

LA HUELLA DEL AGUA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS EN TUCUMÁN

Caro, R. F.; Dilascio, M. P.; Abascal, G. F.; Romero, E. R.; Scandaliaris, J. y Casen, S. D.
Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán.
Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Las Talitas, Tucumán, Argentina

Abstract

In Tucuman and North western Argentina the sustainable production of bioethanol from sugarcane is of paramount importance. A major issue is the intensive use of non-renewable fuels in field production. Thus, the use of biofuels and improvements in energy efficiency are suggested to improve sustainability of the productive chain.

The Obispo Colombres Agro Industrial Experiment Station and the School of Agronomy of the National University of Tucuman are currently researching alternative production systems for sugarcane, the use of sweet sorghum in areas considered marginal for sugarcane, in order to enhance the utilization of field machinery (crop management, harvesting and transport) as well as industrial facilities (milling and distillation), and sustainable alternatives of producing biodiesel from soybeans.

Different production systems for sugarcane, sweet sorghum and soybeans were analyzed. An inventory of inputs required at each stage was made, and all data were converted to energy units per unit area (Gj/Ha). Energy Produced was also estimated. Water requirements of energy crops were estimated as Water Footprint (WF) of Gross and Net Bioenergy Production. WF values were similar to those of previous studies, ranging from 32 to 198 m³/Gj (for bioethanol from sugarcane and biodiesel from soybeans, respectively). WF methodology could be used for the selection of regions, crops, and production systems that produce bioenergy with water use efficiency.

Introducción

En Tucumán y el Noroeste Argentino la producción sustentable de bioetanol a partir de la caña de azúcar es de gran importancia. Un tema fundamental es el uso intensivo de combustibles no renovables en la producción agrícola. Así, se ha sugerido el uso de biocombustibles (biodiesel) y el aumento de la eficiencia energética del cultivo como una manera de mejorar la sustentabilidad de la cadena productiva.

La Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) y la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán (FAZ – UNT) están investigando sistemas productivos alternativos de caña de azúcar para obtención de biodiesel, el cultivo de sorgo azucarado en áreas consideradas marginales para la caña de azúcar como una manera de incrementar el uso de maquinaria de campo (manejo de cultivo, cosecha y transporte), así como las instalaciones industriales (molienda y destilería) del complejo sucroalcoholero. Adicionalmente, están estudiando alternativas sustentables para producir biodiesel a partir de soja (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

Para determinar sustentabilidad se hacen evaluaciones energética, ambiental, social y económica mediante indicadores cuantitativos.

Una fuente de bioenergía bajo la forma de biocombustibles, son los cultivos energéticos. Estos cultivos pueden utilizarse como alimentos o forrajes. Un aumento en la demanda de alimentos, combinada con una mayor producción de bioenergía, puede ejercer una presión adicional sobre la base de recursos naturales, requiriendo un proceso de intensificación sustentable aumentando la eficiencia del uso del suelo y el agua. Una cuestión de suma importancia es la evaluación del uso alternativo del suelo y el agua para la producción de alimentos o bioenergía. Se hace necesario entonces, conocer los requerimientos de agua de los cultivos energéticos y una forma de calcular esos requerimientos es la Huella del Agua o HA (Water Footprint o WF) definida como el volumen total de agua usada para producir bienes y servicios para el consumo (10).

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue analizar la Huella del Agua por unidad de bioenergía ($m^3/Gigajoule$) contenida en los biocombustibles, en la fase agrícola de sistemas productivos alternativos de tres cultivos energéticos, caña de azúcar, sorgo azucarado y soja, para evaluar la sustentabilidad de la cadena productiva del bioetanol en Tucumán.

Materiales y métodos

Para reconocer las cadenas productivas más sustentables, se han definido sistemas de producción alternativos: para caña de azúcar: 1) Convencional, con plantación manual, agroquímicos convencionales y cosecha integral con quema, 2) Caña Verde, con plantación manual, cobertura, biofertilizante y cosecha integral sin quema y 3) Energético Optimizado, con plantación mecánica, cachaza y biofertilizante y cosecha integral sin quema; en sorgo azucarado: 1) Convencional, con preparación de suelo y 2) Conservacionista con barbecho químico y siembra directa; para soja: 1) Convencional con siembra directa; 2) Transgénico con siembra directa, y 3) Convencional sin Agroquímicos.

