

13702 - El agua: un recurso esencial para una agricultura sustentable. Efecto de la tecnología, la calidad de sitio y el tipo de cultivo, sobre la eficiencia de su uso en Tres Arroyos, Argentina.

Water: an essential resource for sustainable agriculture. Effect of the level of technology, site quality and type of crop on the efficiency of its use in Tres Arroyos, Argentina.

CHAMORRO, Adriana M.¹; SARANDÓN, Santiago J. ²

1 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata. Curso Oleaginosas, chamorro@agro.unlp.edu.ar; 2 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata. Curso Agroecología, Sarandon@agro.unlp.edu.ar

Resumen: Los cambios en el uso de la tierra y la forma en que se producen los cultivos inciden en la eficiencia de uso del agua. Se analizó el uso del agua en tres secuencias de cultivo (trigo/soja, colza/soja y cebada/soja) y la influencia que la capacidad productiva de los suelos y el nivel tecnológico empleados tienen sobre el mismo en Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina. Se observaron grandes diferencias en el uso del agua por los distintos cultivos y secuencias de doble cultivo. Se sugiere incluir alguna medida del uso del agua en la evaluación del impacto que distintos usos de la tierra tienen sobre los agroecosistemas.

Palabras clave: trigo; cebada; colza; soja.

Abstract: Changes in land use and the way in which crops are grown affect the efficiency of water usage. The use of water in three crop sequences (wheat/soybean, oilseed rape/soybean and barley/soybean) and the influence of the productive capacity of soils and the level of technology applied were analysed in Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina. Great differences were observed in water use by different crops and cropping sequences. It is considered important, therefore, include some measure of water use to assess the impact that different land uses have on agroecosystems.

Keywords: wheat; barley; oilseed rape; soybean.

Introducción

El aumento de la población y los cambios en la dieta alimenticia determinarán, en un futuro cercano, un fuerte incremento en la demanda global de alimentos. Esto incrementará el consumo de agua dulce, ya que la agricultura es responsable por el 86% del consumo de agua fresca en el planeta. Esto incrementará la competencia con otros usos: urbanos, industriales y el agua necesaria para la vida humana. La desigual disponibilidad geográfica de agua dulce ha motivado un creciente interés en analizar el flujo y posible “comercio de agua” desde países con disponibilidad a otros donde el recurso es escaso. Para ello resulta útil el concepto de “huella hídrica”, entendido como el volumen de agua consumido para lograr una unidad de ese producto (litros por kilogramo) (HOEKSTRA, 2003). La huella hídrica está conformada a su vez, por tres tipos de agua virtual: **agua verde:** la proveniente de la lluvia que es evapotranspirada por el cultivo; **agua azul:** la proveniente de fuentes de agua superficiales y subterránea y el **agua gris** que es el agua contaminada luego de cualquier proceso productivo. El comercio de agua virtual, permitiría mitigar la escasez de agua regional, aunque es poco probable que ocurra en el corto plazo dada la necesidad (y decisión política) de los países más deficitarios en

garantizar su autosuficiencia alimentaria (EEMAA, 2007). Es fundamental entonces mejorar la eficiencia del uso del agua más que ampliar las superficies de cultivo.

La Argentina es un país exportador de commodities razón por la cual se ha convertido en el 2º exportador de agua virtual de América Latina, y 4º a nivel mundial. La casi totalidad de agua virtual que exporta es verde cuyo uso sería el de menores implicancias ecológicas. Las condiciones de cultivo, los cultivos utilizados y la tecnología empleada tienen gran influencia en la eficiencia de uso del agua. La provincia de Buenos Aires es una de las más importantes productoras de granos en el país. Dentro de esta provincia, el Partido de Tres Arroyos se ha caracterizado por un sistema de producción mixto agrícola-ganadero pero en los últimos años, se ha registrado la tendencia de alargar los ciclos agrícolas, incrementando la presencia de cultivos oleaginosos en la secuencia y, sobre todo, la frecuencia de soja (*Glycine max*) de segunda sembrada sobre cultivos invernales. Si bien el antecesor tradicional en el país es el trigo (*Triticum aestivum*), en Tres Arroyos, basados principalmente en un favorable análisis-costo beneficio, se están difundiendo otros cultivos como la cebada (*Hordeum vulgare*) y la colza (*Brassica napus*), en ambientes de diferente potencial productivo y con distintos niveles de aplicación de tecnología. Aunque económicamente rentables, estos cambios pueden tener importantes consecuencias ecológicas, muchas veces negativas, entre ellas, en la eficiencia en el uso de la agua.

