

ISBN: 978-84-938046-4-0

MEJORA DEL APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES

Vanessa MENDOZA-GRIMÓN¹, José Manuel HERNÁNDEZ-MORENO² y María del Pino PALACIOS-DÍAZ¹

¹ Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35413 Las Palmas de Gran Canaria, España, v.mendozagrimon@ulpgc.es

² Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología, jhmoreno@ull.es

RESUMEN

La problemática del suministro del agua en las regiones semiáridas limita el futuro del sector ganadero, puesto que por su elevado precio supone un alto porcentaje del coste total de la producción forrajera. El uso de recursos hídricos no convencionales utilizando sistemas de riego, cuya seguridad en el uso radique en el manejo y no en el nivel de tratamiento, potenciaría la sostenibilidad ganadera. El aporte de agua por kilogramo de materia seca producida debe ser muy eficaz para poder obtener el óptimo beneficio. Bajo esta premisa se ha establecido un cultivo de maralfalfa (*Penisetum* sp.) con un sistema de riego enterrado y agua regenerada. Se analiza la respuesta del forraje frente a una reducción de la dosis de riego del 40%, estimándose para las regiones más cálidas de Canarias, un rendimiento anual de 90 ó 72 t/ha de heno (aplicando o no reducción de dosis). Para ello sería necesario un consumo de agua anual entre 13000 y 9600 m³/ha. Puede estimarse un valor de consumo hídrico al año de 21000 m³/ha para la misma producción para el resto de las regiones costeras canarias. Por tanto, con la gestión del agua descrita se puede rentabilizar el cultivo de especies forrajeras en Canarias.

Palabras clave: coeficiente de consumo hídrico, *maralfalfa*, *sistema de riego enterrado*, *agua regenerada*, WUE

ABSTRACT

Water supply deficit in semi-arid regions limits the future of the livestock sector, since its high price is a high percentage of the total cost of forage production. Non-conventional water resources applied by subsurface drip irrigation (SDI), in which the safe use lies in the management and not on the level of water treatment, would enhance the ruminant production sustainability. To obtain the optimal benefit, the transformation of water per kilogram of dry matter produced has to be very effective. Under this premise, the maralfalfa crop (*Penisetum* sp.) has been established with a SDI system and reclaimed water. Forage yield is analyzed with respect to an 40% irrigation reduction. This study shows that this best management practice allows for an annual yield of 90 to 72 t/ha in the warmer regions of the Canary Islands. This implies a water consumption between 13000 and 9600 m³/ha. A water consumption of 21000 m³/ha per year for the same production can be estimated for the rest of the Canary Islands coastal regions. The use of the water management described in this paper for fodder

production can be profitable in the Canary Islands.

Key words: water consumption coefficient, maralfalfa, subsurface drip irrigation, reclaimed water, water use efficiency: WUE.

