

COMPORTAMIENTO HÍDRICO Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN UNA PASTURA CONSOCIADA.

Raúl Crespi¹, Ana Rosa Rivetti¹, Héctor Pagliaricci², Alfredo Ohanian³, Telmo Pereyra² y M^a del Pilar Díaz⁴

Resumen

En los años 1995/96, 1996/97 y 1997/98 se analizó la respuesta de una pastura consociada a diferentes niveles hídricos y sometida a pastoreo directo y cortes mecanizados. La mezcla forrajera fue festuca, cebadilla y alfalfa var. Monarca Inta en un caso y festuca, cebadilla y alfalfa var. Ici 990 en el otro. Los resultados experimentales mostraron que la mejor eficiencia del uso del agua en los tres años se obtuvo cuando la pradera fue regada y su aprovechamiento fue mecanizado con 1.71 kg m⁻³, independientemente de la variedad de alfalfa en la composición de la mezcla y el análisis estadístico mostró un comportamiento diferencial en el tiempo. Por otra parte, no se evidenció efecto negativo de la presencia del animal sobre las propiedades físicas del suelo.

Palabras clave: riego, eficiencia, agua, uso, pastura.

INTRODUCCION

La región centro-sur de Córdoba representa 6.3 millones de ha, de las cuales 1.5 millones de ha, por su fragilidad de suelos requieren necesariamente de un manejo agropecuario combinado que incluye pasturas a los fines de preservar el recurso natural.

La superficie sembrada con pasturas perennes en el Dpto. de Río Cuarto, es de 342501 ha (INDEC, 1988), siendo las especies más difundidas alfalfa, festuca, cebadilla y agropiro alargado.

En la consociación de estas pasturas, la alfalfa es su principal componente por sus propiedades forrajeras ampliamente reconocidas. Además en esta mezcla se presentan varias ventajas comparadas con praderas puras de alfalfa, entre las que se destacan, una dieta más balanceada entre proteínas y carbohidratos, mayor persistencia de la pradera,

competencia más efectiva de las gramíneas con las malezas y disminución del meteorismo, siendo contradictorios los resultados sobre aumento en la producción de forraje. (Soto y López, 1986).

El recurso agua es el principal factor limitante para la producción de forraje en las regiones áridas y semiáridas y su manejo es crítico para optimizar la producción de pasturas (Bolger y Match 1990, Buscaglia et al 1994).

La eficiencia del agua (cantidad de producto comercializable por unidad de agua consumida) está vinculada inherentemente a la economía de un proyecto de riego (Hoffman y Martín 1998) y a medida que aumenta la competencia por el suministro de agua, la eficiencia de su uso no sólo determina si el emprendimiento es sostenible, sino que también su incremento aumenta el costo de oportunidad del agua, por eso, en la economía actual, la recuperación del capital invertido en mejorar las

(1) Dpto. Ecología Agraria Fac. Agr. y Vet. Univ. Nac. de Río Cuarto. (2) Dpto. Producción Vegetal Fac. Agr. y Vet. Univ. Nac. de Río Cuarto

(3) Dpto. Producción Animal Fac. Agr. y Vet. Univ. Nac. de Río Cuarto. (4) Dpto. Estadística y Biometría Fac. Cs. Agr. y Vet. Univ. Nac. de Córdoba

Artículo recibido el 14 de abril de 1999, recibido en forma revisada el 8 de mayo de 2000 y el 7 de marzo de 2001 y aceptado para su publicación el 7 de mayo de 2001. Pueden ser remitidas discusiones sobre el artículo hasta seis meses después de la publicación del mismo siguiendo lo indicado en las "Instrucciones para autores". En el caso de ser aceptadas, éstas serán publicadas conjuntamente con la respuesta de los autores.

prestaciones debe considerar no solo los costos amortizados sino también la sostenibilidad. En consecuencia, la finalidad de maximizar la eficiencia económica es inseparable de maximizar la eficiencia del uso del agua lo cual se logra reduciendo la evaporación desde el suelo, la transpiración de malezas o aumentando la producción de materia seca total por unidad de superficie. (Grimes et al 1992, Kimbell et al 1990, Rechel et al 1991, Batchelor et al 1996).

El agua de lluvia en zonas húmedas puede ser suficiente para que una pastura resulte económicamente rentable, pero en zonas áridas y semiáridas el aumento del agua útil en el suelo por medio del riego complementario es una técnica imprescindible para acercarse a la producción potencial (Richard y Mc Bride, 1987, Kimbell et al 1990, Grimes et al, 1992, Rechel et al 1991).

En general, los sistemas de producción animal se ven afectados por una serie de factores que actuando en forma independiente o interactuando entre sí, determinan la cantidad y calidad forrajera y su distribución anual. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento hídrico y la eficiencia del uso del agua de una pastura consociada bajo riego sometida a cortes mecanizados y pastoreo directo.