El objetivo de este trabajo es analizar el uso del agua en tres secuencias de cultivo (trigo/soja, colza/soja y cebada/soja) y la influencia que la capacidad productiva de los suelos y el nivel tecnológico empleado tienen sobre el mismo en el Partido de Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

Metodología

En el Partido se identificaron dos zonas agroecológicas de diferente productividad: zona con suelos someros (SS), que presentan tosca entre los 50-70 cm de profundidad, y zona con suelos profundos (SP) que no presentan tosca. También se identificaron dos modalidades de producción caracterizadas por los niveles de producción alcanzados y el nivel de aplicación de tecnología (considerada como tecnología de insumos). Los productores considerados “de punta” (nivel tecnológico alto) logran mayores rendimientos de sus cultivos que los productores “medios” (nivel tecnológico medio), y se asocian a un mayor uso de fertilizantes, al uso de curasemillas, de fungicidas durante el ciclo de los cultivos, y también a la siembra directa, la cual determina, además, un cambio en el conjunto de herbicidas empleados para el control de malezas. Por lo tanto, de acuerdo a la zona agroecológica y al nivel de tecnología aplicada quedan determinados cuatro modelos productivos coexistentes en el Partido. El uso del agua se evaluó mediante dos indicadores: **la eficiencia de uso del agua (EUA)** calculada de manera simplificada, como la relación entre el rendimiento del cultivo en grano y las precipitaciones ocurridas durante el barbecho y el ciclo del cultivo, y **la huella hídrica de cada producto de cosecha**, calculada también de manera simplificada como la cantidad de agua necesaria (en litros) para producir 1 Kg. de los distintos granos (estimada a partir de las precipitaciones durante el barbecho y ciclo de cada cultivo y su rendimiento).

Resultados y discusión

La huella hídrica varió significativamente entre cultivos, tipos de suelos y la tecnología empleada (Tabla 1), confirmando la gran influencia que tienen estos factores (GERBENS-LEENES *et al.*, 2008). Para producir 1 Kg. de trigo se necesitaron 816 l o 1530 l de agua, según condiciones de suelo y tecnología. Estos valores son de agua verde (de secano sin riego), que es la menos conflictiva, no compite con otros usos y están de acuerdo con los señalados para otros países (GERBENS-LEENES *et al.*, 2008). Para producir 1 kg de colza, serán necesarios 1478 ó 2174 l de agua y para 1 Kg. de soja en condiciones casi óptimas, requerirá casi 1730 l de agua, pero si las condiciones son más limitantes, serán necesarios entre 2300 l, que pueden incrementarse a algo más de 2600 l según el cultivo antecesor. Está claro que la colza, cultivo que está creciendo en la zona, es menos eficiente en el uso del agua que el trigo. Como el análisis costo beneficio no incluye el “costo del agua”, existe el peligro que la región consuma mucha más agua en el futuro, si esta tendencia se mantiene.

TABLA 1. Huella hídrica (l de agua. kg de producto⁻¹) de trigo, cebada, colza y soja (sucediendo a distintos cultivos de invierno) en Tres Arroyos (Argentina) en distintas condiciones ecológicas y de aplicación de tecnología.

