



**IPNI**  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL  
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



DICIEMBRE  
2007

## CONTENIDO

- ▀ CAPACIDAD TAMPÓN DE FÓSFORO EN UN SUELO VOLCÁNICO DEL SUR DE CHILE
- ▀ POTASIO EN MAÍZ EN URUGUAY
- ▀ ENCALADO DE TRÉBOL ROJO
- ▀ NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN MAÍZ EN EL SUR DE SANTA FE
- ▀ FÓSFORO Y AZUFRE EN ALFALFA EN EL CENTRO-ESTE DE SANTA FE

## EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TAMPÓN DE FÓSFORO DE UN SUELO VOLCÁNICO SERIE OSORNO, DEL SUR DE CHILE

*René Bernier, Pablo Undurraga y Gustavo Meneses*  
Centro Regional de Investigación INIA Remehue  
*rbernier@inia.cl; pundurra@inia.cl*

### Introducción

El modelo de recomendación de fertilización fosfatada en el sur de Chile incluye la corrección del nivel de fósforo (P) del suelo buscando alcanzar los 15 o 20 ppm en el suelo, de acuerdo al método de Olsen. Las dosis requeridas para lograr este objetivo se determinan utilizando un factor denominado "capacidad tampón de P" o CP, que se expresa como kg de P/ppm de P en el suelo. El CP se define como la cantidad de P que se requiere para aumentar el P Olsen en 1 ppm.

En Chile existe un programa que incentiva la recuperación de suelos degradados, tanto en sus propiedades físicas como químicas. Uno de los subprogramas más requeridos por los agricultores que cultivan suelos volcánicos es el de "corrección de P". En este subprograma se buscaba alcanzar los 15 ppm de P Olsen y, a partir de 2006, los 20 ppm de P Olsen. Dado que los suelos volcánicos chilenos se caracterizan por ser fuertemente fijadores de P, la mayoría de los suelos en el sur del país presentan bajos a muy bajos niveles de disponibilidad de este elemento, lo que hace necesario aplicar altas dosis de fosfato para alcanzar rendimientos adecuados.

En el país se utilizan valores genéricos de CP por serie de suelos, lo que aparentemente no es correcto, toda vez que los diferentes suelos agrícolas que se encuentran en Chile tienen valores de CP distintos, producto de su historia de manejo, morfología, génesis, materiales componentes, etc. Por estas razones, en rigor, en cada punto de muestreo de suelos se debiera determinar el valor del CP del sitio.



Vista del ensayo de campo en el Centro Regional de Investigación Remehue - CRI Remehue.

Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: fgarcia@ipni.net

Sitio Web: [www.ipni.net](http://www.ipni.net)

Propietario: Potash and Phosphate  
Institute of Canada (PPIC)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño e Impresión: [www.agroeditorial.com.ar](http://www.agroeditorial.com.ar)  
[amatthiess@amatthiess.com.ar](mailto:amatthiess@amatthiess.com.ar)



## Contenido:

|  |    |
|--|----|
| Evaluación de la capacidad tampón de fósforo de un suelo volcánico serie Osorno, del sur de Chile. _____                 | 1  |
| Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay _____                         | 9  |
| Efecto del encalado sobre las propiedades químicas del suelo y la germinación del trébol rojo (Trifolium pratense) _____ | 13 |
| Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en el sur de Santa Fe _____             | 17 |
| Fertilización fosfatada y azufrada de alfalfa a la siembra y al año de implantación en el centro-este de Santa Fe _____  | 22 |
| Publicaciones de IPNI _____  | 26 |
| Congresos, Cursos y Simposios _____  | 27 |

Los objetivos planteados para el primer año de esta investigación fueron los siguientes: i) estudiar el efecto de diferentes niveles de P aplicados en un suelo Osorno sobre la disponibilidad de P, ii) medir la capacidad tampón de P del suelo con aplicación en cobertura y iii) medir el efecto de la dosis de P aplicada sobre la absorción de este elemento por una pradera mixta.