INTRODUCCIÓN

La productividad del agua “blanca” o el uso eficiente de la misma, se define como la producción de biomasa por metro cubico de agua consumido, incluyendo tanto el agua “verde” (precipitación efectiva) como la “azul” (agua superficial y subterránea) en el caso de zonas regadas. Actualmente se reconoce que la producción de alimento para el ganado agota grandes cantidades de agua blanca, por lo que surge el concepto de productividad del agua para el ganado (Peden et al., 2007). La escasez de agua frena el desarrollo ganadero en las regiones semiáridas, puesto que por su elevado precio supone un alto porcentaje del coste total de la producción forrajera. Además, este sector no es capaz de competir con otros por el uso del agua, ya que los productos forrajeros tienen un precio por kg mucho más bajo que, por ejemplo, las hortalizas. En este sentido, el manejo del agua es esencial, sobre todo si se pueden encontrar fuentes de agua alternativas para el riego de forrajes, lo que potenciaría la sostenibilidad de la producción ganadera. Además, utilizando estos recursos no convencionales se podrían recuperar muchos suelos abandonados, disminuyendo así el impacto medioambiental que supone la erosión. En la actual legislación (RD1620/2007), los requerimientos de calidad de agua regenerada para riego de forrajes (calidad 2.2) son inferiores a los exigidos para otros usos. A pesar de ello, la legislación no tiene en cuenta el tipo de manejo que el agua recibe en el campo despreciando factores críticos sobre el éxito de un proyecto de reutilización como el tipo de riego, la dosificación y las condiciones agroambientales. El suelo puede actuar como medio depurador del efluente constituyéndose así en un tratamiento avanzado del agua, permitiendo el riego con aguas de inferior calidad y al mismo tiempo evitando la generación de problemas sanitarios. En esta línea, un estudio de la FAO concluye que en lugar de centrarse sólo en la calidad del agua residual, sería mejor evaluar y manejar los riesgos del uso de las aguas regeneradas para lograr la misma meta de garantía sanitaria (Winpenny et al., 2013). En este estudio también se determina que los sistemas de riego enterrado (SDI) son los que permiten el uso de efluentes con un nivel de tratamiento inferior pero alcanzando la misma seguridad sanitaria. En este sentido Palacios et al., (2009) concluyen que los SDI optimizan el uso del agua evitando su pérdida y proporcionan una mayor garantía sanitaria al evitar el contacto del agua regenerada con la planta cosechada. En un capítulo clásico, Jensen (1968) menciona que los estudios que relacionan los rendimientos de los cultivos con el uso consuntivo del agua se iniciaron hace más de un siglo. Este autor cita diversos factores que afectan a la eficiencia en el uso del agua, como la relación con los factores climáticos, la eficiencia en la aplicación del agua y la fisiología propia de las especies cultivadas.

Márquez et al., (2007) demostraron que la maralfalfa (*Pennisetum sp*) es una alternativa para aumentar la disponibilidad de forraje debido a su alta productividad de materia seca y valor nutritivo, siempre que se cumplan los requisitos mínimos exigidos para esta especie. Sin embargo, existen pocos estudios (Murillo Solano *et al* 2014) que hagan referencia a las necesidades hídricas de este forraje, lo que suele llevar a un mal uso de este recurso. El objetivo de este estudio ha sido la optimización del uso del agua regenerada en el cultivo de la maralfalfa en las condiciones edafoclimáticas de Canarias.

METODOLOGIA

Diseño experimental

El mes de febrero de 2014 se implantó un cultivo de Maralfalfa (híbrido *P. purpureum x P.*

glaucum) en una parcela situada en los terrenos de la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria, utilizando cañas de esta especie como material de trasplante. Dicha parcela cuenta con una estación meteorológica automática. En el periodo de estudio se realizaron tres cortes: 1^{er} periodo productivo de febrero a mayo (corte el 22 de mayo), el 2^o de mayo a julio (corte el 17 de julio) y el 3^o de julio a septiembre (corte 17 de julio). Durante dichos periodos la precipitación fue de 3.7, 3.8 y 7.4 mm respectivamente, frente a los 160 mm de media anual de los últimos 14 años. La temperatura media de mínimas durante el periodo experimental fue de 17°C, siendo la media de máximas de 25°C. En el histórico de estos 14 años los valores medios de las temperaturas mínimas y máximas diarias fueron de 11 y 31°C, respectivamente. El suelo de la parcela se clasifica como Anthrosol (ISSS/ISRIC/FAO, 1998) o Torriarent (Soil Survey Staff, 1998).

La parcela de 336 m² se dividió en dos bloques con dos tratamientos en cada uno. Un tratamiento consiste en aplicar el 100% de las necesidades de riego (100 % de la dosis suponiendo un coeficiente hídrico de consumo igual a 1 y que no existe precipitación) y el otro en una reducción del 40% de las necesidades. Cada tratamiento consta de cinco líneas de forraje, coincidiendo con las líneas de riego. Dichas líneas se encuentran separadas a 0.75 m.

En el tercer corte se realizó un abonado con un producto compatible con la agricultura ecológica (certificación nº CE/19287) (Lignoser) a razón de 1,1 g/m² N, abono que también aporta ácido fúlvico, K y oligoelementos.

