

# Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra

G. H. Sevilla, A. M. Pasinato<sup>1</sup> y J. M. García

Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.  
Hilario Ascasubi, Argentina

---

## Forage production and plant density of irrigated alfalfa comparing different seeding densities

**ABSTRACT.** Alfalfa is the most important forage species in the Colorado River Valley of Buenos Aires Province. However, there are no local data on the correct seeding density (sdn. den.) to obtain high forage production and persistence of the crop. A trial to compare plant density and forage production of irrigated alfalfa sown with different sdn. den. was conducted for 5 years on an entic Haplustol soil. Treatments were 286 ( $d_1$ ), 571 ( $d_2$ ), 857 ( $d_3$ ), and 1 143 ( $d_4$ ) viable seeds  $m^{-2}$  (dormancy category group 7) sown in rows with 0.15 m spacing. Total, leaf and stem forage production ( $kg DM ha^{-1} año^{-1}$ ) and plant density (number  $m^{-2}$ ) were estimated in a randomized complete block design with repeated measurements in time. The data were subjected to ANOVA, simple linear regression, slope equality test and Tukey's multiple range test ( $\alpha = 0.05$ ). Highest productions of total forage (18 021), leaf (10 366) and stem (7 655) were registered between the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> years. Total forage production was lower (by 1 364) at  $d_1$  than at the other sdn. den. Stem production did not differ between sdn. den. Leaf production was higher at  $d_4$  than  $d_1$ . Seeding efficiency (live seedlings/live seeds) was 77% at  $d_1$  and 42% at  $d_4$ . Plant number decreased progressively year by year at all sdn. den. Live plant number tended to be higher with increasing sdn. den. in all seasons. Simple linear regressions of live plant number ( $y$ ) on days since seeding ( $x$ ) were significant at all four sdb, den, b values being  $-0.11 a$  ( $d_1$ ),  $-0.16b$  ( $d_2$ ),  $-0.17bc$  ( $d_3$ ), and  $-0.20c$  ( $d_4$ ). Plant density threshold, below which forage production would be affected, was reached the 5<sup>th</sup> year at  $d_2$ ,  $d_3$  and  $d_4$  and the 4<sup>th</sup> year at  $d_1$ . Sdn. den higher than  $d_2$  involve an unnecessary additional cost of seed.

Key words: Alfalfa, Argentina, forage, irrigation, plant density, seeding rate

---

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(3): 164-170

**RESUMEN.** La alfalfa es la forrajera principal en el valle bonaerense del Río Colorado, Argentina. Sin embargo, se carece de datos locales sobre la densidad de siembra (den. smb.) que asegure elevada persistencia y producción del cultivo. Se realizó un estudio durante cinco años para comparar la densidad de plantas y la producción de forraje de alfalfa irrigada sembrada con distintas den. smb. en un suelo Haplustol éntico. Los tratamientos fueron: 286 ( $d_1$ ), 571 ( $d_2$ ), 857 ( $d_3$ ), y 1 143 ( $d_4$ ) semillas viables  $m^{-2}$  de alfalfa (grupo de latencia 7) en surcos a 0.15 m. La producción de forraje ( $kg MS ha^{-1} año^{-1}$ ) total, hoja y tallo y la densidad de plantas (número  $m^{-2}$ ) se estimaron en diseños en bloques completos al azar con parcelas divididas en el tiempo. Los datos se sometieron a ANOVA, regresión lineal simple, y pruebas de igualdad de pendientes y de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Las mayores producciones de forraje total (18 021), hoja (10366) y tallo (7 655) se observaron entre el 2° y 4° año. La producción total fue menor (por 1 364) en  $d_1$  que en las otras tres densidades. La producción de tallo no difirió entre densidades y la de hoja fue mayor en  $d_4$  que en  $d_1$ . La eficiencia de siembra (plántulas vivas/semillas vivas) disminuyó de 77% en  $d_1$  a 42% en  $d_4$ . El número de plantas disminuyó progresivamente año tras año en las cuatro den. smb. Hubo una tendencia hacia mayor densidad de plantas vivas con den. smb. crecientes en todas las estaciones. Las regresiones lineales simples del número de plantas vivas ( $y$ ) en función de los días postsiembra ( $x$ ) fueron significativas en las cuatro den. smb., con b de  $-0.11 a$  ( $d_1$ ),  $-0.16b$  ( $d_2$ ),  $-0.17bc$  ( $d_3$ ) y  $-0.20c$  ( $d_4$ ). La densidad de plantas debajo de la cual

---

Recibido Marzo 03, 2002. Aceptado Agosto 27, 2002

E-mail: [econcep@editcom.com.ar](mailto:econcep@editcom.com.ar). En asunto: Gabriel Sevilla

<sup>1</sup>Estación Experimental Concepción del Uruguay del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

se afectaría la producción de forraje se alcanzó el 5° año en  $d_2$ ,  $d_3$  y  $d_4$  y el 4° año en  $d_1$ . Den. smb. mayores a  $d_2$  implican un gasto adicional innecesario de semilla.

