

FERTILIZACION DE PASTURAS DE LEGUMINOSAS Y MEZCLAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

Ing. Agr. (M.Sc.) J. M. Bordoli
Profesor Agregado de Fertilidad de Suelos-
Facultad de Agronomía- Montevideo- Uruguay
E-mail: jbordoli@fagro.edu.uy

INTRODUCCION

Este artículo pretende realizar, en forma resumida, una puesta al día y puntualizar las deficiencias actuales de conocimiento para llegar a un sistema racional de fertilización de mezclas de gramíneas y leguminosas o leguminosas forrajeras sembradas puras en sistemas con laboreo.

Los nutrientes y factores limitantes del suelo a considerar en diferente grado de profundidad, de acuerdo a la información nacional disponible, son: fósforo, acidez del suelo y encalado, nitrógeno, potasio, azufre, y micronutrientes.

FÓSFORO

El P es el nutriente más importante debido a que todos los suelos del país presentan niveles naturales muy bajos de P disponible, lo cual limita el crecimiento de pasturas, especialmente de leguminosas. Esto significa que la fertilización fosfatada es un costo importante en el establecimiento y mantenimiento de pasturas sembradas. Esta fertilización puede representar el 30% del costo de establecimiento de pasturas convencionales y entre el 50% al 65% del costo total durante la vida productiva de la pastura, si se considera el mantenimiento mediante refertilizaciones anuales. En el caso de siembras en cobertura de leguminosas sobre el tapiz natural estos costos representan desde el 50% del costo de establecimiento hasta el 75-80% del costo total al considerar refertilizaciones anuales de mantenimiento.

Algunos aspectos básicos de la dinámica de P que debemos tener presentes al considerar la fertilización fosfatada de pasturas son los siguientes:

1. -La disponibilidad del P agregado como fuente soluble (superfosfato simple o triple, fosfatos de amonio, y mezclas) es alta inmediatamente a la aplicación, descendiendo luego a una tasa variable que depende fundamentalmente del suelo.
2. -El P es fuertemente retenido por el suelo.
3. -El P es prácticamente inmóvil, siendo la difusión el principal mecanismo de llegada a la raíz, mecanismo que actúa a distancias muy cercanas a la misma. Por lo tanto es muy importante el volumen de suelo que puedan explorar las raíces.
4. La temperatura influye en su disponibilidad en el suelo y absorción por las plantas.
5. El P es especialmente requerido a principios del crecimiento de las plantas.

Un esquema simple para establecer recomendaciones racionales de fertilización fosfatada de pasturas debe basarse a nuestro entender en 3 pilares fundamentales:

a-) Conocer la relación entre P disponible en el suelo y el rendimiento relativo (o respuesta esperada) de las diferentes especies. Esto significa conocer los niveles críticos de P disponible en el suelo (valor de análisis de P disponible del suelo por encima del cual no es esperable una respuesta en rendimiento importante o rentable frente al agregado de fertilizante fosfatado) para las especies y/o variedades a sembrar.

b-) Conocer la relación existente, en el tipo de suelo particular, entre dosis o cantidad de P agregado como fertilizante y aumento en el P disponible en el suelo. Esto significa conocer la eficiencia inicial del fertilizante a agregar para cada suelo en particular (lo que la Guía de Fertilización de pasturas mencionaba como el "equivalente fertilizante").

c-) Conocer la disminución con el tiempo del P disponible (tasa de retrogradación a formas no disponibles) en ese tipo de suelo. Esto se conoce como la "Tasa de descenso anual" del P disponible, para ajustar el mantenimiento y decidir dosis y momentos de refertilizaciones.

