

Efecto del régimen de riego en el rendimiento de alfalfa para corte en el Valle Central de Catamarca, Argentina

Effect of irrigation on the yield of alfalfa for hay in Valle Central of Catamarca, Argentina

Pablo Enrique Demin¹

Juan José Aguilera^{†2}

Originales: Recepción: 25/04/2011 - Aceptación: 18/04/2012

RESUMEN

En la provincia de Catamarca existe una gran superficie cultivada con alfalfa bajo riego. La falta de conocimiento de los requerimientos hídricos del cultivo en esta zona es un grave inconveniente. Con el objeto de subsanar este problema, se realizó en el Valle Central un ensayo de riego con un diseño en bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la reposición de humedad al suelo a distintos umbrales: 75, 50, 25 y 0% de la capacidad de almacenamiento total de agua del suelo. Se evaluó la producción de materia seca en cada tratamiento durante siete cortes. Los resultados mostraron que al regar con un umbral del 75 o del 50% se obtienen rendimientos promedio similares de materia seca: 25.674,4 kg.ha⁻¹.año⁻¹ y 24.215,4 kg.ha⁻¹.año⁻¹ respectivamente. El trabajo muestra que hay diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre las medias de estos tratamientos con respecto a los otros dos, que tienen rendimientos inferiores: 16.366,7 kg.ha⁻¹.año⁻¹ para el umbral de riego del 25% y de 9.970,9 kg.ha⁻¹.año⁻¹ para un umbral del 0%. Se concluyó que la producción del cultivo disminuye considerablemente con intervalos de riego muy prolongados.

ABSTRACT

In the province of Catamarca there is a large area planted with alfalfa. Lack of knowledge of crop water requirements in this area constitutes a serious problem. An irrigation experiment was conducted in randomized blocks in Valle Central with four treatments and four replications. The treatments consisted in replenishing soil moisture content at different thresholds: 75, 50, 25 and 0% of the total soil water storage capacity. Dry-matter production per treatment was evaluated in seven cuttings. Results showed that when irrigating with a 75 and a 50% threshold, similar dry-matter yields were obtained equivalent to 25,674.4 kg ms.ha⁻¹ and 24,215.4 kg ms.ha⁻¹, respectively. Significant differences were found ($p < 0.0001$) between the means of these treatments and the other two treatments. An irrigation threshold of 25% yielded less than 16,366.7 kg.ha⁻¹ and an irrigation threshold of 0% yielded less than 9,970.9 kg.ha⁻¹. It can be concluded that alfalfa production is significantly reduced when irrigation intervals are very long.

