

# Uso de aguas residuales urbanas en el riego de colza (*Brassica napus* L.) con destino a biocombustible

## Use of urban waste water in rape (*Brassica napus* L.) production destined to biofuel

Cecilia Rebora  
Horacio Lelio  
Luciana Gómez

Originales: Recepción: 20/04/2010 - Aceptación: 10/05/2010

### RESUMEN

El aceite de colza es comestible pero también puede utilizarse en la producción de biodiesel. Cuando el destino es el energético, el cultivo puede regarse con aguas residuales urbanas o cloacales. La mayor proporción del uso de éstas en el mundo ocurre en regiones áridas donde otras fuentes de agua son escasas, situación que se plantea en los oasis irrigados de Mendoza. En este trabajo se comparó el rendimiento de un cultivar invernal de colza regado con agua cloacal (AC) y agua subterránea (AS), y su potencial para producir biodiesel. La experiencia se llevó a cabo en una planta de tratamiento de agua cloacal de Obras Sanitarias en el departamento Tunuyán (33° 32' 89" S; 69° 00' 80" O; 859 m snm). El rendimiento de semilla de AC fue significativamente mayor que el de AS (7690 y 3886 kg/ha, respectivamente). La cantidad de biodiesel factible de producir por cada hectárea de cultivo asciende a 2800 kg en el tratamiento AC y a 1400 kg en AS. El uso de aguas residuales urbanas genera un nicho interesante para la producción de biocombustibles, utilizando un recurso hídrico con limitaciones para producir alimentos.

### ABSTRACT

Edible rape oil can be used as raw material to produce biodiesel. In this case, wastewater can be used for irrigation. In recent years wastewater use has gained importance in water-scarce regions. In this work yield and potential to produce biodiesel of a winter rape cultivar under two irrigation treatments (urban waste water (UWW) and ground water (GW)) were compared. The trial was conducted in the Urban Waste Water Treatment Plant of Obras Sanitarias Mendoza in Tunuyán (33° 32' 89" S; 69° 00' 80" W; 859 m osl). Seed yield was higher in UWW than in GW treatment (7690 and 3886 kg/ha respectively). Biodiesel potential production was 2800 kg/ha in UWW and 1400 kg/ha in GW treatment. Biodiesel production from urban waste water irrigation rape oil is an interesting niche to produce biofuels.

### Palabras clave

colza • agua residual urbana • rendimiento • aceite • biodiesel

### Keywords

rape • urban waste water • yield • oil • biodiesel

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos energéticos, aquellos cuya biomasa se destina a la obtención de energía, se estudian cada vez más como alternativa al agotamiento ya sensible de energías fósiles, como el gas y el petróleo (10). Argentina no escapa a esta realidad mundial, y en la ley nacional 26.093, sobre biocombustibles, se establece que para el año 2010 la nafta y el gasoil deberán ser mezclados con no menos del 5% de alcohol y biodiesel, respectivamente.

El aceite de colza puede emplearse en la producción de biodiesel. El mismo es muy utilizado en Europa con este fin (2, 6). En Argentina la colza se conoce desde la década del 40; el área sembrada en las últimas campañas ha oscilado entre las 15000 y algo más de 30000 ha (6).

Existen algunas experiencias del uso de aguas residuales urbanas en el riego del cultivo de colza, pero se trata de riegos complementarios y láminas totales aplicadas que no superan los 250 mm (9).

La mayor proporción del reúso de aguas cloacales en el mundo ocurre en regiones áridas donde otras fuentes de agua son escasas, situación que se plantea en los oasis irrigados de Mendoza. La principal desventaja que se asocia con el uso de este tipo de agua tiene que ver con el riesgo para la salud humana de los consumidores que comen frutas y verduras irrigadas con este sistema (7). En este sentido, los cultivos energéticos tienen una ventaja comparativa, al igual que los forestales, ya que no se destinan al consumo humano directo.

