

PB-03-2023

Comunicación científico-técnica

Evaluación de la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) en el riego por superficie y por goteo en el cultivo de algodón en una granja piloto en la provincia de Bujará (Uzbekistán)

Evaluation of Water Use Efficiency (WUE) of surface and drip irrigation in cotton cultivation on a pilot farm in Bukhara province (Uzbekistan)

Cancela, Javier J.¹, Rahimov, O², Cuesta, T. S¹, Neira, X. X.¹

- 1 GI-1716. Proepla. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de Santiago de Compostela. javierjose.cancela@usc.es
- 2 Faculty of Economics and Tourism, Bukhara State University, Uzbekistan

Resumen:

El marco actual del cultivo de algodón en Uzbekistán (Asia Central) está definido por factores globales como el cambio climático y factores locales como el nuevo contexto de liberalización en la producción agraria. El desarrollo de la actividad agraria en Uzbekistán se caracteriza por cambios importantes en la estructura productiva y en la tenencia de la tierra, por la intensificación de los problemas medioambientales, que se materializan principalmente en la desertificación del Mar de Aral y en la salinización de parte de las tierras de regadío, por el significativo aumento de la demanda de productos agrarios a causa de la alta tasa de crecimiento de la población y por el desarrollo de nuevos sectores económicos que requieren recursos hídricos adicionales.

La agricultura practicada en esta región es exclusivamente de regadío, dada la escasez de las precipitaciones y el cultivo del algodón es el más importante, no solo en producción y extensión, sino también por su presencia histórica y socioeconómica. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por reducir la superficie destinada al cultivo del algodón en favor de otros productos, principalmente cereales y productos hortícolas, el volumen de agua dedicada al regadío del algodón no se ha reducido. Además, las inversiones y los gastos vinculados a la



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



infraestructura necesaria para la gestión del agua en la agricultura siguen siendo muy importantes.

Con el objeto de evaluar la eficiencia económica en el uso de agua en la producción de algodón, durante el periodo 2016 al 2021 se tomaron datos de campo relativos al consumo de agua y al nivel de inputs consumidos en una explotación agrícola piloto en la que en 2019 se realizó la mejora y modernización del sistema de riego. Teniendo en cuenta la importancia de la gestión del agua en este territorio, el gobierno uzbeko ha apostado por la adopción del riego localizado como una de las medidas de mayor alcance en la modernización del sector agrícola. Mediante la caracterización del riego por inundación realizado en el periodo 2016/2018 y del riego localizado en el periodo 2019/21 se evalúa la Eficiencia en el Uso del Agua con el fin de poder relacionarla con la intensidad anual en inputs y con las producciones anuales de algodón obtenidas en la provincia de Bujará (Uzbekistán).

Los valores de la EUA obtenidos en el riego por inundación (EUA_i) en la explotación piloto varía entre 0,32 kg/m³ y 0,37 kg/m³ para el periodo 2016/2018. En el riego por goteo, los valores de la EUAg obtenidos varían entre 0,98 kg/m³ y 1,07 kg/m³ para el periodo 2019/2021. Estos resultados son semejantes a los obtenidos en otros trabajos científicos y técnicos para el cultivo del algodón en condiciones análogas. La diferencia entre los valores de la EUA obtenidos, considerando únicamente como variable el sistema de riego empleado en la explotación piloto, indican que se puede realizar un ahorro de agua de 1,97 m³ por cada kg/ha de algodón crudo producido transformando el sistema de riego de inundación a goteo en aquellas zonas donde la salinización del suelo no represente un riesgo.

Palabras clave: mejora del regadío, gestión del agua, evaluación del riego.

Abstract:

The current situation of cotton cultivation in Uzbekistan (Central Asia) is defined by global factors such as climate change and local factors such as the context of liberalisation in agricultural production. The development of agricultural activity in Uzbekistan is characterised by different elements: major changes in the production structure and land tenure, intensification of environmental problems, mainly the desertification of the Aral Sea and the salinisation of irrigated land, increased demand for agricultural products as a result of population growth and the development of economic sectors requiring increased water resources. Agriculture in this region is irrigated due to the scarcity of rainfall. Cotton is the most important crop in terms of area, production, historical and socio-economic importance.

The government is working to reduce the area under cotton to produce cereals and horticultural products and to reduce water consumption for irrigation. However, investments and expenditures related to the infrastructure needed for water management in agriculture are still very important.