Condición	Nivel tecnológico	Trigo	Cebada	Colza	Soja (s/Trigo)	Soja (s/Cebada)	Soja (s/Colza)
Suelos someros	Medio	1530	1249	2174	2665	2159	2303
	Alto	1138	874	1848	2094	1919	2032
Suelos profundos	Medio	1088	971	1848	2094	1919	2032
	Alto	816	729	1478	1724	1727	1727

Considerando la superficie sembrada con soja de segunda en la última campaña en el Partido de Tres Arroyos (171.852 ha), con igual disponibilidad de agua, y si fuera posible ubicar toda la siembra en los suelos profundos, con nivel alto de tecnología, se podrían producir algo más de 1 millón de toneladas de cebada y unas de 340.000 t de soja, o bien sólo 429.000 t de colza e igual cantidad de soja. En suelos someros y con la tecnología que usa el productor medio, se producirían 600.000 t de cebada más unas 270.000 t de soja, o menos de 300.000 t de colza más 260.000 t de soja. La producción de la secuencia trigo/soja siempre se ubicaría en el medio de las otras dos y más cercana a cebada/soja. Estos datos muestran cómo el uso del agua de los cultivos puede ser modificado por factores como el tipo de suelo y las formas de producción, es decir el modelo de agricultura utilizado. En un modelo de agricultura sustentable, este análisis, aunque importante, no puede estar separado de otras consecuencias ecológicas. Aunque la aplicación de tecnología muchas veces puede aumentar, en el corto plazo, el rendimiento, y con éste la eficiencia en el uso del agua, muchas veces está asociado a una menor eficiencia energética o al uso de insumos costosos y peligrosos como los fertilizantes y los plaguicidas.

Con respecto a la EUA, se observaron grandes diferencias entre los cereales y oleaginosas (Tablas 2, 3 y 4). El trigo y la cebada tuvieron mejores valores (6 y 14 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) que la colza y la soja (3,75 y 7 kg.ha⁻¹.mm⁻¹). Esto puede deberse, en primer lugar, a la composición del grano ya que el aceite y las proteínas son más costosos energéticamente que el almidón determinando, por lo tanto, menores

rendimientos en las oleaginosas. Cuando los rendimientos se convirtieron a valores energéticos, y las EUA se expresaron en $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, las diferencias entre cultivos se redujeron pero aún se mantuvieron menores en las oleaginosas, sobre todo en la soja. Posiblemente, esto esté asociado a otra causa, relacionada con las características estructurales de estos agroecosistemas. La Agroecología ha señalado la importancia de entender y procurar “imitar” el funcionamiento de los ecosistemas naturales ya que ellos mantienen muchas propiedades interesantes como la resiliencia, estabilidad y una gran eficiencia biológica de muchos procesos. En esta región el clímax ecológico está representado por el pastizal de gramíneas. Todo sistema con una estructura similar, tendría, teóricamente, una mayor eficiencia en el uso de los recursos que sistemas más alejados de este modelo. Los bajos valores de EUA de las oleaginosas pueden tener que ver con esta idea. Si bien el trigo y la cebada son especies introducidas, estructuralmente y funcionalmente son parecidas al pastizal, lo cual indicaría una mejor adaptación a la zona de estos cereales que de la colza y la soja, y por lo tanto mayor crecimiento y producción y también mayor EUA.

TABLA 2. Eficiencia de uso del agua para distintos cultivos de invierno cultivados en distintas condiciones ecológicas y de aplicación de tecnología expresada en materia seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) y en energía producida ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)

Condición	Nivel tecnológico	Trigo		Cebada		Colza	
		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$
Suelos someros	Medio	6,54	110,5	8,01	132,1	4,60	125,6
	Alto	8,78	148,5	11,44	188,7	5,41	147,8
Suelos profundos	Medio	9,19	155,4	10,30	169,9	5,41	147,8
	Alto	12,26	207,2	13,73	226,5	6,77	184,7

TABLA 3. Eficiencia de uso del agua para soja de segunda sucediendo a distintos cultivos de invierno cultivados en distintas condiciones ecológicas y aplicación de tecnología expresada en materia seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) y energía producida ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$).