### Objetivo

Comparar el rendimiento de un cultivar invernal de colza regado con agua cloacal y agua subterránea en las condiciones de cultivo de Tunuyán, Mendoza, Argentina, y su potencial para producir biodiesel.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia de campo se llevó a cabo en tierras de Obras Sanitarias Tunuyán, contiguas a la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de la localidad de igual nombre; 33° 32' 89" S y 69° 00' 80" O y 859 m snm. Esta planta de tratamiento de aguas procesa un caudal promedio en el año de 300 m<sup>3</sup>/hora. La precipitación promedio anual del lugar es de 200 mm.

Se diseñó un experimento factorial con un factor de variación: tipo de agua de riego (agua cloacal (AC) y agua subterránea (AS)). La primera conducida desde las piletas de tratamiento hasta las parcelas experimentales y la segunda provista en camión tanque por la Municipalidad de Tunuyán, obtenida de un pozo surgente (tabla 1, pág. 209).

**Tabla 1.** Caracterización de las aguas de riego utilizadas: agua subterránea (AS) y agua cloacal (AC).

**Table 1.** Characterization of irrigation waters: ground water (GW) and urban waste water (UWW).

Determinación	AS	AC	Método usado
Conductividad eléctrica (dS/M)	0,42	1,10	Conductimetría
Nitrógeno total (mg/l)	5,6	28,7	Mét. Kjeldahl
Nitrógeno mineral, NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub> (mg/l)	1,05	14,7	Mét. Devarda
Fósforo, P (mg/l)	0,13	11,51	Colorimetría, SVM
Fósforo, PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	0,39	35,3	Colorimetría, SVM
Potasio, K (mg/l)	11	20	Fotometría de llama
Potasio, K <sub>2</sub> O (mg/l)	13,2	24	Fotometría de llama
Materia orgánica (mg/l)	73,4	236	DQO por titulación volumétrica

El ensayo experimental tuvo un diseño de parcelas al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó un cultivar de colza invernal; SW Gospel, del semillero SURSEM. La siembra se realizó el 28 de febrero de 2008. La densidad de siembra elegida fue 8 kg por ha y la distancia entre hileras fue de 0,4 m. Cada parcela estuvo formada por 7 hileras de 5 m de largo. Se realizó control manual de malezas. Se regó a manto: la frecuencia de riegos fue semanal. Se aplicaron en total 32 riegos, que equivaldrían a un volumen de agua aplicado por ha de 7000 m<sup>3</sup> o una lámina de 700 mm.

A fines de noviembre de 2008 se cosecharon las parcelas experimentales. En cada una se determinó:

- N° de plantas por m<sup>2</sup>.
- N° de silicuas por planta, conteo en 30 plantas por parcela tomadas al azar.
- N° de semillas por silicua, conteo en 150 silicuas por parcela experimental.
- Peso de mil semillas, sobre 5 muestras de 1000 semillas de cada parcela experimental.
- Rendimiento de semillas por unidad de superficie, corte a campo de cada parcela y trilla en laboratorio.
- Contenido de aceite en las semillas, según metodología Soxhlet, sobre una muestra combinada de las parcelas de cada tratamiento de agua de riego.

Se realizó análisis de varianza para comparar las variables analizadas. Las medias se compararon con test de Tukey,  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 (pág. 210) se presentan los resultados de los componentes del rendimiento del cultivo de colza medidos para cada tratamiento de riego (AC y AS).

**Tabla 2.** Número de plantas/m<sup>2</sup>, número de silicuas/planta, número de semillas/silicua, peso de 1000 semillas y porcentaje de aceite en las semillas en cada tratamiento de riego (AC y AS) del cultivo de colza en Tunuyán, año 2008.

**Table 2.** Number of plants/m<sup>2</sup>, number of siliquae/plant, number of seeds/silicua, 1000 seeds weight, oil percentage in seeds in each irrigation treatment (UWW y GW) of rape grown in Tunuyán, 2008.

