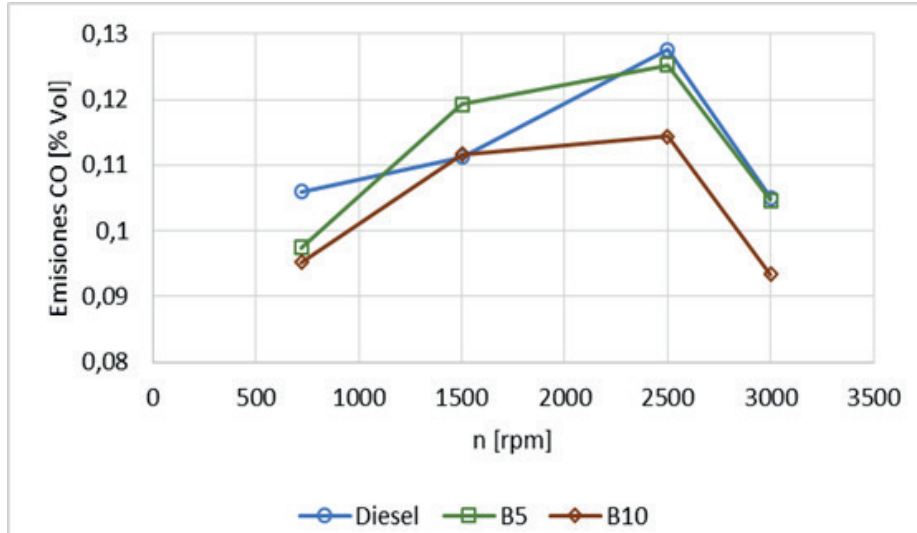


Figura 1. Emisiones de CO.

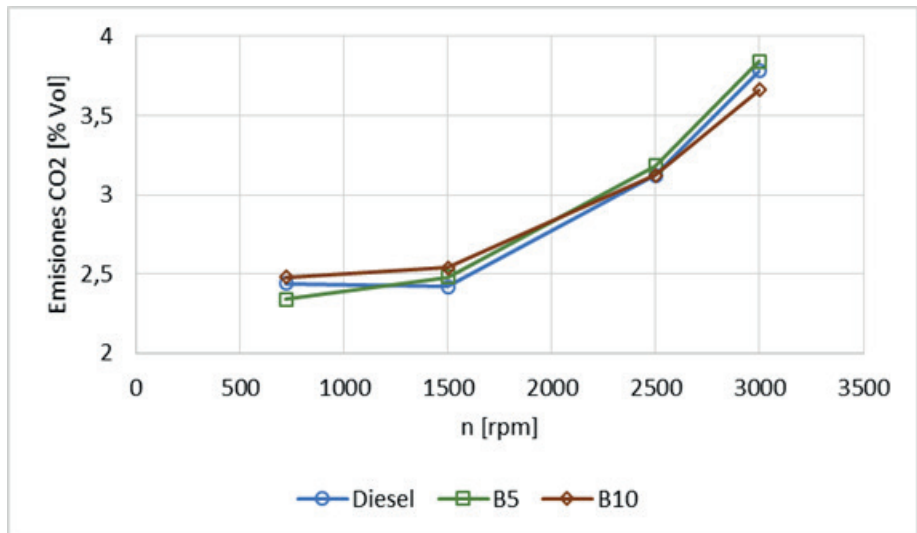


Figura 2. Emisiones de CO₂.

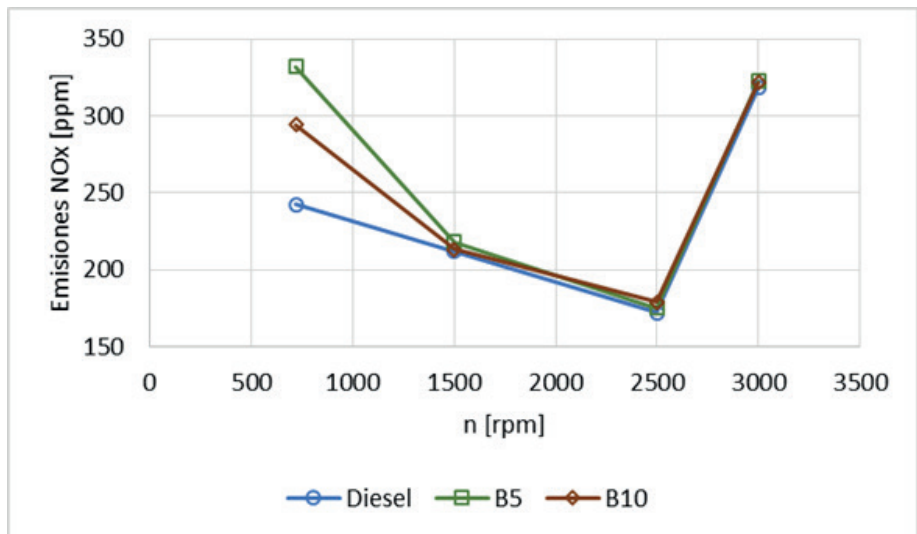


Figura 3. Emisiones de NO_x.

