



ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

ENSAYO COMPARATIVO DE TRES ESPECIES DEL GENERO *Brassica* CON POTENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN CÓRDOBA, ARGENTINA.

M.K. Torterolo¹, G.G. Ovando², D. Sorlino¹ y De Haro Bailón A.³

¹ Facultad de Agronomía – UBA. Av. San Martín 4453 Buenos Aires. e-mail: tmk@agro.uba.ar. ² Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNC. ³ Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, España.

RESUMEN: El aumento del consumo de hidrocarburos, incrementó la demanda de biodiesel, por ser una fuente de energía renovable y no contaminante. Su producción y la de alimentos no deben competir por el uso de la tierra. El género *Brassica* aparece como promisorio para la producción de biocombustibles, en zonas marginales. El objetivo de este trabajo es explorar la adaptación de tres especies de Brassicas cultivadas en un ambiente semiárido, con énfasis en la cantidad y calidad de aceite, para la producción de biodiesel. El ensayo se llevo a cabo en la región central de Córdoba, Argentina, durante el año 2008. Se evaluó en número de plantas a cosechas, rendimiento de grano y porcentaje de aceite. Los resultados de este año particularmente seco (207 mm de precipitación durante el ensayo) mostraron un mejor desempeño de *B. carinata* en la producción de granos y en el contenido de aceite. *B. juncea* tuvo el mejor desempeño en lo referido a supervivencia de plantas a cosecha.

Palabras clave: Biodiesel, Zonas Marginales, *Brassica juncea*, *Brassica carinata*, *Brassica napus*.

INTRODUCCIÓN

La principal fuente energética del mundo está en crisis, a la suba histórica del precio del petróleo por conflictos políticos se le suman el agotamiento de reservas de combustibles fósiles y los problemas ambientales a nivel global generados, entre otros motivos, por la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera. (Pettersson *et al.*, 2007; Vilella *et al.*, 2007; Foo y Hammed, 2009).

En la actualidad existe interés en la producción de etanol y biodiesel como combustible renovable para sustituir y/o complementar el diesel y la gasolina proveniente del petróleo, respectivamente. Esta tendencia es un resultado, entre otros aspectos, del crecimiento de los precios de los aceites en el mercado internacional y la presión por reducir las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera para mitigar el problema del cambio climático global. Este último factor junto con la preocupación por la seguridad energética, es reflejado en algunos países mediante la obligación legal de emplear biocombustibles (Rathmann *et al.*, 2009)

La Argentina no escapa a esta realidad mundial, y en la Ley Nacional 26.093 sobre biocombustibles, establece que para 2010 el 5% del volumen comercializado de la nafta y el gasoil deberán ser reemplazados por alcohol y biodiesel, respectivamente. Los cultivos "oleaginosos" son el primer eslabón en el proceso de fabricación de biodiesel, debido a que de ellos se obtiene aceite, la principal materia prima para fabricar dicho biocarburante. La elección de la oleaginosa proveedora de aceite para producir biodiesel está condicionada por la zona de cultivo. (Rebora *et al.*, 2007)

Según Gibbons, 1995 de la Oficina de Investigación del Calentamiento Global (GCRI), el incremento en la concentración de gases invernadero (dióxido de carbono y metano, entre otros) llevará a un significativo calentamiento global, cambios en los patrones de precipitación y aumento en el nivel del mar, sin embargo la magnitud, momento y patrones regionales de esos cambios no pueden ser adecuadamente predichos (Peterson y Hustruli, 1998).

La necesidad de buscar formas alternativas de combustión para preservar mejor el planeta, es un incentivo para reemplazar progresivamente los combustibles fósiles por un recurso energético alternativo de origen vegetal o animal. La bioenergía significaría una solución parcial al problema ambiental ya que los gases se reciclan de manera continua mediante la fotosíntesis (Vilella *et al.*, 2007). El potencial del biodiesel para reducir el dióxido de carbono introducido en la atmósfera ha sido sugerido por varios autores (Sagar, 1995; Peterson y Hustruli 1998).

La producción de biocombustibles presenta una nueva oportunidad económica, también como un mecanismo posible para los países para reducir la emisión de gases invernadero y mejorar la seguridad energética. A mediano y largo plazo, el desarrollo de biocombustibles basados en la responsabilidad social y ambiental es más probable que sea públicamente aceptable y que contribuya al desarrollo económico (Phalan, 2009).