Este esquema supone que para el tipo de suelo en particular: a.)-poseemos un análisis de suelo que estime adecuadamente el P disponible, b)-que conocemos los requerimientos de P o niveles críticos de P en el suelo de las distintas especies, y que c)-hemos cuantificado (o debemos hacerlo) la eficiencia inicial de los diferentes fertilizantes y formas de aplicación para poder decidir la dosis inicial a agregar en la implantación, como la cuantificación de la tasa de retrogradación del P disponible para decidir dosis y momentos de refertilización. La base de este esquema es un análisis de suelo que estime adecuadamente la disponibilidad de P. El método Bray N°1, ampliamente usado en nuestro país y el mundo, realiza adecuadamente esta estimación en la mayoría de los suelos de uso agrícola de nuestro país, como lo son los suelos de texturas medias y pesadas del sur y del litoral oeste. Sin embargo, presenta problemas de interpretación de los valores resultantes del análisis en suelos arenosos y en suelos con alta actividad de carbonatos de calcio como son los suelos poco profundos sobre Fray Bentos. Para este tipo de suelos sería necesario realizar una calibración diferente de los valores (para lo cual se requiere mayor información experimental de campo para las diferentes especies, con el fin de interpretar correctamente esos valores en términos de respuesta al agregado y definir valores críticos). En suelos sobre basalto el problema parece ser más serio ya que este método extrae bajas cantidades de P, encontrándose toda la curva de respuesta a P entre valores tan cercanos como 3 y 5-6 ppm. Esta baja sensibilidad del método para detectar diferencias en disponibilidad, que sí detectan las plantas, nos lleva a considerar que Bray N°1 no se adapta a suelos sobre basalto, por lo que habría que seleccionar otro método que posea mejor poder predictivo. Iniciales esfuerzos realizados para seleccionar y calibrar otros métodos (Mehlich III (Mehlich, 1984), Bray 2, modificaciones a Bray N°1, Resinas aniónicas, mezcla de resinas aniónicas-cationicas (Van Raij, 1988) se han visto detenidos por falta de financiación, a pesar del promisorio mejor comportamiento de algunos métodos. En otros tipos de suelos (como los suelos sobre basamento cristalino) la información es muy escasa. La continuidad de investigación en esta línea de trabajo es muy importante, no sólo por los problemas mencionados en esos tipos de suelos (que cubren importante área del territorio nacional), sino también al considerar fenómenos particulares o esporádicos que ponen dudas sobre el buen comportamiento del método Bray-1, y que es posible que otros métodos puedan tener mejor comportamiento. Es así que el método Bray-1 presenta limitantes para su uso cuando ocurren cambios bruscos en las condiciones de óxido-reducción de los suelos (no sólo en el conocido caso de cultivos inundados como el arroz, sino en cambios bruscos de estas condiciones en cultivos en seco), y cambios bruscos en condiciones de mineralización-inmovilización de P orgánico, como lo sucedido en los períodos de sequía importantes de los años 1988-89 o 1995-96.

Requerimientos diferenciales de especies

Las especies difieren en su capacidad de absorber P del suelo, así como en su eficiencia de utilización dentro de la planta para producir materia seca. Estas diferencias determinan requerimientos de niveles de P en el suelo muy distintos para lograr máximas producciones de una especie dada.

A) Capacidad de absorber P del suelo: las especies presentan diferencias morfológicas y fisiológicas. Dentro de las diferencias en morfología radicular se destacan la extensión, ramificación y grosor de las raíces, así como el número y longitud de los pelos radiculares, la presencia de micorrizas, etc. Es bien conocido que las gramíneas, por su sistema radicular más desarrollado y ramificado, poseen mayor capacidad de explorar el suelo y absorber P que las leguminosas, con un sistema radicular pivotante y menos ramificado.

Dentro de los aspectos fisiológicos que explicarían diferencias en absorción de P se han mencionado la tasa de absorción a nivel celular, acidificación de la rizósfera, absorción relativa de iones, excreción de fosfataza a la rizósfera, etc.