Las emisiones de CO₂ se incrementan en todo el rango de revoluciones, a distinción de ralentí. En lo que respecta a NO_x, a un régimen de 720 rpm se observa un elevado incremento de las emisiones, mientras que en el resto de revoluciones la diferencia es mínima.

Con mezcla B10 las emisiones de CO se redujeron con la misma similitud en ralentí, 2500 rpm y 3000 rpm, pero en 1500 rpm, hay un ligero aumento, el cual es prácticamente despreciable. Por otra parte, el CO₂ aumentó en bajas rpm, no presentó cambios a 2500 rpm y disminuyó a 3000 rpm, esto debido al mayor contenido de oxígeno en el biodiésel de aceite de algas, permitiendo un mejor quemado de la mezcla, lo cual eleva la temperatura en la cámara de combustión, incrementando las emisiones de NO_x en todo el rango de revoluciones, especialmente en ralentí.

17. Pandey A, Lee D, Chisti Y, Soccol C. Biofuels from algae. Great Britain. 2011; 5(4).
18. An H, Yang WM, Maghbouli A, Li J, Chou SK, Chua KJ. Performance, combustion and emission characteristics of biodiesel derived from waste cooking oils. Applied Energy. 2013; 112: p. 493-499.

Recibido: 29 mayo 2018
Aprobado: 4 agosto 2018

Referencias bibliográficas

1. Sakthivel R, Ramesh K, Purnachandran R, Shameer PM. A review on the properties, performance and emission aspects of the third generation biodiesels. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018; 82: p. 2970-2992.
2. Hasan MM, Rahman MM. Performance and emission characteristics of biodiesel-diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017; 74: p. 938-948.
3. Nhat PVH, Ngo HH, Guo WS, Zhang XB, Guo JB, Chang SW, et al. Can algae-based technologies be an affordable green process for biofuel production and wastewater remediation? Bioresource technology. 2018.
4. Satputaley E, Chawane C, Deshpande NV. A critical review of biofuel from algae for sustainable development. Conference on Innovative paradigms in engineering and technology. 2012; V(10).
5. Al-lwazy SH, Yusaf T. Diesel engine performance and exhaust gas emissions using Microalgae Chlorella protothecoides biodiesel. Renewable Energy. 2017; 101: p. 690-701.
6. Ramachandra TV, Madhab MD, Shilpi S, Joshi NV. Algae biofuel from urban waste water in India: scope and challenges. Renew Sustain Energy. 2013; 21(77).
7. Ahmad AL, Mat-Yasin NH, Derek C, Lim J. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production. Renew Sustain Energy. 2011; 15(584).
8. Gouveia L. Microalgae as a feedstock for biofuel. Springer briefs in microbiology. Netherlands Springer. 2011.
9. Fisher B, Marchese A, Volckens A, Lee T. Measurement of gaseous and particulate emissions from algae based fatty acid ethyl esters. SAE Int Fuel Lubricants. 2010; 3(9).
10. Demirbas A, Demirbas M. Importance of algae oil as a source of biodiesel. Energy Convers Manag. 2011; 52(163).
11. Demirbas A, Demirbas M. Algae as a new source of biodiesel green energy and technology. London Springer. 2010.
12. Borowitzka M, Moheimani N. Algae for biofuels and energy developments in applied phycology. Netherlands Springer. 2013.
13. An H, Yang W, Maghbouli A, Li J, Chou S, Chua K. Performance combustion and emissions characteristics of biodiesel derived from waste cooking oils. Applied Energy. 2012; 11(2).
14. Özener O, Yüksek L, Ergenç AT, Özkan M. Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. Fuel. 2014; 115: p. 875-883.
15. Rahman SMA, Masjuki HH, Kalam MA, Abedin MJ, Sanjid A, Imtenan S. Effect of idling on fuel consumption and emissions of a diesel engine fueled by Jatropha biodiesel blends. Journal of Cleaner Production. 2014; 69: p. 208-215.
16. Tuccar G, Ozgur T, Aydin K. Effect of diesel microalgae biodiesel butanol blends on performance and emission characteristics of biodiesel derived from waste cooking oils. Applied Energy. 2014; 4(2).