Palabras clave

alfalfa • materia seca • rendimiento • riego

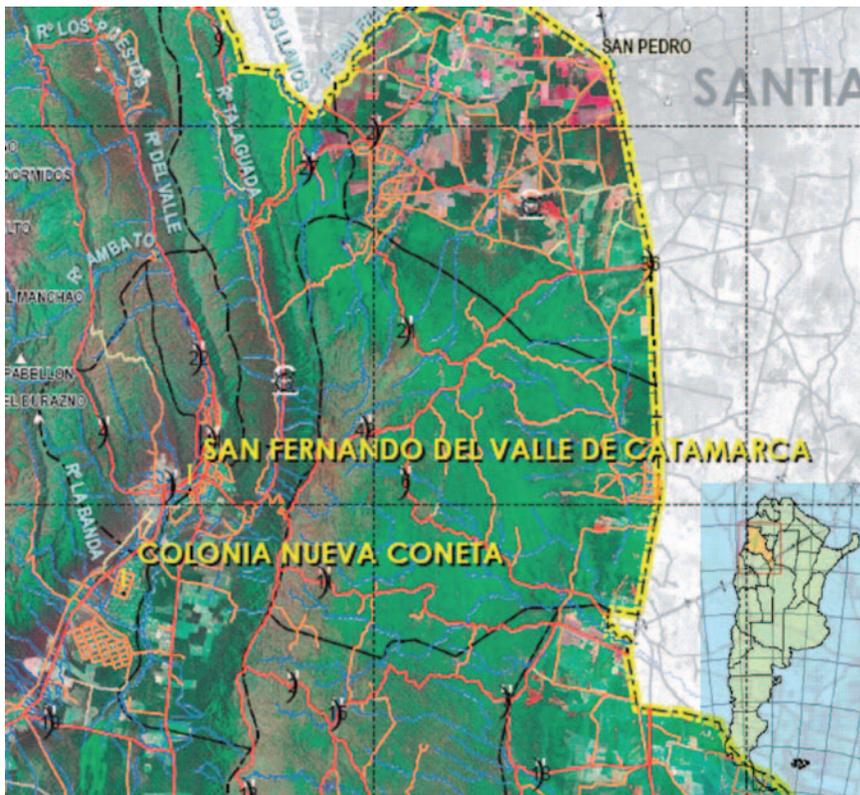
Keywords

alfalfa • dry matter • yield • irrigation

- 1 Estación Experimental Agropecuaria Catamarca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ruta 33 km 4,5. (K4705) Sumalao, Valle Viejo, Catamarca. Argentina. pedemin@correo.inta.gov.ar
- 2 INTA Centro Regional Mendoza-San Juan. Acceso Sur y Araóz. C. C. 3. (5507) Luján, Mendoza, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Catamarca existe un total de aproximadamente 24.140 ha que se encuentran bajo riego, mediante sistemas por gravedad que utilizan fuentes de aguas superficiales provenientes de las lluvias de verano, lo cual condiciona la cantidad de agua para riego durante los meses de agosto a diciembre, período en el que casi no hay precipitación. Esto hace que la falta de agua para riego sea un problema generalizado al final de la estación seca, lo que sumado a una elevada evapotranspiración, conduce a un balance hídrico negativo en ese período. A partir de diciembre se incrementan las precipitaciones y, por ende, el agua disponible para riego hasta el otoño-invierno (16) (figura 1).



Fuente: Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos (4).

Source: Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos (4).

Figura 1. Valle Central de Catamarca y sus ríos.

Figure 1. Catamarca's Valle Central and its rivers.

Bajo riego por gravedad se realizan cultivos tradicionales, tales como tabaco y citrus en la zona este de la provincia, hortalizas y citrus en la zona centro y frutales (nogal, vid y olivo) en la zona oeste. En todas ellas es importante, además, el cultivo de la alfalfa bajo riego.

Del total de hectáreas que se encuentran bajo riego superficial, el 13% (3.289,9 ha) está destinado al cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) para forraje (predominante) y semilla (12).

El Valle Central de Catamarca posee buena aptitud para el cultivo de la alfalfa; tiene un clima con baja humedad relativa que genera menos problemas de enfermedades de hoja, y suelos permeables, que evitan el anegamiento. Uno de los inconvenientes de la zona -si se pretende obtener rendimientos aceptables y realizar además un uso eficiente del agua- es la falta de información local relativa al requerimiento hídrico de la alfalfa.

Una de las metodologías para fijar con precisión la cantidad de agua a aplicar al cultivo y el momento de su aplicación, es calcular su requerimiento hídrico en función de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) y del coeficiente de cultivo (K_c) (5), y así determinar el adecuado régimen de riego (7). Se entiende por ello la reposición de humedad del perfil de suelo explorado por las raíces, partiendo de un determinado umbral de riego (cantidad de agua remanente en el suelo) hasta alcanzar la capacidad de campo.

Resulta importante destacar los elevados rendimientos de este cultivo que, en algunos casos, llegó a superar los 15.000 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de materia seca citados por Saeed & El-Nadi (22) y Godoy Avila *et al.* (8). A nivel nacional existen trabajos que mencionan rendimientos de 24.000 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de materia seca en Santiago del Estero (25) y a nivel local, se encontraron rendimientos similares en el Valle Central de Catamarca (1).

Teniendo en cuenta los antecedentes descriptos precedentemente, el trabajo propone determinar el comportamiento del cultivo de alfalfa para heno ante distintos regímenes de riego en el Valle Central de Catamarca. La hipótesis plantea que la reposición de humedad del suelo con distintos umbrales de riego no produce variaciones en el rendimiento.

Los resultados estarán destinados a orientar el manejo del cultivo, considerando la prolongada duración del ciclo del mismo que permite ocho a nueve cortes (25) y a reducir el impacto de la escasez de agua de riego en el período agosto a diciembre (18).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la región central de la Provincia de Catamarca, particularmente en el Valle Central, ubicado en la zona árida, entre los 28,5° y 29° de latitud Sur y los 66° de longitud Oeste. El clima en la región central es subtropical seco, la temperatura media anual es de 24°C, con máximos absolutos de 45°C. La lluvia ocurre desde diciembre a marzo y el promedio anual es de 350 mm. El promedio de evaporación (tanque tipo A) medido en el observatorio meteorológico de Sumalao (Valle Viejo, Catamarca) es de 7,5 mm/día (14).