B) Utilización del P dentro de la planta: la diferente eficiencia interna del P para la producción de MS se ha adjudicado a distintos requerimientos o concentraciones de P necesarios en toda la planta o en los puntos de crecimiento, y a distinta eficiencia en la traslocación interna del P desde la raíz al tallo, estolones, y hojas. Los bajos requerimientos de algunas leguminosas tropicales con respecto a las leguminosas templadas podrían explicarse por esta distinta eficiencia interna del uso del P. Estas leguminosas tropicales tendrían menores requerimientos internos de P en sus tejidos debido a su capacidad de mantener mayor proporción del P para los procesos energéticos (P inorgánico) y menor proporción del mismo en forma estructural como fosfolípidos (Hart and Jessop, 1982).

Requerimientos para implantación

La instalación de una pastura de leguminosas perennes es la etapa más crítica para obtener una pastura productiva. Los requerimientos de P disponible en el suelo son máximos en esta etapa debido a que las especies perennes son de establecimiento lento, presentan un escaso volumen radicular y son sembradas en una época (otoño) en la cual las temperaturas bajan rápidamente. Estas bajas temperaturas reducen la disponibilidad de P del suelo ya que enlentecen el pasaje de P lábil a P en solución, enlentecen la difusión del P, reducen la tasa de absorción de las plantas, y producen menor mineralización de P orgánico que podría contribuir a mantener P en la solución. Este efecto de la temperatura también se observa en que los requerimientos invernales son mayores que los requerimientos de todo el año. Si hay interés especial en maximizar la producción invernal se deberán lograr niveles de P disponible en el suelo mayores a los necesarios para lograr maximizar la producción anual. En la instalación de las especies coinciden bajas temperaturas, escaso volumen radicular y exploración del suelo, y altos requerimientos internos de P. Por esto los requerimientos en la instalación son mayores que para mantenimiento de una pastura establecida.

A partir de ensayos de campo de leguminosas puras y mezclas gramíneas-leguminosas realizados entre 1976-1989, en su mayoría en el sur y litoral del país en suelos de textura medias y pesadas (Hapluderts y Argiudolls), la Cátedra de Fertilidad de Suelos estableció un rango crítico tentativo para la instalación de diferentes leguminosas.

TABLA 1: REQUERIMIENTOS DE P EN INSTALACIÓN DE DIFERENTES ESPECIES EN SUELOS DE TEXTURAS MEDIAS Y PESADAS DEL SUR Y LITORAL.

ESPECIE	RANGO CRÍTICO BRAY N° 1 (ppm en muestras de 0-15 cm de profundidad)
ALFALFA	20-25
TREBOL BLANCO	15-16
TREBOL ROJO	12-14
LOTUS CORNICULATUS	10-12
GRAMÍNEAS	8-10

Si bien la eficiencia inicial del fertilizante o equivalente fertilizante (kg de P_2O_5 necesarios para elevar 1 ppm el P disponible Bray N° 1) varía dentro de estos suelos según el tipo (textura, etc.) y el nivel inicial del mismo, se presenta a modo de ejemplo una tabla de recomendaciones de dosis para instalación de alfalfa.

BRAY N ° 1 (0-15 cm profundidad)	P_2O_5 kg/ha (aplicados no localizados)
< 6	150-180
7-11	110-90
12-18	50-70
> 18	30

Estas dosis recomendadas son para aplicaciones de fertilizante al voleo y mezcladas con el suelo. En el caso de siembras de alfalfa en líneas y fertilizaciones en la línea pueden obtenerse rendimientos similares con dosis menores.

En estas tablas se observan los mayores requerimientos de la alfalfa, requerimientos intermedios del trébol blanco y menores de trébol rojo y lotus. Los mayores requerimientos del trébol blanco respecto al trébol rojo y al lotus se deberían a los mayores requerimientos internos de P o una menor eficiencia interna del t. blanco para producir MS por kg de P absorbido. De estudios comparativos de estas especies puede concluirse que el t. blanco requirió 0.34% de P en sus tejidos (o produjo sólo 290 kg de MS/kg P absorbido) mientras que el t. rojo y lotus requirieron sólo 0.27% P en sus tejidos para lograr producciones de forraje cercanas al máximo (produciendo 375

y 365 kg MS/kg P absorbido respectivamente). Desde el punto de vista de la fertilización fosfatada resulta más caro producir forraje con t. blanco que con t. rojo o lotus.