Para cada sistema productivo, los recursos utilizados fueron convertidos a su equivalente en unidades de energía por unidad de superficie (Mj/Ha) lo que se identificó como *energía utilizada*. Para la *energía producida*, se calculó la productividad energética total por Ha: en caña de azúcar y sorgo, partiendo del rendimiento de Caña y el alcohol y bagazo obtenibles y en soja, convirtiendo los granos producidos en su equivalente energético.

Para estimar el uso del agua, se tomaron los datos de precipitación de la serie climática 1921- 1950, durante el ciclo del cultivo, en localidades consideradas representativas (9): para caña de azúcar las lluvias anuales de la localidad de Famaillá; para sorgo azucarado, las lluvias mensuales del período enero-abril de la localidad de Leales; y para soja, las

precipitaciones mensuales del período diciembre-marzo de la localidad de La Ramada y del período enero-abril de la localidad de Las Cejas.

Los valores de precipitación en mm, fueron convertidos a m³/Ha. Se calcularon la Energía Total Producida, la Energía Utilizada y la Energía Neta Producida para los sistemas productivos alternativos de los tres cultivos, expresadas en Gj/Ha. Finalmente se calculó la Huella del Agua (m³/Gj) de la Energía Total y de la Energía Neta producidas.

Resultados

La Tabla 1 muestra el Agua Utilizada, la Energía Total Producida, la Energía Utilizada, y la Energía Neta Producida en los sistemas productivos alternativos de los tres cultivos energéticos.

Tabla 1. Agua Utilizada (m³/Ha), Energía Total Producida (Gj/Ha), Energía Utilizada (Gj/Ha) y Energía Neta Producida (Gj/Ha) en sistemas productivos alternativos de Caña de Azúcar, Sorgo Azucarado y Soja, destinados a la producción de biocombustibles.

Cultivo	Sistema Productivo	Agua Utilizada m ³ /Ha	Energía Total Producida Gj/Ha	Energía Utilizada Gj/Ha	Energía Neta Producida Gj/Ha
Caña de Azúcar	Convencional	10130	317,04	19,19	297,85
	Caña Verde	10130	317,04	14,87	302,17
	Optimizado Energético	10130	317,04	13,90	303,14
Sorgo Azucarado	Convencional	5390	98,81	9,60	89,22
	Conservacionista	5390	98,81	10,12	88,69
Soja	Convencional Siembra D	5670	45,23	6,46	38,77
	Convencional Sin Agroq.	5670	37,50	4,79	28,71
	Transgénico Siembra D	5670	50,25	6,21	44,04

Nota: En los casos de Caña de Azúcar y Sorgo Azucarado, se consideró que los sistemas productivos alternativos no afectan la Energía Total Producida. En el caso de Soja, los sistemas productivos que involucran siembra directa y/o uso de transgénicos tienen un fuerte impacto en la productividad.

La Tabla 2 presenta la Huella del Agua de la Energía Total y de la Energía Neta producidas en los sistemas productivos alternativos de los tres cultivos energéticos.

Tabla 2. Huella del Agua (m³/Gj) de la Energía Total y de la Energía Neta producidas en sistemas productivos alternativos de Caña de Azúcar, Sorgo Azucarado y Soja, destinados a la obtención de biocombustibles.

Cultivo	Sistema Productivo	Huella del Agua Energía Total Producida m ³ /Gj	Huella del Agua Energía Neta Producida m ³ /Gj
Caña de Azúcar	Convencional	32,0	34,0
	Caña Verde	32,0	33,5
	Optimizado Energético	32,0	33,4
Sorgo Azucarado	Convencional	54,5	60,4
	Conservacionista	54,5	60,8
Soja	Convencional Siembra D	125,4	146,3
	Convencional Sin Agroq.	169,3	197,5
	Transgénico Siembra D	112,8	128,8

La Huella del Agua tiene tres componentes: La Huella Verde, que es el agua de lluvia evaporada durante el ciclo del cultivo, la Huella Azul, que es el agua de riego evaporada durante el ciclo del cultivo, y la Huella Gris, que es el agua contaminada durante el proceso productivo, y se define como la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes a un nivel aceptable. En general, el uso del agua en el Ciclo de Vida de los productos, es dominado por la fase agrícola de producción (10).