Análisis del suelo

Se tomaron muestras compuestas entre 0 y 0,2 m de profundidad, coincidiendo con el trasplante y el día en el que se realiza cada corte. Los resultados se presentan en la Tabla 1 para cada uno de los bloques. Para la determinación de carbono orgánico (CO, en %) y el nitrógeno total (N tot, expresado en %) se utilizó la técnica de combustión seca con un analizador LECO CNS 2000. Las sales solubles se estimaron por la conductividad eléctrica (CE, en dS/m) 1:5. El nitrato (expresado en mg/kg disponible se determinó por la extracción con cloruro cálcico 0.01 M, para posteriormente ser analizados por cromatografía iónica. El fósforo (P, expresado en mg/kg) disponible se determinó según el método de Olsen y Sommers (1982). Los cationes intercambiables se extrajeron con acetato amónico tamponado a pH 7. Los cationes extraídos (expresados en meq/100 g) son: potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), y el resto (expresado en mg/kg): boro (B), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) se analizaron por espectrofotometría de emisión óptica (ICP_OES).

Caracterización del forraje

Se pesó en campo la producción en materia fresca en cada uno de los cortes de las diferentes líneas de forraje. Así mismo, se tomaron muestras compuestas en los diferentes tratamientos para la determinación del porcentaje de la materia seca (MS), así como macro y microelementos (Tabla 2). La determinación de MS se realizó en estufa a 60°C hasta llegar a peso constante. Se determinó el N (expresado en %) mediante la técnica de combustión seca en LECO CNS 2000. Para el resto de elementos analizados P, K, Ca, Mg, Na (expresados en %), B, Cu, Fe, Mn y Zn (expresado en mg/kg), se utilizó la técnica de digestión con ácido nítrico en el microondas, para su posterior análisis por ICP_OES.

Sistema de riego

Para la aplicación del agua regenerada se utilizó un sistema de riego enterrado (SDI) con goteros integrados autocompensantes, antidrenantes y con mecanismos antisifón (modelo

Techline) separados a 0.5 m y con un caudal nominal de 2.3 L/h. Las líneas de riego se encuentran separadas a 0.75 m. Se ajustó el tiempo de riego para aplicar una dosis constante equivalente a la ET media del periodo. Así, diariamente se dieron dos riegos con una duración de 20 y 12 minutos respectivamente para los tratamientos 1 y 2, a partir del segundo mes tras el trasplante. Cada tratamiento consta de un caudalímetro, cuya lectura se realiza semanalmente. En la Tabla 3 se muestra el consumo de agua (L/m²) para los diferentes periodos de corte.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS (versión 22) por los procedimientos de Modelo Lineal Generalizado. El modelo incluye la producción obtenida (expresada en kg de materia seca/m² en función de la fecha de corte), la dosis de agua aplicada (control y reducción de la dosis un 40%) y su interacción. La media de la separación fue probada usando la diferencia menos significativa (LSD), teniendo en cuenta un nivel de significación del 5% (p = 0.05)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los datos climáticos correspondientes al periodo de estudio. Se observa un progresivo incremento de la T media y unos valores de radiación relativamente bajos para la época de estudio (mayor radiación en junio que en julio y agosto).

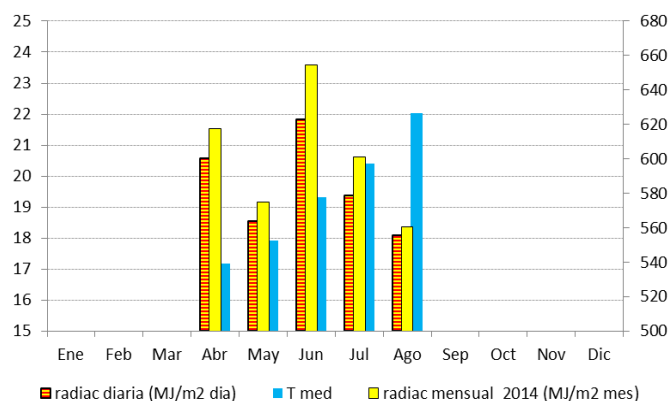


Figura 1. Datos meteorológicos correspondientes al periodo de estudio: radiación diaria (radiac diaria) expresado en MJ m⁻²día⁻¹, Temperatura media, expresado en °C (Tmed) y radiación mensual (radiac mensual) expresado en MJ m⁻²mes⁻¹.