Requerimientos para mantenimiento

En los ensayos mencionados se evaluaron los requerimientos de P al 2do. , 3er. y en algunos casos al 4to. año de las pasturas.

Los requerimientos para el mantenimiento de las diferentes especies son algo menores que para implantación, ubicándose los rangos críticos de P Bray N° 1 a obtener en el suelo en el orden de 2-3 ppm menos que para implantación. Así, para alfalfa el rango crítico se ubica alrededor de 18 ppm, para t. blanco en el orden de las 14 ppm, t. rojo en unas 12 ppm , etc.

La retrogradación de P a formas menos disponibles en el suelo hace que los valores de P Bray logrados en la implantación desciendan rápidamente. Este descenso es exponencial y, por lo tanto, más marcado cuanto mayor fue el nivel inicial logrado. Las tasa de descenso anual de P disponible en estos suelos hace necesaria la refertilización anual de las pasturas. Esta refertilización en cobertura deben hacerse en otoño, incluso en alfalfa. Esto permite que las plantas posean mayor disponibilidad de P en los momentos de mayores requerimientos y bajas temperaturas. Estas refertilizaciones otoñales, además de suplir de P en los momentos más críticos y forzar la producción invernal o conferir mayor resistencia a bajas temperaturas en las especies estivales, aseguran una eficiente absorción del P aplicado sobre la superficie del suelo, ya que hay humedad suficiente para una absorción eficiente.

Sólo si las fertilizaciones en la implantación son realmente excesivas (dosis 2 o 3 veces superiores a las recomendadas) no es clara la respuesta a las refertilizaciones otoñales. Por el contrario, cuando se realiza una fertilización adecuada a la siembra (siguiendo las pautas antes mencionadas) se encuentra sistemáticamente respuesta importante a las refertilizaciones otoñales en todas las especies (alfalfa, t.blanco, t. rojo, lotus, etc.). Además, esta respuesta a la fertilización se obtiene fundamentalmente en el período invernal crítico en la producción de forraje, con respuestas que exceden los 500 kg de MS/ha y hacen rentable esta práctica.

Si bien es posible sacar muestras de suelo y analizarlas para decidir dosis de refertilización, este muestreo debe hacerse muy bien (alto número de muestras), dada la alta variabilidad espacial que presenta el P si se han aplicado dosis importantes el año anterior. Los resultados obtenidos indican que no sería necesario este muestreo de suelos para decidir refertilización. Si las dosis de P_2O_5 aplicadas a la siembra son adecuadas (según las pautas mencionadas) es necesario y rentable hacer las refertilizaciones otoñales anualmente con dosis de 40 u de P_2O_5 para alfalfa y 30 u de P_2O_5 para las otras leguminosas de forma de mantener los niveles de P Bray N° 1 adecuados para una alta productividad de las pasturas con leguminosas.

Otro aspecto a considerar es la posibilidad de aplicar fuentes insolubles de fósforo (fosforitas de uso directo y/o parcialmente aciduladas) para mantenimiento de niveles adecuados de P disponible. La información disponible hasta el presente no permite sacar conclusiones definitivas, aunque su uso parece promisorio en suelos ácidos y/o con alto poder de retrogradación de P (suelos de cristalino, basalto, etc.).

Conclusiones más relevantes:

-Los requerimientos de P de las leguminosas frecuentemente usadas son diferentes. Estas diferencias son importantes, por lo cual la especie a sembrar debe considerarse al recomendar la fertilización fosfatada.

