

Estrategias para la fertilización azufrada de alfalfa en un suelo del centro de Santa Fe

Ing. Agr. (M.Sc.) Hugo S. Vivas.

*Área de Investigación en Producción Vegetal. INTA EEA Rafaela.
Rafaela, Provincia de Santa Fé, Argentina.*

hvivas@rafaela.inta.gov.ar

Introducción

La región central de Santa Fe forma parte de la cuenca lechera más importante del país y el nivel de producción láctea guarda una relación estrecha con la de pasturas de alfalfa y su utilización por pastoreo directo o como reservas. Los suelos asociados al sistema de producción no son uniformes y los correspondientes al sector centro-este, al cual se refiere este informe, se caracterizan por tener importantes deficiencias nutricionales, entre ellas de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y calcio (Ca). Otros nutrientes como el magnesio (Mg), el boro (B) y los micronutrientes todavía necesitan mayor información e investigación.

La alfalfa es una especie de altos requerimientos nutricionales y el N ocupa el primer lugar. Por el momento, la solución consiste en optimizar la inoculación de la semilla para de ese modo, vía fijación biológica del nitrógeno (FBN), alcanzar aportes del 64% sobre el total demandado (Lanyon y Griffith, 1988). En la región pampeana argentina, estudios conducidos por Racca et al., (2001) demostraron que, en condiciones no limitantes, la FBN podría alcanzar el 60,8% y, con limitaciones ambientales, solo el 42,7% del N total demandado. La solución a través de la fertilización nitrogenada no fue positiva en tres ensayos conducidos por Vivas (1996) en tres ambientes y localidades del centro de Santa Fe, indicando que la fuente de abastecimiento preferida por la leguminosa es la FBN o la proveniente de la materia orgánica del suelo.

El P es el elemento con mayor contraste en los suelos de la región y para la producción de alfalfa los niveles de suficiencia de P extractable oscilan alrededor de 25-30 ppm en los primeros 15 cm de profundidad (Berardo, 1998; Vivas et al., 1999; Racca et al., 2001). En este informe tanto el factor P como el Ca se utilizarán como base de la investigación y no constituirán variables.

El factor motivo de estudio y análisis en este trabajo lo constituye el S, cuya primera referencia en el centro este de Santa Fe mostrando los beneficios productivos en la producción de alfalfa data de la campaña 1998/99 (Vivas, 2001). Es un nutriente muy requerido por la leguminosa y así lo demostraron, entre otros, Caldwell et al., (1972) citado por Hoeft y Fox (1986). Aunque no tan preciso el nivel de S-SO₄ suficiente en el suelo superficial debería ser alrededor de 10 ppm.

En el centro este de Santa Fe estudios conducidos por Vivas (2004) demostraron ausencia de interacción significativa entre el P y el S en la producción de materia seca (MS) de alfalfa, indicando un comportamiento independiente pero aditivo de este último.

Actualmente, la necesidad de fertilizar una pastura es un hecho indiscutible y son varias las alternativas que se presentan. La fertilización previo a la siembra es recomendable para lograr una pastura vigorosa y con buen número de plantas, pero otra alternativa frecuentemente es la

necesidad de fertilizar pasturas de un año que tienen buen número de plantas pero que no fueron fertilizadas al inicio. En este caso, los fertilizantes se deben aplicar al voleo. El Ca y el S tienen la facilidad de diluirse e incorporarse fácilmente con las precipitaciones, en cambio, el P puede diluirse pero tiene poca movilidad en profundidad. No obstante, la alfalfa demostró que lo puede absorber sin inconvenientes.

Dada la relevancia del S en la producción de alfalfa, el objeto de la presente investigación consistió en estudiar diferentes estrategias de fertilización y refertilización para distintas fuentes y niveles de S utilizando como fertilización básica el P y el Ca.