Palabras clave: Alfalfa, Argentina, Densidad de plantas, Densidad de siembra, Forrajera irrigada, Producción de forraje

## Introducción

El valle bonaerense del río Colorado es un área de 535 mil ha ubicada a ambos márgenes de la desembocadura de dicho río en la provincia de Buenos Aires, República Argentina (Sevilla *et al.*, 1998). La disponibilidad actual de riego en 90 mil ha le otorga excelente potencialidad para la producción agropecuaria. Como ejemplo puede citarse la posibilidad de obtener rendimientos de forraje de alfalfa superiores a  $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de materia seca, como así también producciones de carne del orden de  $750 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  utilizando pasturas perennes como único alimento (Sevilla *et al.*, 1996).

La actividad ganadera se efectúa mayoritariamente utilizando pasturas perennes y verdeos como base forrajera, lo que conlleva la siembra de dichos recursos. La elección de la densidad de siembra de una pastura requiere contemplar numerosos factores (Hernández y Lemes, 1982; Romero *et al.*, 1995b). Entre los principales a considerar se encuentran el clima, las características físico-químicas del suelo, la preparación de la cama de siembra, el sistema de siembra, la especie a sembrar y la calidad de semilla. A pesar que la alfalfa es la especie forrajera por excelencia en el área, se desconoce este aspecto básico de su manejo. Por lo tanto muchas veces se ha extrapolado la densidad de siembra aconsejada para otras zonas (Romero *et al.*, 1995b) a las condiciones locales, provocando hasta cinco veces de variación entre las cantidades extremas de semilla utilizada. La consecuencia es que muchas veces se usa una densidad de siembra insuficiente para maximizar la producción de forraje, o un exceso de semilla que provoca un gasto innecesario de dinero.

La alfalfa, al igual que la mayoría de las leguminosas y gramíneas empleadas en pasturas cultivadas, tiene una duración acotada en el tiempo. El grado de latencia del cultivar, las plagas, las enfermedades, las malezas, el anegamiento, la fertilidad del suelo y el manejo del pastoreo son los principales factores responsables de esta situación (Rosanigo *et al.*, 1995). Independientemente de la cantidad de semilla que se siembre, habrá raleo de plantas en el tiempo. La reducción dependerá de la intensidad con que actúen en distintos ambientes los factores enunciados anteriormente. Sin embargo, la elección de una densidad de siembra apropiada evitará que este proceso se acelere, especialmente en la alfalfa que no cuenta con mecanismos de propagación natural que le permitan reponer los individuos que mueren por distintas causas (Jones y Carter, 1989).

La demografía es una metodología que ha sido utilizada ampliamente para construir tablas de vida y conocer el fun-

cionamiento de numerosas poblaciones vegetales (Sagar y Mortimer, 1976). Su empleo se consideró una herramienta apropiada para estimar el efecto de distintas densidades de siembra sobre la variación del número de plantas de alfalfa a través del tiempo.

La información que se presenta a continuación es aplicable en el área de estudio, como así también en otros valles de riego del país que poseen características ecológicas similares y representan alrededor del 3% del territorio argentino.

La posibilidad de ampliar el alcance de los datos depende de la ejecución de distintos proyectos de riego existentes para la región semiárida argentina. Esta zona comprende alrededor de 500 mil  $\text{km}^2$  (Frasinelli, 1997), y en ella se localizan la mayoría de los valles de riego. La dotación de riego provocaría un impacto productivo notable, estimándose para el caso de la alfalfa la posibilidad de incrementar hasta diez veces la producción de forraje (Sevilla *et al.*, 1995b).

Se hipotetiza que densidades de siembra crecientes afectarían la producción de forraje total y su composición, así como también la densidad de plantas a través del tiempo. El objetivo del trabajo fue estimar la producción de forraje total, hoja y tallo y la densidad de plantas de alfalfa sembrada con distintas densidades.

## Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del INTA ( $39^\circ 23'S$   $62^\circ 37'W$  y 22 m.s.n.m), provincia de Buenos Aires, Argentina. Agroclimáticamente el área está descripta como de clima semiárido, mesotermal, isohigro y xerofítico seco. El déficit anual de humedad para el período 1966/92 totalizó 663.4 mm. Las principales variables climáticas registradas durante el ensayo (1996/2000) fueron obtenidas de la Estación Agrometeorológica de la EEA Ascasubi, ubicada a 1 km del área experimental. Los valores (promedio  $\pm$  error estándar) fueron  $501.7 \pm 21.97 \text{ mm año}^{-1}$  de precipitaciones,  $15.0 \pm .64^\circ\text{C}$  de temperatura media anual,  $21.5 \pm .73^\circ\text{C}$  de temperatura máxima media anual,  $8.5 \pm .57^\circ\text{C}$  de temperatura mínima media anual,  $89 \pm 6.6 \text{ días año}^{-1}$  con heladas a 5 cm del suelo y  $1.9 \pm .15 \text{ mm día}^{-1}$  de evapotranspiración potencial anual según Thornthwaite. Las pasturas se regaron gravitacionalmente entre agosto y mayo de cada año como complemento de las precipitaciones. La cantidad de agua aportada por la suma de las precipitaciones más el riego totalizó aproximadamente  $1000 \text{ mm año}^{-1}$ . En cada riego se incorporó una lámina de agua de alrededor de 100 mm. El agua llegó a los cultivos después de recorrer canales de tie-

rra sin revestir de caudal decreciente a partir del río Colorado. El exceso de agua y sales atravesó el perfil del suelo y se eliminó por canales más profundos (drenajes) que desembocan en el mar.