Componente del rendimiento	Tipo de agua de riego		Diferencias significativas entre tratamientos al 0,05%
	AC	AS	
N° plantas/m <sup>2</sup>	27,5 ± 4,33	33,32 ± 8,77	No, p = 0,3603
N° silicuas/planta	692,3 ± 16,80	533,7 ± 16,62	Sí, p = 0,0003
N° semillas/silicua	23,07 ± 0,83	20,48 ± 0,38	Sí, p = 0,0048
Peso 1000 semillas	3,60 ± 0,10	2,43 ± 0,35	Sí, p = 0,0050
% aceite en las semillas	36,7	36,2	Sin análisis estadístico

El **número de plantas por unidad de superficie** no presentó diferencias entre los tratamientos de riego, siendo el promedio de 30,41 pl/m<sup>2</sup>, lo que está dentro del rango de las recomendaciones de densidades para los cultivares invernales, que oscilan entre 20 a 60 plantas/m<sup>2</sup> (5).

El **número de silicuas por planta** presentó diferencias entre tratamientos de riego: fue mayor en el tratamiento de riego con agua cloacal (AC) respecto del riego con agua subterránea (AS). Los valores registrados (692,3 y 533,7 silicuas por planta, respectivamente) son muy superiores a los que se indican en la bibliografía (6, 11). La diferencia en el número de silicuas por planta a favor del riego con AC es coincidente con el mayor valor en este componente del rendimiento en los tratamientos de fertilización respecto de los testigos sin fertilizar (3, 11).

El **número de semillas por silicua** presentó diferencias entre tratamientos de riego: fue mayor en el tratamiento de riego con agua cloacal (AC) respecto del riego con agua subterránea (AS). Las silicuas de las plantas regadas con AC tuvieron en promedio 23,07 semillas, mientras que las silicuas de las plantas regadas con AS tuvieron 20,48 semillas.

El **peso de 1000 semillas** presentó diferencias entre tratamientos de riego: semillas más grandes se obtuvieron en el tratamiento de riego con AC que en el tratamiento de riego con AS. Los valores obtenidos están dentro del rango de 2 a 4 g que se indica para las 1000 semillas de esta especie (1). Las variaciones encontradas también son indicadas por otros autores en respuesta a distintas condiciones o ambientes de cultivo (4).

### Rendimiento estimado a partir de los componentes del rendimiento

La estimación del rendimiento en el cultivo de colza puede realizarse a partir de los siguientes componentes del rendimiento: número de plantas por unidad de superficie, número de silicuas por planta, número de semillas por silicua y peso de las semillas (2). El rendimiento estimado a partir de los mismos arroja valores muy altos: 15811 kg/ha de semilla para AC y 8851 kg/ha de semilla para AS.

### Rendimiento a partir de la cosecha de las parcelas experimentales

El rendimiento de semilla presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0027$ ). Se obtuvo mayor rendimiento en las parcelas AC (7690 kg/ha) que en las parcelas AS (3886 kg/ha). No se han encontrado resultados experimentales previos que indiquen rendimientos tan altos como los del tratamiento AC; esto puede deberse a que no se ha cultivado colza en condiciones de oferta de recursos (agua y nutrientes) tan abundantes.

Los rendimientos obtenidos a partir de la cosecha de las parcelas son inferiores a los estimados a partir de los componentes del rendimiento. Esto puede deberse en parte a que una proporción de la semilla se perdió previo o durante la cosecha; evidencia de esto son las plántulas espontáneas de colza observadas en las parcelas postcosecha de las mismas.

Por otra parte, existen referencias que indican que, en general, el rendimiento estimado a partir de los componentes del mismo suele dar un valor sobreestimado (Iriarte, 2009, comunicación personal).

### Aceite

El contenido de aceite obtenido en ambos tratamientos está por debajo del 47% indicado para el cultivar utilizado: fue de 36,7% para las semillas del tratamiento AC y de 36,2% para el tratamiento AS. Generalmente altos rendimientos de semilla están asociados a disminución en el contenido de aceite (Iriarte, 2009, comunicación personal).

Por otro lado, se indica que con niveles altos de fertilización nitrogenada generalmente disminuye el contenido de aceite en las semillas; en este sentido hubiera sido esperable un menor valor de aceite para el tratamiento AC. La cantidad de aceite factible de obtener por hectárea se indica en la tabla 3.