Para el ensayo desarrollado en las mismas parcelas en el segundo año de experimentación, los objetivos fueron: i) estudiar el efecto de diferentes niveles de P aplicados a un suelo de Osorno, sobre la disponibilidad de P y ii) evaluar las variaciones de la capacidad tampón de P del suelo por aplicaciones de diferentes dosis de P sobre un suelo previamente fertilizado con P.

## Materiales y Métodos

Se estableció un ensayo de campo en el Centro Regional de Investigación INIA Remehue de Osorno, para determinar los valores de CP en aplicación en cobertura de un suelo Osorno. Se utilizó un diseño de bloques al azar sobre una pradera permanente común de la zona. El tamaño de las parcelas fue de 4 x 10 m (40m<sup>2</sup>), dispuestas en 3 bloques, en el caso del primer año de experimentación.

En el segundo año, las parcelas del experimento del año anterior, de 4 x 10 m, se dividieron en dos de 4 x 5 metros, generando dos ensayos paralelos y contiguos, sobre los que se aplicaron los tratamientos que se indican mas adelante.

**Tabla 1.** Caracterización química inicial del sitio experimental, a dos profundidades de muestreo.

| Parámetro            | Profundidad de muestreo |           |
|----------------------|-------------------------|-----------|
|                      | 0 – 10 cm               | 0 – 20 cm |
| P (ppm)              | 3,6                     | 4,9       |
| N (ppm)              | 21,7                    | 18,9      |
| pH agua              | 5,8                     | 5,8       |
| pH CaCl <sub>2</sub> | 4,9                     | 5,0       |
| M.O. (%)             | 19,4                    | 22,9      |
| Ca (cmol/kg)         | 4,5                     | 7,0       |
| Mg (cmol/kg)         | 1,3                     | 2,1       |
| K (cmol/kg)          | 0,5                     | 0,6       |
| Na (vcmol/kg)        | 0,2                     | 0,3       |
| Al int. (cmol/kg)    | 0,2                     | 0,1       |
| S (ppm)              | 1,0                     | 1,1       |
| S. bases (cmol/kg)   | 6,6                     | 10,0      |
| Al saturac. (%)      | 3,4                     | 1,4       |

### Primer Año de Ensayo

El sitio experimental se seleccionó de una pradera permanente de la estación experimental de INIA en Osorno sobre un área de suelo del mismo nombre y cuya caracterización química se presenta en la Tabla 1.

Para determinar las dosis de P a aplicar, se utilizaron las tablas de recomendación de fertilización del Servicio de Análisis de Suelos de INIA. De este modo, se estimó 1 P como una vez la dosis recomendada de acuerdo al nivel inicial de disponibilidad de P del suelo, y 2 P como dos veces dicha dosis. Las dosis de  $P_2O_5$  se calcularon teniendo en cuenta la capacidad tampón del suelo, según tabla (14 kg P/ppm), y la necesidad de corrección con P (Tabla 2).

Con el objeto de producir incrementos rápidos de P se utilizó superfosfato triple como fuente, con 46% de  $P_2O_5$  aplicado en cobertura sobre la pradera. La fertilización restante consistió en aplicaciones de primavera y otoño de acuerdo a un manejo normal de fertilización de praderas (Tabla 3).

### Segundo Año de Ensayo

Los tratamientos del segundo año de experimento se basaron en las distintas profundidades de muestreo, 0-10 cm y 0-20 cm, para estimar el CP correspondiente. Se utilizó el mismo valor de capacidad tampón de P (CP = 14 kg P/ppm) para el suelo Osorno utilizado en el primer año de ensayo. Los tratamientos se detallan en la Tabla 4.

Con el objeto de promover el crecimiento de la pradera se agregaron otros nutrientes esenciales (Tabla 5).

### Determinaciones durante los dos años de ensayo

Se realizaron las siguientes determinaciones a la pradera:

➤ **Crecimiento de plantas:** se midió la producción de la pradera en base a cortes periódicos con marcos de 0,5 m<sup>2</sup> cuadrados y tijera. Después de cada muestreo se homogeneizó la pradera con una cortadora mecánica. Se determinó la producción de materia verde y de materia seca.