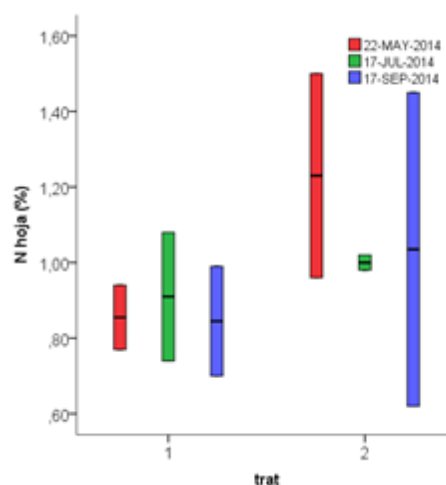


Figura 2. Contenido de Nitrógeno, expresado en %, en hojas para los dos tratamientos (100% y 60% de la dosis), para las tres fechas de corte.

La evolución de los nutrientes en suelo que se desprende del análisis de los datos presentados en la Tabla 1, muestra que los elevados contenidos de MO, así como el contenido de N total se mantienen estables, lo que resulta coherente con la baja relación C/N. Parece existir una ligera tendencia hacia la salinización del horizonte superficial (compatible con el manejo del agua propia del sistema de riego enterrado y la ausencia de lluvia), aunque las diferencias que existen entre las repeticiones no permiten que se muestre significación alguna. El contenido de nitratos disminuye ligeramente en el tiempo, aunque parecería permanecer en valores aceptables (entre 321 y 114 mg/kg para septiembre) para garantizar un adecuado crecimiento de esta gramínea. Sin embargo se mostraron síntomas de carencia de N en planta, coincidiendo con valores bajos de contenido de N en hoja

(Figura 2) por lo que se procedió al abonado. Estos contenidos de N se corresponden con unos valores de proteína bruta (PB) entre 5,3 y 7,7 %, valores que efectivamente son inferiores a los que se esperarían para plantas cosechadas a los 60 días (8.8%, Palacios et al., 2013). Esta aparente contradicción entre los valores de nitrato en suelo y N en hoja se explica porque el muestreo de suelo se realizó en los primeros 0,2 m y debido al manejo del agua propia del sistema de riego enterrado: a esa profundidad apenas hay sistema radicular por lo que no es capaz de absorber el nitrato concentrado por fenómenos de ascenso capilar. El contenido de oligoelementos se incrementa para el tercer corte, lo que parece estar influido por la utilización del abono enriquecido.

Tabla 1. Determinación de materia orgánica (MO, expresado en %), el nitrógeno total (N tot, expresado en %), conductividad eléctrica (CE, en dS/m) 1:5, El nitrato (expresado en mg/kg disponible, fósforo (P, expresado en mg/kg), Los cationes extraídos (expresados en me/100 g) son: potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), y el resto (expresado en mg/kg): boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

		pH	CE 1:5	MO	C/N	N tot	Nitrato	P	K	Ca	Mg	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trasplante		8,1	1,23	6,61	10,55	0,36	498	152	9,58	24,83	8,85	5,80	6,63	-	-	-	-
Mayo	B1T1	8,5	0,92	3,10	8,50	0,21	204	147	11,00	18,30	8,60	5,10	6,60	1,60	4,90	12,90	4,45
	B1T2	8,6	0,59	2,83	9,10	0,18	172	98	7,00	19,40	9,10	4,20	6,10	1,70	5,10	12,00	4,07
	B2T1	8,6	0,53	2,93	8,30	0,20	138	99	4,90	19,20	9,10	3,10	6,60	1,60	4,10	12,90	3,91
	B2T2	8,6	0,48	2,18	7,80	0,16	132	51	4,00	21,60	9,70	4,00	5,30	1,80	4,60	14,40	4,07
Julio	B1T1	8,5	1,26	2,99	8,60	0,20	390	138	12,80	23,10	5,50	7,20	9,00	0,97	2,80	10,30	2,44
	B1T2	8,4	0,71	2,93	8,00	0,21	271	113	6,70	26,50	6,80	5,20	7,60	1,30	4,10	12,40	3,09
	B2T1	8,5	0,85	3,44	8,60	0,23	199	209	6,80	28,80	6,40	6,50	7,20	0,93	2,60	11,80	2,54
	B2T2	8,4	0,58	2,53	8,40	0,17	141	58	4,40	30,20	7,10	4,70	5,80	1,00	2,60	14,40	1,99
Septiembre	B1T1	8,5	1,63	3,27	8,90	0,21	321	160	14,30	34,20	10,50	7,80	6,50	3,00	8,80	27,80	8,12
	B1T2	8,5	0,85	3,00	8,70	0,20	178	122	7,40	42,00	11,80	5,80	6,30	2,50	7,60	30,40	8,66
	B2T1	8,5	0,81	3,34	8,70	0,22	178	88	6,50	13,40	5,80	5,90	8,10	2,20	6,50	25,40	6,32
	B2T2	8,4	0,71	2,72	8,80	0,18	114	52	4,40	16,40	5,70	5,30	7,40	2,10	5,70	33,80	6,71