El suelo, clasificado como Haplustol éntico, se niveló para riego gravitacional previo a la preparación de la cama de siembra. La fertilidad estimada al inicio del ensayo tuvo valores de 1.2% de materia orgánica y 17 ppm de fósforo.

La siembra se efectuó el 23/03/96 con una sembradora tipo Planet Jr de un surco. Se utilizó semilla de un cultivar comercial de alfalfa de grupo de latencia 7 inoculada con rizobio específico, la cual fue colocada en surcos distanciados a .15 m con aplicación simultánea de 100 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple de calcio. La fertilización se repitió cada otoño posterior a la siembra. El período experimental comprendió 5 años (1 996/2 000) y los tratamientos fueron 4 densidades de siembra: 286 (d<sub>1</sub>), 571 (d<sub>2</sub>), 857 (d<sub>3</sub>) y 1 143 (d<sub>4</sub>) semillas viables m<sup>-2</sup> de alfalfa (6, 12, 18 y 24 kg ha<sup>-1</sup> de semilla viable). Se trabajó con 4 unidades experimentales por tratamiento, cada una de 9 m<sup>2</sup> (1.80 × 5 m).

La producción de forraje total, hoja y tallo y la densidad de plantas se evaluaron en diseños en bloques completos al azar con parcelas divididas en el tiempo.

El rendimiento de forraje se estimó cosechando los 6 m<sup>2</sup> centrales de las parcelas con motosegadora autopropulsada. Los cortes se efectuaron cuando el promedio de las plantas alcanzó 10% de floración, o cuando los rebrotes basales tuvieron una altura de 5-8 cm si el fotoperíodo fue insuficiente para permitir la floración. Una submuestra de cada parcela libre de malezas se secó hasta peso constante para estimar el contenido de materia seca (MS). Otra submuestra de 20 puntos de crecimiento por parcela se separó en hoja y tallo y se secó hasta peso constante para determinar la contribución en MS de cada componente a la producción total. Los datos (promedio ± error estándar) se sometieron a análisis de la varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = .05$ ).

La eficiencia de siembra se determinó mediante el cálculo del cociente entre las densidades de plántulas vivas a los 32 días de la siembra y de semillas vivas. El conteo de plántulas vivas se realizó en 1 m lineal de cada uno de los dos surcos centrales de las parcelas y el valor se expresó en porcentaje.

La densidad de plantas se estimó mediante el anillado con cable telefónico de 35 plantas contiguas localizadas en los dos surcos centrales de cada parcela y el posterior recuento estacional de las plantas que continuaron vivas. Los datos (promedio ± error estándar) se sometieron a análisis de la varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = .05$ ). Además se ajustaron regresiones lineales simples ( $y = a + bx$ ) del número de plantas vivas (y) en función del número de días posteriores a la siembra (x). La existencia de relaciones lineales se evaluó mediante pruebas de t ( $\alpha = .05$ ) y los coeficientes de regresión lineal simple (b) se compararon por una prueba de igualdad de pendientes ( $\alpha = .05$ ).

## Resultados y Discusión

La producción de forraje total y la contribución de los componentes hoja y tallo no fueron afectadas por la interacción entre el año de crecimiento y la densidad de siembra. El efecto de cada factor por separado se presenta en los Cuadros 1 y 2.

La producción de forraje total promedio de las cuatro densidades de siembra fue afectada por el año de crecimiento (Cuadro 1), sin que se observara una variación diferencial en las distintas densidades. El incremento inicial y posterior decaimiento que mostró la producción de alfalfa son típicos de la especie, y dependen del cultivar empleado y de las condiciones ecológicas en que se desarrolla la pastura (Rossanigo *et al.*, 1995). Luego del año de la implantación cuando se registra el menor rendimiento, la producción se mantiene elevada y estable entre uno y tres años para finalmente disminuir. En el presente trabajo el aumento de producción de forraje luego del primer año ocurrió a pesar de una disminución en la densidad de plantas (se presenta posteriormente). Sin embargo, esta reducción en número se compensaría con plantas más vigorosas, con mayor número de yemas de tallo y raíces más profundas (Rodríguez *et al.*, 1992; Croll *et al.*, 1993; Romero *et al.*, 1995b).

La máxima producción de forraje se registró el tercero y cuarto año posteriores a la implantación (Cuadro 1). La alfalfa es altamente demandante en fósforo, y la refertilización anual efectuada con superfosfato triple de calcio habría evitado una reducción prematura del rendimiento. La repo-

Cuadro 1. Producción de forraje total, hoja y tallo (promedio ± error estándar, kg ha<sup>-1</sup> MS) de alfalfa para los años 1996 a 2000 promedio de las cuatro densidades de siembra.

