



Uso de aguas residuales urbanas para la producción de cultivos energéticos: nuestras experiencias en Mendoza

Horacio Lelio, Leandra Ibarguren, Alejandra Bertona, Cecilia Rebora

Departamento de Producción Agropecuaria

Facultad de Ciencias Agrarias - UNCUYO

libarguren@fca.uncu.edu.ar

Los cultivos energéticos son aquellos cuya biomasa, o parte de ella, se destina a la obtención de energía. Existen dos grandes grupos que son utilizados para fabricar biocombustibles; 1) los cultivos ricos en hidratos de carbono (maíz, caña de azúcar, topinambur, remolacha azucarera, etc.), que se utilizan para obtener bioetanol a través de su fermentación; y 2) los cultivos oleaginosos (soja, colza, etc.), cuyo aceite se destina a la obtención de biodiesel, a través de un proceso químico denominado transesterificación (Lelio et al., 2009). En Argentina se promueve el uso de biocombustibles desde el año 2006 (ley 26.093); y en la actualidad la ley nacional 27.640/2021, sobre biocombustibles, establece un corte del 5% de biodiesel en el gasoil y del 12% del bioetanol en la nafta.

Por otro lado, la mayor proporción del reuso de aguas residuales urbanas en el mundo se realiza en regiones áridas donde otras fuentes de agua son escasas, situación que se plantea en los oasis irrigados de Mendoza. La principal desventaja del riego de cultivos con 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. En este sentido, los cultivos energéticos tienen una ventaja comparativa, al igual que los forestales, ya que no se destinan al consumo humano directo (Rebora et al., 2011).

El topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) puede utilizarse para la producción de bioetanol a partir de los hidratos de carbono fermentables de sus tubérculos. Existen antecedentes que señalan que a partir de 50 t de tubérculos se obtienen 4.500 L de etanol (Lelio et al., 2009). La colza (*Brassica napus*) produce aceite factible de ser utilizado en la producción de biodiesel. La bibliografía indica que por cada litro de aceite de colza se puede obtener un litro de biodiesel (Rebora et al., 2010).

El objetivo de este trabajo fue comparar el rendimiento de dos cultivos energéticos (topinambur y colza) regados con aguas residuales urbanas y agua subterránea en Tunuyán, Mendoza, Argentina (Foto 2, pág. 39).

La experiencia

El ensayo se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de Tunuyán, que procesa un caudal promedio en el año de 200 m³/hora. La precipitación media anual del lugar es de 200 mm. Se evaluó el rendimiento y el potencial para producir etanol a partir de topinambur, y el rendimiento y el potencial para producir biodiesel a partir de colza. Se usaron dos tipos de agua para el riego: ARU (aguas residuales urbanas) – Figura 1– y AS (aguas subterráneas) que presentaban las características que se presentan en la Tabla 1, donde se observa que las ARU poseen una mayor conductividad eléctrica que las AS, pero también generan un mayor aporte de materia orgánica y nutrientes con el riego (Tabla 1).



Figura 1. Apariencia del ARU utilizada para regar.

A) Topinambur

Los tubérculos se plantaron para obtener una densidad de 25.000 plantas/ha, en parcelas al azar, con 3 repeticiones; y fueron regados con ARU y AS. El riego fue por surco, aplicando una lámina total de 770 mm. Luego de la primera helada (mayo) se realizó la cosecha de cada parcela experimental y se midió: rendimiento de tubérculos por hectárea (kg/ha) y contenido de sólidos solubles en los tubérculos (%). Con estos datos, se determinó la cantidad de hidratos de carbono fermentables y luego se estimó el potencial para producir bioetanol a partir de los tubérculos, teniendo en cuenta la siguiente relación: por cada kg de hidratos de carbono fermentable se obtiene 0,5563 L de etanol.

B) Colza

El ensayo experimental tuvo un diseño de parcelas al azar, se sembró con una densidad de 8 kg de

semilla/ha, con 3 repeticiones; y fueron regados con ARU y AS. El riego fue por surco, aplicando una lámina total de 700 mm. Sobre cada parcela se determinó: kg de semillas por ha y porcentaje de aceite en las semillas (metodología Soxhlet).

Los resultados

A) Topinambur

Como puede observarse en la tabla 2, el uso de ARU generó mayores rendimientos de tubérculos, lo que se reflejó en mayor rendimiento de etanol. El topinambur regado con ARU produce un 16,70% más de etanol que el regado con AS.

B) Colza

Como puede observarse en la tabla 3, el cultivo de colza regado con ARU produce, aproximadamente un 50% más que el regado con AS.

Tabla 1. Caracterización de las aguas de riego utilizadas: aguas subterráneas (AS) y aguas residuales urbanas (ARU).

Determinación	AS	ARU	Método usado
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,42	1,10	Conductimetría
Nitrógeno total (mg/L)	5,60	28,70	Mét. Kjeldahl
Nitrógeno mineral, NH ₄ + NO ₃ (mg/L)	1,05	14,70	Mét. Devarda
Fósforo, P (mg/L)	0,13	11,51	Colorimetría, SVM
Fósforo, PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,39	35,30	Colorimetría, SVM
Potasio, K (mg/L)	11,00	20,00	Fotometría de llama
Potasio, K ₂ O(mg/L)	13,20	24,00	Fotometría de llama
Materia orgánica(mg/L)	73,40	236,00	DQO por titulación volumétrica

Tabla 2. Rendimiento de tubérculos de topinambur por hectárea, producción de hidratos de carbono fermentables (H de C F) y estimación del potencial de producción de etanol para cada tipo de agua de riego.

Variable	Tipo de agua de riego	
	ARU	AS
Rendimiento de tubérculos (kg/ha)	177.625	144.000
Producción de H de C F(kg/ha)	27.757	12.136
Producción potencial de etanol (L/ha)	15.441	13.234

Tabla 3. Rendimiento de semillas de colza por hectárea, contenido de aceite y rendimiento de aceite para cada tipo de agua de riego.

Variable	Tipo de agua de riego	
	ARU	AS
Rendimiento semilla (kg/ha)	7.690	3.886
Contenido de aceite (%)	36,70	36,20
Rendimiento de aceite (kg/ha)	2.822	1.406

Respecto a la factibilidad de obtención de biodiesel, la bibliografía indica que por cada 100 L de aceite se obtienen 100 L de biodiesel, 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 (Rebora et al., 2010; Lelio et al., 2009).



Foto 2. Cultivos de colza a la izquierda y topinambur a la derecha. En el centro el ing agr. Horacio Lelio, mentor y principal protagonista de este proyecto.

Comentarios finales

Las aguas residuales urbanas pueden ser utilizadas para ampliar los oasis de Mendoza, cultivando topinambur y colza con destino a la producción de biocombustibles, en ambos casos con muy altos rendimientos. El uso de aguas residuales urbanas genera un nicho interesante para la producción de biocombustibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Lelio, H.; Rebora, L.; Gómez, L. 2009. Potencial de obtención de bioetanol de topinambur regado con aguas residuales urbanas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo XLI. N°1. Páginas: 123-133.
- Rebora, C.; Lelio, H.; Gómez, L. 2010. Uso de aguas residuales urbanas en el riego de colza (*Brassica napus* L.) con destino a biocombustible. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo 42. N°1. Páginas: 207-212.
- Rebora, C.; Lelio, H.; Gómez, L.; Iburguren, L. 2011. Wastewater use in energy crops production. Waste water – Treatment and reutilization. Páginas: 361-374.