El suelo del ensayo es representativo del Valle Central de Catamarca, de origen aluvial, con importante presencia de limo, junto con arena fina y arcilla. La textura es franco limosa en todo el perfil. El contenido de humedad a capacidad de campo -determinado en el campo- fue de 21,43%, equivalente a 352 mm y su pH fue de 8,5 lo cual lo califica como fuertemente alcalino. La salinidad, expresada como Conductividad Eléctrica (CE) a 25°C, obtenida por el método de la pasta saturada, resultó baja (suelo no salino: inferior a 2 dS.m⁻¹) y la densidad aparente, en promedio, fue de 1,31 gr.cm⁻³ de suelo.

La variedad seleccionada fue Armona y la siembra se realizó a razón de 25 kg.ha⁻¹, con 140 semillas.m⁻¹ y una distancia entre líneas de 20 cm. El ensayo se realizó en una parcela de 600 m² y las dimensiones de las unidades experimentales fueron de 5 m x 5 m (25 m²) con un área útil de 4 m² (2 m x 2m) en el centro de la parcela, lugar elegido para extraer las muestras de materia fresca.

Los muestreos de humedad de suelo se efectuaron en los laterales de la parcela, lo más cerca posible de la zona de muestreo de materia húmeda, para evitar el pisoteo de la materia verde en la zona útil.

Los tratamientos de riego consistieron en la reposición de agua hasta alcanzar la capacidad de campo cuando el agotamiento por parte del cultivo llegara a distintos umbrales de agua útil: 75, 50, 25 y 0%, tratamientos T1, T2, T3 y T4, respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (16 parcelas en total). Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron las siguientes mediciones:

- Contenido de humedad del suelo mediante muestreos gravimétricos para conocer cuándo se alcanza el umbral de riego de cada tratamiento, con registros semanales a 15, 30, 50, 75, 100 y 120 cm de profundidad. En laboratorio se pesaron las muestras recién extraídas para obtener el peso húmedo, se las llevó a estufa a 110°C durante 48 horas (hasta obtener peso constante) y se determinó el peso seco.
- Lámina de riego aplicada a cada tratamiento. Las parcelas se regaron con mangueras de 1 pulgada (25 mm) y se aforó volumétricamente el agua agregada en el momento del riego.
- Rendimiento en materia fresca y seca mediante la extracción manual de muestras en el momento de corte, cuando en el cultivo existe un 10% de floración (9, 10). Las muestras se pesaron para obtener el peso fresco y se las llevó a estufa a una temperatura de 65-70°C durante 72 horas con circulación de aire forzado para obtener el peso seco (21).
- Registro en los distintos tratamientos de la producción de materia seca en cada corte y en total. Mediante el análisis de varianza (ANOVA), y utilizando el programa estadístico InfoStat (11) si se encontraban diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a la comparación de las medias de los tratamientos mediante el test de Tukey ($p \leq 0,05$) citado por Steel y Torrie (26).

RESULTADOS

En la tabla 1 puede verse la lámina total de agua aplicada en cada tratamiento, durante el ciclo, sumado a 210 mm que fueron suministrados anteriormente al corte de limpieza, al inicio de los tratamientos. Se indica también el número total de riegos efectuados.

Tabla 1. Lámina total aplicada y número de riegos en los distintos tratamientos desde siembra hasta fin de la temporada de crecimiento.

Table 1. Total water depth applied and number of irrigations per treatment from seeding to the end of growing season.

Tratamiento	Lámina total (mm)	Número de riegos
T1	1704,1	35
T2	1705,3	18
T3	1771,5	14
T4	1730,6	9

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis estadístico referidos a materia seca total (siete cortes y cuatro repeticiones por tratamiento).

Tabla 2. Análisis estadístico de los resultados de rendimiento de materia seca total en cada tratamiento.

Table 2. Statistical analysis of the results of total dry matter yield per treatment.