Los contenidos de nutrientes en hojas (Tabla 2) permanecen relativamente estables, aunque en ligera disminución en el tiempo. En la Figura 2 se observa una tendencia hacia mayores contenidos de N en hoja en el tratamiento de dosis reducida, aunque dichas diferencias no se mostraron significativas. El P en hoja presenta valores normales, aunque con un amplio intervalo de variación (entre 0,2 y 0,4 %). Respecto a los oligoelementos, y al igual que ocurría con el N, no se observa relación entre los incrementos medidos en suelo tras el abonado y los contenidos en hoja.

Tabla 2. Determinación de materia seca (MS, expresado en %), el nitrógeno (N), fósforo (P) potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na), expresados en % y el resto de elementos (expresado en mg/kg): boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) para el forraje cosechado en las diferentes fechas y para cada uno de los tratamientos.

		MS	N	P	K	Ca	Mg	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Mayo	B1T1	8,82	0,9	0,2	5,9	0,2	0,1	0,09	11	6	75	42	25
	B1T2	9,74	1	0,3	5,4	0,2	0,1	0,07	11	6	73	41	27
	B2T1	10,01	0,8	0,4	5,6	0,1	0,1	0,04	12	5	53	31	21
	B2T2	9,65	1,5	0,2	5,5	0,2	0,2	0,06	8	6	82	55	26
Julio	B1T1	9,56	1,1	0,3	5,2	0,2	0,2	0,07	17	5	104	38	31
	B1T2	9,56	1	0,4	5,3	0,1	0,2	0,05	18	5	88	38	43
	B2T1	9,56	0,7	0,4	5,1	0,1	0,1	0,04	16	5	58	32	44
	B2T2	9,56	1	0,3	4,6	0,1	0,1	0,04	16	5	55	30	29
Septiembre	B1T1	21,94	0,7	0,4	5,2	0,1	0,1	0,04	11	5	79	25	35
	B1T2	21,09	0,6	0,3	4,1	0,1	0,1	0,04	11	4	59	21	25
	B2T1	20,58	1	0,3	4,7	0,1	0,2	0,03	12	4	62	19	38
	B2T2	22,57	1,5	0,2	3,6	0,2	0,2	0,03	17	4	91	35	34

Se observa un fuerte incremento de la MS obtenida en el tercer corte, que resulta significativamente superior a los otros dos (Figura 3a). Este superior contenido en MS parece ser consecuencia de las temperaturas más elevadas medidas en este periodo. Por ello se ha calculado la integral térmica (IT) para los tres periodos de estudio (Tabla 3), como suma de las temperaturas diarias por encima de los 10°C (cero de vegetación para esta especie, Cook, et al 2005). La IT del primer periodo es muy alta, pues se trata de la fase de implantación (100 días). Pero, cuando se comparan los periodos 2 y 3, con aproximadamente el mismo número de días pero una IT un 25% más baja para el segundo periodo, se observa un contenido inferior de MS y una producción total significativamente inferior con respecto al tercer periodo.

