

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

“Proyecto de Trabajo Final presentado  
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**RESPUESTA A LA REFERTILIZACION  
FOSFATADA EN ALFALFA**

**Drincovich, Mariano Jeremías  
31534878**

**Director: Bongivanni, Marcos  
Co-Director: Hampp, Eugenio**

**Río Cuarto - Córdoba  
2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

RESPUESTA A LA REFERTILIZACION FOSFATADA EN ALFALFA

**Autor:** DRINCOVICH, MARIANO JEREMIAS

**DNI:** 31534878

**Director:** Bongivanni, Marcos

**Co-Director:** Hampp, Eugenio

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador

Ing. Agr. González, Sergio: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Ohanian, Alfredo: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Bongivanni, Marcos: \_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aprobado por la Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Secretario Académico

## INDICE

	Pagina
Certificado de aprobación	I
Índice	II
Resumen	III
Abstract	IV
Introducción	1
Origen	1
Importancia	2
Descripción	3
Suelo y Clima	3
Nutrición	4
Antecedentes	7
Hipótesis	10
Objetivos generales	10
Objetivos específicos	10
Materiales y Métodos	11
Ubicación del Ensayo	11
Características del área donde se realizó el estudio	11
Condiciones climáticas y agro climáticas del área en estudio	11
Metodología de Investigación	13
Determinaciones en planta	13
Determinaciones en suelo	14
Resultados y Discusión	15
Precipitaciones	15
Fósforo disponible en suelo	16
Producción de Materia seca	18
Eficiencia de Uso de fósforo	22
Conclusión	24
Consideraciones Finales	24
Anexos	25
Bibliografía	30

## **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar la respuesta de producción de M.S. (materia seca) de alfalfa (*Medicago sativa, L.*) y el contenido de fósforo (P) en el suelo al refertilizar el cultivo después de un año de producción se desarrolló un ensayo durante la campaña 2008/2009 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre la Ruta Nacional N° 36, km. 601, Córdoba. El diseño experimental utilizado fue en bloques divididos completos aleatorizados con tres repeticiones. El tratamiento de refertilización fue con una dosis fosfatada de 20 kg P\*Ha<sup>-1</sup>, aplicado este sobre diferentes tratamientos de fertilización fosfatada a la siembra (12 kg P Ha<sup>-1</sup> y 24 kg P Ha<sup>-1</sup>) y un testigo absoluto sin fertilizante a la siembra. La fertilización se realizó en otoño de 2008 distribuyendo el producto al voleo. La fuente fosfatada utilizada fue súper fosfato triple (PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>)<sub>2</sub>Ca. Los resultados que se obtuvieron indican que no hay respuesta significativa de aumento de producción entre los diferentes tratamientos. Solo se encontró respuesta a la refertilización cuando esta se realizó sobre un testigo absoluto no fertilizado con P a la siembra.

**Palabras clave:** Alfalfa –Refertilización-Fosforo-Materia seca

## **ABSTRACT**

This paper aims at assessing the response of the production of DM –dry matter- of alfalfa (*Medicago sativa L.*) and the content of phosphorus (P) in the soil when re-fertilization following a year of production is done. The research consisted of developing a trial during the period 2008/2009 at the Experimental Field of the Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine at the National University of Rio Cuarto, located in Ruta Nacional 36, Km 601 in the province of Cordoba, Argentina. For the experimental design, a randomized complete block design with three replications was used. The re-fertilization treatment was done using P phosphate \* Ha-1 at a dose of 20 kg which was used on different P fertilization treatments at sowing (12 kg P \* Ha-1 and 24 kg P \* Ha-1) and an absolute control without the application of fertilizers. Fertilization was carried out in autumn 2008 using a broadcast fertilizer application. The phosphate source used was triple super phosphate  $(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$ . The results obtained show that there was no significant increase in the production between the different treatments. A response to re-fertilization was only observed when there was an absolute control in untreated sowing.

Keywords: Alfalfa-re-fertilization-Phosphorus-Dry Matter

## Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa L.*), por su adaptación a un amplio rango de condiciones agroclimáticas y por su capacidad de producir elevada cantidad de forraje de alta calidad es una especie utilizada en sistemas de producción de carne y leche en distintas regiones ganaderas templadas del mundo. A su vez, incrementa el contenido de materia orgánica y de N del suelo principalmente en los horizontes superficiales, favoreciendo el desarrollo de los cultivos subsecuentes en la rotación (Baldock, *et al.*, 1981).

### Origen

Frecuentemente la alfalfa ha sido llamada la reina de las plantas forrajeras y esto es cierto tanto desde un punto de vista universal como particularmente referido a nuestro país, ya que es un pilar fundamental en la alimentación del ganado en especial de producción lechera.

Si bien hoy está extendida prácticamente por todo el mundo, se fija su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira. Las referencias más antiguas proceden de Turquía (1.300 a.C.), Babilonia (700 a.C.) aunque se especula que el tráfico marítimo, altamente desarrollado 4.000 años a.C. podría haber contribuido a facilitar su difusión con mucha antelación (Michaud, *et al.*, 1988).

En excavaciones arqueológicas realizadas en Turquía se hallaron pequeñas tablas de piedra que indican con claridad que hace más de 3.300 años la alfalfa era utilizada para alimentar animales. Hay evidencias, además, que esta forrajera estaba ampliamente distribuida en Media (N.O. de Irán) unos 1.000 años a.C. y que presumiblemente siguió los pasos de la civilización de este a oeste (Hendry, 1923).

En el siglo IV a.C., Teófrates describió su introducción a Grecia, y Aristófanes y Aristóteles también la mencionaron y describieron con bastante detalle. Serían, pues, los griegos quienes le dieron el nombre de médica, que recogido por los romanos se ha conservado hasta nuestros días como denominación de su género botánico (Michaud *et al.*, 1988).

Los autores romanos describen con abundantes detalles, la importancia, cultivo y forma de aprovechamiento de la alfalfa. Con la caída del Imperio Romano, el cultivo de alfalfa desaparece de Europa.

Los árabes la transportaron de nuevo, a través del norte de África, desde Persia hasta la recientemente conquistada España.

La llegada al nuevo mundo se produjo en el año 1519, a México. Posteriormente por la ruta del Pacífico, fue trasladada a Perú y Chile. Desde estos países, por vía terrestre, llegó a la Argentina (Tome, 1947).

En nuestro país se cultivó primeramente en la región cuyana y años mas tarde en Córdoba (Tome, 1947). Su llegada a lo que es actualmente la provincia de Buenos Aires se produjo a mediados del siglo XVIII (Boerger, 1943).

### Importancia

La alfalfa es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo. Su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado (Zubizarreta, 1992), hasta los pastoriles que la utilizan en pastoreo directo (Roberto y Viglizzo 1993).

En la mayoría de las regiones de la Argentina donde las producciones de leche y carne son relevantes, esta especie forrajera es básica en la alimentación (Spil y Salgado 1992). La superficie implantada de alfalfa predomina sobre otras forrajeras perennes implantadas como se observa en la tabla 1. Sin embargo, la dimensión real de su valor surge cuando se considera, además, el rol de esta leguminosa en la sustentabilidad de los sistemas de producción, por su función en la recuperación de la fertilidad y estabilidad edáfica (Panigatti, 1992).

**Tabla 1:** Superficie implantada de forrajeras perennes por cultivo.

Superficie implantada (miles de hectáreas)										
Provincia	Total	Achicoria	Agropiro	Alfalfa	Festuca	Lotus	Pasto llorón	Trébol	Otras puras	Alfalfa consociada
<b>Total</b>	<b>8.643,1</b>	<b>8,6</b>	<b>57,6</b>	<b>1.749,8</b>	<b>5,6</b>	<b>6,5</b>	<b>76,4</b>	<b>9,9</b>	<b>84,2</b>	<b>3.232,0</b>
Buenos Aires	4.512,7	4,0	245,7	13,6	61,2	19,9	33,8	9,8	10,2	1.909,1
Córdoba	1.793,0	8,4	89,8	1.015,6	7,7	0,1	66,4	13,4	237,3	315,9
Entre Ríos	390,5	3,6	--	4,2	1,6	15,2	--	0,7	2,5	97,2
La Pampa	999,8	1,9	18,2	21,9	3,9	1,2	276,2	11,7	2,6	431,0
Santa Fe	947,0	0,7	3,9	44,5	1,2	0,2		4,4	31,5	478,8
<b>Fuente:</b> INDEC, Encuesta Nacional Agropecuaria 2001.										

### Descripción

La alfalfa (*Medicago sativa L.*), es una planta herbácea de porte erecto y semierecto, de hasta 1 metro de altura. Las hojas son trifoliadas, alternas y pecioladas, con folíolos de color verde oscuro y dentados en el tercio superior.

Los tallos son erguidos y herbáceos. En la base de éstos se encuentra formación perenne y semileñosa, la corona, en la que se originan los brotes de renuevo y, se ubica a nivel o ligeramente por debajo de la superficie. Posee un sistema radicular conformado por una raíz principal (pivotante), capaz de alcanzar varios metros de profundidad. Las flores (inflorescencias) son en racimos axilares simples, pedunculados. Flores azul violáceas, excepcionalmente blanquecinas de 1 cm. de longitud.

El fruto es una vaina en espiral, castaño negruzca. Dentro de éste se encuentran semillas pequeñas y arriñonadas de color amarillo castaño. El peso de 1000 semillas es de 2.2 g. (Maddaloni y Ferrari. 2001).

### Suelo y clima

La alfalfa es una especie de gran adaptación a distintos climas: húmedos, subhúmedos, semiáridos y áridos. La diversidad de variedades disponibles permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes. Se adapta a distintos tipos de suelos, pero prefiere los suelos profundos y bien drenados. En suelos con algún impedimento de profundidad la producción de pasto es menor. En aquellos suelos con drenaje lento hay que sembrar variedades que tengan buen comportamiento a enfermedades de raíz y corona (Barigi *et al.*, 1986).

