

# RENDIMIENTO COMPARATIVO DE BIODIESEL Y GASOIL EN TRACTORES AGRÍCOLAS

Hilbert, J. A.<sup>1</sup>; Tesouro, M. O.<sup>2</sup>; Aucaná, M. O.<sup>3</sup>; Pincu, M. S.<sup>4</sup>

## RESUMEN

En el marco de una tendencia mundial hacia el uso de nuevos combustibles, durante el último año se ha impulsado en la Argentina la producción y utilización del biodiesel. Su difusión responde a factores económicos, ambientales y políticos, ya que el uso del mismo genera importantes reducciones en los niveles de contaminación. El Instituto de Ingeniería Rural viene realizando tareas de investigación referidas a la caracterización, normalización y rendimiento de este combustible, en tractores agrícolas. Se efectuaron determinaciones químicas y ensayos dinamométricos sobre tractores de variada potencia, tecnología y edad. Se han encontrado en algunos productos, desvíos respecto a los patrones de referencia. En las pruebas efectuadas en los laboratorios centrales de INTA Castelar y en un banco dinamométrico portátil comparando biodiesel en forma pura y gas-oil comercial, se detectaron reducciones promedio del 3,7% en la potencia máxima, y del 4,2% en el par máximo e incrementos del 3% en el consumo horario y 9,5% en el consumo específico. En las pruebas efectuadas con mezclas al 20% (B20), en cambio, no se apreciaron diferencias significativas en ningún parámetro. Los datos relevados son coincidentes con los antecedentes bibliográficos y responden las características intrínsecas de este producto.

Palabra clave: biodiesel, combustibles, tractores

## COMPARATIVE PERFORMANCE OF BIODIESEL AND DIESEL OIL ON AGRICULTURAL TRACTORS

### SUMMARY

Following the international trends in new fuels employment during the last year several developments have been initiated in Argentina regarding the production and employment of biodiesel. Its diffusion has been generated by economic, environmental and political factors since the use of this fuel produces important reductions in air contamination. The Institute of Rural Engineering has been working on standards, properties and research on agricultural tractors efficiency using pure and blends of biodiesel. Chemical analysis and dynamometric tests on Castelar central laboratories and using a portable dynamometer were performed on tractors of variable power and age. Some deviations on certain chemical properties were found according to international standards. On dynamometric tests of pure biodiesel against normal diesel fuel a mean decrease of 3,7% in maximum power and 4,2% in max torque were found accompanied by an increase of 3% in fuel hour consumption and 9,5% of specific fuel consumption. In the tests were 20% biodiesel blend was employed no significative changes in the principal performance data was detected.

Key words: biodiesel, fuels, tractors

---

<sup>1</sup> Ing.Agr.M.Sc.coord.. area del Instituto de Ingeniería Rural INTA Castelar c.c. 25 (1712) Argentina [hilbert@cnia.inta.gov.ar](mailto:hilbert@cnia.inta.gov.ar)

<sup>2</sup>Ing.Agr. IIR INTA Castelar y Cat. Maquinaria agrícola FAUBA. <sup>3</sup>Técnico IIR. INTA <sup>4</sup>Ing.Agr. proyecto PROMAQ-FONTAR IIR INTA FAUBA.

## **INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES:**

Dentro del uso de diferentes tipos de aceites y derivados, se reserva el término de biodiesel a un conjunto de combustibles oxigenados basados en ésteres de fuentes biológicas renovables (aceites vegetales, animales, reciclados y grasas usadas) (Crakei 1999). Como terminología general su empleo en motores de combustión interna puede realizarse al 100% puro (B100) o en mezclas de proporciones variables con gasoil (Ej. B20) 20%, biodiesel 80%, gas-oil, (Bianchi 1997).