MATERIAL Y METODOS

La experiencia se desarrolló entre 1995 - 1998, en el campo experimental Pozo del Carril (Fig.1) que la Facultad de Agronomía y Veterinaria posee en La Aguada, Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba (Argentina), localidad ubicada a 32° 51' LS, 64° 40' LW y 550 metros snm.

El suelo es un Hapludol Típico de textura franco arenosa (Tabla 1).

Características	Horizontes				
	Ap	Ad	Bw	BC	Bk
Profundidad (cm)	0-10	11-25	26-46	46-71	71-100
PEA (g cm ⁻³)	1.34	1.37	1.23	1.29	1.28
Wc (%)	15.45	14.75	13.55	12.75	12.85
Wm (%)	6.20	6.80	6.45	6.05	5.90

Donde: PEA, Wc y Wm son peso específico aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente respectivamente.

Tabla 1. Características del perfil del suelo. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

El agua empleada para riego fue subterránea y la reposición de la lámina neta se realizó cada vez que se consumía el 50 % del agua útil del perfil para una profundidad efectiva de 100 cm y después de cada corte mecánico o pastoreo a fin de facilitar una rápida recuperación de la pastura.

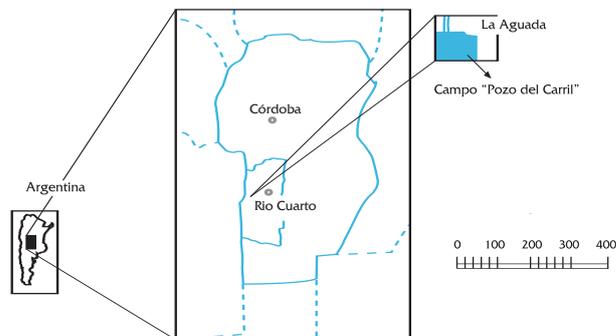


Fig. 1 Ubicación del lugar experimental. Centro-Sur de Córdoba. Argentina

La sucesión de las precipitaciones se observa en la Figura 2.

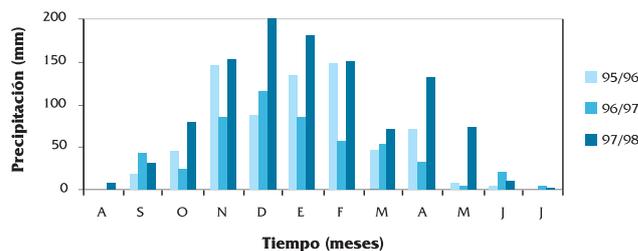


Fig. 2. Evolución de la precipitación durante los años 1995/96, 1996/97 y 1997/98. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

El 21 de marzo de 1995 se sembraron dos pasturas consociadas de Festuca arundinacea (festuca alta) cv Jhonstone (6 kg ha⁻¹) y Bromus unioloides (cebadilla) cv Bellagarde (6 kg ha⁻¹) en ambos casos con Medicago sativa (alfalfa) (8 kg ha⁻¹) pero en una situación participó la variedad Monarca Inta y en el otro con la variedad Ici 990, en la composición de la mezcla forrajera. El diseño experimental fue de parcelas subdivididas de 40 m * 14 m cada una (Gómez y Gómez 1994) con tres repeticiones.

El tratamiento principal fue niveles hídricos (con y sin riego), el tratamiento secundario, fue sistema de utilización de la pastura (bajo corte mecanizado y pastoreo directo) y el tratamiento de tercer orden fue mezcla forrajera con participación de variedades distintas de alfalfa en su composición (Monarca Inta e Ici 990). Se efectuaron ensayos de

infiltración en cada ciclo y a períodos regulares por el método del doble anillo y mensualmente se realizaron determinaciones de peso específico aparente del suelo para los distintos tratamientos y en los primeros horizontes del perfil por el método de Uhlund. El riego se realizó por medio de un equipo de riego por aspersión sólido con 9 aspersores de bajo caudal unitario (950 L h⁻¹) y una pluviometría de 5.2 mm h⁻¹, atendiendo el grado de superposición para una presión de operación de 2.9 bares.

En la Tabla 2, se observan los resultados del análisis químico del agua, considerándolo desde este punto de vista apenas aceptable para riego, con parámetros fuera de los permisibles. El valor alto de CSR hace que esta agua no sea la mejor para riego previendo un efecto degradante sobre la estructura del suelo ante su uso continuo (Costa et al 1991, Prunty 1991) que unido a la alta concentración relativa de sodio, puede causar toxicidad y desórdenes en la nutrición mineral (De Pascale y Barbieri, 1995). Esta interpretación queda confirmada por el elevado valor del RAS ajustado (Ayers y Westcot, 1976) y teniendo en cuenta solo la salinidad y la sodicidad se considera un agua regular para riego (Cánovas Cuenca, 1980; Hershey, 1993).