En mezclas que incluyan más de una leguminosa, la dosis de P aplicar es otro factor de manejo que debe considerarse pues afectará el balance de la mezcla.

-Los requerimientos (y por ende las dosis a aplicar dado un análisis de suelo) son mayores en la instalación de la pastura, que para el mantenimiento.

-Las respuestas a la fertilización y refertilización fosfatada en t.rojo, t.blanco y lotus son mayores en el período invernal. Por lo que, si se pretenden altas producciones de las pasturas en invierno las dosis o niveles críticos del suelo son mayores.

ACIDEZ Y ENCALADO:

La acidez del suelo limita el establecimiento y producción de pasturas, sobre todo de las leguminosas. La problemática de la acidez del suelo y los criterios de corregirla mediante el encalado difieren de acuerdo si los suelos presentan cantidades relevantes de aluminio intercambiable, o el problema de acidez se circunscribe solamente a un bajo pH, que puede afectar la fijación biológica de N por las leguminosas e influir en la dinámica de nutrientes en el suelo, especialmente en la disponibilidad de P. A su vez la problemática de la acidez es de muy diferente magnitud dependiendo de la especie considerada, ya que las especies presentan sensibilidades distintas. En general, las gramíneas son menos sensibles que las leguminosas. Además dentro de las gramíneas y leguminosas hay diferencias muy marcadas de sensibilidad a la acidez según la especie, y aún dentro de las especies pueden existir diferencias importantes según la variedad considerada. Entre las leguminosas forrajeras más usadas, la alfalfa es la más sensible a la acidez, luego el T. rojo, T. blanco, Lotus, y T. subterráneo. En suelos con aluminio intercambiable es imprescindible eliminarlo mediante encalado para poder producir alfalfa o t. rojo. A su vez, la eliminación de ese aluminio intercambiable produce incrementos de rendimiento de hasta 140% en especies menos sensibles como t. blanco y lotus. La eliminación de este aluminio intercambiable en suelos arenosos ácidos (Tacuarembó y Rivera) se logra con 3-4 tt de caliza agrícola (PN > 90%) por cada 1 meq. de Al cada 100 grs. de suelo. En chacras viejas con tenores de 1% de M.O. son necesarias 3 tt por cada meq. de Al, mientras que en chacras nuevas con 2% de M.O. son necesarias unas 4 tt por meq. de Al intercambiable. En alfalfa, la especie más sensible, hay una importante respuesta en rendimiento al elevar el pH de suelos ácidos sin Al intercambiable. La elevación del pH en suelos de texturas medias y pesadas del sur (pH entre 5,3 y 6,2) logra incrementos del rendimiento de hasta 2500 kg de MS por hectárea y por año. Para la alfalfa Estanzuela Chaná se ha definido un pH crítico tentativo de 6,0 (pH al agua, relación suelo / agua = 1/ 2,5), por encima del cual no valdría la pena encalar. Este pH crítico se ha definido para la variedad E. Chaná y puede ser usado para la var. Creula o Criolla de origen brasileño que resultaron menos sensibles a la acidez que otras variedades de diferentes orígenes, como por ejemplo las norteamericanas Florida 77, Pioneer 572, etc. Para estos suelos de texturas medias y pesadas se observó que cada tt de caliza agrícola elevó el pH del suelo entre 0,1 y 0,2 unidades de pH, según el poder buffer del mismo determinado por su textura y contenido de M.O. Para el rango de suelos usados, la dosis de caliza a aplicar para elevar el pH a niveles de 6,0 variaron entre 2 y 3 tt por hectárea.

NITRÓGENO:

Es indudable la importancia de este nutriente en el establecimiento y productividad de pasturas de gramíneas puras de corta duración (verdeos anuales invernales y estivales), como de larga duración (gramíneas puras perennes) y campo natural, debido a que no existen leguminosas que puedan fijar nitrógeno del aire y aumentar la disponibilidad de este nutriente en el sistema suelo-planta.