**Tabla 2.** Dosis de  $P_2O_5$  determinadas para cada tratamiento.

| Tratamiento | Tipo de tratamiento | Dosis de $P_2O_5$ (kg/ha) |
|-------------|---------------------|---------------------------|
| 1           | 0 P corrección *    | 0                         |
| 2           | ½ P corrección      | 174                       |
| 3           | 1 P corrección      | 348                       |
| 4           | 1 ½ P corrección    | 522                       |
| 5           | 2 P corrección      | 696                       |

\* Corrección se refiere a elevar el nivel de P extractable en los suelos a 15 ppm.

**Tabla 3.** Dosis de nutrientes aplicados y época de aplicación.

| Nutrientes | Dosis de nutrientes (kg/ha) |    |       |       |
|------------|-----------------------------|----|-------|-------|
|            | Épocas de Aplicación        |    |       |       |
|            | Primavera                   |    | Otoño | Total |
| Nitrógeno  | 40                          | 30 | 30    | 100   |
| Potasio    | 40                          | -  | 20    | 60    |
| Magnesio   | 30                          | -  | 0     | 30    |
| Azufre     | 40                          | -  | 0     | 40    |

**Tabla 4.** Tratamientos de P aplicados según nivel de disponibilidad alcanzado en el experimento previo.

| Profundidad (cm) | P Olsen al final del primer año (ppm) | Dosis de $P_2O_5$ Segundo año (kg/ha) | Dosis de P Segundo año (kg/ha) | Tipo de corrección |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 0 - 10           | 6,5                                   | 0                                     | 0                              |                    |
|                  | 12,1                                  | 160                                   | 55                             | 1 corrección       |
|                  | 18,2                                  | 95                                    | 42                             | 1 corrección       |
|                  | 26,0                                  | 33                                    | 14                             | CP * 2,29          |
|                  | 30,2                                  | 33                                    | 14                             | CP * 2,29          |
| 0 - 20           | 4,7                                   | 0                                     | 0                              |                    |
|                  | 8,8                                   | 103                                   | 45                             | ½ corrección       |
|                  | 7,5                                   | 206                                   | 90                             | 1 corrección       |
|                  | 10,5                                  | 292                                   | 128                            | 1 ½ corrección     |
|                  | 18,4                                  | 190                                   | 83                             | 2 corrección       |

- **Absorción de P:** se midió el contenido de P absorbido a través de análisis foliar en cada corte, para determinar la extracción neta.

En suelos:

- **Análisis inicial** de disponibilidad de P, bases, S, saturación de Al en cada parcela a 2 profundidades de muestreo (0-10 cm y 0-20 cm).
- **Análisis final:** se determinó los niveles de P, bases, S, saturación de Al y Al extractable al final del experimento.
- **Evolución del P en el suelo:** se determinó al mes de aplicación (30 días) y después cada 120 días.
- **Determinación de CP:** Se determinó el valor de CP en cada tratamiento al final del experimento.

## Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, se puede señalar que el suelo utilizado en esta investigación presenta niveles muy bajos de P y azufre (S) en las dos profundidades de muestreo realizadas, además de una muy baja saturación de aluminio (Al).

### Primer Año de Ensayo Efectos sobre el suelo

Los cambios en los niveles de disponibilidad de P producidos por la aplicación de diferentes dosis se presentan en la Tabla 6. En la medida que las dosis de P son mayores, mayor es el incremento del nivel de disponibilidad de P en el suelo. Sin embargo, debido a la poca movilidad del P en el suelo, los niveles

de P extractable alcanzado en el estrato superficial de 0 a 20 cm de suelo son inferiores que a 0-10 cm de profundidad.

La “dosis de corrección de P” mencionada anteriormente se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = (\text{P extractable deseado} - \text{P extractable inicial}) * \text{CP} * 2,29$$

Para el caso del sitio experimental, el P extractable inicial (0 a 10 cm) fue de 3,6 ppm. Según el programa de corrección, hasta 2006, se debe alcanzar los 15 ppm, por lo tanto es necesario incrementar la disponibilidad en 11,4 ppm en un año. Considerando un CP de 16 kg de P/ppm que es el valor utilizado por el programa de recuperación de suelos degradados (14 y 16 kg P/ppm) para suelos Osorno, se estima una dosis de corrección de 418 kg  $P_2O_5$  / ha.