No obstante, la interpretación de los resultados de un agua de riego deben hacerse no solo atendiendo su aspecto químico, sino también en la interacción con los otros factores específicos bajo los cuales se conduce la experiencia (suelo-cultivo-clima). Así, si bien el nivel de salinidad de esta muestra es relativamente alto y destinarla para riego por aspersión podría traer problemas tóxicos para el vegetal, debe tenerse presente que el principal componente de esta pastura es alfalfa que es un cultivo moderadamente tolerante al daño foliar causado por la aspersión con agua salina (Guitjens 1990) y además esta tolerancia se acentúa cuando -como en este caso- la sal predominante es SO₄Na₂ (Rogers et al, 1998).

Por otra parte, debe notarse que la experiencia se condujo en una región subhúmeda y que durante los años de ensayo las lluvias excedieron la media anual de 801 mm (Seiler et al, 1995) produciéndose un lavado natural de las sales que son llevadas en profundidad.

En esta situación no se analizó el ion boro, no obstante, el principal componente de esta pastura (alfalfa), es un cultivo tolerante a la aplicación de este elemento con el agua de riego (Hoffman et al 1990). Los efectos nocivos del nivel de salinidad y

del carbonato sódico residual se ven atenuados teniendo presente la textura del suelo y una precipitación media anual por encima de 700 mm. No obstante, la salinidad puede afectar la supervivencia de la bacteria Rhizobium en la fijación simbiótica del nitrógeno (Smith 1993).

Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	12,68
Conductividad Eléctrica (CE) en dS/m	1,73
Carbonato Sódico Residual (CSR) en meq l ⁻¹	4,26
pH	7,80
RASajustado	27,63
Grado de dureza (° Hidrom. Franceses)	14,43
Medianamen.dulce	
Porcentaje relativo de sodio (%)	82,35
Concentración total de sales (meq l ⁻¹)	36,31
Contenido de sales totales (mg l ⁻¹)	1107,2
Presión osmótica (bares)	0,62
Abonado extra por potasio (kg ha ⁻¹ año)	
(Suponiendo que el cultivo recibió 500 mm anuales)	74,29
Efecto del ion cloro (meq l ⁻¹)	4,69
Indice de magnesio (meq l ⁻¹)	48,61

Tabla 2. Resultado del análisis químico del agua de riego. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

Respecto a su interacción con el recurso suelo y cuando no haya posibilidad de usar otra fuente de agua como en este caso, es interesante hacer un estudio no sólo desde un punto de vista estático del agua de riego sino también dinámico, infiriendo su evolución en la solución del suelo, cuantificando las variaciones que tienen lugar en las concentraciones de las sales, particularmente las poco solubles que pueden precipitar manejando el riego con prolongados intervalos con lo que se retirarían iones bivalentes de la solución y, en consecuencia, modificándose su composición original. Concretamente ésta es un agua sulfatada sódica que requiere un manejo especial ya que tiene muy bajo contenido de cationes bivalentes. Al concentrarse sólo dos veces en la solución del suelo, duplica su nivel de salinidad y la relación de adsorción de sodio toma valores muy perjudiciales. Esto sucede al retirarse gran parte del poco calcio y magnesio original en combinación con los carbonatos y bicarbonatos que precipitan al alcanzar su límite de solubilidad.

Bajo estas condiciones, siempre es aconsejable el uso de sistemas de riego presurizados que permiten un manejo más flexible en la aplicación del agua de riego.

Entre Agosto/95 y Agosto/96 se efectuaron 17 riegos aplicando una lámina neta de 600 mm; entre

Agosto/96 y Agosto/97 se efectuaron 15 riegos para una lámina neta de 487 mm y entre Agosto/97 y Agosto/98 se realizaron 5 riegos para una lámina neta de 160 mm. El total de agua recibida por la pastura en los tres ciclos agrícolas, teniendo en cuenta la precipitación efectiva, fue de 1205 mm, 1014 mm y 1043 mm respectivamente.

Los muestreos de suelo se hicieron sistemáticamente empleando el método gravimétrico utilizando para las tomas de muestra un barreno sacabocados Vehmeyer que permite la obtención de una columna continua de suelo secando a estufa a 105 ° C hasta peso constante, para determinar porcentaje de humedad a cuatro profundidades (0-10 cm, 11-25 cm, 26-46 cm y 47-100 cm).

Los muestreos de forraje se realizaron tomando dos muestras por parcela en cada una de las repeticiones, luego en laboratorio se separaron alfalfa de gramíneas llevando a estufa con circulación de aire forzado a 60 ° C hasta peso constante.