Tratamientos	Rendimiento total (kg ms.ha ⁻¹)	Desviación estándar
T1	25.674,4 a	2.000,7
T2	24.215,4 a	1.894,9
T3	16.366,7 b	746,0
T4	9.970,9 c	977,8
p	p < 0,0001	

Se puede apreciar que existen diferencias significativas entre las medias de T1 y T2 respecto de las de T3 y T4 y entre las de T3 y T4. En el análisis de la varianza efectuado a cada uno de los cortes se demuestra que, a excepción del cuarto, en todos los cortes existen diferencias significativas ($p < 0,0001$). Por ello, para saber cuáles tratamientos diferían significativamente entre sí se realizó el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Los resultados se pueden observar en la tabla 3 (pág. 178): no existen diferencias significativas entre T1 y T2 en ningún corte y tampoco entre T3 y T4 en el cuarto corte.

Tabla 3. Media de rendimientos de materia seca, desviaciones estándar y valores p, para cada tratamiento por corte.

Table 3. Mean dry matter yield, standard deviation and p values per treatment and cutting.

Tratamientos	Rendimiento en materia seca por cortes (media y desviación estándar)						
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
T1 (75%)	3629,8 a ± 345,4	3481,4 a ± 422,9	3757,6 a ± 378,1	3581,7 a ± 336,0	3619,1 a ± 290,9	3729,6 a ± 315,5	3875,4 a ± 361,2
T2 (50%)	3334,6 a ± 270,3	3192,8 a ± 405,8	3493,4 a ± 270,7	3683,2 a ± 334,4	3609,8 a ± 605,0	3402,7 a ± 287,67	3498,5 a ± 331,2
T3 (25%)	2072,5 b ± 429,0	2204,6 b ± 345,0	2286,8 b ± 329,7	2709,3 b ± 284,6	2613,23 b ± 519,43	2489,2 b ± 336,6	1991,1 b ± 543,4
T4 (0%)	1231,1 c ± 200,3	1254,5 c ± 302,8	1147,3 c ± 229,4	2388,8 b ± 496,9	1542,30 c ± 403,25	1369,1 c ± 420,41	1037,8 c ± 266,1
Valores p	p<0,0001	p=0,0001	p<0,0001	p=0,0022	p=0,0001	p<0,0001	p<0,0001

En la figura 2 se presentan los rendimientos de materia seca obtenidos en el ciclo de cultivo para cada tratamiento.

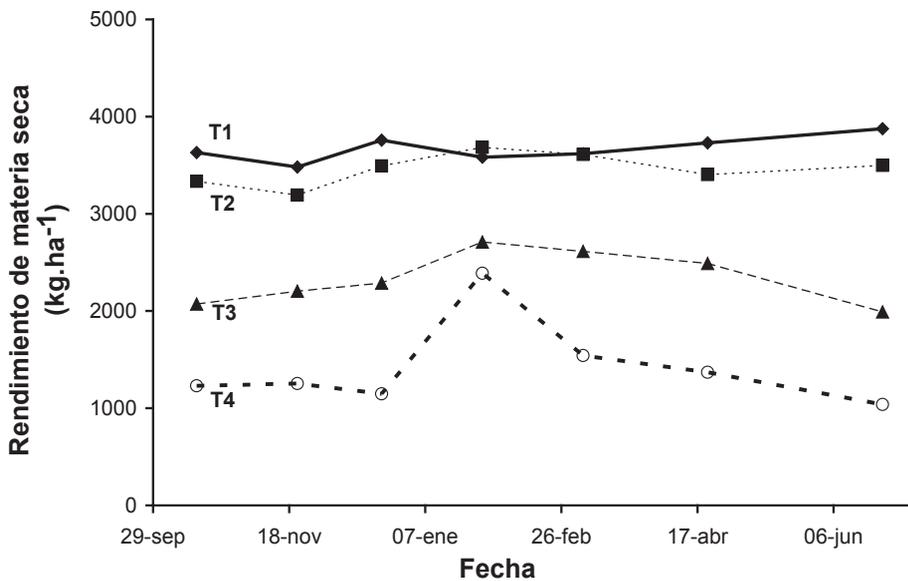


Figura 2. Rendimientos de materia seca por corte en los diferentes tratamientos.

Figure 2. Dry matter yield per treatment and cutting.

DISCUSIÓN

Analizando la producción de materia seca de cada uno de los cortes (tabla 3 y figura 2), se puede afirmar que los primeros cortes de primavera no representan una porción significativa de la producción total anual. Este resultado no coincide con lo encontrado por Orloff *et al.* (17).