Entre las ventajas más destacables de su empleo, los aceites vegetales provenientes de cultivos agrícolas, no alteran el equilibrio del dióxido de carbono atmosférico. La ausencia de azufre, contribuye a que se puedan cumplir las estrictas metas que se han impuesto muchos países en cuanto a emisiones de SO<sub>2</sub>. Sumadas a estas ventajas, se han medido reducciones significativas de componentes aromáticos, en los gases de emisión de los motores que emplean aceites y metilesteres, (Monyem 2001). A estas ventajas se debe adicionar la importante ganancia en el balance energético entre producción y consumo (Mosca 1994).

La revisión de la bibliografía y la experiencia científica en esta materia, muestra una gran diversidad de resultados de la aplicación de aceites puros, como de sus mezclas y transformaciones (Bhattacharyya 1994). La disparidad de resultados encontrados, se debe fundamentalmente a la heterogeneidad de las materias primas empleadas, así como también a sus transformaciones y mezclas (Moreno 1999), (Allen 2000), (Niehauss 1986), (Bernat 1993). Por lo tanto se debe tener extremo cuidado en no utilizar un producto que se encuentre indebidamente caracterizado químicamente, ya que se corren riesgos de deterioros importantes en el motor.

El Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar está desarrollando tareas centradas en la evaluación y normalización del biodiesel en la Argentina.

Se han realizado experiencias sobre tractores de diferente potencia y tecnología a fin de obtener el rendimiento comparativo del gasoil y biodiesel en forma pura y al 20%, bajo las diferentes condiciones a que se encuentran sometidos los tractores en el trabajo normal a campo.

Las mismas se llevaron a cabo, con fines de investigación y difusión de este combustible tanto en los laboratorios de alta complejidad del INTA en Castelar como con banco dinamométrico portátil en campos de productores y jornadas técnicas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Los ensayos bajo norma y de isoconsumo en el laboratorio del IIR en Castelar se efectuaron sobre un tractor con motor de 6 cilindros de 6128 centímetros cúbicos de cilindrada, inyección directa, refrigerado por aire, bomba lineal, una potencia nominal de 86,9 kW y una relación de compresión de 19:1.

Se utilizó un equipo dinamométrico Schenk W 700 con sensores a distancia para monitorear las temperaturas del combustible, del aire de admisión y refrigeración, presiones de admisión y escape así como de las condiciones ambientales. La determinación de los consumos de combustible fueron efectuados por un sistema gravimétrico con compensaciones por temperatura.

Para efectuar un completo análisis de la prestación de los combustibles, se utilizaron las normas IRAM 8005-1 1995 e ISO 789/I/90. A los ensayos establecidos

por las normas citadas, se adicionaron para este estudio especial, la determinación de los parámetros de respuesta del motor en diferentes puntos del acelerador.

Partiendo de regímenes máximos fijados por diferentes posiciones del acelerador (incrementos de 200 a 250 rpm) se procedió a cargar el motor con demandas de par a la toma de potencia crecientes de 300 Nm, relevándose todos los parámetros de respuesta en los puntos preestablecidos. La finalidad de este procedimiento, fue el de estudiar el patrón de comportamiento del tractor en todo su campo de aplicación.

Los combustibles empleados fueron caracterizados mediante análisis de laboratorio bajo normas internacionales con el objetivo de verificar el cumplimiento de la Resolución 129 de la Secretaría de Energía, así como las normas europeas y norteamericanas en esta materia.

En los ensayos de campo se utilizó un freno dinamométrico Froment con una capacidad de frenado de 220 kW y un sistema de medición de consumo electrónico de tipo volumétrico. Los seis tractores empleados comprendieron potencias entre 43 y 125 kW medidos a la toma de potencia, diferentes horas de uso, bombas lineales y rotativas y diferente estado general. Se realizaron las curvas completas de respuesta (par motor, potencia, consumo horario y específico) a plena carga a fin de verificar el funcionamiento comparativo de tractores en uso al emplear gas-oil y biodiesel en forma pura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los resultados del análisis químico de laboratorio de la muestra empleada en los ensayos de Castelar, presentaron diferencias respecto a los valores de la especificación propuesta en el proyecto de norma IRAM 6515-1 para viscosidad, contenido de agua y número de cetano. Los biodiesel empleados en los ensayos de campo, se encontraron dentro de las especificaciones.