Los muestreos se realizaron al 10 % de floración de alfalfa en primavera - verano y con intervalos de 50-60 días en otoño - invierno. Luego se cosechó el forraje, en un caso en forma mecánica, pasando una desmalezadora con rastrillado y recolección del forraje segado y, en el otro, empleando una alta carga animal instantánea (pulsos de pastoreo), dejando un remanente de corte no inferior a 5 cm.

Se efectuaron 8, 7 y 6 cortes para los períodos 95/96, 96/97 y 97/98 respectivamente.

Precipitación y riegos

En la Figura 3, se observa cuál fue la sucesión de la precipitación efectiva en el tiempo y la evolución de la humedad en el suelo para los tres períodos de estudio, considerando los valores promedios de las parcelas bajo riego para una profundidad del perfil del suelo de 1 m. Por otra parte, se ha indicado mediante flechas para cada ciclo la distribución temporal de los diferentes riegos y el momento exacto de su aplicación.

Además, se han marcado tres puntos característicos por los que pasan los planos que hacen referencia a capacidad de campo (Wc), punto de marchitez incipiente (Wi) y punto de marchitez permanente (Wm) con 174 mm, 127 mm y 80 mm de lámina de agua almacenada respectivamente.

Donde Wc, Wi y Wm corresponde a capaci-

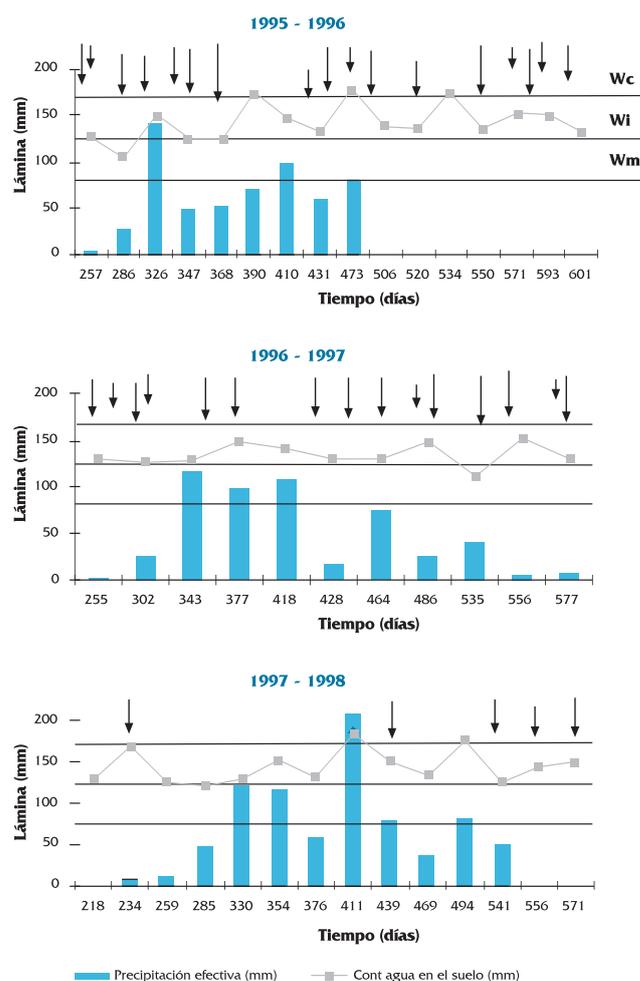


Fig. 3. Precipitación efectiva, evolución del agua en el suelo y riegos en una pastura consociada. 1995/96, 1996/97 y 1997/98. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

dad de campo, punto de marchitez incipiente y punto de marchitez permanente respectivamente.

Si bien la eficiencia del uso del agua, es definida como la cantidad de producto obtenido por unidad de agua consumida producto de la evapotranspiración del cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1977); en este trabajo los cálculos de eficiencia del uso del agua fueron modificados, teniendo en cuenta la cantidad total de agua recibida por el cultivo, afectado por la correspondiente eficiencia de riego y un coeficiente que determinó la precipitación efectiva (Hussain y Al-Jaloud, 1998). Por lo tanto:

$$WUE (kg m^{-3}) = \frac{Biomasa\ total (kg\ ha^{-1})}{Total\ de\ agua\ aplicada (m^3\ ha^{-1})} \quad (1)$$

Para realizar el análisis estadístico de la eficiencia del uso del agua, se utilizó un modelo de análisis de la varianza siguiendo un diseño de parcelas subdivididas en bloques completos al azar.