Comparando rendimientos por corte y número de riegos en cada tratamiento puede advertirse que, para una misma cantidad de agua aplicada, existen -en función de los distintos intervalos de riego- diferencias significativas de T1 y T2 respecto de T3 y T4 en todos los cortes. También se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T3 y T4 en todos los cortes, a excepción del cuarto.

Una explicación a ello es que, a pocos días de efectuado el riego en T4, se produjeron dos precipitaciones importantes (una de 33 mm y otra de 28,5 mm), justo a mitad del ciclo y entre los dos cortes, por lo que se incrementó el aporte de agua al T4, mientras el T3 todavía no había recibido ningún riego.

Los rendimientos medidos en T1 y T2 coinciden con los valores de 27 Tn.ha⁻¹ de materia seca citados Spada (25) para el Valle Central de Catamarca en un total de nueve cortes. Con respecto a los rendimientos de materia seca, se coincide con autores como Figueroa-Viramontes *et al.* (6) quienes afirman que permanecen constantes a lo largo de los cortes.

Si bien resulta indiferente utilizar un umbral de riego del 75 ó 50% considerando las láminas aplicadas (T1 y T2 tuvieron rendimientos semejantes con similares aportes de agua), a los fines prácticos, en función del turnado de riego y de la disponibilidad de mano de obra en riego por superficie, es conveniente optar por un umbral de 50%. El T1 podría ser adecuado sólo en el caso de riego presurizado: menores láminas aplicadas y mayor frecuencia de riegos.

Los tratamientos que tuvieron un mayor intervalo entre riegos (T3 y T4) recibieron una cantidad total de agua ligeramente superior a los tratamientos con riego más frecuente (T1 y T2). Vale decir que umbrales inferiores al 50% no producen ahorro de agua. En esto no existe coincidencia con los resultados obtenidos por Putnam *et al.* (20) y Sammis (23), en cuyos trabajos se señala que al prolongar el intervalo entre riegos se obtuvo un ahorro apreciable de agua.

Por otra parte, se observa que cuando la disponibilidad de agua del suelo desciende a menos del 50% del agua útil, el rendimiento se reduce significativamente debido al estrés hídrico. En cuanto a esta afirmación, los resultados obtenidos coinciden con los trabajos de Carter & Sheaffer (3), Neyshabouri & Sadeghi (15), Fransen *et al.* (7), Irmak *et al.* (13). Asimismo, se encontraron diferencias con este último autor, para quien la humedad óptima del suelo se encuentra entre el 50 - 70% de la disponibilidad de agua. En el presente trabajo, el óptimo se encuentra con una disponibilidad de agua del 50% (T2). Con el 75% (T1) no se observaron mayores rendimientos que con el 50% de humedad del suelo.

Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento en materia seca manifiesta una respuesta lineal en función del contenido de agua del suelo hasta un umbral de riego del 50% (T2), lo que coincide con los trabajos de Putnam *et al.* (19), Bauder *et al.* (2), Sheaffer *et al.* (24) y Grimes *et al.* (9). A umbrales mayores no existe tal respuesta lineal.

A pesar del bajo rendimiento obtenido en el T4, cabe destacar la rusticidad de la alfalfa y su resistencia a la sequía, ya que la variedad produjo materia seca a pesar de crecer en condiciones de altas temperaturas y con intervalos de riego muy prolongados. Esta afirmación coincide con los resultados obtenidos por Peterson *et al.* (18), quien refiere rendimientos importantes en condiciones de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