The purpose of this work is to evaluate the economic efficiency of water use in cotton production. During the period 2016 to 2021 we collected field data on water consumption and inputs consumed on a pilot farm where the irrigation system was modernised in 2019. The government of Uzbekistan adopted drip irrigation as a forward-looking measure in the modernisation of the agricultural sector. By characterising the surface irrigation carried out in 2016/2018 and the drip irrigation carried out in 2019/21, the efficiency of water use is assessed. We can then relate this parameter to the consumption and annual cotton yields obtained in the province of Bukhara (Uzbekistan).

The WUE values obtained for surface irrigation in the pilot farm vary between 0.32 kg/m³ and 0.37 kg/m³ for the period 2016/2018. In drip irrigation, the WUE values obtained vary between 0.98 kg/m³ and 1.07 kg/m³ for the period 2019/2021. These results are similar to those obtained in other scientific and technical works for cotton cultivation under similar conditions. The difference between the WUE values obtained, considering only the irrigation system used in the pilot farm as a variable, indicates that a water saving of 1.97 m³ per kg/ha of raw cotton produced can be achieved by converting the irrigation system from flooding to drip irrigation in areas where soil salinisation is not a risk.

Keywords: irrigation improvement, water management, irrigation evaluation.

1. Introducción

Uzbekistán es una joven república con una estructura económica fuertemente condicionada por su histórica dependencia de la antigua Unión Soviética. Una vez que, a partir de 1940, la URSS decidiese convertir Asia Central en el principal productor mundial de algodón, se abandonó en la región el cultivo de todos los demás productos agrícolas [1]. Al alcanzar la independencia, en 1991, cesa el flujo de bienes soviéticos hacia la República de Uzbekistán y el país afronta la necesidad de diversificar su economía y su agricultura. La necesidad de producir materias primas destinadas a una sociedad en fuerte crecimiento y rápido desarrollo económico junto con la grave situación medioambiental de la región (desertización del Mar de Aral [2] y riesgo de salinización de los suelos agrícolas [3]) y la necesidad de actuar en la región frente al cambio climático [4] justificaron la aprobación gubernamental de una serie de condiciones favorables para la generalización del uso de la tecnología de riego por goteo en la producción de algodón crudo [5].

En este contexto, parece evidente la necesidad de destinar menos recursos, financieros e hídricos, en el sector de la agricultura. Por ello, la mejora en la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del algodón en regadío puede ser una herramienta de gran utilidad para la definición de nuevas políticas hidráulicas de gestión [6]. De acuerdo con los estándares de la FAO [7], los sistemas de riego empleados en Asia Central, especialmente en la cuenca inferior de los ríos Amu Darya y Sir Darya presentan rendimientos muy bajos en el cultivo del algodón. El principal problema para analizar el funcionamiento del sistema y el rendimiento del riego en detalle es la falta de información confiable y consistente [8]. Para superar estas limitaciones, la integración en la gestión de los recursos hídricos de conceptos como la Eficiencia en el Uso del agua representa un paso importante con el objetivo de mejorar condiciones ambientales en la cuenca del mar de Aral.

La Eficiencia en el Uso del Agua es un concepto introducido hace más de 100 años [9] que relaciona la cantidad de biomasa producida por unidad de agua utilizada por una planta y empleado actualmente por numerosos autores para comparar diferentes métodos y calendarios de riego en distintos cultivos ([10], [11]).

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

La explotación agrícola destinada al cultivo del algodón Rustam Fayz está situada al norte del oasis de Gijduvon en el distrito del mismo nombre, al noroeste de la provincia de Bujará (Uzbekistán). De la superficie agraria disponible (262,0 ha), en el año 2021 se obtuvieron cupos de producción para 168,0 hectáreas de algodón en regadío a partir de agua regulada procedente del embalse de Tudakul. La infraestructura de riego se compone de un repartidor principal unido a tres canales de distribución con una longitud total de 5.176 m de longitud,

una red de acequias secundarias de más de 4.600 m y una red de drenaje bastante completa y en buen estado. Esta infraestructura cubre una superficie de riego potencial de 212 ha.

En el año 2019 se realizan las obras de mejora y modernización del regadío de 21 hectáreas con financiación del Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos. El diseño de la red de riego por goteo en superficie se define por tuberías portagoteros dispuestas entre cada dos líneas de planta con goteros integrados de 0,5 l/h espaciados 1 m. La instalación domina una superficie de 21 hectáreas divididas en 3 sectores de riego con la misma superficie, 7 hectáreas. Esta inversión incluyó un grupo de bombeo (185 kW y 500 m³/hora), un transformador eléctrico (400 Kw), un sistema de filtración y una balsa de regulación, con una capacidad de 2.324 m³.