Dentro de los diferentes intentos para obtener biocombustibles, el Biodiesel, derivado de los triglicéridos por transesterificación ha recibido la mayor atención. El Biodiesel posee mejores propiedades que el diesel proveniente del petróleo tales como: ser renovable, biodegradable, atóxico y principalmente libre de sulfuros y aromáticos, además reduce el nivel de polutos y el nivel de posibles carcinógenos.

Ma y colaboradores (1999) sostienen que el biodiesel es más atractivo debido a sus beneficios ambientales y al hecho que proviene de recursos renovables. La materia prima para la explotación comercial del biodiesel son los aceites provenientes de la colza, soja, palmera, girasol, coco, lino, algodón, *Jatropha*, etc. Dado que el precio de los aceites vegetales cuando se los utiliza para consumo humano es más elevado que cuando se los emplea para diesel, se prefiere como recurso potencial para la elaboración de biocombustible el proveniente de aceites vegetales de desperdicio (reciclados de restaurantes) y aceites vegetales no comestibles.

El recurso para biodiesel debiera cumplimentar, de ser posible, dos requerimientos: tener bajo costo de producción y ser de producción a gran escala. El porcentaje de aceite y el rendimiento por hectárea de estos recursos, son parámetros importantes a considerar en la producción de biodiesel. (Singh y Dipti, 2009). Esto representa un cambio en el modo de uso de la tierra destinada a la producción de alimentos y presenta un dilema global, entre la necesidad de alimentar a la humanidad o incorporar a esos suelos en la producción de agro-energía. Este tipo de competencia por el uso del suelo comenzó a focalizarse sobre los efectos de la competencia entre la agricultura para producir alimentos y la producción de biodiesel (Rathmann *et al.*, 2009).

El género *Brassica* aparece como promisorio dentro de las especies con potencial para la producción de biocombustibles. Se pretende que estos cultivos avancen hacia zonas subhúmedas y secas para no competir con la producción de alimentos. (Sorlino, *et al.* 2009)

El área mundial sembrada con especies del género *Brassica* se ha incrementado rápidamente durante la última década debido al trabajo intensivo para mejorar la calidad culinaria y de los aceites de las especies de *Brassica*. La colza (*B. napus* L.) es la más importante de las oleaginosas de ciclo invierno – primaveral en el mundo (Ghasemi Pirbalouti, 2008).

Tradicionalmente la colza en Argentina se ha producido, en pequeños volúmenes, en la región pampeana. La mayoría de los resultados de las evaluaciones de cultivares de colza en el país pertenecen a ensayos realizados en las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. (Rebora *et al.*, 2007)

Dos especies del mismo género (*Brassica*) no tienen antecedentes de producción en la Argentina, se trata de *Brassica juncea* (L.) y *Brassica carinata* (A. Braun). Ellas son mostazas cultivadas en otras regiones del mundo que podrían encontrar sitios marginales apropiados para su producción en la Argentina. De ambas, *B. carinata* es la más resistente a estreses bióticos y abióticos (Cardone *et al.*, 2003, De Haro-Bailón *et al.*, 2006), con posibilidades de aprovechamientos industriales adicionales y con acción fitoremediadora (De Haro-Bailón *et al.*, 2006). En tanto que *B. juncea* es una especie conocida como oleaginosa pero también por sus usos medicinales y condimentarios (Wu *et al.*, 2009). Al igual que *carinata*, *juncea* es una especie comúnmente asociada a ambientes marginales (Morrison *et al.* 2002; Cardone *et al.*, 2003; Gan *et al.*, 2004; Fu *et al.*, 2006, Gasol *et al.*, 2007).

El estrés hídrico en colza además de disminuir el rendimiento en grano, disminuyó el porcentaje de aceite, pero incremento el contenido de proteínas.(Gobadi *et al.*, 2006, Sinaki *et al.*, 2007)

El presente trabajo comunica los resultados obtenidos en el primer año de ensayos destinados a evaluar y explorar la adaptación agronómica de tres especies del género *Brassica* cultivadas en un ambiente semiárido en la provincia de Córdoba, con énfasis en la cantidad y calidad de aceite, para la producción de biodiesel.

MATERIALES Y METODO

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, ubicado en Capilla de los Remedios (Pcia de Córdoba, 31°27'58" S y 63°57'52" W. 410 msnm).

El establecimiento está ubicado en la subregión que se conoce con el nombre de plataforma basculada o pampa alta y presenta un relieve de lomas muy suavemente onduladas, desarrolladas sobre material loésico, de textura franco limosa con escasa pendiente hacia el este. La precipitación anual media es de 800 mm y posee una concentración estival por lo que

pertenece al régimen de tipo monzónico, donde el 60% o más de las precipitaciones ocurren en el semestre cálido que comprende los meses desde octubre hasta marzo inclusive (Capitanelli, 1979).