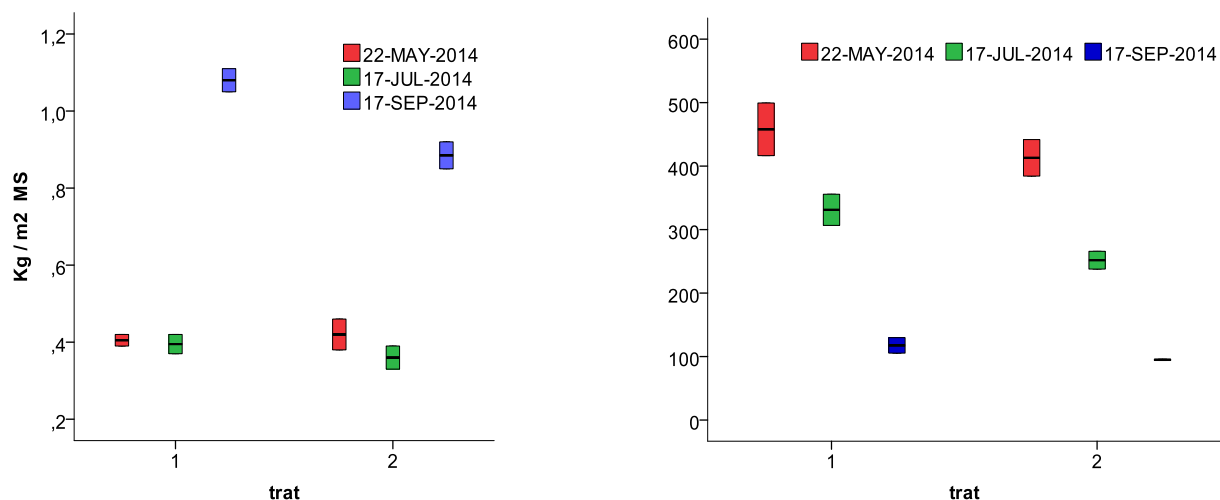


Figura 3: a) rendimiento (kg/m² MS) y b) consumo hídrico (L/kg MS) para los dos tratamientos (100% y 60% de la dosis) y para las tres fechas de corte.

En la Tabla 3 se muestran el consumo de agua (L/m²) y la producción (kg /m² MS) para los diferentes periodos productivos. Los consumos de agua realmente aplicados divididos entre la ET, muestran que el coeficiente de consumo medio ha sido de 0,9; 1 y 0,9 para los tres periodos de corte en el T1, mientras que para el T2 fueron de 0,7; 0,6 y 0,5 respectivamente. Por tanto, los coeficientes de consumo hídrico para el control son ligeramente superiores (y para el T2 ligeramente inferiores) a los obtenidos por Murillo Solano et al., (2014) ya que estos autores citan para ET de 3 L/m², una Kc entre 1 y 0,7. De hecho, como se observa en la Figura 3b, los consumos de agua demuestran diferencias significativas entre la producción obtenida y la dosis de agua aplicada a partir del segundo corte, siendo mayor la producción para la dosis control (516 y 182 L/kg MS para el T1 frente a 355 y 134 L/kg MS para el T2, en los dos últimos cortes). Sin embargo, en el primer corte no se observan diferencias. Dependiendo del precio del agua convendrá o no una reducción de la dosis de riego tan acusada.

Tabla 3. Período de tiempo (días), integral térmica (IT), radiación (rad, en MJ/m²), consumo de agua (L/m²) evapotranspiración (ET, en L/m²) acumulada y media mensual, consumo agua / ET (%) y producción (kg/m² MS) y consumo de agua por kg de materia seca (L/kg MS) producida para los diferentes tratamientos y periodos de cultivo.

	días	IT periodo	rad periodo	consumo agua		ET		consumo/ET		kgMS/m2		L/kg MS		kgMS/m2		L/kg MS	
				L/m2		L/m2		%		T1		T2		T2			
				T1	T2	acumulada	media	T1	T2	med	std	med	std	med	std	med	std
22-may	100	900	1862	287	243	333,1	3,3	86,2	73,0	0,40	0,02	712	40,64	0,42	0,06	583	81,10
17-jul	55	519	1097	203	127	211,4	3,8	96,0	60,1	0,40	0,03	516	41,41	0,36	0,04	355	42,50
17-sep	60	706	1183	197	118	224,3	3,6	87,8	52,6	1,08	0,04	182	6,98	0,88	0,05	134	7,58