Figura 1. Modernización en el sistema de riego en Rustam Fayz.

Los suelos de esta granja son suelos áridos con un riego por superficie intensivo y sin problemas significativos de salinidad. Son suelos con una textura definida como franco-medio, aunque a veces aparecen suelos franco-arenosos, con una presencia de humus que varía entre el 0,6% y el 0,9% en la capa cultivable.

2.2. Mediciones

Durante el periodo 2016 al 2021, se registró el volumen de agua consumido en el riego del cultivo del algodón en cada campaña con la particularidad de que, ya en la campaña 2019, se reemplazó el sistema tradicional de regadío por superficie por el riego por goteo en 21 ha. Durante este período, se midieron los volúmenes de agua empleados (m³) en cada uno de los riegos efectuados a lo largo de las diferentes campañas en el conjunto de la superficie destinada a algodón, que varió en el tiempo debido a las cuotas asignadas.

Dado que hasta el año 2019 no se dispone en la explotación de sistemas adecuados para aforar los volúmenes de agua consumidos, en el riego por superficie se recurre a medir el caudal en cada uno de los canales que parten del repartidor situado en la cabecera de la red de distribución de agua en la explotación durante la realización de cada uno de los riegos. Además del caudal, se registra la fecha, hora, superficie del cantero y duración de cada riego. Para el cálculo del caudal se siguió el método de la sección-velocidad, basado en la determinación de la velocidad media del agua y la sección mojada en cada uno de los canales de distribución [12]. Para evaluar los volúmenes en riego localizado, los datos corresponden a las lecturas realizadas en el contador instalado en el grupo de bombeo que funciona de forma sectorizada en parcelas de 7 ha.

Además de registrar el volumen de agua consumido en el riego del cultivo del algodón en cada campaña, se tomaron datos de la producción obtenida en cada parcela, del consumo de semillas, fertilizantes, productos químicos, combustibles, costes de maquinaria y coste de la mano de obra.

3. Resultados y discusión

3.1. Riego por superficie en 2016/2018

En la campaña 2016 se emplearon 1,130 hm³ en 156,5 hectáreas con una dosis media de 722,0 mm. Durante los meses de marzo, periodo previo a la siembra, y en el mes de abril, periodo de siembra y emergencia, la pluviometría registrada fue de 55,8 mm, lo que permitió retrasar el inicio de la campaña de riegos al 9 de mayo. Las dosis aplicadas en cada una de las operaciones de riego varían en función de la época en que se realiza cada una de ellas.

En la campaña 2017 se regaron 148,9 ha de algodón con un volumen total de 1,114 hm³ y una lámina media de 748,4 mm. Las escasas precipitaciones registradas antes de la siembra, 33,3 mm, obligaron a adelantar la campaña de riego al 12 de abril para garantizar la adecuada humedad del suelo en las labores de siembra.

En función de las cuotas asignadas para el cultivo del algodón, en la campaña 2018 se regaron 134,2 ha de algodón, 36,2 ha correspondientes al sector Norte y el total del sector Oeste con 98 ha. El volumen total de agua movilizad fue de 1,036 hm³ con una lámina media de 772,3 mm. La precipitación en marzo y abril, con un total de 42,2 mm permitieron realizar la siembra a principios de abril, e iniciar la campaña de riegos a finales del mes para garantizar la humedad del suelo en la emergencia y germinación.

El valor de la lámina media aplicada en este periodo 2016/2018 es de 747,27 mm con una desviación estándar de 15,91. La variación en la dosis aplicada en los mismos canteros de riego durante diferentes campañas, con escasa variación en las superficies regadas, puede deberse a las diferentes condiciones climatológicas anuales o a circunstancias vinculadas a la realización de los riegos.