Materiales y Métodos

Las experiencias se condujeron en la localidad de Esperanza, Departamento Las Colonias, sobre una serie de suelo del mismo nombre, deficiente en P y S. Las alternativas o ensayos fueron: **a)** fertilización inicial incorporada y posterior refertilización con P y S (14 cortes) y **b)** fertilización sobre una pastura de un año y posterior refertilización con P y S (15 cortes).

Las fuentes azufradas fueron: Azufre Elemental (AE=80% de S), Sulfato de Amonio (SA=24% de S), Yeso (Y=18% de S) y Kieserita (KIE=20% de S), que se combinaron con cuatro niveles de S (0, 12, 24 y 36 kg/ha). Todos los tratamientos tuvieron una aplicación base de 370 kg/ha de Ca proveniente de una calcita micronizada y aperdigonada (37% de Ca) y fueron fertilizados con 40 kg/ha de P con dosis variables y crecientes de S. Para la alternativa **a)** la fertilización inicial fue incorporada y la refertilización al voleo. En cambio para la alternativa **b)** tanto la fertilización inicial como la refertilización fueron al voleo. En la refertilización se aplicaron 20 unidades de P/ha y, con respecto al S, se repitieron las dosis iniciales. El Ca no se modificó.

En cada ensayo se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La gran parcela fueron las fuentes de azufre y las subparcelas las dosis de S. Para el procesamiento de los datos se utilizó el análisis de la variancia.

Resultados

a) Fertilización inicial incorporada y posterior refertilización con P y S.

En este ensayo se realizaron catorce cortes, con la refertilización luego del 10° corte. El suelo se caracterizó por los siguientes contenidos nutricionales: P extractable= 8,1ppm, S-SO₄⁻ = 7,5ppm; MO= 2,58%, pH= 5,7, Ca= 6,5 meq/100, Mg= 1,4meq/100, Na= 0,2meq/100, K= 0,6meq/100 y el valor T= 10,6meq/100.

Los resultados pueden verse en la Figura 1. En la misma figura un tratamiento T_{Total}, que aunque no formó parte del diseño, representó la producción de alfalfa sin ningún tipo de fertilización. Su valor fue de 13532 kg/ha de MS. El promedio del ensayo con fertilización inicial incorporada (Ca+P+S) fue de 19488 kg/ha de MS y cuando se refertilizó con P+S, el promedio acumulado fue de 24002 kg/ha de MS. La diferencia respecto del testigo absoluto (T_{Total}) con

respecto a las situaciones de la fertilización fue de 5956 kg/ha de MS (44%) y de la refertilización de 10470 kg/ha de MS (77%). La comparación es indicativa de los márgenes factibles de alcanzar mediante las técnicas de fertilización disponibles.