Para la adecuación de dicho modelo fueron testeados los componentes aleatorios Normal y Gama (McCullagh and Nelder, 1989) a los efectos de obtener estimaciones confiables de los parámetros correspondientes a los efectos principales y de interacción. Los ajustes fueron llevados a cabo en el programa GLIM40.8 (Francis et al, 1994). Para la obtención de resultados acerca de la naturaleza de la interacción fueron construidos contrastes específicos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de infiltración

Se analizaron por separado las ecuaciones resultantes de los ensayos de infiltración en condiciones de secano y bajo riego para comprobar el efecto del pisoteo del animal ante diferentes niveles de humedad. En el caso de las parcelas que no recibieron riego, la tasa de infiltración del agua en el suelo se mantuvo en el tiempo y fue levemente superior al finalizar los tres años de ensayo. En las parcelas bajo riego, el comportamiento fue similar, no evidenciándose mayores modificaciones de las propiedades físicas del suelo, por lo que aún con mayores niveles de humedad el efecto “esperado” de compactación de suelo y reducción de la tasa de infiltración no se manifestó. Los valores promedios de peso específico aparente del suelo fueron de 1.35 g cm^{-3} para los primeros horizontes lo cual indica que no se ha producido ninguna alteración de la porosidad del suelo respecto al valor original de referencia. Esto podría deberse a la forma de aprovechamiento de la pastura por parte del animal, realizando “pulsos de pastoreo”, con alta carga, llegando rápidamente al umbral de corte fijado, por lo que fue mínimo el tiempo de contacto u oportunidad de pisoteo del animal.

Esta estabilización y más aún, mejoramiento de la tasa de infiltración en el tiempo, puede deberse entre otras cosas, a la formación de canales o macroporos por descomposición de raíces de la pradera que incrementa la porosidad y la permeabilidad

del suelo, aumento de la población de lombrices y ciclos de humedecimiento-deseccación lo cual es coincidente con la apreciación de otros autores (Meek et al 1989, Meek et al 1990, Zemenchik, 1996).

Producción de materia seca

En la Figura 4 se ha representado la producción de materia seca teniendo en cuenta los cuatro tratamientos y considerando un promedio general, o sea sin tener en cuenta la variedad de alfalfa que participó en la mezcla forrajera, señalando los valores del error estándar respectivo. Se observa que en la comparación de todos los tratamientos para cada año, la combinación riego y corte mecanizado (CRSA), registró los mejores resultados en los tres ciclos agrícolas ensayados.

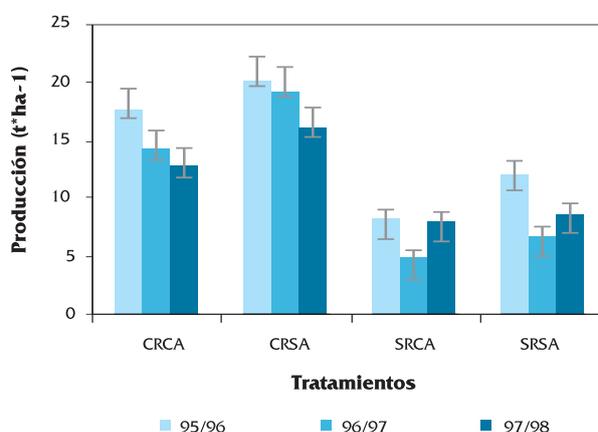


Fig. 4. Producción de materia seca anual de la pastura en (t ha^{-1}) durante los años 1995/96, 1996/97 y 1997/98. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

En las parcelas regadas, tanto en presencia como ausencia de animales en el aprovechamiento de la pastura, no hubo diferencias significativas en los dos últimos ciclos agrícolas, pero si entre el primero y el último ($P < 0.05$); mientras que en condiciones de secano, se puede apreciar que el año 1995/96 respecto al 1996/97, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) y altamente significativas ($P < 0.01$) cuando el utilización de la pastura se hizo con o sin animales respectivamente.

	Alfalfa			Gramíneas			Material muerto		
	95/96	96/97	97/98	95/96	96/97	97/98	95/96	96/97	97/98
CRCA	15.1	12.1	10.4	1.35	0.77	1.52	1.28	1.44	0.99
CRSA	17.4	15.4	11.3	1.89	2.67	4.00	0.93	1.20	0.78
SRCA	7.2	4.5	5.7	0.26	0.09	0.27	0.71	0.58	0.66
SRSA	10.7	6.1	8.0	0.52	0.04	0.10	0.84	0.65	0.38

Tabla 3. Producción de materia seca anual (t ha^{-1}) de alfalfa, gramíneas y material muerto para los ciclos 1995/96, 1996/97 y 1997/98. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de producción de materia seca para cada año que duró la experiencia y según los distintos tratamientos, pero en este caso, evaluando por separado los componentes de la pastura, donde el rendimiento total de alfalfa se presentó independientemente si se tratara de la variedad Ici 990 o Monarca INTA, mientras que la producción de gramíneas, comprendió la suma de cebadilla más festuca.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la producción total de la pastura consociada de los tres años para los diferentes tratamientos (valores medios y desvíos estándar a partir de tres repeticiones), pero considerando en este caso, en forma separada la participación de alfalfa Monarca Inta (Mo) e Ici 990 (990) en el ciclo agrícola 1997-1998 para una de las combinaciones de tratamiento. Todos los modelos ajustados para la estimación de los efectos de interés fueron adecuados y con componente aleatorio Gama, indicando asimetría de la distribución de la respuesta.