- El rendimiento del cultivo disminuye considerablemente con intervalos de riego muy prolongados.
- La producción de materia seca presenta una respuesta lineal en función del contenido de humedad del suelo sólo hasta un umbral de reposición del 50%. A umbrales de riego mayores no existe tal respuesta.
- Cuando la disponibilidad de agua del suelo desciende a menos del 50%, el rendimiento se reduce significativamente debido a condiciones de estrés hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amorena, J. A. 1988. Respuesta de la alfalfa para corte a distintos regímenes de riego en el Valle Central de la Provincia de Catamarca. CONICET (sin publicar).
2. Bauder, J. W.; Bauer A.; Ramírez, J. M.; Cassel, D. K. 1987. Alfalfa Water Use and Production on Dryland and Irrigated Sandy Loam, *Agron. J.* 70, p. 95-99.
3. Carter, P. R.; Sheaffer, C. C. 1983. Alfalfa Response to Soil Water Deficits. I. Growth, Forage Quality, Yield, Water Use, and Water-Use Efficiency. *Crop Science* 23(4): 669-675.
4. Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos. 2008. Mapa del Valle Central de Catamarca y sus ríos. Secretaría del agua y el ambiente. Gobierno de la provincia de Catamarca.
5. FAO. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Serie FAO N° 33. Estudios del agua sobre riego y drenaje. Roma. 212 p.
6. Figueroa-Viramontes, R.; Berumen-Padilla, S.; Vazquez-Vazquez, C.; Orona-Castillo, I.; Martínez-Ríos, J.; López-Martínez, J.; Cabral-Valdez, F.; Salazar-Sosa, E. 2005. Ahorro de agua y crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) utilizando riego por goteo subsuperficial. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango, México. p.3.
7. Fransen, S.; Kugler, J.; Evans, D. W.; Ford, W. P. 2001. Alfalfa irrigation management. In: Drought Advisory, EM4824, Washington State University Cooperative Extension. 2 p.
8. Godoy Avila, C.; Pérez Gutiérrez, A.; Torrez E., C. A.; Hermosillo, L. J.; Reyes J., I. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia*. 37: 107-115.
9. Grimes, D. W.; Wiley, P. L.; Sheesley, W. L. 1992. Alfalfa yield and plant water relation with variable irrigation. *Crop Science*. 32: 1381-1387.
10. Hanson, B.; Putnam, D. 2006. Deficit Irrigation of Alfalfa. Publication 8291. Division of Agricultural and Natural Resources. University of California, Davis. p. 3.
11. InfoStat. 2004. InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
12. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Censo Nacional Agropecuario 2002.
13. Irmak, S.; Hay, D. R.; Anderson, B. E.; Kranz, W. L.; Dean Yonts, C. 2007. Irrigation management and crop characteristics of alfalfa. NebGuide G1778. University of Nebraska Lincoln.
14. Keisari, E.; Lidor, J.; Ecker, A.; Abitbol, J.; Nocetti, J.; Arroyo, R.; Pizarro, J. B.; Grigera, H. 1966. Planificación para el desarrollo integral de áreas restringidas. INTA Catamarca. 338. 161 p.

15. Neyshabouri, M. R.; Sadeghi, S. 2003. Growth, yield and water use efficiency of alfalfa under different methods of irrigation timing. *Agricultural Science (Tabriz)*. 13(2): 6. Pe77-Pe88.
16. Núñez Aguilar, F. A.; Álvarez de Toledo, J. M. 2004. El riego en la provincia de Catamarca. Banco Mundial. 93 p.
17. Orloff, S.; Putnam, D.; Hanson, B.; Carlson, H. 2005. Implications of deficit irrigation management of alfalfa. *Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium*. Visalia, CA. Davis 95616. p. 4.
18. Peterson, P. R.; Sheaffer, C. C.; Hall, M. H. 1992. Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal*, 84: 774-779.
19. Putnam, D.; Takele, E.; Kallenback, R.; Graves, W. 2000. Irrigating alfalfa in the Low Desert: Can summer dry-down be effective for saving water in alfalfa? Report submitted to the Bureau of USDI, Yuma, AZ. University of California.
20. Putnam, D.; Summer, C. G.; Orloff, S. B. 2007. Alfalfa Production Systems in California. Publication 8287 - chapter 7. Division of Agricultural and Natural Resource. University of California.
21. Rassini, J. B. 2001. Manejo de Água de Irrigação para Alfafa (*Medicago sativa* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30(6): 1681-1688.
22. Saeed, I. A. M.; El-Nadi, A. H. 1984. Comparative methods for estimation of water requirements of fodder sorghum and lucerne. MS thesis, University of Khartoum, Sudan.
23. Sammis, T. W. 1981. Yield of alfalfa and cotton as influenced by irrigation. *Agronomy Journal*. 73: 323-329.
24. Sheaffer, C. C.; Barnes, D. K.; Marten, G. C. 1988. Companion crop vs. solo seeding: Effect on alfalfa seeding year forage and N needs. *J. Prod. Agric.* 1: 270-274.
25. Spada, C. 2007. Avances en alfalfa (Ensayos territoriales). EEA INTA Manfredi. 17: 61-62.
26. Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. 1980. (2nd ed.). *Principles and procedures of statistic: a biometrical approach*. New York. Mc Graw-Hill Book Co. 633 p.