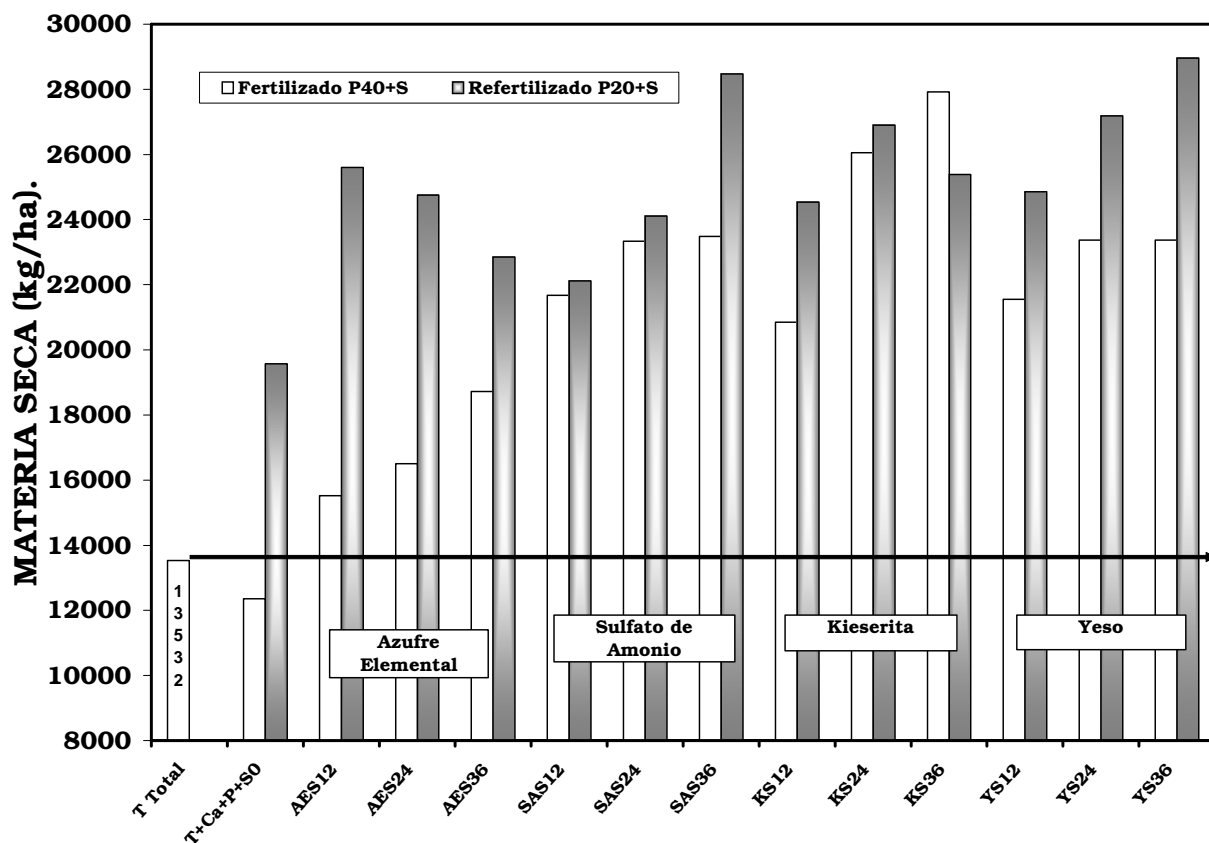


Figura 1. Producción de alfalfa con fertilización inicial incorporada y posterior refertilización: Eficiencia de diferentes fuentes de azufre. TTotal= testigo total; T+Ca+P+S0= testigo del ensayo. Las fuentes de S tuvieron una base de P y Ca. Esperanza, Santa Fe. Refertilización luego del 10° corte. Total= 14 cortes.

Cuando la comparación se realizó con los mejores tratamientos de cada fuente azufrada los aumentos y las magnitudes en porcentaje se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Aumentos de materia seca (MS) de alfalfa por diferentes fuentes y las mejores dosis de fertilizantes que incluyeron Ca, P y S. Se utilizó como referencia el testigo total (TTotal) = 13532 kg/ha de MS (14 cortes). Los tratamientos de la Tabla 1, fueron extraídos de la Figura 1.

Fuentes de Azufre	Mejores Tratamientos (Ca+P+S).	Aumentos de MS (kg/ha)
Azufre Elemental (AE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S12+S12)	12073 (89%)
Sulfato de Amonio (SA)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	14938 (110%)
Kieserita (KIE)	Ca 370+ (P40+P0) + (S36+S0)	14387 (106%)
Yeso (Y)	Ca 370+ (P40+P40) + (S36+S36)	15431 (114%)

Del análisis de la variancia surgió que cuando las fuentes se incorporaron a la siembra, la diferencia entre las mismas fue significativa ($P < 0,05$), principalmente respecto del azufre elemental (AE). Esto indicaría que, en condiciones de incorporación a la siembra, las fuentes SA, KIE e Y, pudieron ser más efectivas que las provenientes del AE. Por el contrario, cuando se fertilizó y refertilizó al voleo, aunque las magnitudes de MS fueron superiores, las diferencias entre fuentes no fueron importantes ($P > 0,05$) (Figura 2). Esto podría deberse al mayor tiempo transcurrido que permitió liberar mas sulfatos por oxidación del AE.