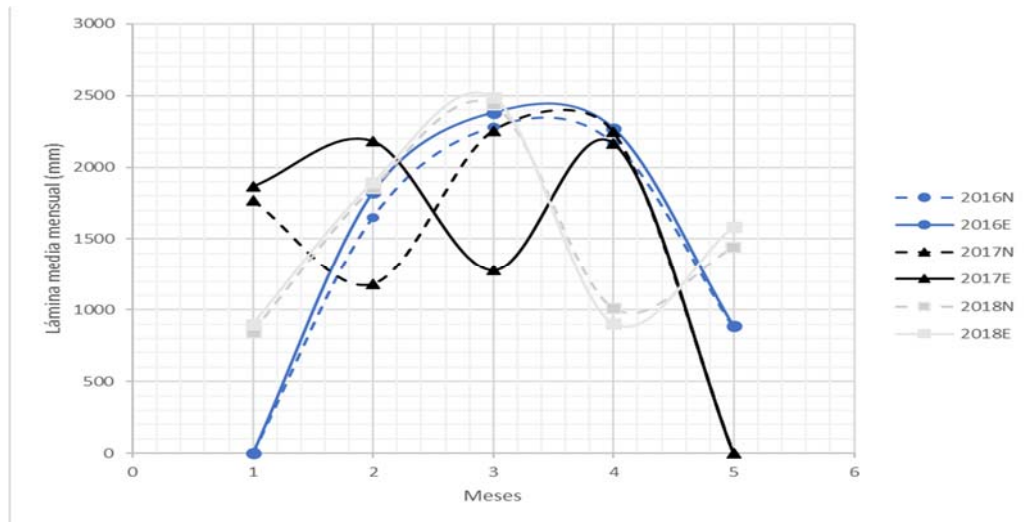


Figura 2. Lámina media mensual 2016/2018 (m³/ha) en el canal Norte y en el canal Oeste

La Tabla 1 recoge los volúmenes registrados (m³) y los valores medios de la lámina de agua (m³/ha) en cada campaña de riego desde el año 2016 hasta el año 2018 en el conjunto del cultivo del algodón en regadío en la explotación piloto.

Tabla 1. Consumo de agua (m³) en riego por superficie 2016/2018.

Año	Superficie en regadío algodón	Año	Superficie en regadío algodón
Octubre	156,5	1.129.920,9	7.219,9
Noviembre	148,9	1.114.369,4	7.484,0
Diciembre	134,2	1.036.390,8	7.722,7

La lámina media anual en el periodo de estudio es de 7.472,7 m³/hectárea con una desviación estándar de 159,08 para el periodo 2016/2018.

3.2. Riego por goteo en 2019/2021

Disponemos de los datos de consumo obtenidos mediante lecturas horarias en el cabezal de riego existente en la explotación donde las mediciones corresponden al contador situado en el grupo de bombeo durante las diferentes operaciones de riego. En la Tabla 2 se recoge el volumen total anual (m³) y el volumen medio anual (m³/ha). La lámina media anual aplicada en riego por goteo en el periodo de estudio es de 4.054,72 m³/hectárea con una desviación estándar de 215,76 para el periodo 2019/2021.

Tabla 2. Consumo de agua en riego por goteo 2019/2021.

Campaña	Consumo total (m ³)	Consumo medio (m ³ /hectárea)
2019	80.157,0	3.817,0
2020	93.513,0	4.453,0
2021	82.362,0	3.922,0

3.3. Medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA)

A partir de los datos anteriores podemos calcular y analizar los valores de la EUA expresada como la relación entre la biomasa producida y el agua destinada a ese proceso.

Tabla 3. EUA (kg/m³) en algodón 2016/2021 en la explotación piloto.

Año	Producción (kg/ha)	Consumo medio (m ³ /ha)	EUA (kg/m ³)
2016	2.652	7.219,9	0,37
2017	2.397	7.484,0	0,32
2018	2.487	7.722,7	0,32
2019	3.980	3.817,0	1,04
2020	4.380	4.453,0	0,98
2021	4.194	3.922,0	1,07
2016	2.652	7.219,9	0,37

El valor de EUA obtenido en el riego por inundación (EUA_i) en la explotación piloto varía entre 0,32 kg/m³ y 0,37 kg/m³ para el periodo 2016/2018 con un valor medio de 0,34 kg/m³. En el caso de riego por goteo el valor de la eficiencia (EUA_g) obtenido varía entre 0,98 kg/m³ y 1,07 kg/m³ para el periodo 2019/2021 con un valor medio de 1,03 kg/m³.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros trabajos ([10], [11], [13]) para el cultivo del algodón en condiciones similares.