Se utilizaron tres especies del género Brassica; *Brassica napus* L. (Canola var. Legacy, Semillero Don Atilio, Argentina), *Brassica juncea* L. (Bj Z-07) y *Brassica carinata* A. Braun. (Bc H-707).

El diseño experimental de las parcelas fue en bloques al azar con 3 repeticiones por cada especie. Las dimensiones de las mismas fueron de 7 surcos de 6 m de longitud, distanciados 0,30 m. Se sembró a una profundidad de 1 cm, con el fondo del surco regado, a chorrillo ralo. No hubo riegos adicionales, fertilización ni control de insectos y las malezas se controlaron en forma manual.

Se sembró el 29 de julio de 2008 y se efectuaron 5 visitas para efectuar un seguimiento fenológico y al final del ciclo (10 de diciembre de 2008) se realizó la cosecha de la parte central de la parcela descartando 1 surco a cada lado y 0,50 cm de cabeceras contabilizando el número de plantas. Las semillas fueron evaluadas en España donde se estableció el porcentaje de aceite mediante análisis del contenido en aceite por resonancia magnética nuclear (NMR): equipo Oxford modelo 4000 (Oxford Analytical Instruments LTD., Abingdon, OX, Reino Unido).

Simultáneamente se obtuvieron registros de información meteorológica de temperatura y precipitación, provenientes de la estación Pilar (31° 40' S, 63° 53' W) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional, cercana al sitio del ensayo.

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de la varianza (ANOVA) y en caso de observarse significancia, las medias entre cultivares fueron comparadas con el test de Tukey para cada cultivar. En todos los casos el nivel de significación adoptado fue del 5% ($p \leq 0,05$)

RESULTADOS Y DISCUSION

La disponibilidad hídrica durante el ensayo fue una gran limitante, como puede observarse en la figura 1 desde siembra a cosecha, solo se acumularon 207 mm de precipitaciones, con marcada ausencia de lluvias al comienzo del ensayo, acompañadas con temperaturas elevadas para la época del año.

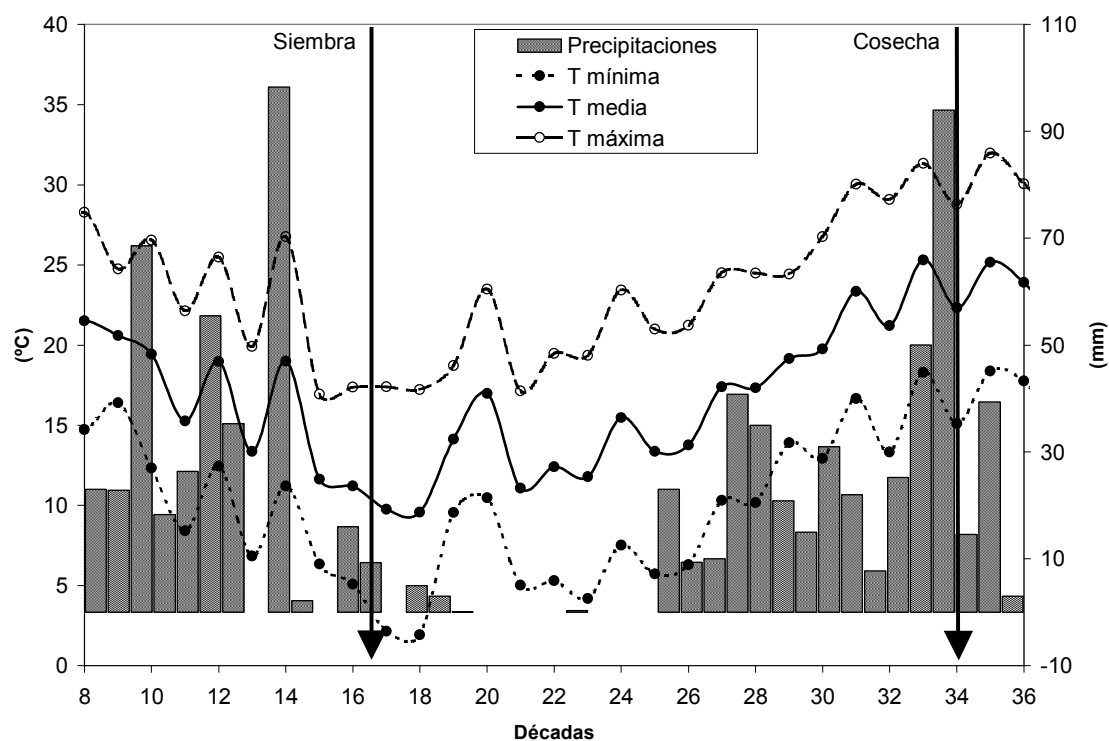


Figura 1. Evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas y de la precipitación decadal de 2008, a lo largo del ensayo.