De acuerdo a la Tabla 6, aplicando 348 kg de  $P_2O_5$ /ha se alcanzaron los 18,2 ppm de P Olsen, a los 90 días desde el momento de la aplicación. Este resultado puede significar, por una parte, que el valor del CP de este suelo está sobredimensionado, siendo probablemente un valor cercano a 13. Por otra, cada suelo tiene respuestas diferentes a la fertilización, producto de diversos factores de manejo y de historia de lote. Esta consideración fue tomada en cuenta al momento de planificar la presente investigación. Los resultados se pueden observar en forma gráfica en la Figura 1.

A partir de esta figura se desprende que la profundidad de muestreo, arroja resultados analíticos diferentes para una misma pradera, incidiendo en forma importante al momento de decidir el diagnóstico y la consecuente aplicación de los fertilizantes fosfatados.

**Tabla 5.** Dosis de nutrientes aplicados y fertilizantes utilizados.

| Nutrientes                   | Dosis de nutrientes (kg/ha) |                     |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------|
|                              | 0 – 10 cm                   | 0 - 20 cm           |
| Nitrógeno (Supernitro 30)    | 100 (60 kg + 40 kg)         | 100 (60 kg + 40 kg) |
| Potasio (Muriato de potasio) | 40                          | 60                  |
| Azufre (Fertiyeso)           | 36                          | 36                  |

**Tabla 6.** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel final de disponibilidad a dos profundidades de muestreo, después de 90 días del momento de la aplicación.

| Profundidad de muestreo (cm) | Nivel inicial de P (ppm) | Dosis de $P_2O_5$ (kg/ha) | Dosis de P (kg/ha) | P Olsen alcanzado (ppm) |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| 0 a 10                       | 3,6                      | 0                         | 0                  | 6,5                     |
|                              | 3,6                      | 174                       | 76                 | 12,1                    |
|                              | 3,6                      | 348                       | 152                | 18,2                    |
|                              | 3,6                      | 522                       | 228                | 26,0                    |
|                              | 3,6                      | 696                       | 304                | 30,2                    |
| 0 a 20                       | 4,9                      | 0                         | 0                  | 4,7                     |
|                              | 4,9                      | 174                       | 76                 | 8,8                     |
|                              | 4,9                      | 348                       | 152                | 7,5                     |
|                              | 4,9                      | 522                       | 228                | 10,5                    |
|                              | 4,9                      | 696                       | 304                | 18,4                    |

### Efectos sobre la pradera

Después de 180 días desde de la aplicación de los tratamientos, se evaluó la producción de materia seca (MS) de la pradera experimental (Tabla 7). Si bien el método de evaluación de producción de una pradera permanente por medio de cortes sucesivos no es el más adecuado por el deterioro que produce en la vegetación, permite realizar comparaciones entre los diferentes tratamientos.

Al comparar, por ejemplo, los resultados de producción con aplicación de 152 kg de P/ha, en los muestreos de 0-10 cm y de 0-20 cm se obtienen el equivalente a 4.537 kg de materia seca/ha con diferentes niveles de disponibilidad de P. En el primer caso se alcanzó a 18,2 ppm y en el segundo a sólo 7,5 ppm. Este ejemplo permite ilustrar la controversia existente respecto de la profundidad de muestreo de las praderas permanentes. Estudios previos realizados en este ámbito han demostrado que la asociación P extractable en el estrato de suelo 0-10 cm y la productividad de la pradera, presentan una mayor relación con respecto a los valores obtenidos para el estrato 0-20 cm. Desde el punto de vista de la alimentación animal, además de la cantidad de forraje producido por una pradera, es importante su calidad, expresada a través de las especies presentes y su proporción.