Se exponen en el Tabla 1 los resultados medios obtenidos del análisis de doce mediciones a lo largo de dos horas de funcionamiento a máxima potencia con cada uno de los combustibles probados.

Combustible	Potencia	Potencia corregida	Par motor	Consumo horario	Consumo Específico	C.Específico corregido
	KW		Nm	l h <sup>-1</sup>	g kWh <sup>-1</sup>	g kWh <sup>-1</sup>
Gas-oil	77,3 a	75,4 a	1162 a	21,9 a	243,3 a	249,6 a
B 20	75,2 b	76,5 b	1139 b	23,1 b	270,6 b	266,1 b
B 100	73,7 c	72,6 c	1117 c	23,7 c	279,8 c	284,3 c

Tabla 1 Resultados del ensayo a potencia máxima de dos horas en banco dinamométrico (Diferencias estadísticas al 95% ANVA multivariado).

A fin de eliminar posibles incidencias de los factores presión y temperatura, se calcularon las potencias corregidas de acuerdo a la norma SAE J 1349 (1983) e IRAM 8064 1996. Con dichas transformaciones se siguió manteniendo las diferencias entre B100 y gas-oil reduciéndose entre B 20 y gas-oil. Con respecto a los valores de temperatura de combustible, aceite y aire de refrigeración para B100 y B20 se hallaron incrementos significativos respecto al gasoil. Efectuados los análisis de correlación para evaluar la incidencia de la temperatura ambiente sobre dichos incrementos, se encontró que la relación hallada solo explicaba, en el caso mas alto el 11% de los resultados, con coeficientes de correlación, que no

superaron 0,32. Los datos referidos a temperatura de gases de escape no marcaron tendencia definida.

Las diferencias en consumo son explicable por el menor poder calórico y el incremento de la relación estequiométrica debida a la presencia de oxígeno molecular, Niehaus (1986).

Al analizar el conjunto de determinaciones con cargas parciales y máxima posición del acelerador corregidas por presión y temperatura tomando en cuenta cada nivel separadamente, se apreciaron diferencias mínimas entre el gas-oil puro y el B20. La potencia no presentó significancia estadística. La importancia de estos resultados radica en que los estudios y filosofía de los puntos tomados representan el comportamiento medio de un tractor a campo a lo largo de todo un año de trabajo Leviticus (1979).

Combustible	Potencia kW	Cons.l/h	g/Kwh
Gas-oil	39,2 a	11.1 a	255,8 a
B 20	39,1 a	11.2 a	266,1 b
B 100	38,4 a	12.5 b	303,9 c

Tabla 2 Valores promedio obtenidos en la zona de acción de regulador (Diferencias estadísticas al 95 % ANVA multivariado).

Las curvas de prestación de los motores (par motor, potencia, consumo horario y específico) indicaron que las diferencias entre los tres combustibles se mantuvieron constantes a todo lo largo de las curvas de plena carga. Dichas diferencias que no superaron el 2,5% no fueron significativas para el conjunto de situaciones analizadas y no serían apreciables en el uso normal de un tractor a campo. Los análisis de variancia multifactoriales indicaron influencia significativa de las variables tipo, considerando la temperatura de combustible como covariable.