	Producción de forraje			Relación hoja: tallo
	Total	Hoja	Tallo	
1996	7 670 ± 225.3 <sup>d</sup>	4 096 ± 152.7 <sup>d</sup>	3 574 ± 260.0 <sup>c</sup>	1.15
1997	17 342 ± 347.3 <sup>b</sup>	9 985 ± 338.1 <sup>b</sup>	7 357 ± 240.0 <sup>a</sup>	1.36
1998	18 120 ± 382.7 <sup>ab</sup>	9 964 ± 342.0 <sup>b</sup>	8 156 ± 268.3 <sup>a</sup>	1.22
1999	18 602 ± 316.2 <sup>a</sup>	11 150 ± 210.5 <sup>a</sup>	7 452 ± 271.3 <sup>a</sup>	1.50
2000	12 584 ± 255.6 <sup>c</sup>	7 658 ± 187.9 <sup>c</sup>	4 926 ± 144.1 <sup>b</sup>	1.55

a, b, c, d: Letras distintas dentro de columna indican diferencia significativa ( $\alpha = .05$ ). Pruebas de comparaciones múltiples de Tukey.

Cuadro 2. Producción de forraje total, hoja y tallo (promedio  $\pm$  error estándar, kg ha<sup>-1</sup> MS) de alfalfa para las densidades de siembra 6 (d<sub>1</sub>), 12 (d<sub>2</sub>), 18 (d<sub>3</sub>) y 24 (d<sub>4</sub>) kg ha<sup>-1</sup> de semilla viable promedio de los años 1996 a 2000.

	Producción de forraje			Relación hoja: tallo
	Total	Hoja	Tallo	
d <sub>1</sub>	14 011 $\pm$ 900.1 <sup>b</sup>	8 114 $\pm$ 546.3 <sup>b</sup>	5 897 $\pm$ 410.1 <sup>a</sup>	1.36
d <sub>2</sub>	14 984 $\pm$ 1022.7 <sup>a</sup>	8 325 $\pm$ 612.7 <sup>ab</sup>	6 659 $\pm$ 490.7 <sup>a</sup>	1.25
d <sub>3</sub>	15 082 $\pm$ 996.4 <sup>a</sup>	8 750 $\pm$ 597.0 <sup>ab</sup>	6 332 $\pm$ 462.4 <sup>a</sup>	1.38
d <sub>4</sub>	15 375 $\pm$ 1045.7 <sup>a</sup>	9 093 $\pm$ 689.0 <sup>a</sup>	6 282 $\pm$ 431.1 <sup>a</sup>	1.45

a, b: Letras distintas dentro de columna indican diferencia significativa ( $\alpha = .05$ ). Pruebas de comparaciones múltiples de Tukey.

sición de fósforo permitió trabajar en condiciones cercanas a las que ocurren bajo pastoreo directo con vacunos, la forma de uso más frecuente de este tipo de pasturas (Sevilla *et al.*, 1996). Díaz-Zorita (1998) estableció que en estas condiciones entre el 80 y el 90% del nutriente presente en las plantas retorna al suelo en las deyecciones animales. La alta persistencia encontrada en las pasturas evaluadas aquí está de acuerdo con los hallazgos realizados anteriormente en el mismo área, donde se concluyó que la alfalfa podía permanecer productiva por períodos de hasta cinco años (Rossanigo *et al.*, 1995). La restitución al suelo del fósforo extraído por las plantas efectuada en este ensayo, generalmente no se hace cuando se evalúa la producción de forraje bajo corte. Como consecuencia, el rendimiento de forraje decrece a partir del primero (Funes *et al.*, 2000) o segundo (Zabala, 1995) año en una magnitud que oscila entre 3 100 y 5 500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> MS. García *et al.* (1995) informaron resultados similares a los dos trabajos anteriores, y agregaron que la disminución de producción no se explicó por la muerte de plantas ya que la sobrevivencia de las mismas al cabo del tercer ciclo varió entre 92 y 99% de las plantas establecidas.

La producción de hoja y tallo mostró un comportamiento similar a la producción total (Cuadro 1), con el aporte mínimo el año de la implantación y la posterior declinación en el quinto año. La máxima producción de hoja ocurrió el cuarto año, mientras la producción de tallo no varió entre el segundo y el cuarto año.

La producción de forraje total varió con la densidad de siembra (Cuadro 2), resultando menor en d<sub>1</sub> que en las tres densidades mayores.

La superioridad promedio de los rendimientos obtenidos en las tres densidades mayores fue 1 364 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> MS respecto a d<sub>1</sub>. La ausencia de diferencias entre las producciones de forraje obtenidas en d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub> y d<sub>4</sub> podría deberse a que a baja densidad habría ocurrido una compensación del menor número de plantas con un mayor número de tallos por planta. Un efecto de este tipo fue encontrado por Rodríguez *et al.* (1992) y Croll *et al.* (1993) trabajando con alfalfa en mezcla con *Festuca arundinacea*. Además, estos autores establecieron que las diferencias en número de tallos y plantas desaparecieron después del primer año y a partir de ese momento cobró más importancia el manejo del cultivo.