El pH ideal varía de 6,8 a 7,5, rango en el cual la mayoría de los nutrientes, como por ejemplo: calcio, potasio, fósforo, magnesio y azufre, están disponibles. La alfalfa tolera deficiencias hídricas prolongadas pero no tolera los anegamientos del suelo y en especial si éstos se dan con temperaturas altas. En implantación, un anegamiento de 36 horas y con 30°C, hay muerte de plantas. Las plantas adultas presentan más tolerancia a condiciones de asfixia que las jóvenes (Bustillo, 1995).

Tolera salinidad de 2 a 6 dS/cm (decisiemens/centímetro). En suelos con 8 dS/cm reduce la producción de pasto en un 50%. Se han seleccionado variedades que toleran más de 8 dS/cm. Un alto contenido de sodio en el suelo, tiene efecto fitotóxico sobre la planta (Díaz Zorita, 1997).



## Nutrición

Los requerimientos de macro nutrientes y nutrientes secundarios de esta especie forrajera son los siguiente:

Tabla 2: requerimientos nutricionales de la alfalfa

Especie	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
	----- kg/ton MS -----					
Alfalfa	25-30	2.2-3.3	18-25	11-12	2-3.7	2.5-5

Fuente: IMPOFOS 2005

Deficiencias nutricionales durante la implantación y el desarrollo inicial del cultivo disminuyen significativamente tanto la producción posterior de materia seca, como la nodulación y la capacidad de fijación de N (Melgar y Díaz-Zorita 1997).

El mantenimiento de un adecuado suministro de nutrientes es esencial para obtener una alta producción y calidad de alfalfa (Vivas 1996).

El P es absorbido como fosfato mono o diácido en la solución del suelo y en la planta compone muchas enzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos. Como componente de los ácidos nucleicos participa de los procesos de transferencia genética. Como integrante del ADP y del ATP, participa en el almacenaje y transferencia de energía en la planta. Posee un alto grado de recirculación interna, por lo que los órganos en proceso de senescencia poseen un menor contenido relativo de este elemento (Berardo, 1996)

La residualidad del P incorporado determina que su efecto sobre la producción de forraje y sobre el crecimiento y persistencia de las leguminosas se prolongue más allá del año de aplicación. En efecto, gran parte del P aplicado permanece en el suelo transformándose en distintas formas orgánicas e inorgánicas de disponibilidad variable para los cultivos, dependiendo de las características del suelo, tales como el pH y la textura entre otras (Berardo 1993; Condron 1989).

Con pasturas perennes, se logra aumentar la fertilidad y estabilidad estructural de los suelos, pero para lograr una mayor productividad y persistencia de éstas, es necesario tener en cuenta que no existan restricciones que limiten su implantación, como lo es la presencia de capas compactadas que lleguen a dificultar la exploración radicular, junto con una baja

disponibilidad de nutrientes en el perfil y reducidas precipitaciones, que limiten la toma de agua por parte del vegetal (Marschner, 1995).

La producción de alfalfa remueve grandes cantidades de nutrientes desde el suelo que deben ser repuestos periódicamente para satisfacer las necesidades del cultivo. Debido a la esencialidad de los roles bioquímicos del P en alfalfa, tanto los rendimientos como la calidad se reducen cuando el suministro de este nutriente es deficiente. Por otro lado, y como consecuencia de la prolongada estación de crecimiento de este cultivo existe una continua demanda de elementos esenciales, bajo un amplio rango de condiciones ambientales (Mikkelsen, 2004).

Con la adición de P a la pastura se logra una mayor producción de forraje debido posiblemente al agregado que tiene este nutriente sobre la fijación del Nitrógeno lo que repercute en una mayor calidad del forraje producido (Quintero *et al.*, 1995).

Suelos con niveles de fósforo extractable inferiores a 15 ppm y pH neutro a ligeramente ácido requieren del agregado de fertilizantes (Berardo, 1974; Culot, 1986).

Según Quintero y Boschetti, (2004) numerosos trabajos en nuestro país indican que por debajo de 12 ppm de P, según Bray I las posibilidades de respuesta a la fertilización son altas, con valores superiores la alfalfa continúa respondiendo pero a una tasa menor.

Otro nutriente muy demandado por esta leguminosa y que frecuentemente se encuentra en niveles deficientes es el azufre (S). Constituye un elemento de gran importancia en la formación de las proteínas de la pastura y su demanda guarda relación con los niveles de producción de materia seca. En suelos arenosos el S puede tener una dinámica similar al nitrógeno y migrar con facilidad hacia horizontes profundos pero en suelos franco limosos y arcillosos en el horizonte B el nutriente tiene capacidad de permanecer y tener efectos residuales en años posteriores (Vivas *et al.*, 2004).

Varias funciones esenciales son atribuidas al S, las uniones disulfuro (-S-S-) son formadas por dos grupos -SH de cistina o metionina. Estas uniones están involucradas en la estructura de las proteínas. Por lo tanto, el S está involucrado en la conformación y actividad de muchas enzimas.

Una de las más importantes proteínas que contienen S es la ferredoxina la cual está involucrada en la asimilación del dióxido de carbono, síntesis de glucosa y glutamato, fijación de N<sub>2</sub> y reducción de nitratos.

El S es también un constituyente de la coenzima A (CoA) y de las vitaminas biotina y tiamina. La CoA interviene en el ciclo de Krebs y juega un importante rol en el metabolismo de lípidos y ácidos grasos. La biotina está asociada con la asimilación de CO<sub>2</sub> y la descarboxilación. La tiamina actúa como una coenzima en la descarboxilación de piruvato

y la oxidación de  $\alpha$ -ceto ácidos. El S es también un componente de variadas hormonas en las plantas (Mills y Benton Jones, 1996).

Es un nutriente muy requerido por la leguminosa. Aunque no tan preciso el nivel de  $S-SO_4^-$  suficiente en el suelo superficial debería ser alrededor de 10 ppm (Hoeft y Fox 1986).

En el centro este de Santa Fe estudios 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 (Vivas 2004).

Una de las posibilidades para la reposición de los mencionados nutrientes en el suelo es la refertilización luego de que la pastura está implantada, a los fines de tratar de corregir, “sobre la marcha”, las deficiencias nutricionales y de conseguir que el cultivo de alfalfa alcance el óptimo de producción. Esta última alternativa es muy poco utilizada por la ausencia de información regional que demuestre sus beneficios, sobre todo si se considera que el P se caracteriza por su escasa movilidad en este sentido, los resultados informados por Berardo (1998) aplicando fertilizaciones anuales en pasturas instaladas fueron muy alentadoras (Fontanetto y Bianchini 2007).

El P es un elemento muy poco móvil en el suelo y se encuentra mayormente en formas minerales poco solubles y en la materia orgánica. El principal mecanismo de llegada a la raíz es la difusión y, debido a esto, toma gran importancia el volumen explorado por las raíces en el suelo. Algunos autores han descripto relaciones lineales positivas entre los niveles extraídos con el método de Bray Kurtz 1 y los contenidos totales de P del suelo (Guertel *et al.*, 1991).

El balance de nutrientes dependerá en gran medida de la forma de aprovechamiento de los recursos forrajeros. En el caso de los sistemas de producción de forraje para corte, la extracción de nutrientes es muy importante, ya que se está cortando toda la planta y llevando ese material fuera del sistema. En estos sistemas de corte y remoción, la exportación de P puede llegar a superar a la extracción de los cultivos agrícolas. Vivas y Guaita (1995/1996) midieron extracciones de P superiores para alfalfa de corte que para la rotación trigo/soja 2°.

La producción de materia seca (MS) de alfalfa está condicionada, en gran parte, por los bajos niveles de fósforo (P) extractable y por deficiencias en la concentración de calcio del suelo (Vivas *et al.*, 1999).

El estímulo del P en el desarrollo radicular puede favorecer una mayor eficiencia en el uso del agua (Barber, 1980)

## Antecedentes

En alfalfares puros, (Berardo 1998) encontró una importante respuesta a la fertilización fosfatada. La eficiencia promedio del primer año fue de 180 kg MS/Kg P, siendo de 83 Kg MS/Kg P al segundo año y de 44 Kg MS/Kg P en el tercero. La eficiencia total, luego del 4<sup>to</sup> año de realizada la fertilización fue 410, 246 y 243 Kg de biomasa seca/Kg de P fertilizante para las dosis de 25, 50 y 100 Kg de P respectivamente (Berardo y Marino, 1999). Estos estudios permitieron estimar el umbral crítico para fertilización fosfatada de alfalfa en 26 mg/Kg de P extractable (Bray 1).

Vivas y Guaita (1997) obtuvieron respuestas significativas a la fertilización fosfatada de alfalfa en la zona centro de Santa Fe, aun en un año con marcado estrés hídrico que limitó el rendimiento potencial. Estos autores señalan a la dosis 120 Kg P/Ha como el punto de inflexión de la respuesta.

Vivas y Quaino (2000) evaluaron el efecto de la fertilización fosfatada a la siembra de alfalfa en 9 cortes realizados en el periodo de abril 1998-septiembre 1999 con y sin la aplicación de enmienda cálcica. A pesar de las serias restricciones climáticas observadas durante el periodo de evaluación, la fertilización con fósforo y la refertilización con fósforo después del noveno corte resultaron en incrementos de producción significativos.

Carta *et al.* (2001) evaluaron la fertilización fosfatada en alfalfa en el partido de 9 de julio, Buenos Aires encontrando respuestas de hasta el 89% de la producción de MS durante el primer año de crecimiento.

Loewy y Ron (1992) encontraron respuestas significativas en alfalfa a la aplicación de fósforo como PDA y SPT al voleo en pre-siembra. La dosis de mayor eficiencia fue 45-50 kg/Ha de P. El PDA tendió a presentar menor eficiencia de uso que el SPT en presencia de cebadilla (*Bromus spp*).