Los coeficientes de consumo hídrico obtenidos para el tercer corte, una vez la planta ya está establecida y con unas temperaturas muy favorables para este cultivo, son excepcionalmente favorables (Figura 4a). En esta figura se observa que, para el tercer corte, se obtienen los mejores rendimientos, pese a que la cantidad de agua aplicada fue pequeña. Esto fue posible porque el coeficiente de consumo de agua es extraordinariamente favorable (182 y 134 L/kg MS, para cada uno de los tratamientos). A este hecho contribuye la elevada eficiencia en el uso del agua (WUE), cuyos valores se presentan en la Figura 4b (muy superiores a los mencionados para una gramínea C3 por Zhang y Oweis, 1999) que pueden explicarse por el tipo de riego (prácticamente toda el agua suministrada es absorbida por la planta), el manejo de agua (baja dosis dos veces al día) y la fisiología de la planta (metabolismo C4). En estas condiciones la producción de maralfalfa es muy eficiente en el uso del agua, pudiendo estimarse que para una producción de 90 ó 72 t heno/ha respectivamente (con o sin reducción de la dosis de riego), la cantidad de agua consumida sería de 13200 m³/ha o de 9600 m³/ha.

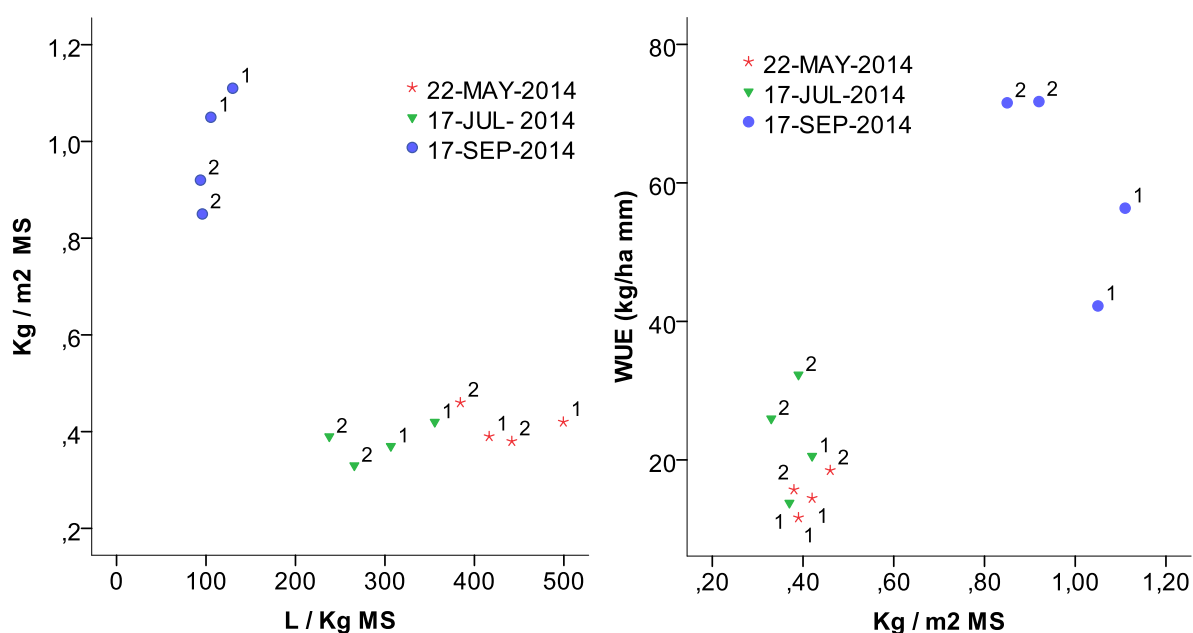


Figura 4. Rendimiento (kg/m² MS) y consumo hídrico (L/kg MS) para los dos tratamientos (100% y 60% de la dosis) y para las tres fechas de corte (A: izquierda), y relación entre el WUE y el rendimiento obtenido para las tres fechas y los dos tratamientos (B: derecha).