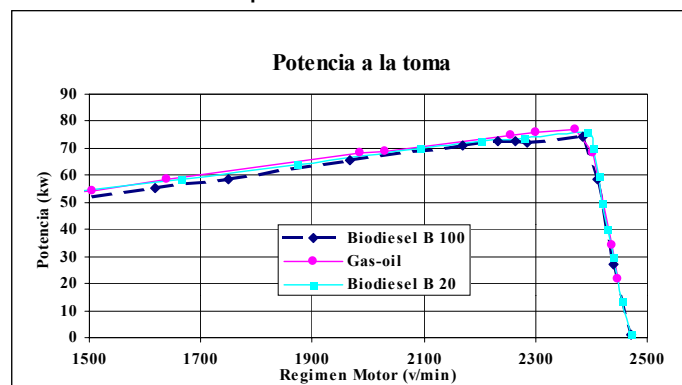


Figura 1 Curva completa de potencia a plena carga

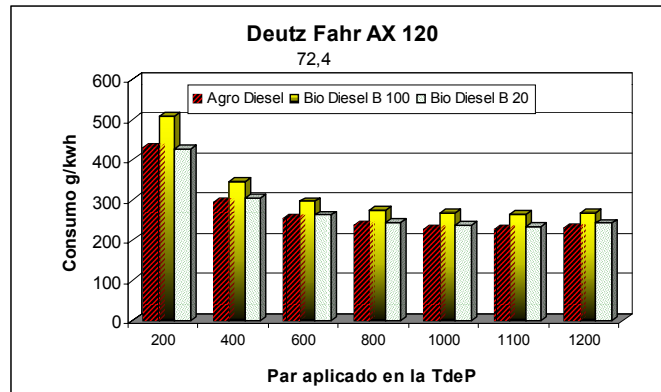


Figura 2 Consumos específicos a cargas parciales y a 72,4% de máximo acelerador

Los resultados obtenidos de las determinaciones realizadas a carga variable en diferentes puntos del acelerador a fin de obtener las curvas de isoconsumo tomando en cuenta pares motores equivalentes para diferentes posiciones del acelerador se exponen en el Tabla 3. A modo ilustrativo se expone uno de los gráficos que representan los valores hallados a diferentes niveles de carga a la toma de potencia con una posición del acelerador en la cual el motor giraba en vacío al 72,4% de su nivel máximo.

Combustible	Potencia kW	Cons.l/h	g/Kwh
Gas-oil	38,5 a	10,6 a	255,1 a
B 20	38.4 a	10,8 a	266,1 b
B 100	39.2 a	12.5 b	303,9 c

Tabla 3 Resultados medios de diferentes puntos del acelerador y pares motores equivalentes. (Diferencias estadísticas al 95 % ANVA multivariado)

Con referencia a los resultados de las pruebas de diversos biodiesel en banco dinamométrico móvil, en el Tabla 4 se han volcado las diferencias porcentuales medias obtenidas por los biodiesel puros con relación al gas-oil normal. Las diferencias de resultados obtenidas están influenciadas por las características de los biodiesel empleados interactuando con el funcionamiento y las condiciones de operación de cada una de las unidades empleadas.

Tractor	Potencia max	Par máximo	Cons.l/h	g/Kwh
Zetor 1340l	0	- 0.3	4.8	7.7
Deutz Fahr FX 80	- 3.1	- 6.8	2.6	6.2
Agco Allis 6.85	- 2.9	- 3.1	2.8	10.1
John Deere 5410	- 11	- 3.1	1.2	8.7
John Deere 3420	- 2	- 6.5	2.7	4.6
Massey Ferguson 1195				
S	- 2.4	- 0.4	4	7
Valmet 180	- 4.1	- 7	3.5	15.8
Deutz Fahr AX 120	- 4.1	- 7	3.5	15.8
<b>Promedio</b>	<b>- 3.70</b>	<b>- 4.28</b>	<b>3.14</b>	<b>9.49</b>

Tabla 4 Diferencias porcentuales encontradas en potencia, par motor y consumos a potencia máxima mediante el uso comparativo de gas-oil y B 100.