La producción de hoja mostró una tendencia creciente con aumentos de la densidad (Cuadro 2), aunque sólo difirieron ( $\alpha = .05$ ) los rendimientos registrados en las dos densidades extremas. Por su parte, la producción de tallos fue similar para las cuatro densidades evaluadas.

Las relaciones hoja : tallo observadas a través de los años y las densidades de siembra (Cuadros 1 y 2, respectivamente) reflejan el manejo de defoliación seguido. El corte de los cultivos se realizó cuando alcanzaron el 10% de la floración, momento aconsejado para obtener una elevada contribución de hoja sin afectar la persistencia de las plantas (González, 1982). Cuando los cortes de forraje se realizan en estados avanzados de madurez aumenta la persistencia, pero disminuye la calidad por mayor cantidad de tallos y menor contribución de hojas (Van Soest, 1982; Romero *et al.*, 1995a). Con cortes tempranos ocurre la situación inversa (Sevilla *et al.*, 1995a).

La eficiencia de siembra tuvo una relación inversa con la densidad de semilla, indicando que con densidades de siembra crecientes se estableció una competencia de plántulas más temprana. Los valores observados fueron 77% en d<sub>1</sub>, 57% en d<sub>2</sub>, 43% en d<sub>3</sub> y 42% en d<sub>4</sub>, con una tendencia similar a la encontrada por Hernández y Lemes (1982) en condiciones de secano. Sin embargo la eficiencia de siembra fue 10 puntos superior en la densidad menor del presente ensayo (77%) respecto al trabajo citado anteriormente (67%), pero 6 puntos menor en la densidad mayor de los datos que se discuten aquí (42% vs. 48%). Por lo tanto, la diferencia en eficiencia de siembra entre densidades de siembra extremas fue 35 y 19 puntos para cada ensayo, representando una reducción 16 puntos mayor en los datos propios. El comportamiento diferencial encontrado en los dos trabajos podría deberse a las distintas condiciones de humedad del suelo en que se llevaron a cabo los mismos. La ausencia de limitaciones hídricas bajo condiciones de riego habría provocado condiciones más favorables para el crecimiento de las plántulas a bajas densidades, pero habría llevado al establecimiento de una competencia más intensa a altas densidades.

La densidad de plantas observada entre 1996 y 2000 para cada estación del año y en cada densidad de siembra se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Densidad de plantas (promedio  $\pm$  error estándar, número  $m^{-2}$ ) de alfalfa para las densidades de siembra de 6 ( $d_1$ ), 12 ( $d_2$ ), 18 ( $d_3$ ) y 24 ( $d_4$ )  $kg\ ha^{-1}$  de semilla viable y para las estaciones del año entre 1996 y 2000.