CONCLUSIONES

La producción de forrajes en zonas cálidas de Canarias es posible con un buen manejo del agua, siempre que se utilice la tecnología adecuada pese al elevado precio del agua en las islas. Para ello necesitamos emplear un sistema de riego con alta eficiencia en la aplicación del agua, una especie que aproveche las buenas condiciones de temperatura y radicación, así como unos recursos hídricos no convencionales cuya seguridad en el uso radique fundamentalmente en el manejo y no en el nivel de tratamiento.

Cuando se utilizan sistemas de riego enterrado se modifica el perfil explorado por las raíces, lo que debe de ser tenido en cuenta a la hora de muestrear el suelo y aportar los nutrientes, sobre todo cuando hablamos de especies muy exigentes en estos elementos.

Nuestros estudios permiten estimar un rendimiento anual de 90 ó 72 t/ha de heno (aplicando o no reducción de dosis del 40%), con un aporte de agua entre 13000 y 9600 m³/ha para las regiones más cálidas de Canarias, y cuyas temperaturas medias mensuales sean iguales o superiores a 22°C. Para el resto de las regiones costeras en las que el

crecimiento de esta especie sea posible, un valor de consumo hídrico anual conservador puede estimarse para la misma producción en 21000 m³/ha.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por Ministerio de Economía y Competitividad. Subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental (CGL2012-39520-C03-03) y Agencia Canaria de Investigación del Gobierno de Canarias (SolSubC200801000012). Agradecemos también la colaboración del Laboratorio Agroalimentario y Fitopatológico y a la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria.

REFERENCIAS

- Cook, B.G.; Pengelly, B.C.; Brown, S.D.; Donnelly, J.L.; Eagles, D.A.; Franco, M.A.; Hanson, J.; Mullen, B.F.; Partridge, I.J.; Peters, M. and Schultze-Kraft, R. (2005). *Tropical Forages: an interactive selection tool.*, [CD-ROM], CSIRO, DPI and F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. pical East Africa. Part 3. Rotterdam, available at: <http://www.tropicalforages.info/>;
- ISSS/ISRIC/FAO, 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report 84. FAO, Rome.
- Jensen, M.E. (1968). *Water consumption by agricultural plants*. In: Kozłowski, T.T. (Ed.), *Water Deficits and Plant Growth*. Vol. 2. Academic Press, New York. pp. 1–22
- Márquez, F.; Sánchez, J.; Urbano, D. and Dávila, C. (2007). *Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (Pennisetum purpureum)*. 1. *Rendimiento y contenido de proteína*. *Zootecnia Trop.* 25(4) 253-259.
- Murillo Solano, J.; Barros Henríquez, J.A.; Roncallo Fandiño, B. and Arrieta Pico, G. (2014) *Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano*. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 15(1) 83-99 .
- Olsen, S.R., L.E. Sommers (1982). *Phosphorus*. pp 403-430. In: A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis, part 2*. Agron. Monogr. 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Palacios-Díaz M.P.; Mendoza-Grimón, V.; Fernández-Vera, J.R.; Rodríguez-Rodríguez, F.; Tejedor-Junco, M.T. and Hernández-Moreno, J.M. (2009). *Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production*. *Agricultural Water Management* 96, 1659–1666
- Palacios-Díaz M.P.; Mendoza-Grimón, V.; Fernández-Vera, J.R. and Hernández-Moreno, J.M. (2013) *Effects of defoliation and nitrogen uptake on forage nutritive values of Pennisetum sp.* *J Anim Plant Sci* 23: 566–574. 2013. Available from URL: <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-23-2/37.pdf>
- Peden, D., Tadesse, G., and Misra, A.K. (2007). *Water and livestock for human development*. In: *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. (Ed. D. Molden.) pp. 485-514. (Earthscan: London, and the International Water Management Institute: Colombo).
- RD1620/2007. *REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*.
- Soil Survey Staff, 1998. *Keys to Soil Taxonomy*, 8th ed. U.S.D.A. - NRCS, Lincoln.
- Winpenny, J.; Heinz, I. and Koo-Oshima, S. (2013). *Informe sobre Temas hídricos* FAO, 35 *Reutilización del agua en agricultura: Beneficios para todos?*
- Zhang, H and Oweis, T. (1999). *Water–yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region*. *Agricultural Water Management* Vol 38 (3): 195-211