Esta combinación de los elementos meteorológicos determinó la muerte de plántulas en emergencia que resultó en un menor número de plantas a cosecha, según puede observarse en la tabla 1.

	<i>B. napus</i>	<i>B. carinata</i>	<i>B. juncea</i>
Promedio (pl/m²)	4,8	16,4	23,78
<i>B. napus</i>		0,181	0,036*
<i>B. carinata</i>	0,181		0,449
<i>B. juncea</i>	0,036*	0,449	

Tabla 1 Análisis de la varianza del número de plantas a cosecha para las tres variedades del género *Brassica*, los valores que presentan el símbolo * son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) con el test de Tukey HSD.

La variedad más afectada en el número de plantas a cosecha fue *B. napus* que presentó diferencias significativas con *B. juncea*. Sin embargo cuando se evaluó el rendimiento en grano, *B. carinata* manifestó un mejor desempeño, como puede observarse en la tabla 2.

	<i>B. napus</i>	<i>B. carinata</i>	<i>B. juncea</i>
Rendimiento promedio (kg/ha)	134,67	1655,07	336,89
<i>B. napus</i>		0,022*	0,875*
<i>B. carinata</i>	0,022*		0,040*
<i>B. juncea</i>	0,875	0,040*	

Tabla 2. Análisis de la varianza del rendimiento para las tres variedades del género *Brassica*, los valores que presentan el símbolo * son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) con el test de Tukey HSD.

B. carinata tuvo el mayor rendimiento promedio y fue significativamente mejor que el de *B. juncea* y *B. napus*. A pesar de la mayor supervivencia de plantas de *B. juncea*, el rendimiento fue menor que el de *B. carinata*, esto podría explicarse por la sensibilidad que posee *B. juncea* al estrés térmico, como lo reportaran Morrison y Stewart (2002). *B. juncea* presentó mayor rendimiento que *B. napus* en concordancia con lo informado por Wright y colaboradores (1995).

El mejor desempeño de *B. carinata* en la producción de granos concuerda con lo expuesto por Cardone *et al.* (2003) en climas semiáridos templados y con De Haro-Bailón *et al.* (2006).

La insuficiente cantidad de granos impidió la determinación de la concentración de aceite en *B. napus*, en tanto que *B. carinata* también presentó el mejor comportamiento con el 34,1% y en segundo lugar *B. juncea* con 29,1%, este último valor resulta notablemente inferior al 44,8% informado por Wright y colaboradores (1995) para *B. juncea* cultivada en secano bajo condiciones similares de precipitación (289 mm).

CONCLUSIONES

Por tratarse del primer año de ensayo, los resultados deben considerarse de carácter preliminares, no obstante se puede sostener que estas variedades poco difundidas en la Argentina, presentan un comportamiento agronómico promisorio en ambientes marginales para la producción de biodiesel, destacando que:

- *B. juncea* presentó mayor supervivencia de plantas a cosecha.
- *B. carinata* tuvo mejor desempeño tanto en rendimiento de grano como en contenido de aceite.
- *B. napus* tuvo poca supervivencia de plantas y magros rendimientos de granos.

Es necesario continuar con los ensayos en años subsiguientes a fin de evaluar el desempeño de las *Brassicac*s en distintas condiciones ambientales.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través del subsidio referencia PCI A/912107/2008.