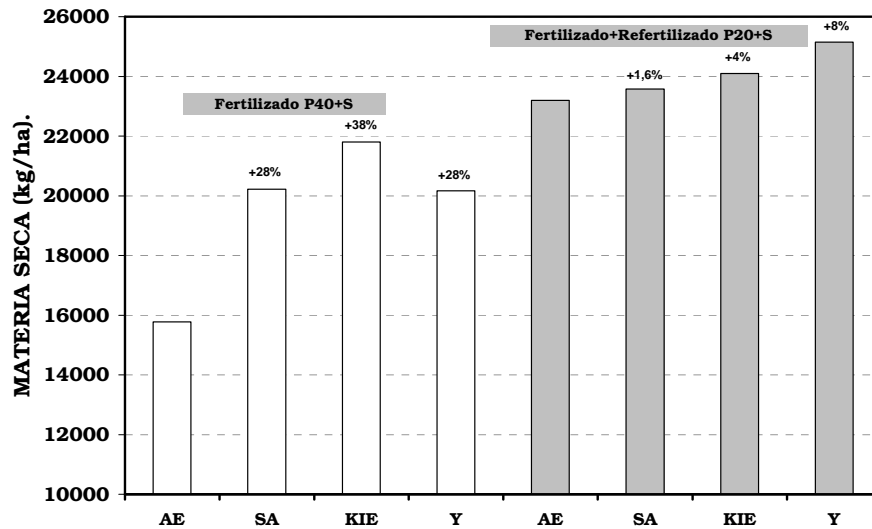


Figura 2. Producción de alfalfa con distintas fuentes de S incorporadas al momento de la siembra y posteriormente refertilizadas al voleo (luego del 10° corte). Esperanza, Santa Fe. Total= 14 cortes. (%)= aumentos respecto de AE.

Independientemente de las fuentes azufradas, tanto cuando se fertilizó como cuando se fertilizó y refertilizó, el aumento de MS por las dosis crecientes de S fue significativo con un efecto cuadrático importante ($P < 0,05$) (Figura 3).

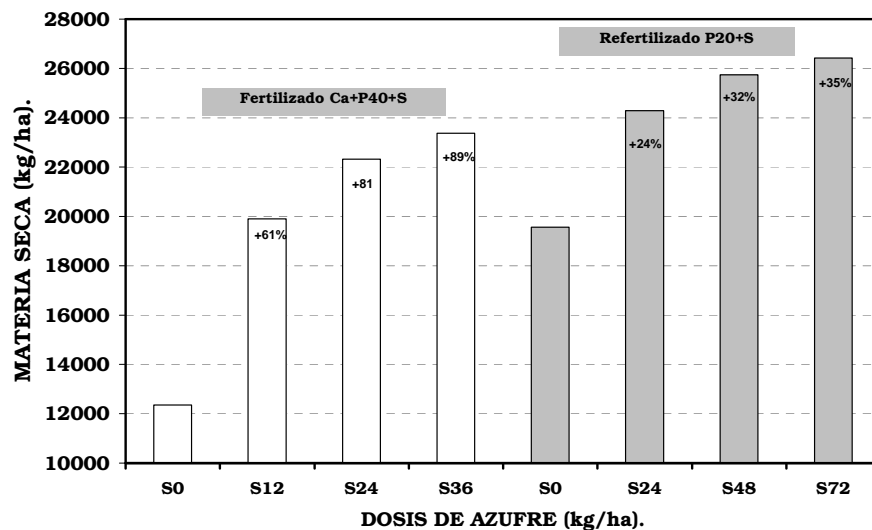


Figura 3. Producción de alfalfa con distintas dosis de S incorporadas al momento de la siembra y posteriormente refertilizada al voleo (luego del 10° corte). Esperanza, Santa Fe. Total= 14 cortes. (%)= aumentos respecto de S0.