Este análisis estadístico a través de modelos de análisis de la varianza, indicó que la condición hídrica, en todos los ciclos agrícolas, y la variedad, en el último período observado, afectaron la producción de materia seca en forma altamente significativa ($P < 0.01$). Por su parte, el sistema de utilización afectó la producción en forma significativa ($P < 0.05$) en el ciclo 95/96 y en forma altamente significativa ($P < 0.01$) en el 96/97. En el ciclo 97/98, los niveles hídricos y el sistema de utilización de la pastura afectaron los rendimientos en forma significativa ($P < 0.05$) y altamente significativa ($P < 0.01$) respectivamente. Las interacciones no tuvieron significancia estadística sobre los rendimientos en los tres períodos analizados (Pagliaricci et al. 1998).

La eficiencia del uso del agua se muestra en la Tabla 5 que se ha dividido en dos partes a) y b) se-

gún que la pastura contenga la variedad de alfalfa Ici 990 o Monarca respectivamente. Analizando la parte a), se observa una eficiencia del uso del agua global como valor medio de todos los tratamientos ensayados fue de 1.44 kg m^{-3} , siendo el tratamiento CRSA el de mayor registro para los tres ciclos agrícolas y cuyo valor medio fue de 1.79 kg m^{-3} . Teniendo en cuenta los niveles hídricos, la pastura con riego superó en 22 % en la eficiencia del uso del agua a la pastura de secano.

En términos estadísticos el comportamiento es diferencial respecto del tiempo.

Cuando los cortes se realizaron en forma mecanizada, en los dos últimos años, los tratamientos regados mostraron una eficiencia del uso del agua promedio de 1.81 kg m^{-3} con un efecto del riego altamente significativo ($P < 0.01$) superando a las parcelas no regadas en un 50 %. Respecto al primer año y siempre en ausencia de animales, la situación cambió y la WUE fue un 21 % mayor en los tratamientos de secano respecto a los regados, lo que destaca la importancia en una pastura joven de la forma de aprovechamiento de la pastura. Así, para el mismo año pero independientemente de la forma de corte no hubo diferencias significativas entre los tratamientos regados y los no regados con 1.61 kg m^{-3} y 1.78 kg m^{-3} , respectivamente.

Analizando la parte b), se plantea una situación similar a la del caso a) en que la eficiencia del uso del agua global como valor medio de todos los tratamientos ensayados fue de 1.34 kg m^{-3} , siendo el tratamiento CRSA el de mayor registro para los tres ciclos agrícolas y cuyo valor medio fue de 1.63 kg m^{-3} . Teniendo en cuenta los niveles hídricos, la pastura con riego superó en 24 % en la eficiencia del uso del agua a la pastura de secano. Cuando los cortes se realizaron en forma mecanizada, en los dos últimos años, los tratamientos regados mostraron una eficiencia del uso del agua promedio de

Combinación de Tratamiento	Ciclo Agrícola		
	1995 - 1996	1996 - 1997	1997 - 1998
CR CA ⁽¹⁾	17.70 ± 0.85	14.35 ± 1.55	13.00 ± 0.82
CR SA ⁽¹⁾	20.11 ± 1.75	19.30 ± 1.60	16.05 ± 1.61
SR CA ⁽²⁾	8.15 ± 0.40	5.15 ± 0.55	Mo 9.10 ± 1.22
			990 7.50 ± 0.40
SR SA ⁽¹⁾	12.05 ± 0.50	6.85 ± 0.61	8.55 ± 0.84

(1) Combinando Alfalfa Monarca (Mo) e Ici (990) para el promedio dada la falta de significancia
 (2) Valores promedios ahora considerando como combinación de tratamiento Alfalfa Monarca (Mo) e Ici 990 (990) en la composición de la pastura.

Tabla 4: Producción de la biomasa total (t ha^{-1}) de MS (valores promedios y desvío estándar), en los ciclos agrícolas 1995/95, 1996/97 y 1997/98, para los distintos tratamientos y considerando Alfalfa Monarca (Mo) e Ici (990) en la composición de la pastura. Campo Pozo del Carril. La Aguada-Córdoba

COMPORTAMIENTO HÍDRICO Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN UNA PASTURA CONSOCIADA.