**Table 3.** Rendimiento de aceite por hectárea cultivada con colza, bajo dos tratamientos de riego (AC y AS) en Tunuyán, Mendoza, año 2008.

**Table 3.** Oil yield of rape grown under two irrigation treatments (UWW and GW) in Tunuyán, Mendoza, 2008.

Variable	Tipo de agua de riego	
	AC	AS
Rendimiento semilla (kg/ha)	7690	3886
Contenido de aceite (%)	36,7	36,2
Rendimiento de aceite (kg/ha)	2822	1406

### Factibilidad de obtención de biodiesel

En grandes números, por cada 100 l de aceite se obtienen 100 l de biodiesel (8), por lo tanto los litros de aceite factibles de obtener por hectárea en cada tratamiento de riego serían equivalentes a los litros de biodiesel por hectárea, esto es 2822 l de biodiesel cuando la colza se riega con agua cloacal y 1406 l de biodiesel cuando se usa agua subterránea para el riego, ambos valores superiores a los 1100 l indicados como valor de referencia (8).

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este primer año experimental, se puede afirmar que:

- La utilización de aguas residuales urbanas para el riego de colza permite obtener rendimiento de semilla muy superior al que se obtiene regando con agua subterránea (7690 y 3886 kg/ha, respectivamente).
- La cantidad de biodiesel factible de producir por cada hectárea de cultivo asciende a 2800 kg en el tratamiento AC y a 1400 kg en AS.
- El uso de aguas residuales urbanas genera un nicho para la producción de biocombustibles, especialmente en regiones áridas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chacra Experimental Integrada Barrow. 1996. El cultivo de colza canola. Convenio MAAyP-INTA. En: [www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/colza\\_argentina.pdf](http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/colza_argentina.pdf)
2. Gómez, N.; Miralles, D. 2006. Colza. Capítulo 2.4. En: Cultivos industriales. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. p. 183-211.
3. Iriarte, L. 2002. Colza: cultivares, fecha de siembra, fertilización. En: <http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/nota%20colza.pdf>
4. ———; Appella, C.; Vallati, A.; De Batista, J. J.; Lizondo, M.; Leiva, N.; Castillo, J.; Peltzer, H.; Guevara, E.; Meira, S.; Villar, J.; Cencig, G.; Mondino, M. 2007. Red nacional de evaluación de cultivares de colza campaña 2007. En: <http://www.inta.gov.ar/info/doc/Informe%20evaluacion%20cultivares%20colza%202007.doc>
5. ———; Appella, C. 2007. Densidad de siembra en cultivares invernales. Campaña 2007. Chacra Experimental Integrada Barrow. Capítulo 7: Tecnología del cultivo. Cultivo de colza. Editores Iriarte, L.; Valetti, O. Chacra Experimental Integrada Barrow. Convenio MAAyP- INTA. p. 55-67.
6. ———; Valetti, O. 2008. Cultivo de colza. Editores Iriarte, L.; Valetti, O. Chacra Experimental Integrada Barrow. Convenio MAAyP- INTA. 152 p.
7. Linklater, L. 2005. Global approaches to urban wastewater use in irrigated agriculture. In: [http://www.idrc.ca/en/ev-82222-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/en/ev-82222-201-1-DO_TOPIC.html)
8. Muñoz, C. M. 2005. El biodiesel como solución energética. Revista Agromercado 248, p. 6-8.
9. Picca, D.; Crespi, R.; Intona, D.; Cáceres, P.; Puiatti, J. 2007. Producción de colza (*Brassica napus*) en secano y bajo riego con aguas residuales. CONAGUA 2007. En: <http://hydriaweb.com.ar/kb/entry/90/>
10. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). 2007. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/index.php>
11. Tamagno, L. N.; Chamorro, A. M.; Sarandón, S. J. 1999. Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L.): efectos sobre el rendimiento y la calidad de la semilla. Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata. 104(1): 25-34.

### Agradecimientos

A la Empresa Obras Sanitarias Mendoza S. A. y a la Municipalidad de Tunuyán, sin cuya ayuda, dedicación y compromiso no hubiera sido posible realizar esta investigación.