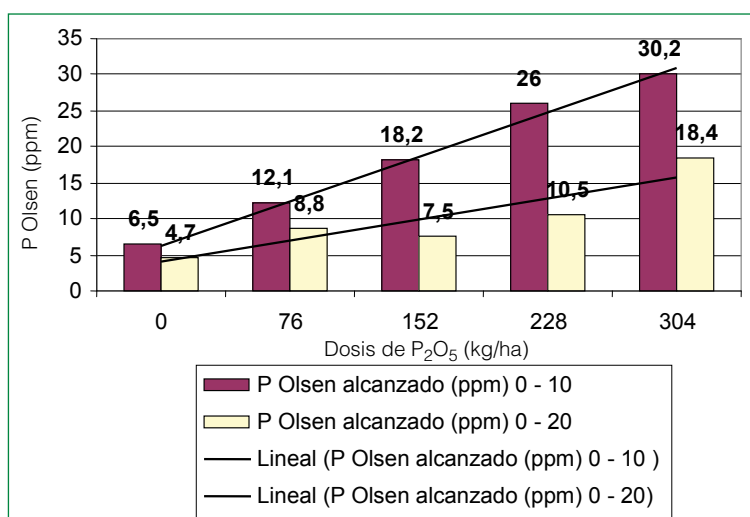
En la Tabla 8, se presenta la composición botánica determinada para cada tratamiento, al primer corte. Las praderas permanentes más comunes de la zona sur de Chile se caracterizan por estar compuestas preferentemente por especies gramíneas, con escasa presencia de leguminosas. Se observa que no se registró la presencia de trébol blanco, muy baja presencia de ballica perenne y sí, abundante proporción de

otras gramíneas de escaso valor forrajero. Esta composición botánica es producto de factores de manejo y de condiciones de fertilidad de suelos. Las especies agrupadas presentes en los diferentes tratamientos se presentan en la Tabla 9.

### Segundo Año de Ensayo Efectos sobre el suelo

Al inicio del segundo año del proyecto, se realizó por separado la caracterización química de los experimentos generados, para 0-10 cm y 0-20 cm de profundidad. Los resultados analíticos de los experimentos muestreados en el estrato de suelo 0-10 cm y 0-20 cm, se presentan en las Tablas 10 y 11, respectivamente.

De acuerdo al nivel de P extractable alcanzado en el año 1 se determinó la dosis de mantenimiento para el siguiente período. Así, cuando el suelo presentaba 18,8 ppm de P (0 a 10 cm) se aplicaron 42 kg de P.



**Figura 1.** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel de disponibilidad final, a dos profundidades de muestreo de suelos, y después de 90 días desde el momento de la aplicación del fertilizante.

**Tabla 7.** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en la producción de materia seca de la pradera después de 180 días, según tratamiento.

| Dosis de P (kg/ha) | Nivel inicial de P (ppm) | P Olsen alcanzado (ppm) | Producción * de MS (kg/ha) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 0 a 10 cm          |                          |                         |                            |
| 0                  | 3,6                      | 6,5                     | 3.053                      |
| 76                 | 3,6                      | 12,1                    | 4.631                      |
| 152                | 3,6                      | 18,2                    | 4.537                      |
| 228                | 3,6                      | 26,0                    | 4.780                      |
| 304                | 3,6                      | 30,2                    | 5.058                      |
| 0 a 20 cm          |                          |                         |                            |
| 0                  | 4,9                      | 4,7                     | 3.053                      |
| 76                 | 4,9                      | 8,8                     | 4.631                      |
| 152                | 4,9                      | 7,5                     | 4.537                      |
| 228                | 4,9                      | 10,5                    | 4.780                      |
| 304                | 4,9                      | 18,4                    | 5.058                      |

\* La producción de materia seca que se indica corresponde a una misma parcela muestreada a dos profundidades.

Cuando el suelo presentaba 26 ppm de P extractable se aplicaron 14 kg de P de mantenimiento. En el caso del estrato de 0 a 20 cm se procedió de manera similar. En el ensayo 0 a 10 cm, se observa que todos los tratamientos disminuyeron el nivel de P extractable al segundo año, a excepción del control, sin fertilización (Tabla 12). Esto significaría que las dosis calculadas de mantenimiento para los suelos de esta región no fueron suficientes para contrarrestar el proceso de fijación y de extracción de P. Sin embargo, cabe destacar que cuando el nivel de disponibilidad fue de 26 y 30,2 ppm en el año 1, la aplicación del equivalente al CP (14 kg de P/ha) permitió mantener un nivel adecuado de disponibilidad. En el ensayo 0 a 20 cm, se aprecia que al igual que

la situación anterior, los niveles de P del segundo año fueron inferiores a los del primero, a pesar de la aplicación de P (Tabla 11). Se debe observar que en ninguno de los tratamientos se logró mantener el nivel de 15 ppm propuesto originalmente.