A) PASTURA CON ALFALFA Ici 990 EN LA COMPOSICIÓN

Trata- miento	año	P.media	Riego	R + Pe	WUE
		kg ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	kg m ⁻³
CRCA	5/6	17988	6000	12050	1.49
CRCA	6/7	14895	4870	10140	1.47
CRCA	7/8	12765	1600	10430	1.22
CRSA	5/6	20953	6000	12050	1.74
CRSA	6/7	20712	4870	10140	2.04
CRSA	7/8	16499	1600	10430	1.58
SRCA	5/6	8803	0	6050	1.46
SRCA	6/7	5580	0	5270	1.06
SRCA	7/8	7179	0	8830	0.81
SRSA	5/6	12729	0	6050	2.10
SRSA	6/7	7335	0	5270	1.39
SRSA	7/8	8878	0	8830	1.01

B) PASTURA CON ALFALFA MONARCA EN LA COMPOSICIÓN

Trata- miento	año	P.media	Riego	R + Pe	WUE
		kg ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	kg m ⁻³
CRCA	5/6	17425	6000	12050	1.45
CRCA	6/7	13758	4870	10140	1.36
CRCA	7/8	13159	1600	10430	1.26
CRSA	5/6	19493	6000	12050	1.62
CRSA	6/7	17886	4870	10140	1.76
CRSA	7/8	15633	1600	10430	1.50
SRCA	5/6	7566	0	6050	1.25
SRCA	6/7	4688	0	5270	0.89
SRCA	7/8	8964	0	8830	1.02
SRSA	5/6	11422	0	6050	1.89
SRSA	6/7	6353	0	5270	1.21
SRSA	7/8	8476	0	8830	0.96

Tabla 5. Eficiencia del uso del agua en la pastura consociada. Campo Pozo del Carril. La Aguada. Río Cuarto. Córdoba.

1.63 kg m⁻³ con un efecto del riego altamente significativo (P<0.01) superando a las parcelas no regadas en un 51 %. Con referencia al primer año y siempre en ausencia de animales, la situación fue distinta y la WUE fue un 17 % mayor en los tratamientos de secano respecto a los regados. Ahora para el mismo año pero con independencia de la forma de corte, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos regados y los no regados con 1.53 kg m⁻³ y 1.57 kg m⁻³, respectivamente.

CONCLUSIONES

1) El aprovechamiento mecanizado de una pastura consociada bajo riego, es una de las mejores alternativas que deberían introducirse en este sistema productivo agropecuario regional y recomendando la inclusión de la variedad de alfalfa Ici 990 en la composición de la mezcla forrajera.

2) Se ha demostrado que la eficiencia del uso del agua fue superior en un 23 % en la pastura regada respecto a la de secano, independientemente de la variedad de alfalfa presente en su composición.

3) Los ensayos de capacidad de infiltración del agua en el suelo, junto a las mediciones de peso específico aparente del mismo a lo largo de los tres ciclos ensayados, permiten aseverar que no se han producido disturbios en las propiedades físicas del suelo como consecuencia del pisoteo del animal, aún con buenos niveles de humedad.

LISTA DE SIMBOLOS

- A** Forma de pastoreo
- Año 5/6** Ciclo 1995/96
- Año 6/7** Ciclo 1996/97
- Año 7/8** Ciclo 1997/98
- CA** Con animales
- CR** Con riego
- Nh** Niveles hídricos
- Pe** Precipitación efectiva
- PEA** Peso específico aparente
- SA** Sin animales
- SR** Sin riego
- V** Variedad
- Wc** Capacidad de campo
- Wi** Punto de marchitez incipiente
- Wm** Punto de marchitez permanente
- WUE** Eficiencia del uso del agua

REFERENCIAS

- Ayers, A.S. y D.W. Westcot. (1976). Calidad del agua para la agricultura. 29. FAO. Roma.
- Batchelor, C., C. Lovell y M. Murata. (1996). Simple microirrigation techniques for improving irrigation efficiency on vegetable gardens. *Agricultural Water Management* 32:37-48.
- Bolger, T.P. y A.G. Match. (1990). Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop Science* 30:143-148.
- Buscaglia, H.J., H.M. van Es, L.D. Geohring, H.C.A.M. Vermeulen, G.W. Fick y R.F. Lucey. (1994). Alfalfa yield and quality are affected by soil hydrologic conditions. *Agronomy Journal* 86:535-542.
- Cánovas Cuenca, J. (1980). Calidad Agronómica de las Aguas de Riego. Publicaciones de Ext. Agraria. p. 1-