Estación	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
Otoño 96	220 $\pm$ 23.3 <sup>ab</sup>	323 $\pm$ 44.7 <sup>aAB</sup>	367 $\pm$ 18.7 <sup>aAB</sup>	477 $\pm$ 50.8 <sup>aA</sup>
Invierno 96	182 $\pm$ 19.5 <sup>abB</sup>	320 $\pm$ 58.5 <sup>aAB</sup>	357 $\pm$ 47.1 <sup>aAB</sup>	373 $\pm$ 35.2 <sup>abA</sup>
Primavera 96	145 $\pm$ 26.0 <sup>bcB</sup>	203 $\pm$ 29.4 <sup>bAB</sup>	212 $\pm$ 11.0 <sup>bAB</sup>	292 $\pm$ 39.2 <sup>bcA</sup>
Verano 96/97	136 $\pm$ 10.8 <sup>bcdB</sup>	149 $\pm$ 10.4 <sup>bcAB</sup>	165 $\pm$ 2.6 <sup>bcAB</sup>	189 $\pm$ 17.6 <sup>cdA</sup>
Otoño 97	117 $\pm$ 11.2 <sup>cdeA</sup>	136 $\pm$ 10.3 <sup>bcdA</sup>	142 $\pm$ 6.2 <sup>cdA</sup>	152 $\pm$ 20.5 <sup>deA</sup>
Invierno 97	108 $\pm$ 7.1 <sup>cdefA</sup>	125 $\pm$ 4.1 <sup>bcdA</sup>	135 $\pm$ 6.0 <sup>cdA</sup>	146 $\pm$ 18.9 <sup>deA</sup>
Primavera 97	102 $\pm$ 9.1 <sup>cdefA</sup>	107 $\pm$ 4.1 <sup>bcdA</sup>	122 $\pm$ 3.5 <sup>cdeA</sup>	127 $\pm$ 13.4 <sup>defA</sup>
Verano 97/98	84 $\pm$ 4.5 <sup>defgA</sup>	91 $\pm$ 5.2 <sup>cdeA</sup>	107 $\pm$ 4.3 <sup>cdefA</sup>	112 $\pm$ 20.0 <sup>defA</sup>
Otoño 98	71 $\pm$ 3.0 <sup>efghA</sup>	79 $\pm$ 6.0 <sup>cdeA</sup>	97 $\pm$ 4.4 <sup>defgA</sup>	98 $\pm$ 20.4 <sup>defA</sup>
Invierno 98	64 $\pm$ 3.8 <sup>efghA</sup>	64 $\pm$ 6.4 <sup>cdeA</sup>	86 $\pm$ 5.8 <sup>defghA</sup>	92 $\pm$ 17.8 <sup>defA</sup>
Primavera 98	52 $\pm$ 4.6 <sup>fghA</sup>	59 $\pm$ 5.0 <sup>cdeA</sup>	80 $\pm$ 3.7 <sup>defghA</sup>	77 $\pm$ 13.6 <sup>defA</sup>
Verano 98/99	41 $\pm$ 4.8 <sup>ghA</sup>	52 $\pm$ 4.1 <sup>cdeA</sup>	65 $\pm$ 4.6 <sup>efghA</sup>	62 $\pm$ 12.6 <sup>efA</sup>
Otoño 99	32 $\pm$ 4.5 <sup>ghA</sup>	45 $\pm$ 6.2 <sup>deA</sup>	56 $\pm$ 4.3 <sup>efghA</sup>	58 $\pm$ 13.5 <sup>efA</sup>
Invierno 99	31 $\pm$ 3.5 <sup>ghA</sup>	40 $\pm$ 8.4 <sup>deA</sup>	50 $\pm$ 5.0 <sup>efghA</sup>	50 $\pm$ 9.2 <sup>efA</sup>
Primavera 99	27 $\pm$ 1.8 <sup>ghA</sup>	36 $\pm$ 8.2 <sup>deA</sup>	40 $\pm$ 6.9 <sup>efghA</sup>	45 $\pm$ 6.0 <sup>efA</sup>
Verano 99/00	21 $\pm$ 2.8 <sup>hA</sup>	31 $\pm$ 6.7 <sup>eA</sup>	31 $\pm$ 4.0 <sup>ghA</sup>	32 $\pm$ 5.5 <sup>fA</sup>
Otoño 00	21 $\pm$ 2.8 <sup>hA</sup>	28 $\pm$ 7.5 <sup>eA</sup>	27 $\pm$ 4.7 <sup>hA</sup>	29 $\pm$ 2.9 <sup>fA</sup>
Invierno 00	19 $\pm$ 3.7 <sup>hA</sup>	26 $\pm$ 6.5 <sup>eA</sup>	27 $\pm$ 4.7 <sup>hA</sup>	29 $\pm$ 2.9 <sup>fA</sup>
Primavera 00	15 $\pm$ 4.8 <sup>hA</sup>	25 $\pm$ 6.3 <sup>eA</sup>	27 $\pm$ 4.7 <sup>hA</sup>	29 $\pm$ 2.9 <sup>fA</sup>

La interacción entre la densidad de siembra y la estación del año fue significativa, por lo que cada factor se analizó dentro de un nivel fijo del otro.

El número de plantas vivas fue mayor con densidades de siembra crecientes durante el primer año (otoño 96 a verano 96/97), aunque la diferencia fue significativa ( $\alpha = .05$ ) sólo entre las densidades extremas (Cuadro 3). Este hallazgo es coincidente con trabajos anteriores (Romero *et al.*, 1995b), en los que se concluyó que con densidades de siembra elevadas la muerte de plantas aumenta. Por esta razón, el número de plantas vivas de alfalfa en densidades contrastantes se iguala en un período muy corto. En otros ensayos (Hernández y Lemes, 1982; Romero *et al.*, 1991) se encontró que este efecto es particularmente intenso durante el primer año, en coincidencia con los resultados que se presentan. La comparación de la información que se discute (Cuadro 3) con la generada por Romero *et al.* (1991) ilustra sobre la similitud de los resultados obtenidos. En el presente estudio la diferencia en densidad de plantas entre  $d_1$  y  $d_4$  (286 versus 1 143 semillas  $m^{-2}$ ) se redujo de 257 plantas  $m^{-2}$  a los 32 días de la siembra a 53 plantas  $m^{-2}$  al año (Cuadro 3). Por su parte, Romero *et al.* (1991) observaron que la diferencia en densidad de plantas para densidades de siembra de 250 y 1 250 semillas  $m^{-2}$  disminuyó de 358 a 15 plantas  $m^{-2}$  entre los 45 y 365 días de la siembra.