En un estudio de la Huella del Agua de la Bioenergía de 12 cultivos energéticos (10) estimando la Huella Verde y la Huella Azul, se concluyó que la HA del bioetanol es menor que la del Biodiesel, y que la HA presenta grandes variaciones, dependiendo del cultivo, del clima y del sistema productivo.

En el estudio citado, para el etanol de la Caña de Azúcar se obtuvo una HA global ponderada total de 108 (58 H. Azul y 49 H. Verde), en tanto que para el biodiesel de soja los valores fueron de 394 (217 H. Azul y 177 H. Verde). El etanol del Sorgo Azucarado no fue incluido.

En el presente trabajo, solamente se estimó la Huella Verde de los biocombustibles, y se obtuvieron valores menores para Caña de Azúcar (32 vs. 49) y similares para soja (113-169 vs. 177). La diferencia en el primer caso puede deberse a la inclusión de la energía generada por el bagazo.

Otra diferencia de nuestro trabajo, es que incluimos la Energía Utilizada en los sistemas productivos, lo que nos permitió estimar la HA de la producción neta de Bioenergía, que es mayor que la HA de la producción total de Bioenergía.

Se detectaron menores diferencias entre los sistemas productivos alternativos de Caña de Azúcar y de Sorgo Azucarado, que entre los sistemas productivos alternativos de Soja. Esto se debe al supuesto de que las distintas prácticas agrícolas no tienen impacto sobre la productividad en los dos primeros casos.

Conclusiones

La Huella del Agua es menor para bioetanol que para biodiesel: los valores son mínimos para Caña de Azúcar, intermedios para Sorgo Azucarado y máximos para Soja.

Los sistemas productivos utilizados tienen una doble incidencia en la Huella del Agua: sobre la productividad de los cultivos, y sobre la utilización de energía en los procesos productivos.

La producción de biomasa determina grandes requerimientos de agua: en lugares donde este recurso es limitado, debe considerarse el impacto sobre la seguridad alimentaria.

La metodología de la Huella del Agua puede ser una herramienta útil para identificar regiones, cultivos y sistemas productivos que puedan producir bioenergía con mejor eficiencia en el uso del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Caro, R. F.; Scandaliaris, J.; Romero, E. R.; Casem S.; De Boeck, G. y Giardina, J. A. Análisis de la Productividad y Sustentabilidad de Caña de Azúcar como Cultivo Energético en Tucumán y el NOA.
2. Dilascio, M. P.; Caro, R. F.; Scandaliaris, J.; Abascal, F.; Paz, D.; Cárdenas, G. J.; Diez, O. A. y Romero, E. Determinación de la Sustentabilidad del Cultivo de Soja para la Producción de Biodiesel y su recomendación en Tucumán.
3. Caro, R. F.; Scandaliaris, J.; Romero, E. R.; Casem S.; De Boeck, G. y Giardina, J. A.. Balances Energéticos de Caña de Azúcar como Cultivo Energético en Tucumán, Argentina.
4. Dilascio, M. P.; Caro, R. F.; Scandaliaris, J.; Abascal, F.; Paz, D.; Cárdenas, G. J.; Diez, O. A. y Romero, E. Balances Energéticos del Cultivo de Soja como Fuente para la Obtención de Biodiesel en Tucumán, Argentina.
5. Caro, R. F.; Dilascio, M. P.; Abascal, G. F.; Romero, E. R.; Scandaliaris, J. y Casen, S. D. Uso del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para mejorar la Sustentabilidad de la Cadena Productiva del Bioetanol en Tucumán.
- 6.
- 7.
8. Caro, R. F.; Dilascio, M. P.; Abascal, G. F.; Romero, E. R.; Scandaliaris, J. y Casen, S. D. La Huella Ecológica como Indicador de Sustentabilidad de los Cultivos Energéticos en Tucumán
9. Minetti, J. L.; Ramírez, M. G. y Suárez, L. C. Balance Hidrológico de la Cuenca y Subcuencas del Río Salí (1979), Estación Experimental Agro-Industrial Obispo Colombes, Publicación Miscelánea N° 64, 52 pp.
10. Gerbens-Leenes, W.; Hoekstra, A. Y. y van der Meer, T. The Water Footprint of Bioenergy. (2009). PNAS, vol. 6, N° 25, p 10219-10223.