En una evaluación hecha en el segundo año, posterior a la implantación, la máxima producción de forraje de alfalfa (15620 Kg MS Ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con el nivel más alto de fósforo extractable (23 ppm) que correspondió a la dosis de fertilización P=100 Kg Ha<sup>-1</sup> en este mismo ensayo en el año de implantación la producción máxima con la última dosis fue de 20000 Kg Kg Ha<sup>-1</sup> aproximadamente. En los dos años posterior la producción máxima se alcanzó en los tratamientos refertilización anual (P=50 Kg Ha<sup>-1</sup> a la siembra y P=100 Kg Ha<sup>-1</sup> de refertilización) con incrementos de 3000 y 3500 Kg Ha<sup>-1</sup> sobre la cantidad de MS producida a partir de la fertilización inicial P=100 (aproximadamente 11500 y 12000 Kg Ha<sup>-1</sup> en el tercer y cuarto año respectivamente). Con la refertilización anual los contenidos de fósforo extractable fueron cercanos a 50 ppm, valores considerablemente más elevados a los obtenidos con una sola fertilización inicial de P=100 Kg Ha<sup>-1</sup> (Berardo, A. y Marino, M.A. 1993).

Vivas y Quaino (2000) encontraron que la refertilización de alfalfa en la primavera del segundo año después de implantada produjo incrementos importantes de MS, complementando en forma positiva la fertilización inicial de la pastura.

Al igual que en la primera etapa fertilizada, en la segunda de refertilización continuó manifestándose mayor producción de MS en los tratamientos de P + Calcio.

El P extractable en la primavera del primer año estuvo relacionado con la MS total constituyendo una oportunidad para decidir una fertilización o refertilización de la pastura.

Los experimentos realizados con anterioridad en pasturas consociadas han demostrado que la fertilización fosfatada suele incrementar la producción de forraje (Berardo y Darwich, 1974).

Quintero *et al.* (1995) en Entre Ríos evaluaron que en suelos con menos de 12 mg/kg. de P extractable se observó un incremento del 24% en la producción de materia seca con aplicaciones de 8 Kg Ha<sup>-1</sup> de P y del 90% con 64 Kg Ha<sup>-1</sup> de P. Valores superiores a los 12 mg kg<sup>-1</sup> de P extractable, la respuesta no superó el 27%, aun con dosis más altas. Estas investigaciones permitieron definir un umbral de 12 mg kg<sup>-1</sup> de P extractable para encontrar respuestas importantes a la fertilización en los primeros años del cultivo.

Casanova La Cruz O. N. y A. E. Cerveñansky Kafka (1997) en una evaluación hecha en Montevideo, Uruguay encontraron que para 3 años acumulados, hay una mayor respuesta en producción de materia seca de alfalfa de todos los tratamientos con diferentes fuentes e igual dosis (dosis: 60 kg a la siembra, más 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> al segundo y tercer año), de fertilizante fosforado respecto del testigo no refertilizado incrementándose la diferencia del hiperfosfato con el superfosfato, posiblemente como consecuencia del aporte de S de este último.

Durand (1989) indica que la alfalfa manifiesta una notable capacidad de tolerancia a déficit hídricos, en condiciones de campo la sequía sería la principal causa de la variabilidad interanual en los rendimientos.

Berardo A. y M. A. Marino (1999) En un experimento que se condujo desde 1995 hasta 1999 en la Unidad Integrada FCA - EEA INTA Balcarce, en el que se sembró una alfalfa y se utilizaron 4 dosis de P aplicadas superficialmente a la siembra: 0, 25, 50 y 100 Kg Ha<sup>-1</sup> de P (P0, P25, P50 y P100) y un tratamiento de refertilización anual con 100 Kg Ha<sup>-1</sup> de P, sobre tratamientos adicionales de 50 Kg Ha<sup>-1</sup> de P agregado a la siembra (P 50+100). Encontraron que la aplicación de P en la siembra incrementó la producción anual de MS; la producción anual y acumulada de MS se incrementó en forma lineal hasta la dosis más alta de P aplicado inicialmente (100 kg ha<sup>-1</sup>), con incrementos sobre los testigos que disminuyeron a través de los años (101%, 71%, 51% y 45 % en el primero, segundo, tercero y cuarto año, respectivamente). Para la producción total acumulada de MS de los cuatro años (aproximadamente 35000, 60000 y 61600 Kg Ha<sup>-1</sup> de MS para el tratamiento P0, P100 y

P50+100, respectivamente), la magnitud de la respuesta expresa tanto la importancia de la fertilización fosfatada para la producción de alfalfa en suelos con baja disponibilidad del nutriente, como la alta residualidad a través de los años del P aplicado en los suelos de la región. La eficiencia acumulada de uso del P aplicado durante 4 años de producción de alfalfa fue disminuyendo con el aumento de dosis de P (aproximadamente 410, 246, 243 y 74 kgMS kgP<sup>-1</sup> para el tratamiento P25, P50, P100 y P50+100, respectivamente)

Quintero y Boschetti (2004) encontraron que la adición de P en pasturas de leguminosas ha mostrado incrementos en la producción de forraje de hasta 8000 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. La eficiencia de utilización de P aplicado disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. También es inferior en dosis divididas respecto a un aplicación única a la siembra. En términos generales se puede esperar una respuesta de 150 a 200 kg de materia seca por kg de P aplicado, aunque se han observado valores muy superiores.

## **Hipótesis**

La refertilización de un cultivo de alfalfa previo al segundo año de producción puede producir incrementos en la producción de materia seca.

## **Objetivo General**

Evaluar el efecto de la refertilización en superficie con P, sobre la producción de materia seca de una pastura de alfalfa con diferentes niveles de fertilización fosfatada incorporada en su implantación.

## **Objetivos Específicos**

Determinar el efecto de la adición de refertilización de P con:

- Determinación de P disponible en suelo.
- Producción de materia seca por corte y en la estación de crecimiento.
- Eficiencia de uso de P.

## **Materiales y métodos**

### Ubicación del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC ubicado a los 32° 33' latitud sur y 63° 10' longitud oeste.

### Características del área donde se realizó el estudio:

El campo experimental se encuentra ubicado sobre un relieve normal, asociado a planicies bajas muy suavemente onduladas con un gradiente entre 0,5-1%. El tipo de suelo es Hapludol típico, franco-arenosa a franco, liviano, oscuro profundo, bien drenado, con buena acumulación de materia orgánica con la siguiente secuencia de horizontes (Ap-Ad-Bw-C) (Cantero *et al*, 1986).

Los valores iniciales previos al comienzo del experimento para algunas de las características químicas fueron:

Fósforo: 13 ppm

pH: 6,6

M.O.: 1,6%

### Condiciones climáticas y agro climáticas del área en estudio:

El área, presenta una temperatura media anual de 16,5° C, una máxima media anual de 22,8° C y mínima media anual de 10,2° C. El período libre de heladas es de 240 días, desde mediados de septiembre a mediados de mayo, correspondiendo la ocurrencia de precipitaciones a un régimen irregular monzónico, donde se concentra aproximadamente el 80% de las precipitaciones en el semestre más cálido (octubre a marzo). El valor medio de la pluviometría es de 800 mm (Datos aportados por Cátedra de Agrometeorología y Climatología Agrícola UNRC, 2003).

A continuación se presenta la distribución de precipitaciones, evapotranspiración real (ETR) y evapotranspiración potencial (ETP) registradas para el año 2007, 2008 y 2009 (Gráfico 1, Gráfico 2 y Gráfico 3) en el campo experimental de la UNRC donde se realizaron los ensayos.



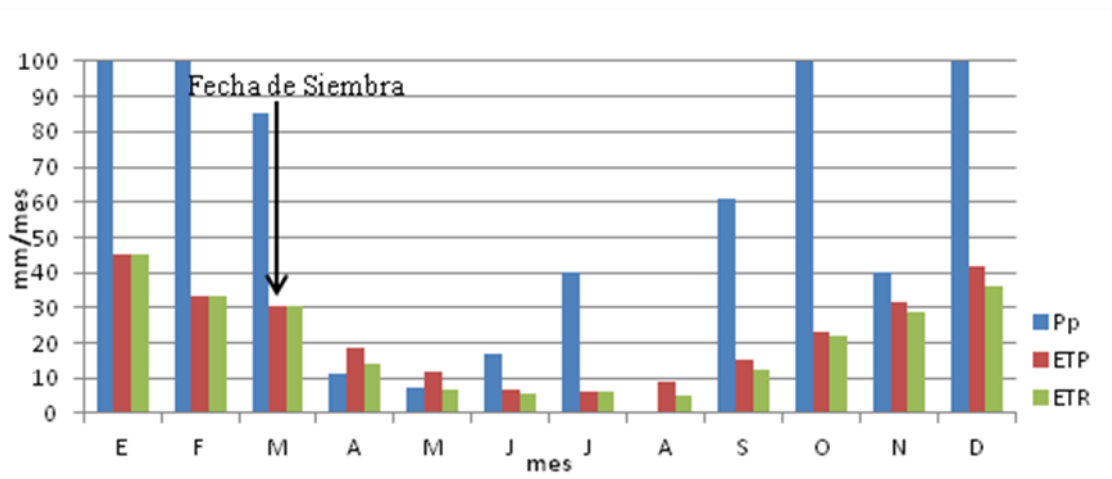


Grafico 1: Distribucion de precipitaciones, ecapotranspiracion real y evapotranspiracion potencial para el año 2007

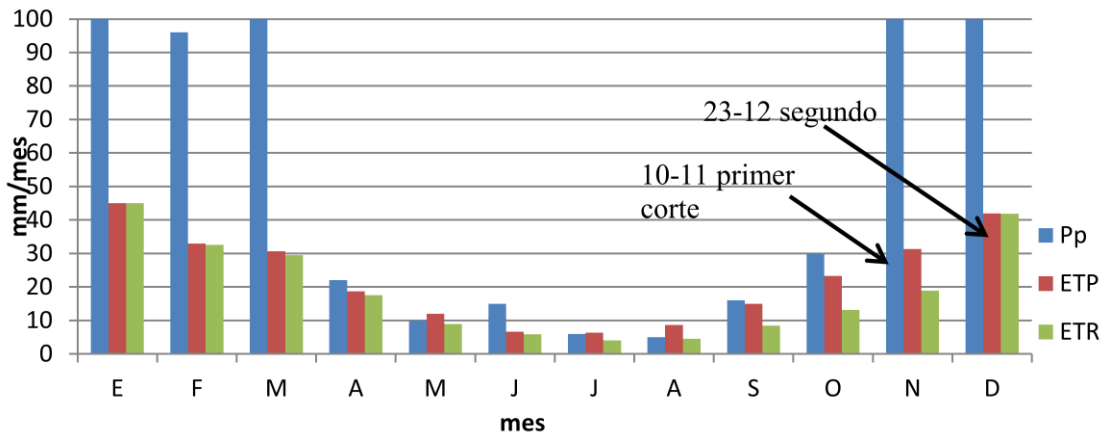


Grafico 2: Distribucion de precipitaciones, ecapotranspiracion real y evapotranspiracion potencial para el año 2008

