

# Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel

Gamaliel Zambrano Ruano, Cristián Rossi Sosa & José Andrés Hernández Gaitán

Centro de Procesos Industriales, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

**RESUMEN:** Se ha notado una reducción de hasta el 71.58 % en las emisiones de monóxido de carbono del vehículo pick-up *Nissan Frontier 2012*, al utilizar biodiésel (B100) en lugar de diésel, comparado con otro vehículo similar que utilizó únicamente diésel. Se estudió la correlación entre la concentración de biodiésel presente en la mezcla de combustible y las emisiones de gases de combustión a diferentes revoluciones por minuto (750, 2000 y 3000 rpm). A la vez se monitoreó el rendimiento del vehículo el cual se redujo en un 11.82 % al utilizar biodiésel (B100) en comparación con el rendimiento teórico del vehículo. Esto se debió a que el biodiésel tiene un poder calorífico menor al diésel lo cual provocó que se incrementara su consumo. Por último se pudo observar un incremento de hasta 59.52 % y 124.28 % para los gases NO y NOx respectivamente, debido a las condiciones de la combustión para motores diesel.

**PALABRAS CLAVE:** emisiones, gases de efecto invernadero, poder calorífico.

## Gaseous emissions in an experimental diesel-biodiesel vehicle

**ABSTRACT:** There was a reduction of up to 71.58% in emissions of carbon monoxide from the vehicle, pick-up *Nissan Frontier 2012*, using biodiesel (B100) instead of diesel, compared to a similar vehicle that used diesel only. We studied the correlation between the concentration of biodiesel in the mixture of fuel and emissions of combustion gases at different revolutions per minute (750, 2000 and 3000 rpm). The performance of the vehicle was monitored, having a reduction in fuel efficiency of 11.82% when using biodiesel (B100), compared with the theoretical efficiency of the vehicle. This is due to lower calorific value of biodiesel compared to diesel, which causes consumption increases. Finally we observed an increase of up to 59.52% and 124.28% for NO and NOx combustion gases respectively, due to the conditions of combustion for diesel engines.

**KEY WORDS:** emissions, Greenhouse effect gases, calorific power.

## Introducción

En los últimos años se ha realizado un esfuerzo por diferentes entidades no gubernamentales para promover el uso de biocombustibles en Guatemala. Dentro de los principales biocombustibles a impulsar, se encuentra el biodiésel. Sin embargo aún existen muchos mitos acerca de los biocombustibles que provocan cierta dificultad para ser utilizados, siendo uno de los objetivos de este artículo proveer información con respecto a uno de ellos: combustión del biodiésel y sus emisiones.

Las emisiones de gases de combustión (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, entre otros), los cuales generan diferentes problemas al medio ambiente y a la salud, se pueden encontrar cada año en mayor concentración en la atmósfera terrestre. Según el comunicado de prensa No. 980 de la Organización Meteorológica Mundial, la concentración atmosférica mundial de CO<sub>2</sub> ha aumentado en un 41 % desde 1750 a la fecha. En su mayoría, este CO<sub>2</sub> se debe a la combustión de combustibles fósiles, por lo que también se tiene un aumento considerable en la concentración de CO en la atmósfera. Tanto el dióxido de carbono, como el monóxido de carbono son nocivos para el ambiente y la salud de los seres humanos.

Al utilizar biocombustibles se reduce la cantidad de gases contaminantes que se generan a la hora de realizar la combustión (EPA420-P-02-001). En el caso de un motor diésel, la combustión ocurre al comprimir aire a presiones y temperaturas elevadas de forma que al inyectar el diésel se origina una auto ignición, sin embargo esto puede generar altos contenidos de monóxido de carbono, un gas nocivo para la salud humana, debido a combustiones incompletas (Nordin, 2013). El utilizar biodiésel disminuye la concentración de monóxido de carbono y dióxido de carbono presentes en los gases de combustión debido a que una molécula de biodiésel contiene entre 12 y 18 carbonos, mientras que las moléculas de diésel pueden llegar a tener hasta 20 carbonos, lo cual aumenta considerablemente las concentraciones de dióxido y monóxido de carbono presentes en los gases de combustión.



Gráfica 1. Analizador de Gases Bacharat, modelo ECA 450

En este artículo se analizaron los gases de combustión de dos vehículos, pick up *Nissan Frontier 2012*, sin modificaciones al motor, utilizando en uno mezclas de biodiésel y en el otro únicamente diésel. Se analizaron los gases de combustión para diferentes concentraciones de biodiésel en la mezcla de combustible y se compararon contra un vehículo que utilizó únicamente diésel. La finalidad del presente estudio fue únicamente informativa y en ningún momento indica una conclusión con respecto a la idoneidad del uso de biodiésel para cualquier propósito en particular o en cualquier contexto en particular.