4. Conclusiones

Los valores de EUA obtenidos en la explotación piloto, con dos sistemas de riego diferentes, son significativos y nos permiten obtener elementos de discusión. Si comparamos únicamente los valores medios, 0,34 kg/m³ para EUA_i y 1,03 kg/m³ para EUA_g, apreciamos que la eficiencia se multiplica por tres. Por cada m³ de agua destinada al riego del algodón obtendríamos un incremento en la producción media de 0,69 kg/ha en el caso de transformar el sistema de distribución de agua de un riego tradicional por inundación a un riego a presión por goteo. Si empleamos el dato obtenido de 4.054,72 m³/hectárea como lámina media anual de agua de riego aplicada por goteo en la explotación piloto, con el mismo volumen de agua destinado al riego se obtendrían teóricamente rendimientos superiores a las 5 toneladas de algodón crudo por hectárea.

Si en lugar de analizar el potencial incremento de producción con el riego por goteo, empleando los valores medios de EUA obtenidos podemos estimar el ahorro de agua manteniendo los rendimientos unitarios en el cultivo de algodón. Para alcanzar la producción media de la campaña 2020/21, 4.194 kg/ha, en lugar de movilizar los más de 13.100 m³/ha necesarios en riego por inundación necesitaríamos únicamente 4.072 m³/ha en riego por goteo. Un aspecto que se debe discutir en el momento de interpretar los valores obtenidos de la EUA es el hecho de no considerar el agua de lavado en el cálculo de los índices de eficiencia. Efectivamente, los trabajos consultados en este estudio ([10], [11], [13]) parten de la definición de la eficiencia como una medida de la cantidad de biomasa producida por unidad de agua utilizada por una planta. Es necesario considerar estos aportes en otro tipo de indicadores. Evidentemente en la decisión o discusión sobre la tecnología de riego que debemos aplicar es necesario considerar otras variables además del incremento experimentado en los rendimientos, la reducción en las dosis aplicadas y el ahorro en las necesidades del agua de lavado. Debemos analizar y considerar el nivel de insumos, los costes energéticos, el coste social del recurso agua o los condicionantes medioambientales, pero este valor de eficiencia nos puede ayudar como herramienta en la toma de decisiones.

Referencias

1. Abdullaev, I., Rakhmatullaev, S. Transformation of water management in Central Asia: from State-centric, hydraulic mission to socio-political control. *Environ. Earth Sci.*, 2015; pp. 849-861.
2. Sokolov, V. 25 Years of activities International Fund for Saving the Aral Sea and new impulses for development of the Aral Sea Region. Agency of International Fund for Saving the Aral Sea, 2019. Taskhent (Uzbekistan).
3. Kulmatov, R., Rasulov, A., Kulmatova, D., Rozilhodjaev, B., Groll, M. 2015. The Modern Problems of Sustainable Use and Management of Irrigated Lands on the Example of the Bukhara Region (Uzbekistan). *J. Water Resource Prot.*, 2015; pp. 956-971.
4. Toshov, X. R., Qodirov, A. A., Oripov, M. The impact of the climate of Bukhara region on the development of pasture livestock. Bukhara State University, 2019. Bukhara (Uzbekistan).
5. Rahimov, O., Cuesta, T. S., Khamidov, O. H. 2020. Peculiarities of water resources use in Uzbekistan. *Int. J. Environ. Agric. Res.*, 2020; pp. 435-449.
6. Yavmutov, D. Sh., Rahimov, O. Elaboration of regional strategies for the development and improvement of land and water in agriculture. *Academy*, 2020; pp. 27-31.
7. FAOSTAT. 2020. Production of Cotton by countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020. Rome (Italy).
8. Conrad, C., Dech, S. W., Hafeez, M., Lamers, J., Martius, C., Strunz, G. 2007. Mapping and assessing water use in a Central Asian irrigation system by utilizing MODIS remote sensing products. *Irrig. Drain. Syst.*, 2007; pp. 197-218.
9. Briggs, L. J., Shantz, H.L. 1913. The water requirement of plants. *Bureau of Plant Industry Bulletin*, 1913; pp. 282-285.
10. Baker, J. T., Gitz, D. C., Stout, J. E., Lascano, R. J. Cotton Water Use Efficiency under Two Different Deficit Irrigation Scheduling Methods. *Agronomy*, 2015; pp. 363-373.
11. Ghorbani, M., Kulshreshtha, s., Radmehr, R., Habibi, F. Technical Efficiency in Agriculture. In: Kumar S., Meena R.S., Jhariya M.K. (eds) *Resources Use Efficiency in Agriculture*, 2020. Springer, Singapore (Singapore).
12. Losada, A. El riego: fundamentos hidráulicos. Ed. Mundi-Prensa Libros, S.A., 2008. Madrid (España).
13. Cetin, O., Bilgel, L. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agric. Water Manag.*, 2002; pp- 1-15.