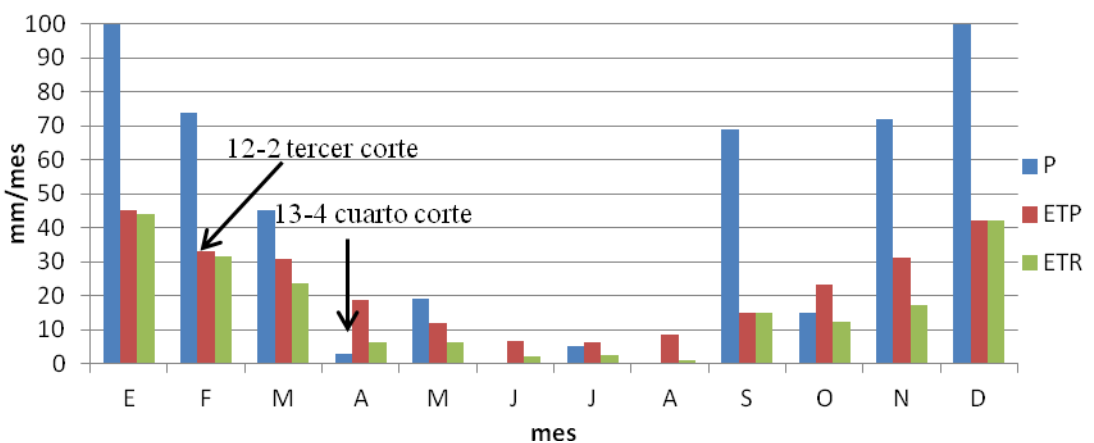


Grafico 3: Distribucion de precipitaciones, evapotranspiración real y evapotranspiración potencial para el año 2009

### Metodología de investigación:

Durante el mes de marzo de 2007 se implantó un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) grado de latencia 6 con una densidad de siembra de 12 kg ha<sup>-1</sup> en una superficie de 160 m<sup>2</sup> mediante una sembradora de siembra directa, marca BERTINI de 25 surcos separados a 17.5cm; con fertilización en la línea de siembra.

Previo a la siembra se realizó una caracterización morfológica y físico-química del suelo del área.

El diseño experimental fue en bloques divididos completos aleatorizados con tres repeticiones. A los efectos de evaluar la respuesta de la alfalfa a la refertilización fosfatada.

En otoño de 2008 se dividieron las unidades experimentales de cada bloque a la mitad para poder, en una de las mitades, evaluar las parcelas no refertilizadas (NFR) y, en la otra mitad, tratamientos de refertilización al año de implantado el cultivo. Los tratamientos de refertilización que se realizaron son con 20 kg P ha<sup>-1</sup> mediante aplicaciones al voleo.

Tratamiento 1 (T1): refertilización con P en parcelas sin fertilización en el año de implantación (testigo).

-Parcela 1 NRF, apareada a T1.

Tratamiento 2 (T2): refertilización con P en parcelas fertilizadas con 12 kg de P ha<sup>-1</sup> en el año de implantación.

-Parcela 2 NRF, apareada a T2.

Tratamiento 3 (T3): refertilización con P en parcelas fertilizadas con 24 kg de P ha<sup>-1</sup> en el año de implantación.

-Parcela 3 NRF, apareada a T3.||

La fuente fosfatada fue superfosfato triple [CaH<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] con un contenido de P como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 46%.

Las unidades experimentales tuvieron una superficie de 13 por 5 metros (ancho de trabajo de la sembradora). Se realizaron controles de malezas y plagas de acuerdo a las necesidades que se presentaron.

Las determinaciones de las variables de respuesta se realizaron en planta y en suelo bajo la siguiente metodología:

### Determinaciones en planta

La determinación de la producción de materia seca por ciclo de crecimiento se realizó mediante cortes al ras del suelo en el estado fenológico 10 % de floración o cuando los rebrotes basales de la corona alcancen 5 cm de altura. Se tomaron 5 muestras, ubicadas al

azar en cada una de las unidades experimentales, de una superficie de 0.25 m<sup>2</sup>. Las mismas se secaron en estufa de circulación a aire forzado a 60° C, hasta peso constante.

Determinaciones en suelo:

Luego de realizada la descripción morfológica del perfil de suelo (Etchevehere, 1976) y en diferentes momentos se realizó la siguiente determinación:

Fósforo disponible, método de Bray I (Page *et al*, 1982)

Para realizar la extracción de suelo el método que se llevo a cabo fue al azar tomando 3 muestras en cada unidad experimental comprendida de dos submuestras, una de ellas en la línea de siembra y la otra en la entrelinea y ambas a 15 cm de profundidad.

## Resultados y discusión

Previo al análisis de los resultados de producción específicamente cabe mencionar lo ocurrido con las precipitaciones previas y durante el periodo de análisis; también lo observado con los niveles de fósforo disponible en el suelo.

Precipitaciones:

Considerando que el período de cortes fue desde el 10-11-2008 (primer corte) hasta el 13-04-2009 (último corte) analizaremos el periodo hídrico desde el 25-09-2008 hasta el 13-04-2009 para poder observar como las precipitaciones pudieron haber afectado la producción.

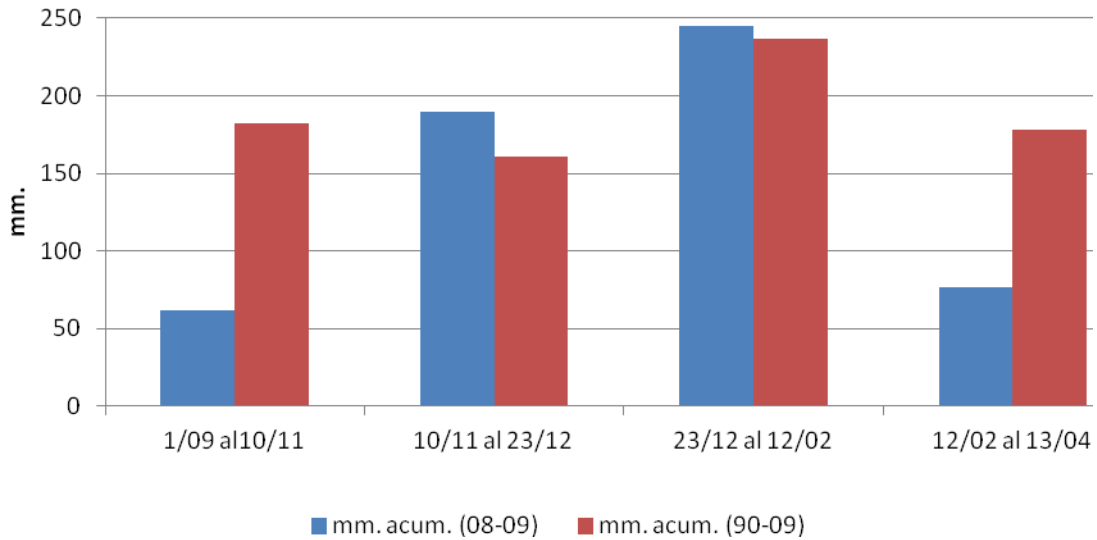


Gráfico 4: Precipitaciones acumuladas por períodos entre cortes para la serie 1990-2009 y para el período de ensayo 2008-2009.

Como se puede observar en el gráfico tanto en el período de acumulación de agua para el primer corte como así también para el cuarto corte las precipitaciones acumuladas fueron inferiores a las acumuladas en la serie del año 1990 al 2009, pudiendo afectar esto de forma directa a la producción de materia seca.

Para los períodos que corresponden al segundo y tercer corte podemos observar que no hay marcadas diferencias con la serie de los años 1990 al 2009 en cuanto a las precipitaciones acumuladas, por lo que se podría esperar una producción normal en lo que depende a las precipitaciones.

Vivas *et al.* (1999) encontraron que a pesar de las grandes variaciones climáticas (precipitaciones) ocurridas durante el período de estudio, los aumentos de MS por la aplicación de P fueron altamente significativos ( $Pr = 0,0002$ ) y el efecto del P sobre el contenido de MS fue cuadrático. En ese trabajo las precipitaciones durante la primavera y el verano fueron muy inferiores a lo normal (mayo 1996-abril 1997= 651 mm; mayo 1997-noviembre 1997= 323 mm) y a pesar de ello se estima que al favorecer el desarrollo radicular los tratamientos fertilizados profundizaron más las raíces e hicieron un uso más eficiente del agua.

En un trabajo de investigación realizado por Vivas y Quaino en los años 1998/99, en dos localidades se encontró que aunque los tratamientos demostraron importantes incrementos de producción se considera que las lluvias fueron irregulares y escasas, afectando la normal producción de MS. En el caso de Esperanza en el período mayo/98-febrero/1999 las precipitaciones acumuladas fueron de 691mm, mientras que marzo-abril/99 concentraron 528 mm. En Emilia, en el período mayo/98-febrero/1999 las precipitaciones fueron de 587 mm y marzo-abril/99 acumularon 235 mm.

#### Fósforo disponible en el suelo:

Tal lo discutido para las precipitaciones, es necesario hacerlo para el fósforo disponible en el suelo ya que este afecta directamente a los valores de producción de materia seca.