## Metodología

Se utilizaron dos vehículos *Nissan Frontier 2012*, con un motor YD25DDTi de cuatro tiempos, uno de ellos, para experimentar diferentes concentraciones de biodiésel en el combustible, desde un B5 (5% de biodiésel en la mezcla de combustible) hasta llegar a un B100 (biodiésel puro) y el otro, diesel puro.

Se utilizó un analizador de gases (Marca *Bacharat*, modelo ECA 450) (Gráfica 1). Las mediciones se realizaban cuando el motor del vehículo ya contaba con más de 5 minutos de encendido y la temperatura del mismo se encontraba en un punto normal de operación. Una vez en este punto se medían los gases de combustión con el analizador de gases sujetando con un soporte universal la sonda del analizador e introduciendo la sonda una distancia de 5 cm en el escape. Las mediciones se realizaron en triplicado.

Para el vehículo que utilizó la mezcla de biodiésel-diésel las mediciones se realizaron cada 5000 km en antes de realizar un cambio de concentración en la mezcla del combustible. Se inició de forma gradual desde B15, hasta llegar a un B100. Posteriormente al B100 se volvió a emplear una concentración B25 debido a la limitada materia prima con la que se cuenta. Se inició con un incremento de un 5 % en la mezcla de combustible, desde un B15, hasta llegar a una concentración B50, a partir de este punto se utilizó un incremento del 10% hasta llegar a un B100.

De forma similar se analizó el segundo vehículo *Nissan Frontier 2012*. Los gases de combustión fueron analizados para los kilometrajes: 5000 km, 10,000 km, 25,000 km, 30,000 km y 35,000 km.

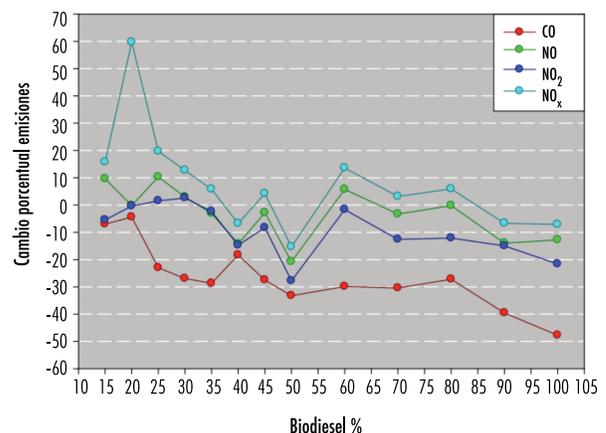
El rendimiento del vehículo se llevó de forma manual apuntando el kilometraje cada vez que se agregaba biodiésel al vehículo y realizando el cálculo para cada tanque consumido. De esta forma se pudo establecer un consumo de aproximadamente 15 galones para 582-630 km recorridos.

Para presentar la información se decidió utilizar el cambio porcentual de las concentraciones de los gases de emisión del vehículo que utilizaba biodiésel, comparado con el promedio de emisiones del vehículo que utilizaba únicamente diésel para cada gas de combustión. Un cambio porcentual negativo indicaba una reducción en las concentraciones de los gases de combustión generados en comparación al promedio de emisiones del vehículo diésel. Un porcentaje de 0 indicaba que no hubo cambio en ambos vehículos y un porcentaje positivo indicaba que se tuvo un incremento en las concentraciones de los gases de combustión para el vehículo que utilizaba biodiésel en comparación al que utilizaba únicamente diésel.

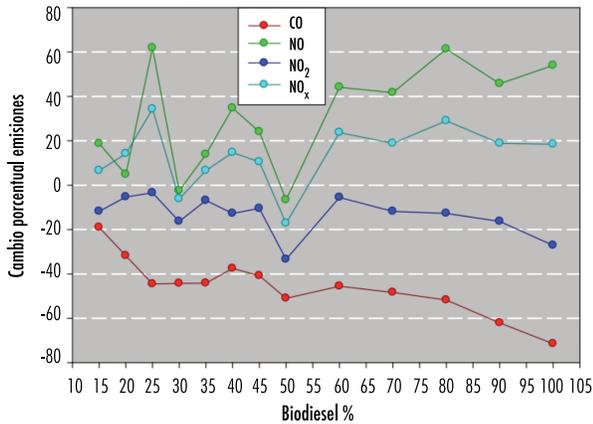
## Resultados

En las Gráficas 2 a la 4 se presentan los cambios porcentuales entre los vehículos de las concentraciones de CO, NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en los gases de combustión en función del porcentaje de biodiésel en la mezcla para la operación del motor a 750, 2000 y 3000 rpm, respectivamente.