También es importante realizar algunas consideraciones y analizar datos nacionales disponibles respecto a: fijación de N por leguminosas en mezclas gramínea-leguminosas, posibilidad de uso de fertilizante N como "starter" o de arranque cuando se siembran pasturas en chacras viejas o con poco suministro de nitrógeno, uso de fertilizantes N cuando se siembran praderas asociadas a un cultivo anual (generalmente siembras asociadas de praderas con cultivo de trigo para grano), y la posibilidad de uso de fertilizantes nitrogenados para balancear mezclas gramínea-leguminosa o forzar la producción de estas mezclas en períodos críticos de oferta de forraje, como en invierno.

POTASIO:

Si bien los suelos del país presentan buena disponibilidad de K para la producción de pasturas y cultivos extensivos, hay situaciones donde debe, al menos, vigilarse la evolución de la disponibilidad de este nutriente en el suelo. La situación más clara donde es conveniente vigilar la evolución de K intercambiable en el suelo es cuando se establecen rotaciones de alta productividad y alta extracción de este nutriente. Esto ocurre en producción lechera donde buena parte de la estructura productiva se basa en rotaciones de 3-4 años de alfalfa para heno, maíz para silo aprovechando la residualidad de nitrógeno luego de la alfalfa y un verdeo o cereal de

invierno, para volver a la alfalfa. Este sistema extrae cantidades muy importantes de K que no vuelven al suelo, ya que el 90% del potasio que absorben los cultivos queda en los tallos y hojas. En cultivos de heno y silo todo el potasio absorbido que se encuentra en la parte aérea es retirado del sistema. En Brunosoles eútricos de la unidad Tala-Rodríguez se han observado disminuciones del K intercambiable de los valores originales de 0.7-0.8 meq/100 g de suelo a valores de 0.5-0.6 meq/100 g luego de dos ciclos de la rotación alfalfa-maíz para silo mencionada, lo que amerita vigilar la evolución de este nutriente de seguir con este esquema de rotación.

AZUFRE:

Existe abundante información extranjera (fundamentalmente de N. Zelandia) sobre respuesta a azufre en pasturas. Esta misma información coincide en que los requerimientos de azufre son cubiertos, aún en los casos de muy pobre aporte por el suelo, en la medida de que la fertilización fosfatada de las pasturas se realice con superfosfato común ya que posee 21-23% de P_2O_5 y 10% de azufre. El uso cada vez más extendido de supertriple (0-46-0) en la fertilización de pasturas (que es fosfato monocálcico y no presenta sulfato de calcio como el super común), como el uso de mezclas físicas de supertriple y urea, y de fosfatos de amonio que no aportan azufre, ha aumentado la preocupación sobre la disponibilidad y respuesta a este nutriente en nuestro país. Relevamientos nutricionales exploratorios (Zamalvide, 1995) y algunos ensayos de fertilización realizados por la Cátedra de Fertilidad de Suelos (Cerveñasky, 1997) no muestran resultados concluyentes, pero si demuestran que es un tema a seguir estudiando.

Por la dinámica del azufre en los suelos, fundamentalmente orgánica (similar a la del N), son esperables mayores problemas de deficiencia de este nutriente en chacras viejas que entran en una fase de pasturas y donde ocurren ganancias netas de M.O. en el suelo, como en praderas viejas donde la mineralización de M.O. es muy reducida, y quizás también en sistemas que cambian de laboreos convencionales a cero laboreo, donde también ocurren ganancias netas de M.O.