Primero se analizó los valores de fosforo disponible en las dos fechas de muestreo, en las parcelas no refertilizadas (NRF):

En el gráfico N° 5 se puede observar que los valores medios de fósforo disponible en las dos fechas de muestreo no se encontraron diferencias significativas; pero si se observa una tendencia a disminuir los valores de fósforo disponible en el suelo en el transcurso del ciclo de análisis de producción, pudiendo esto estar asociado a la remoción por parte del cultivo.

Tal lo observado por (Berardo, 1974; Culot, 1986) para suelos con niveles de fósforo extractable inferiores a 15 ppm y pH neutro a ligeramente ácido requieren del agregado de fertilizantes y según Quintero y Boschetti, (2004) numerosos trabajos en nuestro país indican que por debajo de 12 ppm de P, según Bray I las posibilidades de respuesta a la fertilización son altas y con valores superiores de P disponible se siguen encontrando respuestas a la producción de alfalfa, pero a una tasa menor. Se puede inferir que con los valores medios encontrados de fósforo extractable en el suelo del ensayo la producción de materia seca del cultivo se puede ver afectada de forma negativa.

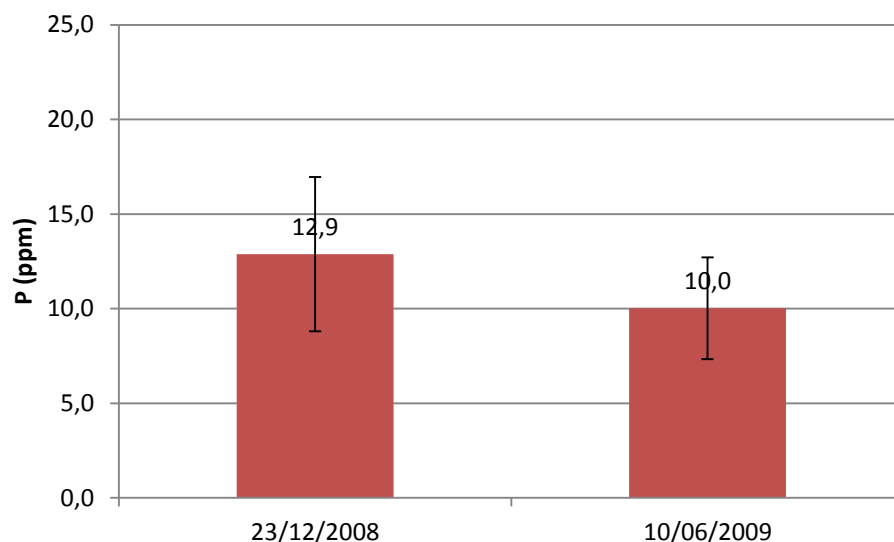


Grafico 5: Fosforo disponible en dos fechas durante el ciclo del cultivo para las parcelas no refertilizadas.

Para los muestreos de suelo del 23 de diciembre del 2008 se observa que no hay diferencias significativas de fósforo entre las parcelas refertilizadas y no refertilizadas para un mismo tratamiento (grafico 6).

Si se encontró diferencia significativa con el tratamiento 1, que no fué fertilizado a la siembra y tampoco refertilizado al año (testigo absoluto), en relación a los demas tratamientos; esta diferencia puede explicarse por la cantidad de fósforo adicionado en la práctica de fertilizacion a la siembra y de refertilización.

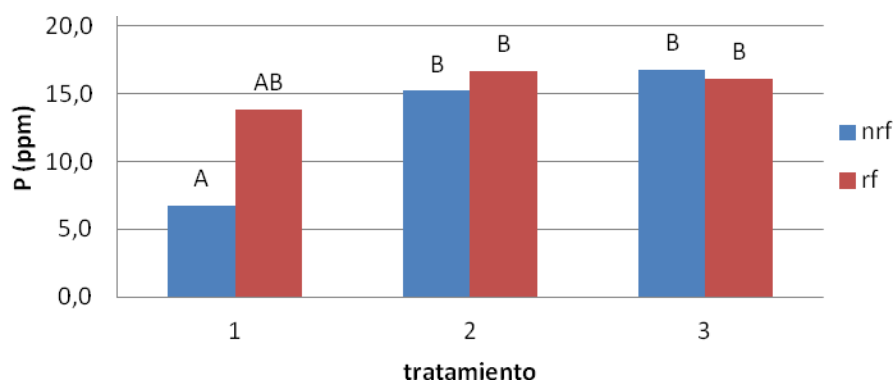


Grafico 6: Niveles de fósforo (P) entre parcelas refertilizadas y no refertilizadas; para el muestreo del 23-12-2008. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

En el segundo muestreo de suelo cuando se determino P, luego de haber transcurrido un periodo de crecimiento del cultivo con su consecuente consumo de nutrientes lo que haría suponer un menor contenido de fósforo en el suelo para los tratamientos con menos fertilizante aplicado, se encontraron diferencias significativas entre refertilizado y no refertilizado para el tratamiento 1 y 2; no encontrándose diferencias significativas en el tratamiento 3 siendo este ultimo el que recibió mayor cantidad de fertilizante fosforado a la siembra (gráfico 7), esto concuerda con lo observado por Berardo *et.al.*, 1993; Condrón y Goh, 1989; Shaw *et.al.*, 1999, que la residualidad del P incorporado determina que su efecto sobre la producción de forraje y sobre el crecimiento y persistencia de las leguminosas se prolongue más allá del año de aplicación. En efecto, gran parte del P aplicado permanece en el suelo transformándose en distintas formas orgánicas e inorgánicas de disponibilidad variable para los cultivos, dependiendo de las características del suelo, tales como el pH y la textura entre otras. Esto hace suponer que las aplicaciones de fósforo en refertilización como las realizadas en este trabajo tienen su impacto sobre el fósforo disponible en el suelo e influyen directamente sobre la producción de materia seca del cultivo principalmente en cultivos de alfalfa que no fueron fertilizados a la siembra o las dosis aplicadas fueron muy bajas.

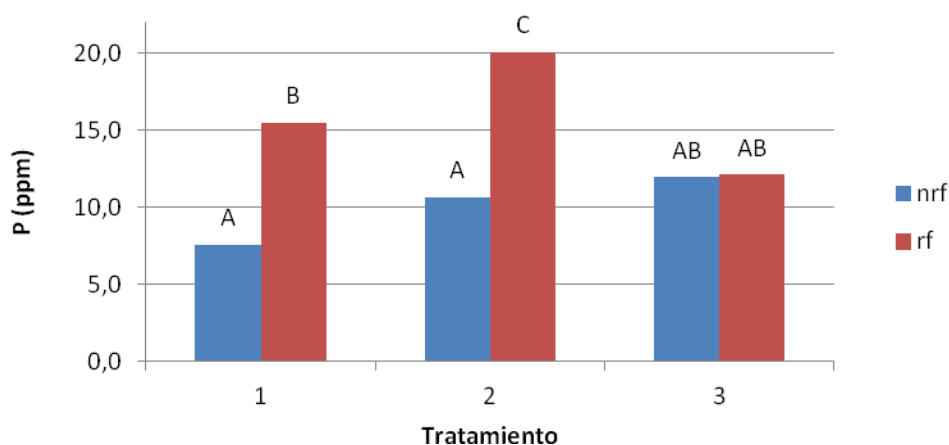


Gráfico 7: Niveles de fósforo (P) para los diferentes tratamientos de fertilización y posterior refertilización; para el muestreo del 10-06-09 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

#### Producción de Materia Seca

La producción de materia seca se analizó por separado entre las parcelas No Refertilizadas (NRF) y las Refertilizadas (RF).

### -Producción de materia seca en parcelas no refertilizadas

En el gráfico N° 8 se puede observar los valores de producción de materia seca para los 4 cortes realizados en su correspondiente fecha, para poder entender estos valores de producción es necesario relacionarlos con los principales factores que afectan el desarrollo de esta especie como lo son la temperatura, el fotoperiodo y las precipitaciones. Considerando que se dio un año atípico con una primavera muy seca fue lógico encontrar una baja producción de materia seca para el corte del 10 de noviembre de 2008; para el segundo y tercer corte (23-12-08 y 12-02-09) los milímetros de agua acumulados entre corte y corte fueron mayores comparados con los valores de la última década (Gráfico 4), es este uno de los motivos por los cuales en estos dos cortes podemos observar mayores valores de producción, en estos cortes también es necesario considerar las mayores temperaturas y específicamente para el segundo (23-12-08) la mayor cantidad de horas de luz; al llegar al último corte, observando en el gráfico 4, podemos ver que ocurre lo mismo con respecto a los milímetros acumulados que en el primer corte. En este último corte también se ve afectada la producción de materia seca por la disminución de las temperaturas y fotoperiodo.

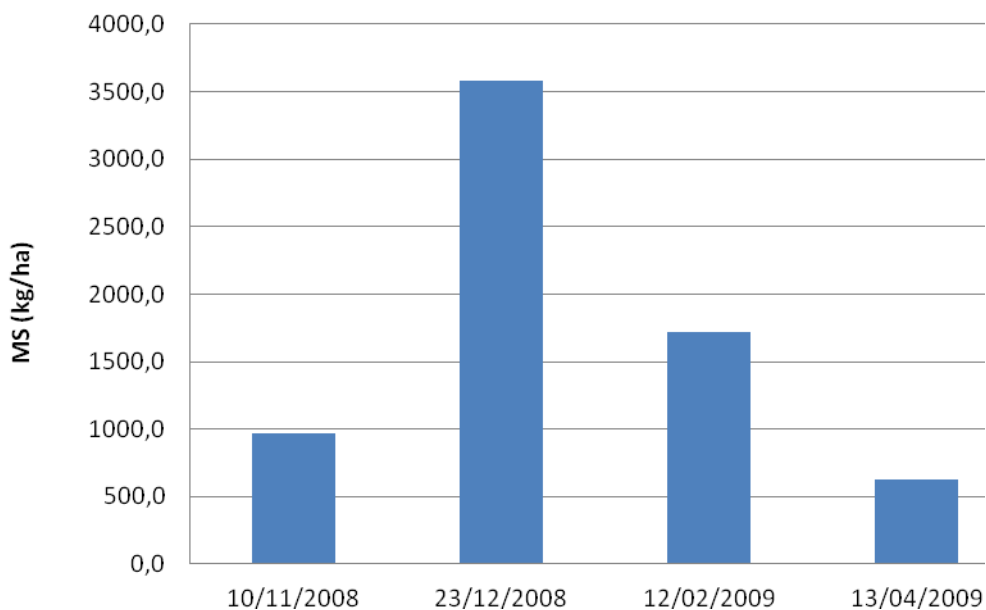


Gráfico 8: Producción de materia seca promedio de alfalfa para las cuatro fechas de corte de las parcelas no refertilizadas.