Para la fertilización, los incrementos con S12, S24 y S36 respecto de S0 fueron de 7542, 9963 y 11018 kg/ha de MS, respectivamente. Cuando a la fertilización se le adicionó la refertilización, los aumentos para S24, S48 y S70, respecto de S0 fueron de 4711, 6167 y 6849 kg/ha de MS, respectivamente. Aunque la producción total fue mayor, las diferencias fueron menores pero crecientes.

b) Fertilización inicial en superficie y posterior refertilización al voleo con P y S

En este ensayo se realizaron quince cortes, con la refertilización luego del 9° corte. La característica del suelo fue: P extractable = 7,2ppm, S-SO₄ = 6,6ppm y Ca= de 8,9 meq/100 y pH = 5,9. El stand de plantas de alfalfa fue de 60/m².

Los tratamientos con fuentes y dosis de S fueron iguales al ensayo anterior. La diferencia fue que en todas las ocasiones los fertilizantes se aplicaron al voleo sobre una pastura ya instalada.

En esta experiencia la refertilización con P20 y similares dosis de S que los iniciales se realizaron luego del noveno corte. Los resultados pueden verse en la Figura 4.

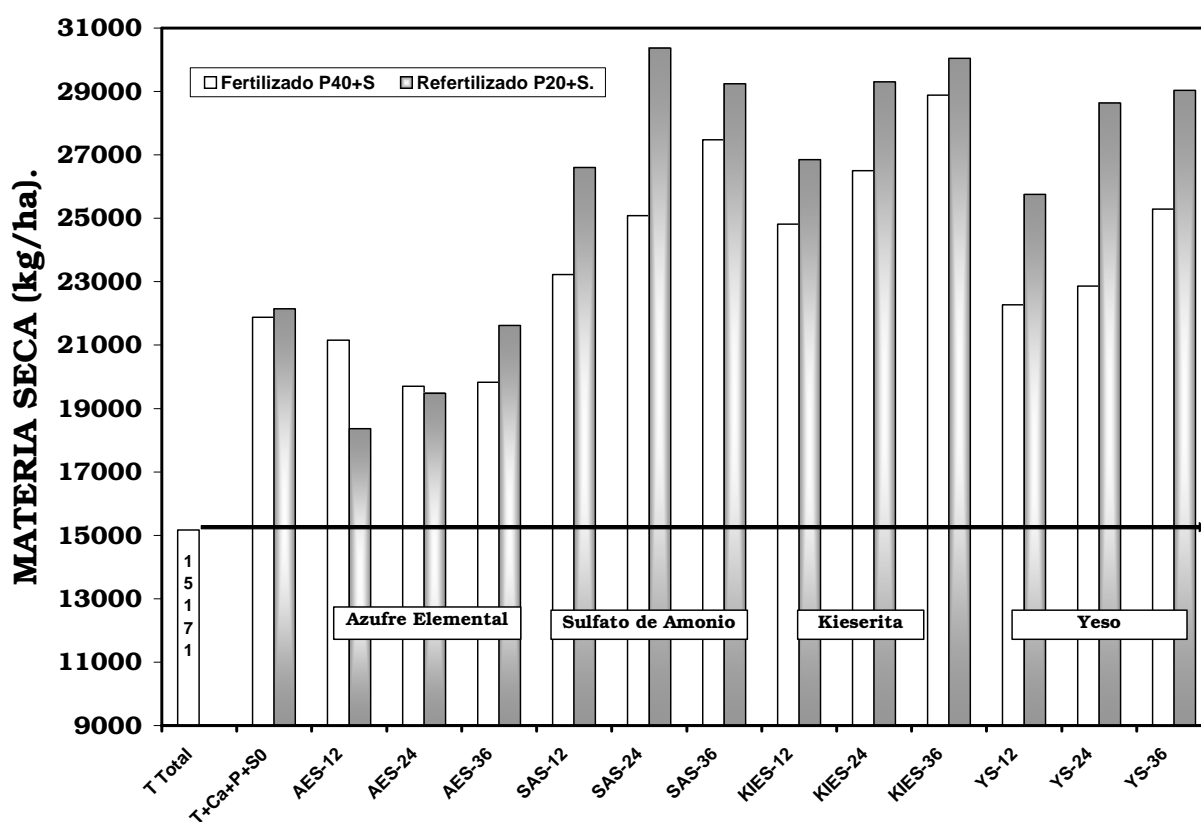


Figura 4. Producción de materia seca de una pastura de alfalfa con fertilización y refertilización de una pastura de un año. Eficiencia de diferentes fuentes de azufre. TTotal= testigo total ; T+Ca+P= testigo+Ca+P; las restantes fuentes y niveles de S tienen una base de Ca y de P. Esperanza, Santa Fe. 15 Cortes.