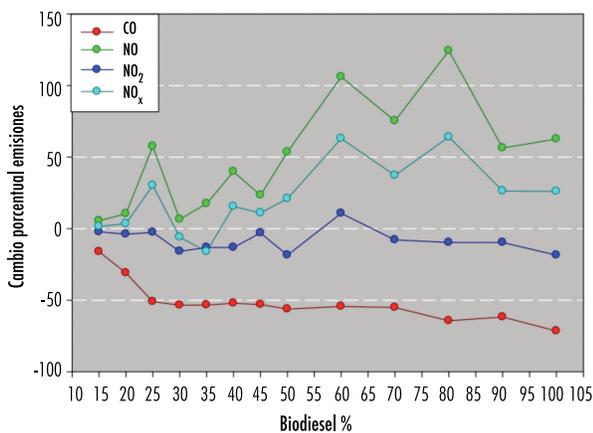
Se observa en las graficas un aumento en las emisiones de NO y NO<sub>x</sub> al aumentar la proporción de biodiésel en la mezcla más acentuada a mayor revolución del motor. Por otro lado, se observa también, una disminución significativa y consistente de la concentración de CO en las emisiones en las tres velocidades ensayadas. En el Cuadro 1 se presentan los coeficientes de correlación calculados entre la concentración de CO en los gases de combustión en función de la concentración de biodiésel en la mezcla para las diferentes revoluciones por minuto.



Gráfica 2. Cambio porcentual entre los vehículos de las concentraciones a 750 rpm



Gráfica 3. Cambio porcentual entre los vehículos de las concentraciones a 2000 rpm



Gráfica 4. Cambio porcentual entre los vehículos de las concentraciones a 3000 rpm

Cuadro 1. Coeficiente de correlación entre la concentración de CO y la concentración de biodiésel en la mezcla a diferentes revoluciones por minuto

RPM	Coefficiente de Correlación
750	-0.828
2000	-0.875
3000	-0.792

En las Gráficas 5 y 6 se presentan las emisiones de de monóxido de carbono (CO) y de óxidos de nitrógeno (NOx) respectivamente para ambos vehículos a 2000 rpm.

## Discusión

El objetivo principal del estudio fue determinar la concentración de los gases de combustión CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y O<sub>2</sub> para diferentes concentraciones de biodiésel. Para esto se utilizaron dos vehículos Nissan Frontier 2012 con motor YD25DDTi de cuatro tiempos. El objetivo era poder comparar los gases de combustión en vehículos iguales cuya única variación serían el combustible y el conductor.

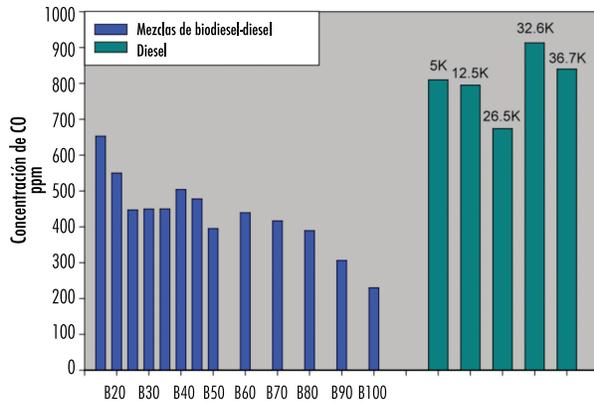
Dentro de los principales gases analizados el de mayor interés es el monóxido de carbono ya que este es nocivo para la salud y se encuentra fuertemente relacionado con el dióxido de carbono. Una disminución en el mismo implica una disminución en la cantidad de dióxido de carbono generado en la combustión.

Como se puede observar en las Gráficas 2 a la 4 mientras más se aumentó la concentración de biodiésel en la mezcla, menor fue la cantidad de monóxido de carbono producido. También se estimó una fuerte correlación negativa entre la generación de monóxido de carbono y la concentración de biodiésel en el combustible como se ilustra en el Cuadro 1. Según el manual del vehículo, la mayor eficiencia del vehículo se encuentra entre 1500 y 2500 rpm. Es por esto que se consideró como base los resultados obtenidos a 2000 rpm. En la Gráfica 3 se puede observar que se tuvo una reducción del 71.48 % con respecto al valor promedio de generación de monóxido de carbono del vehículo que utiliza únicamente diésel para las distintas mediciones. Esto implica una reducción de 806.4 ppm de CO a 230 ppm de CO.