En el gráfico 9, coincidiendo con lo observado por Vivas y Guaita (1997) que obtuvieron respuestas significativas a la fertilización fosfatada de alfalfa en la zona centro de Santa Fe, aun en un año con marcado estrés hídrico que limitó el rendimiento potencial; en este trabajo para el primer corte, se encontraron diferencias significativas entre los



diferentes tratamientos notándose como respondió el cultivo a la aplicación de fosforo a la siembra en el caso del tratamiento 2 con un 74% más de producción sobre el tratamiento 1; para el segundo corte también se observan diferencias significativas pero en este caso respondiendo con mayor producción el tratamiento 3 logrando un 30% más de producción sobre el tratamiento 1. En el tercer corte la diferencia se da a favor del tratamiento 2 con un 31% más de producción de materia seca con respecto al tratamiento y por ultimo en el cuarto corte no se observan diferencias entre la producción de materia seca de alfalfa entre tratamientos.

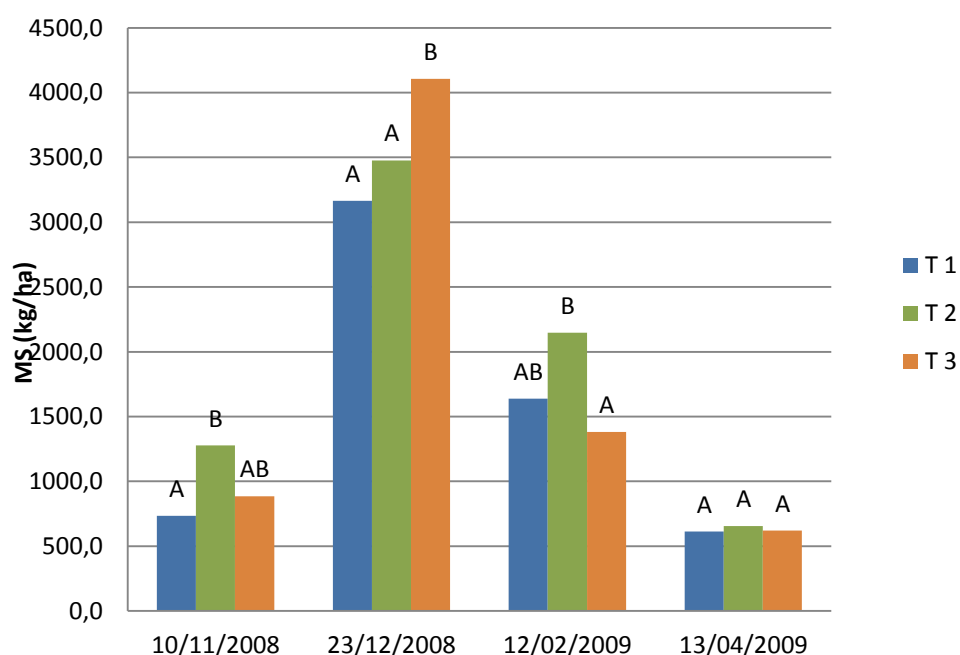


Grafico 9: Producción de materia seca para las cuatro fechas de corte y para los diferentes tratamientos de fertilización a la siembra, no refertilizado. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

#### -Producción de materia seca en tratamientos de refertilización

Para la producción de materia seca de los tratamientos fertilizados a la siembra y refertilizados al año se observo que las diferencias entre tratamientos para el primero, tercero y cuarto corte no fueron significativas (grafico 10). En el segundo corte se pudo observar una marcada diferencia a favor del tratamiento tres, coincidiendo esto con los resultados encontrados por Vivas y Quaino (2000) que evaluaron el efecto de la fertilización fosfatada a la siembra de alfalfa en 9 cortes realizados en el periodo de abril 1998-septiembre 1999 con y sin la aplicación de enmienda cálcica. A pesar de las serias restricciones climáticas observadas durante el periodo de evaluación, la fertilización con fósforo y la

refertilización con fósforo después del noveno corte resultaron en incrementos de producción significativos.

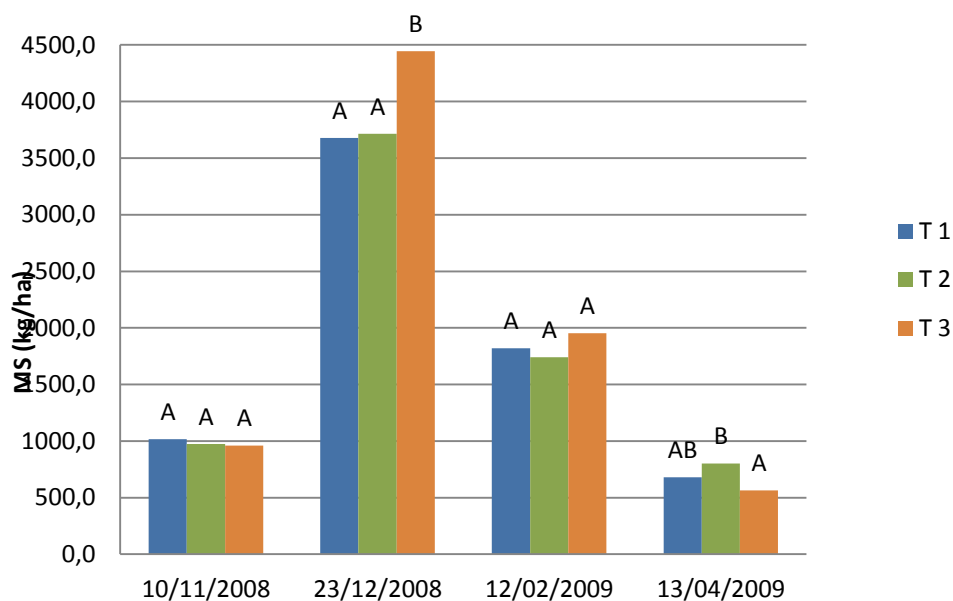


Grafico 10: Producción de materia seca para las cuatro fechas de corte y para los diferentes tratamientos de fertilización a la siembra y refertilización al año. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Casanova La Cruz y Cerveñansky Kafka (1997) en una evaluación hecha en Montevideo, Uruguay encontraron que para 3 años acumulados, hay una mayor respuesta en producción de materia seca de alfalfa de todos los tratamientos con diferentes fuentes e igual dosis (dosis: 60 kg a la siembra, más 40 kg  $P_2O_5$   $Ha^{-1}$  al segundo y tercer año), de fertilizante fosforado respecto del testigo no refertilizado; en este trabajo todos los tratamientos produjeron significativamente mayor producción anual de materia seca que el testigo absoluto, en este caso tratamiento 1 NRF, diferencia no encontrada entre NRF y RF para los tratamientos 2 y 3 (Grafico 11).

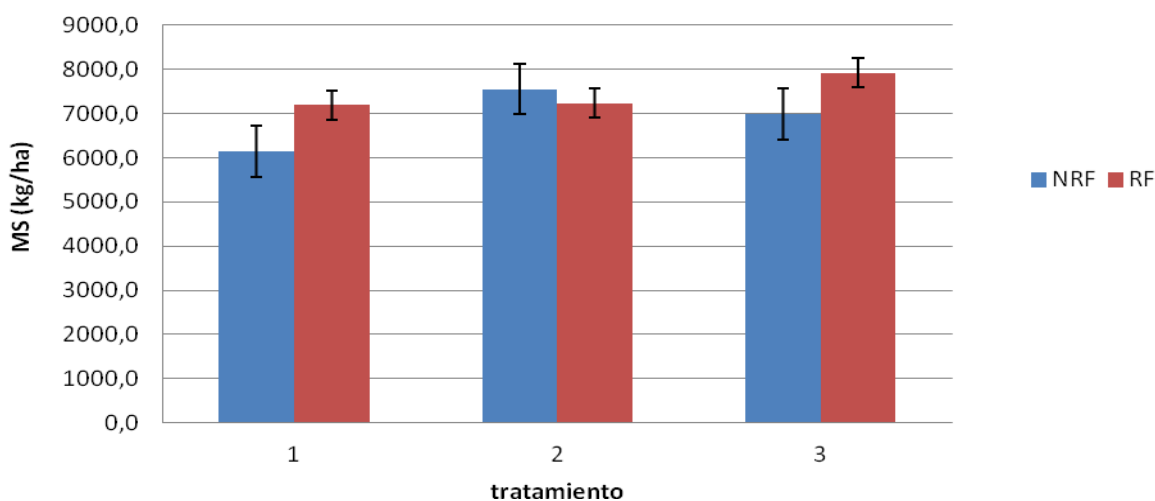


Grafico 11: Materia seca producida en cuatro cortes para diferentes tratamientos de fertilizacion a la siembra y refertilizacion al año. Las barras de error hacen referencia al desvío estándar (DE).

#### Eficiencia de uso de Fósforo

Para los tres tratamientos y en los dos años se puede observar que hay una tendencia de disminución de eficiencia de uso de P a medida que se incrementa el P aplicado tal como lo observado por Quintero C. y G. Boschetti (1995), La eficiencia de utilización de P aplicado disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. También es inferior en dosis divididas respecto a una aplicación única a la siembra. En términos generales se puede esperar una respuesta de 150 a 200 kg de materia seca por kg de P aplicado, aunque se han observado valores muy superiores. Coincidiendo con esto también se puede observar que la eficiencia de uso de P para el segundo año refertilizado es de alrededor de 100 kg MS kgP<sup>-1</sup> y para los tratamientos no refertilizados es de alrededor de 150 kg MS kgP<sup>-1</sup> (Grafico 12). A pesar de haber disminuido la eficiencia de uso de P en los tratamientos refertilizados, al año de implantada la pastura, se puede observar que hay una marcada tendencia de ascenso de los niveles de P disponible en el suelo que quedaría para un próximo ciclo productivo.