El tratamiento TTotal, que corresponde a la producción de alfalfa sin fertilizantes, fue de 15171 kg/ha de materia seca (MS). El promedio del ensayo cuando se fertilizó con Ca+P+S fue de 23414 kg/ha de MS y, cuando se refertilizó con P+S, la MS promedio acumulada fue de 25245 kg/ha de MS. La diferencia respecto del TTotal a favor de la fertilización fue de 8243 kg/ha de MS (54%) y de la refertilización de 10074 kg/ha de MS (66%). Cuando la comparación se realizó con los mejores tratamientos de cada fuente los aumentos y las magnitudes en porcentaje fueron mayores (Tabla 2).

Tabla 2. Aumentos de materia seca (MS) de alfalfa por diferentes fuentes y las mejores dosis de fertilizantes que incluyeron Ca, P y S. Se utilizó como referencia el testigo total (TTotal) = 15171 kg/ha de MS (15 cortes).

Fuentes de Azufre	Mejores Tratamientos (Ca+P+S).	Aumentos de MS (kg/ha)
Azufre Elemental (AE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	6445 (42%)
Sulfato de Amonio (SA)	Ca 370+ (P40+P20) + (S24+S24)	15202 (100%)
Kieserita (KIE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	14881 (98%)
Yeso (Y)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	13859 (91%)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) dentro de los tratamientos fertilizados y refertilizados, respectivamente. La comparación de las fuentes de azufre a través de todos los niveles de S se pueden ver en la Figura 5.

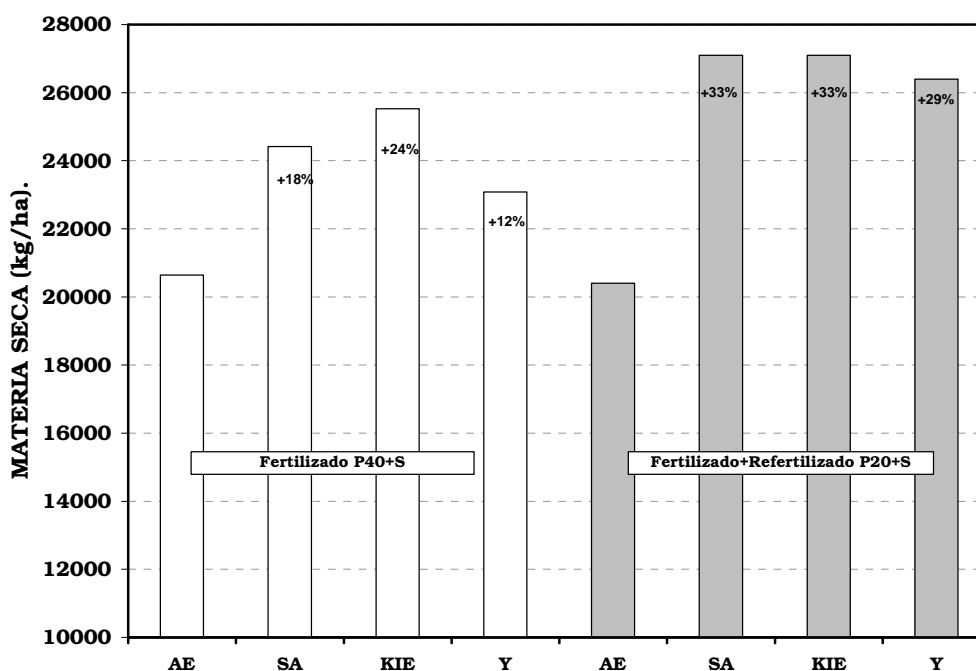


Figura 5. Producción de alfalfa con distintas fuentes de S aplicadas en superficie en condiciones de única fertilización y de refertilización. Esperanza, Santa Fe. 15 cortes. (%)= aumentos respecto de AE.