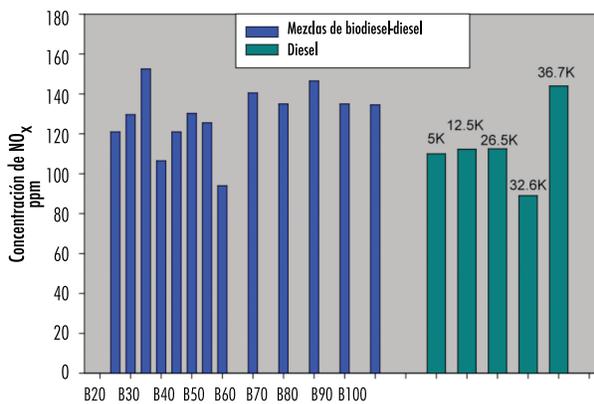
En la Gráfica 5 puede verse, por un lado, el cambio de la concentración de CO en función de la proporción de biodiésel en la mezcla, y por el otro, puede verse como se compara con las generadas para el vehículo que utilizó únicamente diésel. Como se puede observar, la menor generación de CO se tuvo cuando se utilizaba B100.

Sin embargo, a pesar de que se tuvo una reducción considerable en el CO, se puede observar en la Gráfica 6 un incremento en la generación de los óxidos de nitrógeno con un incremento de 18.44 % para el NO<sub>x</sub>. Los óxidos de nitrógeno reaccionan con el oxígeno y agua de la atmósfera para formar ácido nítrico el cual forma parte de lo que se conoce comúnmente como lluvia ácida. A pesar de que se tiene un incremento en los NO<sub>x</sub> en comparación contra el promedio de ppm de NO<sub>x</sub> generadas por el vehículo diésel, al comparar la generación de NO<sub>x</sub> del vehículo que utiliza B100 como combustible con el vehículo que utiliza diésel puro, se puede observar que se tiene una disminución de 9.5 ppm. Esto se debe a que a pesar de que se tiene un incremento en los NO, se tuvo un decremento en los NO<sub>2</sub>. Lo cual nos indica que a pesar de que la combustión del biodiésel puro tiende a incrementar la producción de los NO<sub>x</sub> está no es significativa comparada con la generación de óxidos de nitrógeno para vehículos diésel.

El mayor incremento de NO<sub>x</sub> para el vehículo que utilizaba biodiésel se pudo ver para mezclas de biodiésel-diésel entre el 20 % y el 30 %, 60 % y 80 %, según la información obtenida.



**Gráfica 5.** Comparación de las emisiones de monóxido de carbono (CO) para ambos vehículos a 2000 rpm. En color azul el vehículo que utilizaba biodiésel en la mezcla de combustible y en color verde el vehículo que utilizaba únicamente diésel



**Gráfica 6.** Comparación de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) para ambos vehículos a 2000 rpm. En color azul el vehículo que utilizaba biodiésel en la mezcla de combustible y en color verde el vehículo que utilizaba únicamente diésel

A la vez se puede observar una correlación negativa, con un valor de  $-0.79$ , entre el rendimiento y la concentración de biodiésel en la mezcla. Esto se debe a que el biodiésel tiene menor poder calorífico que el diésel, es decir, tiene menos energía. Como resultado necesitamos más biodiésel para poder avanzar la misma cantidad de kilómetros. Al utilizar B100 se pudo observar una disminución en el rendimiento de 5.2 Km/gal, lo cual no representa un valor alarmante.

## Bibliografía

Nordin N. (2013) *Introduction to Combustion in Diesel Engines Advance Combustion*, Scania <http://files.nequam.se/greenCarLecture.pdf>

## Bibliografía de consulta

EPA (2002) *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions Draft Technical Report*, EPA document number EPA420-P-02-001, Environmental Protection Agency, USA

Graboski MS, Ross JD, McCormick RL (2003) *Transient Emissions from No. 2 Diesel and Biodiesel Blends in a DDC Series 60 Engine* SAE paper no. 961166

Hansen AC (2008) *Combustion and Emissions Characteristics of Biodiesel Fuel*, CABER Seminar, Illinois University [http://bioenergy.illinois.edu/education/08seminars/080505\\_hansen.pdf](http://bioenergy.illinois.edu/education/08seminars/080505_hansen.pdf)

Knothe G, Van Gerpen J, Krahl J (2005) *The Biodiesel Handbook* AOCS Press 1: 1-303

Clark NN, Atkinson CM, Thompson GJ, Nine RD (2005) *Transient Emissions Comparisons of Alternative Compression Ignition Fuels* SAE paper no. 1999-01-1117

Nissan (2013) *Manual del motor YD25DDTi*

OMM (2013) *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord* Comunicado de Prensa, Organización Meteorológica Mundial, No. 980, Noviembre

Zambrano G; Maldonado O (2010) *Evaluación de la contaminación del aire por combustión de Biodiesel* Fundación MAPFRE