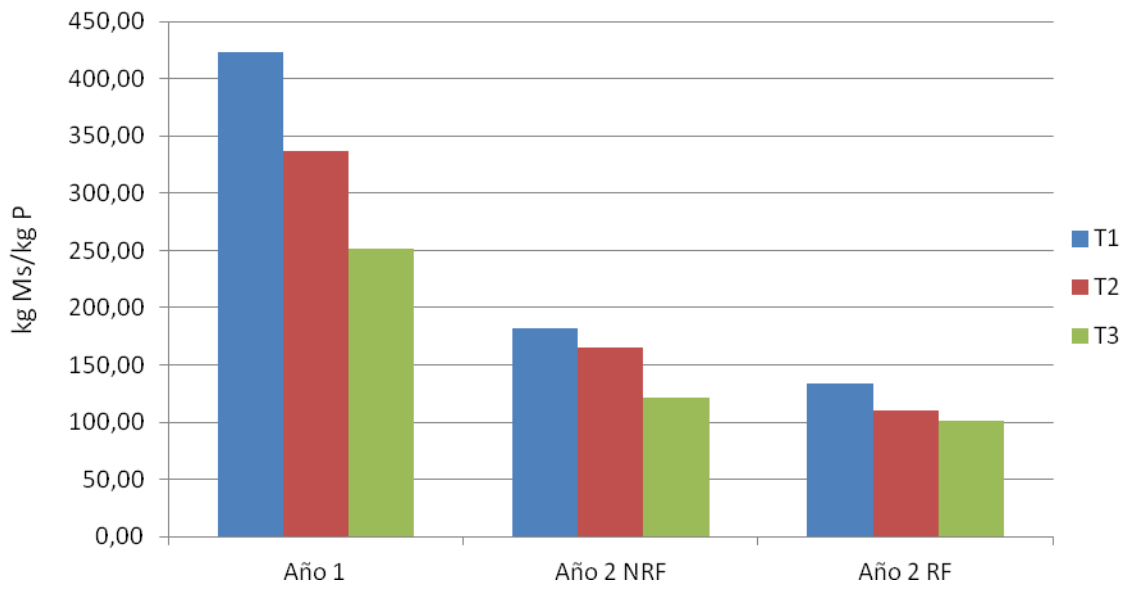


Grafico 12: Eficiencia anual de uso de fósforo para los diferentes años y tratamientos.

## Conclusión

- Solo se encontró respuesta, en producción de materia seca, a la refertilización cuando esta se realizó sobre un testigo que no fue fertilizado con P a la siembra.
- Los niveles de P disponible en el suelo tienden a aumentar al realizar la refertilización sobre cultivos no tratados a la siembra y en tratamientos con 12 kg ha<sup>-1</sup> de P a la siembra.
- No se encontraron diferencias de P disponible en el suelo cuando el cultivo fue tratado con 24 Kg ha<sup>-1</sup> de P a la siembra.

### Consideraciones finales:

De acuerdo a lo investigado se puede inferir que en situaciones donde la fertilización fosforada a la siembra fue escasa o nula; o en situaciones donde después de implantada la alfalfa se detectan bajos niveles de P en el suelo el cultivo responde al agregado de P aumentando la producción de materia seca; haciendo que la refertilización fosforada en alfalfa después de un año de implantada sea una de las posibles técnicas para corregir esas deficiencias.

## Anexos

### Balance hídrico seriado fecha 2007

Pp mensual	ETP mensual	ETR mensual
168	45	45
155	33	33
85	31	30
11	19	14
7	12	7
17	7	5
40	6	6
0	9	5
61	15	12
104	23	22
40	31	29
139	42	36

### Balance hídrico seriado fecha 2008

Pp mensual	ETP mensual	ETR mensual
280	45	45
96	33	33
145	31	29
22	19	18
10	12	9
15	7	6
6	6	4
5	9	5
16	15	8
30	23	13
140	31	19
152	42	42

### Balance hídrico seriado fecha 2009

Pp mensual	ETP mensual	ETR mensual
115	45	44
74	33	31
45	31	24
3	19	6
19	12	6
0	7	2
5	6	2
0	9	1
69	15	15
15	23	12
72	31	17
161	42	42

Valores de P (ppm) en suelo en las dos fechas de muestreo

Tratamiento	Bloque		23/12/2008	Promedio	10/06/2009	Promedio
1	1	NRF	6,78	6,7	10,00	7,5
1	2	NRF	6,70		8,23	
1	3	NRF	6,69		4,36	
2	1	NRF	12,99	15,2	7,66	10,6
2	2	NRF	16,05		14,12	
2	3	NRF	16,54		10,08	
3	1	NRF	24,52	16,7	11,05	11,9
3	2	NRF	16,05		11,29	
3	3	NRF	9,60		13,39	
1	1	RF	10,89	13,8	17,42	15,4
1	2	FR	10,57		14,20	
1	3	FR	19,92		14,68	
2	1	FR	14,36	16,6	22,75	20,1
2	2	FR	16,05		20,17	
2	3	FR	19,52		17,26	
3	1	FR	12,83	16,1	12,34	12,1
3	2	FR	20,57		13,39	
3	3	RF	15,00		10,50	

Análisis de varianza para valores de P para la primer fecha de muestreo 23/12/2008

Test:Duncan Alfa=0,05			
Error: 18,4660	gl: 12		
Año	Trat	Medias	E.E.
NRF	1	6,73	2,48
RF	1	13,79	2,48
NRF	2	15,19	2,48
RF	3	16,13	2,48
RF	2	16,64	2,48
NRF	3	16,72	2,48

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Análisis de varianza para valores de P para la segunda fecha de muestreo 10/06/2009

Test:Duncan Alfa=0,05			
Error: 5,5878	gl: 12		
Año	Trat	Medias	E.E.
NRF	1	7,53	1,36
NRF	2	10,63	1,36
RF	3	11,9	1,36
NRF	3	11,93	1,36
RF	1	15,43	1,36
RF	2	20,07	1,36

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Valores de producción de materia seca para las cuatro fechas de corte

Tratamiento	Refertilización	10/11/2008	23/12/2008	12/02/2009	13/04/2009
1	NRF	733,43	3164,14	1638,46	612,52
2	NRF	1276,51	3476,48	655,33	655,33
3	NRF	884,59	4106,18	619,27	619,27
1	RF	1016,84	3678,01	1818,73	680,72
2	RF	974,63	3715,16	1742,11	801,04
3	RF	960,98	4445,33	1952,69	563,05

Análisis de varianza para la producción de materia seca en diferentes tratamientos no refertilizados

**C10-11-2008**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NRF	C10-11-2008	9	0,79	0,58	19,08

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 33880,7667 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1	733,43	3	106,27	A	
3	884,57	3	106,27	A	B
2	1276,50	3	106,27		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

**C23-12-2008**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NRF	C23-12-2008	9	0,91	0,82	5,26

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 35515,1633 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1	3164,13	3	108,80	A	
2	3476,50	3	108,80	A	
3	4106,17	3	108,80		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

**C12-02-2009**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NRF	C12-02-2009	9	0,68	0,36	19,22

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 109616,9311 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3	1380,70	3	191,15	A	
1	1638,47	3	191,15	A	B
2	2148,20	3	191,15		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)



**C13-04-2009**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NRF	C13-04-2009	9	0,20	0,00	16,95

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 11364,5911 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	612,50	3	61,55 A
3	619,27	3	61,55 A
2	655,37	3	61,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p&lt;= 0,05)

Análisis de varianza para la producción de materia seca en diferentes tratamientos refertilizados

**C10-11-2008**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RF	C10-11-2008	9	0,49	0,00	7,10

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 4877,7194 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3	960,97	3	40,32 A
2	974,63	3	40,32 A
1	1016,83	3	40,32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p&lt;= 0,05)

**C23-12-2008**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RF	C23-12-2008	9	0,74	0,49	8,04

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 100767,0017 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	3678,00	3	183,27 A
2	3715,17	3	183,27 A
3	4445,33	3	183,27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p&lt;= 0,05)

**C12-02-2009**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RF	C12-02-2009	9	0,32	0,00	18,73

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 118543,4978 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	1742,10	3	198,78 A
1	1818,73	3	198,78 A
3	1952,70	3	198,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p&lt;= 0,05)

**C13-04-2009**

Refertiliz	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RF	C13-04-2009	9	0,75	0,50	14,62

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 9932,6644 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3	563,03	3	57,54	A
1	680,70	3	57,54	A B
2	801,03	3	57,54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

### Eficiencia de uso de P

Año 1			
Trat	1	2	3
kg MS	14287,00	15415,00	14543,00
kg MS kg P <sup>-1</sup>	422,69	336,57	251,61

Año 2 NRF			
Trat	1	2	3
kg MS	6148,55	7556,53	6990,73
kg MS kg P <sup>-1</sup>	181,91	164,99	120,95

Año 2 RF			
Trat	1	2	3
kg MS	7194,29	7232,94	7922,06
kg MS kg P <sup>-1</sup>	133,72	109,92	101,83

## **Bibliografía**

BARBER, S. A. 1980. **Mineral nutrient needs**. pp 71-78. En: ASA-SSSA. Moving up the yield curve: Advances and obstacles. ASA Special Publication Number 39. Madison Wisconsin., EE.UU.

BALDOCK, J.O., HIGGS, R.L., PAULSON, W.H., JAKOBS, J.A. y SCHRADER, W.D. 1981. **Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the upper Missipi valley**. Agronomy Journal 73, 885-90.

BARIGI, C., ITRIA, C.D., MARBLE, V.L., BRUN, J.M., (1986) **Investigación, tecnología y producción de alfalfa**. Programa Alfalfa INTA. Proyecto Alfalfa FAO/INTA Arg. 75/006.