En las dos condiciones, la fuente de S menos eficiente fue el AE (azufre elemental). A pesar de la alta concentración de S, no aportó suficiente SO_4^- para satisfacer la demanda de la alfalfa. Las fuentes que siempre tendieron a ser superiores fueron el SA (sulfato de amonio), la KIE (kieserita) y el Y (yeso), principalmente en el caso de la refertilización. Las últimas tres fuentes tuvieron buena solubilidad de SO_4^- y son recomendables.

En cuanto a los niveles de S las respuestas pueden verse en la Figura 6. En los dos casos, la respuesta del S fue significativa ($P < 0,05$) y con tendencia lineal, principalmente en la refertilización, demostrando la gran incidencia del azufre como componente de la fertilización.

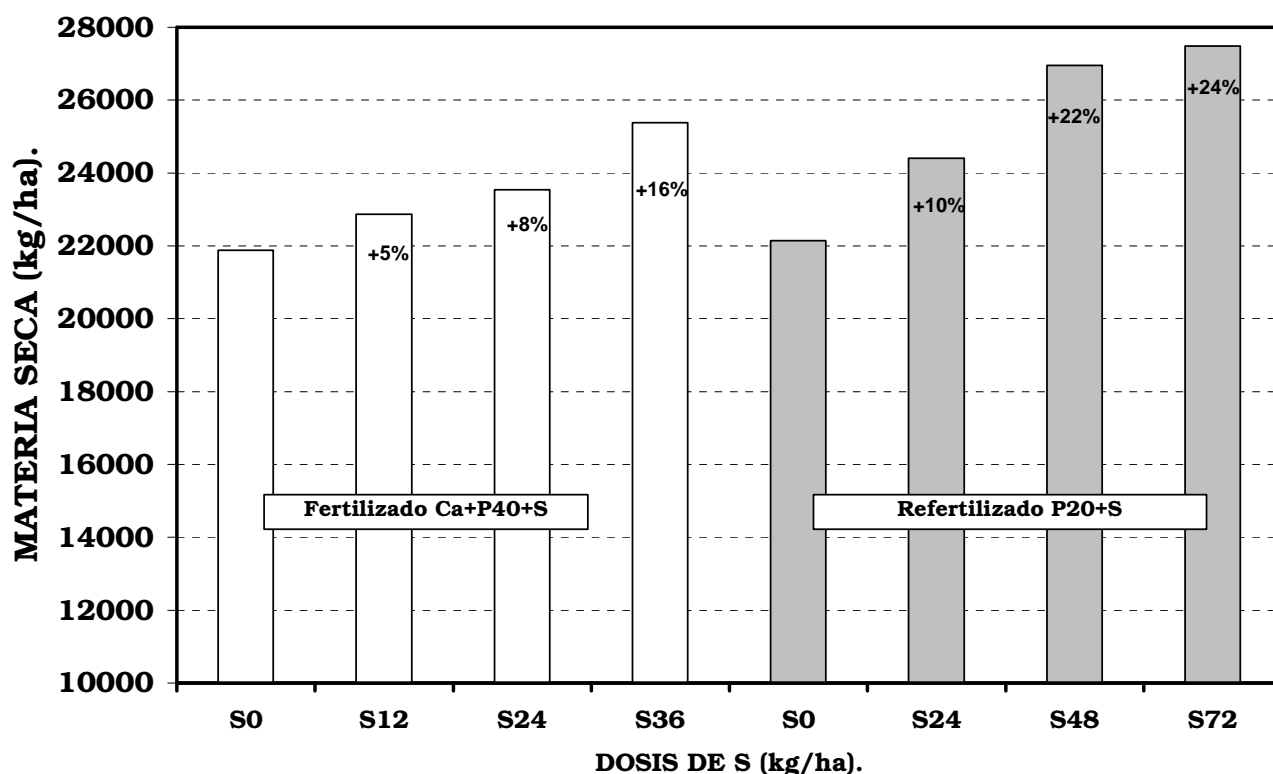


Figura 6. Producción de alfalfa con distintas dosis de S aplicadas en superficie en condiciones de única fertilización y de refertilización. Esperanza, Santa Fe. 15 cortes.

Cuando se fertilizó, los incrementos con S12, S24 y S36 respecto de S0 fueron de 988, 1659 y 3496 kg/ha de MS, respectivamente. Cuando a la fertilización se le adicionó la refertilización, los aumentos para S24, S48 y S70, respecto de S0 fueron de 2251, 4802 y 5339 kg/ha de MS, respectivamente.

Comparando las dos alternativas **a)** y **b)**, los aumentos de MS con la fertilización y refertilización azufrada en superficie siempre fueron importantes pero de menor magnitud que cuando el S fue incorporado al momento de la siembra de la pastura.

Consideraciones generales

- ❖ La fertilización de alfalfa produjo aumentos de forraje, respecto de la situación sin fertilizantes, que oscilaron entre 42% y 114%, según la fuente y dosis de azufre utilizada.
- ❖ La fertilización inicial con P y Ca y la refertilización con P permitió corregir las deficiencias del suelo y satisfacer los requerimientos de la pastura.
- ❖ Las fuentes azufradas que reflejaron mayores producciones de materia seca fueron el sulfato de amonio (SA), la kieserita (KIE) y el yeso (Y).