BIBLIOGRAFIA

- Capitanelli R.G. 1979. Geomorfología. En: Geografía física de la Provincia de Córdoba. Editorial Boldt. Córdoba, Argentina. 213-296.
- Cardone M., Mazzoncini M., Menini S., Rocco V., Senatore A., Seggiani M. and Vitolo S.. 2003. *Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of Biodiesel in Italy : agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. *Biomass and Bioenergy* 25:623-636.
- Foo, K. Y. and Hameed, B. H. 2009. Utilization of biodiesel waste as a renewable resource for activated carbon: Application to environmental problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 2495–2504.
- Fu J., Zhang M. and Qi X. 2006. Genetic Diversity of Traditional Chinese Mustard Crops *Brassica juncea* as Revealed by Phenotypic differences and RAPD Markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53: 1513–1519.
- Gan Y., Angadi S. V., Cutforth H., Angadi V. V. And McDonald C. L. 2004. *Brassica juncea* Response to Short Periods of Temperature and Water Stress at Different Growth Stages Direct Seeding Conference: "The Key to Sustainable Management". February 11 & 12, 2004, Regina, Saskatchewan. Saskatchewan Soil Conservation Association
- Gasol C.M., Gabarrella X., Anton A. , Rigola M., Carrasco J., Ciria P., Solano M. L. and Rieradevall J. 2007. *Biomass and Bioenergy* 31:543–555.
- Ghasemi Pirbalouti A. G. and Golparvar A. 2008. Evaluating Agro-Climatologically Variables to Identify Suitable Areas for Rapeseed in Different Dates of Sowing by GIS approach. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3(4):656-660. ISSN 1557-4989.
- Gibbons, J. H.. 1995. Our Changing Planet. Subcommittee on Global Change Research, Committee on Environmental and Natural Resources Research of the National Science and Technology Council, Coordination Once of the U.S. Global Change and Research Program, 300 D Street, S.W. Washington, DC 20024, 1995.
- Ghobadi M., Bakhshandeh M., Fathi G. , Gharineh M. H., Alami-Said K., Naderi A. and Ghobadi M. E. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of Canola (*Brassica napus* L.): effect on yield components, seed oil and protein contents. *Journal of Agronomy* 5(2):336-341. ISSN 1812-5379.
- De Haro-Bailón A., M.del Río, Cartaea E. y Ordás A.. 2006. Mejora de la Calidad de Especies *Brassica*. En Yacer, Diez, Carrillo y Badenes Eds. Mejora Genética de la Calidad de las Plantas. Valencia, España. Cap. 17. 415-448.
- Ma F., Clement L. D. and Hanna M. A. 1999. The effect of mixing on transesterification of beef tallow. *Bioresour. Technol.* 69:289–93.
- Morrison M. J. and Stewart D. W. 2002. HeatStressduringFloweringinSummerBrassica. *Crop.Sci.*42:797–803.
- Peterson, C. H. and Hustruli, T. 1998. Carbon Cycle for Rapeseed Oil Biodisel Fuels. *Biomass and Bioenergy* Vol. 14, No. 2, Elsevier Published, 1998, pp. 91-101.
- Petersson A., Thomsen M.H., Hauggaard-Nielsen H., Thomsen A. 2007. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean. *Biomass and Bioenergy* 31:812–819.
- Phalan B. 2009. The social and environmental impacts of biofuels in Asia: An overview. *Applied Energy* 86 : S21–S29
- Rathmann, R., Szklo A. And Schaeffer, R. 2009. Land use competition for production food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate. *Renewable Energy* 35: 14-22.
- Rebora C., Gómez L., Lelio H. y Barros A. 2007. Rendimiento de aceite de colza cultivada bajo riego. Mendoza (Argentina). *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXIX. Nº 2 :101-108.
- Sagar, A. D. 1995. Automobiles and Global Warming: Alternative Fuels and Other Options for Carbon Dioxide Emissions Reduction. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 15. Elsevier Publishing, 1995, pp. 241-274.
- Sinaki J. M., Madjidi Heravan E., Shirani Rad A. H. , Noormohammadi G. and Ghasem Z. 2007. The Effects of Water Deficit During Growth Stages of Canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (4): 417-422, ISSN 1818-6769
- Singh, S.P. and Dipti S. 2009. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. In press.
- Sorlino D., Giménez P., Tortorolo M. K., Palomo R., Ovando G., Fioretti M., Candao J.y De Haro Bailón A. 2009. Evaluando la producción de aceite para biodiesel en zonas marginales de la Argentina y España: calidad del aceite de *Brassica juncea* (L.) y *Brassica carinata* (A. Braun). XIII Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites, 4 al 6 de noviembre de 2009. Rosario, Santa Fe. Aceptado (en prensa).
- Wright P.R., Morgan J.M., Jessop R.S. and Cass A.1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. *Field Crops Research* 42:1-13.

ABSTRACT

The increased consumption of fuel, increased demand for biodiesel, as a source of clean and renewable energy. Their production and food production should not compete for land use. The genus *Brassica* appears promising for the production of biofuels in marginal zones. The aim of this paper is to explore the adaptation of three *Brassica* species grown in a semiarid environment, with emphasis on quantity and quality of oil for biodiesel production. The test took place in the central region of Córdoba, Argentina, during the year 2008. We evaluated the number of plants at harvest, grain yield and oil percentage. The results of this year particularly dry (207 mm rainfall during the test) showed a better performance of *B. carinata* in grain production and oil content. *B. juncea* had the best performance in reference to survival plants.