BERARDO, A. 1974. **Evaluación de la respuesta a la fertilización en pasturas. Actas II Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes**. Buenos Aires, 238-254.

BERARDO, A. y DARWICH, N. 1974. **Fertilización de pasturas en el Sudeste Bonaerense**. IDIA NE 313-314: 8-16.

BERARDO, A. y MARINO, M.A. 1993. **Eficiencia relativa de un fosfato natural en pasturas cultivadas en molisoles al sudeste bonaerense**. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Mendoza. 145-146.

Berardo A. 1996. **La fertilización fosfatada y nitrogenada de las pasturas y sus efectos en distintos sistemas de producción**. Pp. 173-182. En: Fertilización de cultivos extensivos y forrajeras. Seminario de Actualización Técnica, CPIA y SRA. Buenos Aires.

BERARDO, A. y DARWICH, N. 1974. **Fertilización de pasturas en el Sudeste Bonaerense**. IDIA NE 313-314: 8-16. , GRATONE, F.D. y RIZZALLI, R.H. 1993. **Evaluación del efecto residual de fósforo en un argiudol típico bajo dos secuencias de cultivo**. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. 147-148.

BERARDO, A. 1998. **Fertilización de pasturas**. En 5º seminario de actualización técnica CPIA-SRA. Buenos Aires.

BERARDO, A. y M. A. MARINO. 1999. **Fertilización fosfatada en el sudeste bonaerense**. Informaciones Agronómicas 4: 4-6.

BERARDO A. Y MARÍA ALEJANDRA MARINO. 1999. **Fertilización fosfatada de alfalfa en el sudeste bonaerense**. En: <http://www.ipni.net/publication/iaacs.nsf/beagle?OpenAgent&d=ED8DBC4305BE9E248525799C0058F3F5&f=AlfalfaBerardo.doc>. Consultado: 10-06-2013.

BOERGER, A.1943. Alfalfa. En: Hijano, E. y A. Navarro (Ed.). **La alfalfa en la Argentina**. Subprograma alfalfa INTA 1995. Ediciones Editar, San Juan. Cap. N°1: 12-18.

BUSTILLO, E. (1995). **Alfalfas de alta rentabilidad. Cómo lograrlo**. Manual de divulgación técnica. Dekalb Argentina SA.

CANTERO, A., E. BRICHI, V. BECERRA, J. M. CISNERO, Y H. GIL. 1986 **Zonificación y descripción de las tierras del Dpto. Rio Cuarto (Córdoba)**. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Rio Cuarto.

CARTA, H.; L. VENTIMIGLIA Y S. RILLO. 2001. **Evaluación de la fertilización con fósforo y azufre en alfalfa**. En: L. Ventimiglia et al. (ed.). experimentación en campo de productores, campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina.

CASANOVA LA CRUZ OMAR N. Y AURORA E. CERVENANSKY KAFKA. 1997. **Manejo de la fertilización fosfatada y azufre en instalación y refertilización de alfalfa**.

COLLINS, M., LANG, D.J. y KELLING, K.A. 1986. **Effects of phosphorus, potassium and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions**. Agronomy Journal 78: 959 - 963.

CONDRON, L.M. y GOH, K.M. 1989. **Effects of long-term phosphatic fertilizer applications on amounts and forms of phosphorus in soils under irrigated pasture in New Zealand**. Journal of Soil Science, 1989, 40, 383-395.

CULOT, J. 1986. **Nutrición mineral y fertilización en el ambiente de la región pampeana. Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa**. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, 81-117.

DÍAZ-ZORITA, M (1997) **Pasturas mixtas templadas. La Fertilización de Cultivos y Pasturas**. Cap. Forrajeras, pp 161-173.

DURAND, J.L. 1989. **Stem growth and water relations in lucerne (Medicago sativa L.)**. En: Structural and functional responses to environmental

stresses pp. 121 - 128. Ed. by K.H. Kreeb, H. Richter and T.M. Hinckley. 1989 SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands.

ETCHEVEHERE, P. 1976. **Normas de reconocimiento de suelos INTA Castelar**. Publicación N° 152.

FONTANETTO, H. Y BIANCHINI, A. 2007. **Fertilización Fosfatada y A sufrada en Alfalfa a la Siembra y al Año de Implantación en el Centro-Este de Santa Fé**. Programa Latinoamérica-Cono Sur.

GUERTEL, E.A., ECKERT D.J., TRINA S.J. Y LOGAN T.J., 1991. **Differential phosphorous retention in soils profiles under no till crop production**. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 410-413.

HENDRY, G.W. 1923 **Alfalfa in history** J. A. Soc. Agron. 15:171-176. Hoefft, 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.

Hoefft, R. G. y 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.

InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INTA 1998/99 **Fosforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe**. 1998/99. En: <http://rafaela.inta.gov.ar/anuario1999/p69.htm> Consultado: 11-06-2012

JACKSON, M. L. 1964. **Análisis químico de suelos**. Ediciones Omega. Barcelona

KLUTE, A. (ed.) 1986. **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agron. Monograph N° 9 ASA, SSSA. Madison, Wisconsin USA.

LOEWY, T. y M.M. RON. 1992. **Fertilización fosfórica de alfalfa en dos suelos del sudoeste bonaerense**. Rev. Facultad de agronomía – UBA 1 (13):1- Buenos Aires, Argentina.

MADDALONI José y LILIANA FERRARI. 2001. **Forrajas y pasturas del ecosistema Templado Húmedo de la Argentina**, INTA y F.C.A. U.N.L.Z.

MARSCHNER HORST 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. Second edition. Academic. New York.

MELGAR, R. Y M. DÍAZ-ZORITA 1997. **La fertilización de cultivos y pasturas**. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.

MICHAUD, R., W. F. LEHMAN Y M. D. RUMBAUGH 1988, **World distribution and historical development** En: Hanson, A. A. (Ed) Alfalfa and alfalfa improvement Madison, Wisconsin Agronomy monograph n° 29, p 25 – 91.

MIKKELSEN, R. 2004. **Managing phosphorus for maximum alfalfa yield and quality**. **Proceedings**, National Alfalfa Symposium, San Diego. California. Estados Unidos.

MILLS, H. and BENTON JONES. 1996. **Plant Analysis**. Handbook II. Micromacro Publishing. Athens, Georgia. United States

PAGE, A.L., R. H. MILLER and D D.R. KEENS (eds.) 1982. **Methods of soil analysis**. Part 2 Chemical and microbiological properties. Agron. Monograph N°9. ASA, SSSA. Madison, Wisconsin USA.

PANIGATTI, J. L. 1992 **Las rotaciones agrícolas con pasturas en la pampa húmeda Argentina** Revista INIA de Investig. Agronómicas 1:215-225.

QUINTERO C.; N. G. BOSCHETTI Y R. A. BENAVIDEZ. 1995. **Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos**. En: [http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_13n2/Quintero.pdf](http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_13n2/Quintero.pdf). Consultado: 10-06-2013

QUINTERO, C. y G. BOSCHETTI. 2004. **Fósforo en pasturas. Sistemas ganaderos en siembra directa**. 1° Simposio Nacional. Hacia una ganadería

competitiva. AAPRESID. 11-12 de mayo de 2004. Rosario, Santa Fe - Argentina. 115-119

QUINTERO C. Y G. BOSCHETTI. **Manejo del Fósforo en Pasturas**. En: <http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Pasturas.asp>. Consultado: 10-06-2013

REETZ, H. 1980. **Phosphorus function in plants**. Chapter 2: 5-8. In: Phosphorus in agriculture. Ed. Potash & Phosphate Institute.

ROBERTO, Z. E. y E. F. VIGLIZZO 1993 **Análisis del impacto de los recursos forrajeros en agrosistemas de la pampa semiárida**. Revista Argentina de Producción Animal 10:47-54.

SHAW, K.A., GILBERT, M.A., ARMOUR, J.D. y DWYER, M.J. 1994. **Reidual effectsa of phosphorus fertiliser in a stylo-native grass pasture on a duplex red earth soil in the semi-arid tropics of North Queensland**. Australian Journal of Experimental Agriculture 34: 173-179.

SFIL, G. y L. SALGADO. 1992. **Forrajeras en el oeste arenoso**. Revista CREA n° 153:26-31.

TOME, G. A. 1947. **La alfalfa en la Argentina**. Anuales Soc. Rural Arg. 81:82-90.

TOME, G. A. 1947. **La alfalfa en la Argentina**. Subprograma alfalfa INTA 1995. Ediciones Editar, San Juan. Cap. N°1: 12-18.

VIVAS H.S. y M.S. GUAITA. 1995/1996. **Extracción de fósforo por el cultivo de alfalfa comparado con la rotación trigo/soja**. Producción Agrícola. EEA INTA Rafaela, Santa Fe, Pp. 165-166.

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. y M.S. GUAITA. 1997. **Respuesta a la fertilización fosfatada de alfalfa en un año caracterizado por estrés hídrico**. Publicación Miscelánea N° 84.EEA INTA Rafaela, Santa Fe.

VIVAS, H, GUAITA, S y QUAINO, O. 1999 **Fertilización fosfatada y encalado sobre la producción de alfalfa en el departamento las colonias.** Información Técnica N° 230 INTA EEA Rafaela

VIVAS, H. S.; M. S. GUAITA Y O. QUAINO. 1999. **Interacción del fósforo y el calcio en la producción de alfalfa. Departamento Las Colonias.** 1997/98. INTA EEA Rafaela. Información Técnica N°231.

VIVAS S.H. y O. QUAINO. 2000. **Fertilización y refertilización fosfatada de alfalfa en un suelo del centro este de Santa Fe.** Jornada de actualización técnica para Profesionales Fertilidad 2000, Rosario. IMPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

VIVAS, H. S.; C. E. QUINTERO; G. N. BOSCHETTI; H. FONTANETTO; R. ALBRECHT y M. R. BEFANI. 2004. **Fertilización con fósforo y azufre: fraccionamiento de P del suelo y rendimiento de soja y maíz.** XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná.

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.

ZUBIZARRETA, J. 1992. **Producción lechera en EE. UU.** revista CREA n° 156:80-84.