- ❖ Satisfecha la necesidad de P, las respuestas del S fueron más notables cuando las fuentes tuvieron una incorporación inicial respecto a la situación de refertilización.
- ❖ La fertilización y refertilización sobre una pastura de un año constituyó una estrategia importante para lograr aumentos de MS y prolongar la vida útil de la misma.
- ❖ La fertilización básica con Ca y P y la posterior fertilización con S puso de manifiesto la necesidad y el gran aporte de este último sobre la producción de alfalfa.

Referencias

- Berardo, A. 1998. Fertilización de pasturas. En 5° Seminario de Actualización Técnica, CPIA-SRA. Buenos Aires.
- Hoeft, R. G. and R. H. Fox. 1986. Plant response to sulfur in the Midwest and Northeastern United States. In. Sulfur in Agriculture. Ed. M. A. Tabatabai. Agronomy N° 27. ASA. 1986.
- Lanyon, L. E. and W. K. Griffith. 1988. Nutrition and Fertilizer Use. In. Alfalfa and Alfalfa Improvement. ASA-CSSA-SSA, Madison, Wisconsin. Agronomy Monograph 29. 333-372.
- Racca, R; D. Pollino; J. Dardanelli ; D. Basigalup ; N. González ; E. Brenzoni; N. Hein y M. Balzarini. 2001. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. Proyecto Pronalfa. Ediciones INTA. 56 p.
- Vivas, H. S. 1996. Fertilización de alfalfa en tres suelos representativos de la región central de Santa Fe. Información Técnica N° 193. INTA EEA Rafaela. 3p.
- Vivas, H. S.; M. S. Guaita y O. Quaino. 1999. Fertilización fosfatada y encalado sobre la producción de alfalfa en el Departamento Las Colonias. INTA EEA Rafaela. Información Técnica N° 230. 6p.
- Vivas, H. S. 2001. Fertilización de alfalfa con azufre y boro en el área centro este de Santa Fe. 24° Congreso Argentino de Producción Animal (AAPA). Rafaela, 19 al 21 de setiembre de 2001.
- Vivas, H. S. 2004. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de Alfalfa en el centro de Santa Fe. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. 22 al 25 de junio de 2004.