En las cuatro densidades de semilla empleadas, el número de plantas vivas se redujo desde la siembra hasta la finalización del período experimental ( $\alpha = .05$ ). Podría hipotetizarse que la utilización de densidades de siembra bajas evitaría la ocurrencia de competencia interespecífica, y por ende la muerte de plantas. Sin embargo un conjunto de factores bióticos y abióticos ya mencionados en la introducción (Rossanigo *et al.*, 1995), causan reducción en la densidad de plantas con el paso del tiempo. Se ha sugerido (Romero *et al.*, 1995b) que debería mantenerse un valor mínimo de 30 plantas  $m^{-2}$  para maximizar la producción de forraje. En los resultados que se presentan (Cuadro 3), la densidad de plantas fue superior a ese valor hasta el invierno 99 en  $d_1$  y hasta el verano 99/00 en  $d_2$ ,  $d_3$  y  $d_4$ . Dado que el objetivo de la siembra de pasturas para un destino ganadero es maximizar la producción de forraje y diluir el costo de implantación en la mayor cantidad de años de aprovechamiento posible, la cantidad de semilla empleada en  $d_1$  no sería suficiente para lograr ese objetivo. Esta densidad de siembra sería aplicable a otros sistemas de producción difundidos en el área, como rotaciones cortas (2-3 años) donde la finalidad principal es recuperar la fertilidad del suelo para su posterior uso hortícola.

Los trabajos de preparación del suelo y siembra efectuadas en el presente ensayo se realizaron con maquinaria de

precisión, la cual no siempre es utilizada en el área. Cuando la falta de herramientas apropiadas o la oportunidad en la ejecución de las labores provocan que las condiciones de siembra empeoren, las densidades de siembra recomendadas a partir de los resultados obtenidos deberían aumentarse. Un trabajo demostrativo de esta situación es el que realizaron Mondino *et al.* (1991), quienes compararon densidades de semilla de alfalfa de 6 kg ha<sup>-1</sup> en líneas y 12 kg ha<sup>-1</sup> al voleo. A pesar que en el primer sistema de siembra se utilizó sólo la mitad de la densidad de siembra que en el segundo, la producción de forraje fue similar en ambos. La falta de superioridad encontrada con la siembra al voleo se debió a la baja eficiencia de siembra causada por la dificultad de regular la profundidad a la que se depositó la semilla y por no poder llevar a cabo una adecuada compactación posterior.

Las regresiones lineales simples del número de plantas vivas (y) en función del número de días posteriores a la siembra (x) fueron negativas ( $\alpha = .05$ ) en las cuatro densidades de siembra. Las ecuaciones obtenidas se detallan a continuación:  $y = 166,70 - .11x$ ,  $R^2 = .82$  (d<sub>1</sub>);  $y = 233,32 - .16x$ ,  $R^2 = .66$  (d<sub>2</sub>);  $y = 257,11 - .17x$ ,  $R^2 = .72$  (d<sub>3</sub>) e  $y = 295,98 - .20x$ ,  $R^2 = .68$  (d<sub>4</sub>).

Los coeficientes de regresión lineal simple (b) difirieron significativamente ( $\alpha = .05$ ) entre las densidades de siembra empleadas. La densidad de plantas disminuyó por cada día transcurrido a partir de la siembra -  $.11 \pm .000a$  en d<sub>1</sub>, -  $.16 \pm .001b$  en d<sub>2</sub>, -  $.17 \pm .001bc$  en d<sub>3</sub> y -  $.20 \pm .002c$  en d<sub>4</sub>. La reducción observada en el número de plantas vivas a través del tiempo fue menor en d<sub>1</sub> que en las tres densidades restantes y en d<sub>2</sub> que en d<sub>4</sub>. Por su parte, la disminución de plantas vivas en d<sub>3</sub> no difirió de la estimada en d<sub>2</sub> y d<sub>4</sub>.

## Conclusiones

En una pastura de alfalfa irrigada de cinco años de duración, la siembra de precisión de 571 semillas viables m<sup>-2</sup> (12 kg ha<sup>-1</sup>, d<sub>2</sub>) en surcos distanciados a .15 m permitió maximizar la producción de forraje. La utilización de densidades mayores a d<sub>2</sub> implica un costo mayor de semilla que no se traducirá en aumentos significativos en la producción de forraje.

La comparación de densidades de siembra comprendidas entre d<sub>1</sub> (286 semillas viables m<sup>-2</sup>, 6 kg ha<sup>-1</sup>) y d<sub>2</sub> (571 semillas viables m<sup>-2</sup>, 12 kg ha<sup>-1</sup>) permitirá conocer si es posible disminuir la cantidad de semilla empleada en d<sub>2</sub> sin afectar la producción de forraje.

La muerte de plantas fue mayor con densidades de semilla crecientes y ocurrió principalmente desde la siembra hasta el primer verano. Al cabo de este período, las densidades de planta tendieron a igualarse en los cuatro tratamientos.

La densidad de plantas umbral (30 plantas m<sup>-2</sup>) debajo de la cual se afectaría negativamente la producción de forraje se alcanzó el quinto año en d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub> y d<sub>4</sub>. En d<sub>1</sub>, el valor crítico ocurrió el cuarto año.

## Agradecimientos

Al Ing. Agr. José P. De Battista por sus comentarios y sugerencias. El presente trabajo fue financiado con fondos asignados al Programa Producción Animal I por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina.