55. Madrid.
- Costa, J.L., L. Prunty, B.R. Montgomery, J.L. Richardson and R.S. Alessi. (1991). Water quality effects on soils and alfalfa: II. Soils physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*. 55:203-209.
- De Pascale, S. Y G. Barbieri. (1995). Effects of salinity from long-term irrigation with saline -sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. *Scientia Horticulturae*. 64:145-157.
- Doorenbos, J y Pruitt, W.O.. (1977). *Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage. Paper 24. FAO. Roma. Italia.*
- Francis, B., M. Green y C. Payne. (1994). *The Statistical System for Generalized linear Interactive Modelling. Oxford Science Publication. Clarendon Press. Oxford.*
- Gomez, K.A. y A.A. Gomez, (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research. Second Edition. An International Rice Research Institute Book. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley y Sons, Inc. USA.*
- Grimes, D.W., P.L. Wiley y W.R. Sheesley, (1992). Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation. *Crop Science* 32:1381-1387.
- Guitjens, J.R, (1990). Alfalfa. *Irrigation of Agricultural Crops, Agronomy Monograph n° 30. 537-568. Madison, WI.*
- Hershey, D.R. (1993). Evaluation of irrigation water quality. *The American Biology Teacher*. 55(4) :228-232.
- Hoffman, G.J., J.D. Rhoades, J. Letey y F. Sheng. (1990). Salinity management. *Management of Farm Irrigation Systems. ASAE. P. 667-715. USA.*
- Hoffman, G.T. y D.L. Martín. (1998). Sistemas mejorados de riego superficial. *Dpto. de Ingeniería de Sistemas Biológicos. Rev. Int. De Agua y Riego. p. 4-8. Universidad de Nebraska. E.E.U.U.*
- Hussain, G. and A.A. Al-Jaloud.(1998). Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. *Agricultural Water Management*. 36: 55 - 70.
- INDEC. (1988). *Censo Nacional Agropecuario. Argentina.*
- Kimbell, M.K., W.W. Miller, C.N. Mahannah y E.H. Jensen. (1990). Applied water requirements for sprinkler irrigated alfalfa in western Nevada. *Applied Agricultural Research* 5(4): 68-275.
- McCullagh, P. y J. Nelder. (1989). *Generalized Linear Models. Chapman and Hall.*
- Meek, B.D., E.R. Rechel, L.M. Carter, and W.R. DeTar. (1989). Changes in infiltration under alfalfa as influenced by time and wheel traffic. *Soil Science Society of America Journal*. 53:238-241.
- Meek, B.D., W.R. DeTar, D. Rolph, E.R. Rechel y L.M. Carter. (1990). Infiltration rate as affected by an alfalfa and no-till cotton cropping system. *Soil Science Society of America Journal*. 54:505-508.
- Pagliaricci, H.R., R.J. Crespi, A.R. Rivetti, A. Ohanian y T. Pereyra. (1998). Riego en Paturas Consociadas en el Centro-Sur de Córdoba. *Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 18. En prensa.*
- Prunty, L., B.R. Montgomery and M.D. Sweeney. (1991). Water quality effects on soils and alfalfa: I. Water use, yield, and nutrient concentration. *Soil Science Society of America Journal*. 55:196-202.
- Rechel, E.A., W.R. DeTar, B.D. Meek y L.M. Carter. (1991). Alfalfa (*Medicago sativa* L.) water use efficiency as affected by harvest and soil compaction in a sandy loam soil. *Irrigation Science* 12:61-65.
- Rickard, D.S. y S.D. McBride. (1987). Soil moisture records under irrigated and non-irrigated pasture. *Winchmore Irrigation Research Station. Technical Report 23. 28pp.*
- Rogers, M.E., C.M. Grieve, and M.C. Shannon. (1998). The response of lucerne (*medicago sativa* L.) to sodium sulphate and chloride salinity. *Plant and Soil* 202(2):271-280.
- Seiler, R., R. Fabricius, V. Rotondo y M. Vinocur. (1995). *Agroclimatología de Río Cuarto 1973/1993. Cátedra de Agrometeorología. Fac. Agr. Y Vet. UNRC.*
- Smith, S.E. (1993) . Salinity and the production of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). In M. Pessarakli (ed). *Handbook of Crop Stress. Marcel Dekker, Inc., New York. Pp. 431-448.*
- Soto K.,L. y H. López T. (1986). Evaluación de sistemas de siembra de la mezcla alfalfa (*Medicago sativa* L.)/paso ovillo (*Dactylis glomerata* L.), bajo dos niveles de nitrógeno y manejados bajo cortes. *Agricultura Técnica Chile* 46 (1):53-58.
- Zemenchik R. A., N.C. Wollenhaupt, K.A. Albrecht y A.H. Bosworth. (1996). Runoff, Erosion, and Forage Production from Established Alfalfa and Smooth Bromegrass. *Madison. Agronomy Journal* 88: 461-466.