MICRONUTRIENTES:

Ensayos exploratorios de respuesta a micronutrientes en pasturas basadas en diferentes especies de leguminosas (lotus, t. rojo, t.blanco, t. subterráneo) y en diferentes tipos de suelos (suelos sobre areniscas de Tacuarembó, cristalino, basalto, areniscas cretácicas, Yaguarí, y sedimentos cuaternarios) no han detectado respuestas claras al agregado de micronutrientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alves, D. y D. De Souza. Efectos del encalado y la fertilización fosfatada sobre una pastura de trébol rojo-raigrás en suelos arenosos ácidos. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1988.
- Alzugaray, P., S. Becoña y A. Rebollo. Evaluación residual y refertilización fosfatada de leguminosas forrajeras puras en un suelo ácido de la cuenca lechera sur. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1984.
- Alzugaray, P., S. Becoña, A. Rebollo, A.P. Mallarino y O. Casanova. Efecto residual de la fertilización fosfatada inicial y efecto de la refertilización en la producción de leguminosas forrajeras. 5ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982.
- Antonaccio G. y S. Cremona. Efecto residual del encalado, la fertilización fosfatada inicial y efecto de la refertilización en alfalfa para dos suelos del sur. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1984.
- Bianco L. y W. Loza. Efecto residual del encalado, de la fertilización fosfatada y efecto de la refertilización en alfalfa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1979.
- Bianco L., W. Loza, A.P. Mallarino, y O. Casanova. Efecto residual del encalado, de la fertilización fosfatada y efecto de la refertilización en alfalfa. 2da. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1979.
- Boix, J., G. Fillat, J. Fillat, y J. Pascual. Efecto residual de la fertilización y el encalado de leguminosas forrajeras en suelos arenosos. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1984.
- Bordoli, J.M. y J. Casella. Fertilización fosfatada de pasturas de Trébol rojo y raigrás en suelos de la cuenca lechera. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1984.
- Bordoli, J.M., J. Casella, O. Casanova, A.P. Mallarino, y A. Rabuffetti. Fertilización fosfatada de pasturas de Trébol rojo y raigrás en suelos de la cuenca lechera. 5ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982.
- Bordoli, J.M. and A.P. Mallarino. Encalado y fertilización fosfatada de pasturas de trébol rojo-raigrás en suelos arenosos. Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. Memorias 23-25. 1988.
- Bordoli, J.M. and A.P. Mallarino. Encalado y fertilización fosfatada de pasturas de trébol blanco-lotus en suelos arenosos. Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. Memorias 26-28. 1988.
- Bordoli, J.M., C. Collares, and A.P. Mallarino. Efecto residual de la fertilización y refertilización fosfatada de pasturas de trébol rojo y raigrás. 7ma. Reunión Técnica Facultad Agronomía 101-102, Montevideo, Uruguay. 1984.
- Bordoli, J.M. y R. Carrasco. Pasturas en suelos arenosos. Revista del Plan Agropecuario, Uruguay. XVIII (50):28-30. 1990.
- Braña, G. y Valeta, J. Efectos del encalado y la fertilización fosfatada sobre una pastura de trébol blanco y raigrás en suelos arenosos ácidos. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1992.