Las diferencias encontradas para la potencia máxima y el par motor correspondiente en esa situación de trabajo son similares a los valores hallados en la bibliografía para este tipo de combustibles en motores sin modificar. La mezclas al 20% (B20) no presentaron diferencias de comportamiento respecto al

gas-oil puro, en forma coincidente con lo encontrado por Moreno (1999). En la zona de acción del regulador las diferencias se redujeron.

Los incrementos en el consumo específico registrados fueron de mayor magnitud, los mismos pueden ser atribuidos según Moreno (1999) a diferencias en el poder calorífico y a las variaciones de viscosidad y densidad que afectarían el buen quemado del combustible. Allen (2000) encuentra que estas diferencias son generadas por el contenido variable de glicéridos que afecta el patrón de atomización.

## CONCLUSIONES:

- ✓ Se ha observado diferencias en los parámetros característicos del motor atribuibles a los distintos combustibles utilizados.
- ✓ Las variaciones detectadas en potencia, par motor y consumos, en las situaciones más representativas del funcionamiento normal de un equipo agrícola, tienden a anularse con el empleo al 20% del biodiesel.
- ✓ Se evidenciaron desvíos en las características de los diferentes biodiesel ensayados respecto a las normas de referencia, lo cual ratifica la importancia de contar con una norma estándar nacional, que caracterice a este combustible, de manera de garantizar un buen nivel de calidad al usuario.

## BIBLIOGRAFÍA:

**Allen, C.A.; Watts, K.C.;** (2000). comparative analysis of the atomization characteristics of fifteen biodiesel fuel types. Transaction of the ASAE Vol. 43(2): 207-211.

**Bernat, C.;** (1993). Combustibles alternativos, prueba práctica con ester metílico de aceite de colza. Máquinas y tractores 112-113.

**Bhattacharyya, C; Reddy, C.S.;** (1994). vegetable oils as fuels for internal combustion engines: a review. Journal of agricultural engineering research 57, 157-166.

**Bianchi, B.; Pascuzzi, S.; Renna, M.;** (1997). Produzione di biodiesel. Machinne y mottori N (5) 31-38.

**Cnakei, M.; Gerpen, J. V.;** (1999). Biodiesel production via acid catalysis. Transaction of the ASAE Vol 42(5) 1203-1210.

**IRAM 6515-1** (2001). Esquema 1 Calidad de combustibles. Combustibles líquidos para uso automotor. Biodiesel. Requisitos.

**IRAM 8005-1** (1994). Maquinaria agrícola tractor agrícola Ensayo de la potencia a la toma de potencia.

**IRAM 8064** (1996). Maquinaria agrícola y forestal Motores Factores de corrección de la potencia.

**Leviticus, L. I.;** (1979). Nebraska and the tractor tests. Tractor test laboratory publication University of Nebraska 10 páginas.

**Monyem, A.; Gerpen, J. H.; Canakei, M.;** (2001). The effect of timing and oxidation on emissions from biodiesel fueles engines. Transaction of the ASAE Vol. 44(1): 35-42.

**Moreno, F.; Muñoz, M.; Morea-Roy, J.;** (1999). Sunflower methyl ester as a fuel for automobile diesel engines. Transaction of the ASAE Vol. 42(5): 1181-1185.

**Mosca, G.; Bona, S.;** (1994). Oil seed crops for production of methylester energy analysis and productivity of some species. Rivista di Ingegneria Agraria 3, 151-161.

**Niehaus, R. A.; Goering, C. E.; Lester, D.;** (1986). Cracked soybean oil as a fuel for a diesel engine. Transaction of the ASAE Vol. 29(3): 683-689.

**Peterson, C. L.; Taberki, J. C.; Thompson, J. C.; Chase, C. L.** (2000). The effect of biodiesel feedstock on regulated emissions in chassis dynamometer tests of a pickup truck. Transaction of the ASAE Vol. 43(6): 1371-1381.

**Secretaría de Energía y Minería;** (2001). Definición del Biodiesel Resolución 129/2001.

**SAE J 1349;** (1985). Engine test code – spark ignition and diesel.