## Literatura Citada

- Croll, W., E. Bayá Casal, M. Saucedo y A. Colombino. 1993. Comportamiento de cultivares de alfalfa en pasturas consociadas a distintas densidades durante el año de implantación. 2. Vigor de plántulas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13:191-199.
- Díaz-Zorita, M. 1998. Producción de carne bajo pastoreo en Argentina: ¿es una práctica sostenible? Conferencias del XXII Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Río Cuarto, 14 al 16 de octubre de 1998.
- Funes, M., O. Terenti y J. Garay. 2000. Evaluación de cultivares de alfalfa con reposo intermedio en San Luis. XXIII Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Corrientes, 5 al 7 de octubre de 2000. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20 (supl. 1):212-213.
- Frasinelli, C. 1997. Intensificación de la producción de carne bovina en la región semiárida-árida central sobre la base de gramíneas forrajeras perennes. *Memorias del Primer Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne*. Buenos Aires y Córdoba, 13, 14, 18 y 19 de noviembre de 1997:64-79.
- Hernández, O. y J. Lemes. 1982. Efecto de la densidad de siembra y el control de malezas en alfalfa sobre el rendimiento de forraje, la densidad de plantas, el diámetro de la raíz principal y el peso de las plantas. *Producción Animal* (Buenos Aires, Argentina). 9:169-180.
- García, J. M., G. Sevilla y A. Pasinato. 1995. Producción de forraje de cultivares de alfalfa con distinto grado de reposo invernal bajo riego. XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal) y XIX Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Mar del Plata, 26 de noviembre al 1 de diciembre de 1995. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15:378-381.
- González, E. 1982. Consideraciones morfológicas para la defoliación de forrajeras perennes. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 2:37-67.
- Jones, R. and E. Carter. 1989. Demography of pasture legumes. In: G. Marten *et al.* (Ed.). *Persistence of forage legumes*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. p 139.
- Mondino, M., O. Bruno, N. Andreo y L. Romero. 1991. Sistemas y densidades de siembra en alfalfa. Ensayo preliminar en el campo de un productor. En: *Jornada de información técnica para productores*. INTA-EEA Rafaela (Argentina). p 77.
- Rodríguez, A., A. Colombino y M. Saucedo. 1992. Comportamiento de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa*) en pasturas consociadas con festuca alta (*Festuca arundinacea*) a distintas densidades durante el año de implantación. 1. Dinámica poblacional. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 12:39-45.
- Romero, L., O. Bruno, J. Fossati y O. Quaino. 1991. Densidad de siembra de alfalfa cv. CUF-101: Número de plantas y producción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 11:411-417.
- Romero, N., E. Comerón y E. Ustarroz. 1995a. Crecimiento y utilización de la alfalfa. En: Hijano, E. y A. Navarro (Ed.). *La alfalfa en la Argentina*. INTA C. R. Cuyo, San Juan, Argentina. Cap. 8. p 149.
- Romero, N., N. Juan y L. Romero. 1995b. Establecimiento de la alfalfa en la región pampeana. En: Hijano, E. y A. Navarro (Ed.). *La alfalfa en la Argentina*. INTA C. R. Cuyo, San Juan, Argentina. Cap. 2. p 21.
- Rossanigo, R., M. del C. Spada y O. Bruno. 1995. Evaluación de cultivares de alfalfa y panorama varietal en la Argentina. En: Hijano, E. y A. Navarro (Ed.). *La alfalfa en la Argentina*. INTA C. R. Cuyo, San Juan, Argentina. Cap. 4. p 63.
- Sagar, G. and A. Mortimer. 1976. An approach to the study of the population dynamics of plants with special reference to weeds. *Appl. Biol.* 1:1-47.

- Sevilla, G., A. Pasinato y J. M. García. 1995a. Producción de forraje de alfalfa según momento de corte y agua suministrada. XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal) y XIX Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Mar del Plata, 26 de noviembre al 1 de diciembre de 1995. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15:367-368.
- Sevilla, G., A. Pasinato y J. M. García. 1998. Producción y Utilización de Pasturas y Verdeos en el Valle Bonaerense del Río Colorado. Boletín Técnico N° 10. Estación Experimental Hilario Ascasubi. Centro Regional Buenos Aires Sur. 20 p.
- Sevilla, G., A. Pasinato, J. M. García y C. Iorio. 1996. Invernada bajo riego en el Valle Bonaerense del Río Colorado. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16:287-291.
- Sevilla, G., A. Pasinato, J. M. García y V. Larreguy. 1995b. Producción de forraje de especies perennes y anuales en Villarino y Patagones. XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal) y XIX Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Mar del Plata, 26 de noviembre al 1 de diciembre de 1995. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15:374-378.
- Zabala, R. 1995. Producción de forraje bajo corte de cultivares de alfalfa sin reposo invernal en condiciones de riego en el valle inferior del río Negro. XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal) y XIX Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Mar del Plata, 26 de noviembre al 1 de diciembre de 1995. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15:266-268.
- Van Soest, P. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O & B Books. Corvallis, Oregon. 374 p.