Condición	Nivel tecnológico	Soja sobre Trigo		Soja sobre Cebada		Soja sobre Colza	
		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$
Suelos someros	Medio	3,75	76,9	4,63	95,0	4,34	89,0
	Alto	4,78	97,6	5,21	106,8	4,92	100,9
Suelos profundos	Medio	4,78	97,6	5,21	106,8	4,92	100,9
	Alto	5,80	118,9	5,79	118,7	5,79	118,7

En todas las condiciones, la EUA de la cebada fue mayor que las de trigo y colza. El efecto antecesor sobre la EUA de la soja se observó sobre todo en las condiciones de crecimiento menos favorables, con la cebada como mejor cultivo antecesor, mientras que en las mejores condiciones (suelos profundos y nivel tecnológico alto)

este efecto desapareció (Tabla 3). La EUA más baja en todas las situaciones de suelo y manejo se registró en la secuencia colza/soja (Tabla 4).

Una mejor calidad de suelo o mayor aplicación de tecnología, mejoró la EUA, según el cultivo. El trigo se benefició por una mayor profundidad del suelo, la cebada respondió al tipo de siembra y la aplicación de fertilizantes, la colza y soja respondieron a ambos por igual (Tablas 2 y 3). Sin embargo, es importante analizar otras consecuencias: Estudios previos (CHAMORRO y SARANDÓN, 2012) señalaron que la eficiencia energética, en términos generales, fue mayor para la secuencia trigo/soja que para cebada/soja y colza/soja, pero a su vez, esta mayor eficiencia energética se asoció a una mayor extracción de nutrientes. Por otra parte, el mayor impacto ambiental por el uso de plaguicidas se observó en la secuencia colza/soja, pero cuando se incrementó el nivel tecnológico de producción, el cultivo que más aumentó su impacto fue el trigo. Esto confirma la necesidad de una visión y un manejo integral de estas variables a fin de optimizar el uso de recursos escasos minimizando las consecuencias ambientales.

TABLA 4. Eficiencia de uso del agua para distintas secuencias de doble cultivo producidos en distintas condiciones ecológicas y de aplicación de tecnología expresada en materia seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) y en energía producida ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$).

Condición	Nivel tecnológico	Trigo/soja		Cebada/soja		Colza/soja	
		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$
Suelos someros	Medio	5,49	97,9	6,52	115,7	4,48	107,9
	Alto	7,28	129,5	8,69	152,8	5,18	125,1
Suelos profundos	Medio	7,54	133,8	8,05	142,0	5,18	125,1
	Alto	9,84	174,1	10,22	178,9	6,29	152,8

Conclusiones

Se observaron importantes diferencias en el uso del agua por los distintos cultivos: la secuencia cebada/soja y colza/soja fueron la más y la menos eficiente en el uso del agua. La mayor eficiencia se observó en suelos profundos, con alto nivel de tecnología. Sin embargo, deberían considerarse otros aspectos (uso de plaguicidas, nutrientes, energía) en una evaluación de la sustentabilidad. Se considera importante, incluir evaluaciones del uso del agua en el impacto que distintos usos de la tierra tienen sobre los agroecosistemas.

Referencias bibliográficas:

- EVALUACIÓN EXHAUSTIVA DEL MANEJO DEL AGUA EN AGRICULTURA (EEMA). **Agua para la alimentación, Agua para la vida.** Londres: Earthscan y Colombo: Instituto Internacional del Manejo del Agua, 2007. 47p.
- CHAMORRO, A.M.; SARANDÓN, S.J. Cambios en el uso de la tierra por la actividad agrícola: la necesidad de su evaluación para disminuir su impacto ambiental. In: I JORNADAS NACIONALES DE AMBIENTE, Tandil, Argentina, octubre de 2012. **Libro de Trabajos completos**, Tandil, 2012, p.447-461.

HOEKSTRA, A.Y. (ed.) **Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002**' Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. February 2003. 246p.

GERBENS-LEENES, P.W.; HOEKSTRA, A.Y.; VAN DER MEER, TH.H. **Water footprint of bio-energy and other primary energy carriers.** Value of water Research Report Series N°29, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. March 2008. 40p.