- Cambra, A. Encalado y fertilización fosfatada de alfalfa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1987.
- Caorsi, J.C., E. Donadío, y J.D. Ramos. Encalado, fertilización fosfatada y refertilización fosfatada en pasturas de trébol blanco-lotus en suelos arenosos. 3er. año. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1989.
- Casanova, O. y A.P. Mallarino. Efecto residual del encalado, la fertilización fosfatada y la refertilización en trébol blanco. 3era. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1980.
- Ciapessoni, A. y F. Etcheverri. Encalado y fertilización fosfatada en pasturas de trébol rojo-raigrás en suelos arenosos, 2º año. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1989.
- Cerveñasky, A. Azufre. In Curso de actualización para egresados Manejo de la fertilidad en producciones extensivas. Mercedes. Soriano. Uruguay. 1997.
- Cerveñasky, A. y F. Da Rosa. Evaluación de fuentes de fósforo en pasturas convencionales sobre un suelo ácido de la cuenca lechera sur (Primer año). Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1983.
- Collares, C.E. Fertilización y encalado de leguminosas forrajeras en suelos arenosos. II Efectos en la absorción de macro y micronutriente. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1986.
- Chilibroste, J.I., J.L. Mallarino, y P. Pisón. Evaluación de los requerimientos de fósforo en la instalación de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982.
- Deambrosis, A. Efecto residual del encalado y fertilización fosfatada en alfalfa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1980.
- Dubois, C.; Seijo, G. y A. Cazarian. Efecto de la fertilización y refertilización fosfatada, de algunas variedades y del encalado en la producción de forraje de alfalfa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1986.
- Erramun, J.M. y A. Henry. Encalado y fertilización fosfatada de pasturas convencionales sobre suelos arenosos del litoral oeste. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1986.
- Fillat, G., J. Fillat, A.p. Mallarino, J. Pascual, J. Boix, y C. Collares. Fertilización y encalado de leguminosas forrajeras en suelos arenosos. II- Efecto residual y persistencia. 6ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1983.
- Garrayalde A., y M. Morton. Fertilización fosfatada para la instalación de leguminosas forrajeras puras. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1983.
- Hart, A.L., and D. Jessop. Concentration of total, inorganic, and lipid phosphorus in leaves of white clover and Stylosanthes. New Zealand J. of A. R. 25 (1) 69-76. 1982
- Leites, G. y G. Porcile. Fertilización y encalado de leguminosas forrajeras en suelos arenosos. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1983.
- Leites, G., G. Porcile, y A.P. Mallarino. Efectos de la fertilización y del encalado en la instalación de leguminosas forrajeras en suelos arenosos. 5ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982.

- Mallarino, A.P. y J.M.Bordoli. Encalado de suelos. Revista del Plan Agropecuario, Uruguay. XIV(38):6-8. 1986.
- Mallarino, A.P., y O. Casanova. Fertilización fosfatada de leguminosas forrajeras en suelos de texturas medias y finas. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay, 2 (3): 196-203. 1984
- Mallarino, A.P., C.E. Collares, y J. Zamalvide. Requerimientos de fósforo de leguminosas forrajeras. II Fertilización y encalado en suelos arenosos. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay, 3 (1-2): 18-25. 1987
- Mallarino, A.P., O. Casanova, y J. Zamalvide. Encalado y fertilización fosfatada de alfalfa. 1era. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1978.
- Mallarino L., P. Pisón, J. Chilbroste, O. Casanova, y A.P. Mallarino. Requerimientos de fósforo para la instalación de leguminosas forrajeras. 5ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982.
- Morton, M., A. Garayalde, A.P. Mallarino, y O. Casanova. Fertilización fosfatada para la instalación de leguminosas forrajeras. Vertisol rúptico. 6ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1983.
- Palgi, E. y M.L.Vadora. Efectos del encalado y fertilización fosfatada en alfalfa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1979.
- Palgi, E. y M.L.Vadora, A.P. Mallarino, y O. Casanova. Efectos del encalado y fertilización fosfatada en alfalfa. 2da. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo, 1979.
- Zamalvide, J.P., A.P. Mallarino, y J.M. Bordoli. Suelos arenosos. Convenio Facultad de Agronomía- C.H. Plan Agropecuario. Segundas Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía :19-24, Uruguay. 1989.
- Zamalvide, J.P., J. Hernández, J.M. Bordoli, y O.N.Casanova. Fertilización fosfatada de pasturas- Dinámica del P bajo pasturas. Segundas Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía : 31-35. Uruguay. 1989.
- Zamalvide, J.P., A.P. Mallarino, O.N. Casanova, y H. Genta. Evaluación del comportamiento de cinco métodos para estimar fósforo disponible en suelos del Uruguay. 1era. Reunión Técnica Facultad de Agronomía, Montevideo. 1978.
- Zamalvide, J.P. Deficiencias de azufre en suelos del Uruguay. Revista del Plan Agropecuario, Año XXIII, (67): 31-35. 1995.