#### Efectos sobre la pradera

Los rendimientos de forraje obtenidos en ambos experimentos fueron bajos, en relación a registros normales de praderas en pastoreo, producto del método de evaluación utilizado. La producción de materia seca (MS) de la pradera obtenida en el ensayo de 0 a 10 cm se presenta en la Tabla 13. La producción de materia seca de la pradera obteni-

**Tabla 8.** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en la composición botánica al primer corte, según tratamiento.

| Tratamiento | Trébol blanco (%) | Ballica perenne (%) | Otras gramíneas (%) | Otras especies (%) |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| P 0         | 0                 | 1                   | 81                  | 18                 |
| P 174       | 0                 | 2                   | 91                  | 6                  |
| P 348       | 0                 | 8                   | 85                  | 6                  |
| P 522       | 0                 | 8                   | 85                  | 7                  |
| P 696       | 0                 | 5                   | 86                  | 9                  |

**Tabla 9.** Especies presentes en la pradera experimental según grupo.

| Ballica perenne       | Otras gramíneas                                    | Otras especies              |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| <i>Lolium perenne</i> | <i>Holcus lanatus</i>                              | <i>Hypochaeris radicata</i> |
|                       | <i>Agrostis</i> sp.                                | <i>Ranunculum repens</i>    |
|                       | <i>Anthoxanthum odoratum</i>                       | <i>Taraxacum officinale</i> |
|                       | <i>Bromus</i> sp.                                  | <i>Poligonum persicaria</i> |
|                       | <i>Hordeum murinum</i>                             | <i>Plantago lanceolata</i>  |
|                       | <i>Arrhenatherium elatius</i> var. <i>Bulbosum</i> |                             |
|                       | <i>Poa annua</i>                                   |                             |

**Tabla 10.** Caracterización química inicial de cada tratamiento a 0-10 cm de profundidad de suelo.

| Determinación                 | Tratamientos de P aplicados (kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha) |       |       |       |       |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
|                               | 0  | 160   | 95    | 33    | 33    |
| P Olsen (ppm)                 | 7,4  | 9,8   | 12,2  | 18,9  | 28,6  |
| pH agua                       | 5,9  | 5,9   | 5,9   | 5,8   | 5,9   |
| M. orgánica (%)               | 24,7   | 23,5  | 22,6  | 23,5  | 22,6  |
| Ca (cmol/kg)                  | 6,8  | 7,0   | 6,8   | 7,05  | 7,20  |
| Mg (cmol/kg)                  | 2,2  | 2,1   | 2,0   | 2,04  | 2,09  |
| K (cmol/kg)                   | 0,7  | 0,62  | 0,58  | 0,6   | 0,42  |
| Na (cmol/kg)                  | 0,2  | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   |
| Al (cmol/kg)                  | 0,13   | 0,13  | 0,12  | 0,12  | 0,12  |
| Saturación de bases (cmol/kg) | 9,10   | 9,92  | 8,78  | 9,85  | 9,91  |
| Saturación Al (%)             | 1,24   | 1,27  | 1,21  | 1,17  | 1,17  |
| Al extractable (ppm)          | 1238   | 1190  | 1258  | 1207  | 1090  |
| S (ppm)                       | 18,7   | 17,24 | 22,28 | 23,61 | 27,40 |

**Tabla 11.** Caracterización química inicial de cada tratamiento en el estrato de 0-20 cm de profundidad.

| Determinación        | Tratamientos de P aplicados (kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha) |      |      |      |      |
|----------------------|--|------|------|------|------|
|                      | 0  | 103  | 306  | 292  | 190  |
| P Olsen (ppm)        | 5,0  | 5,5  | 6,4  | 9,2  | 12,0 |
| pH agua              | 5,9  | 5,8  | 5,8  | 5,8  | 5,8  |
| M. orgánica (%)      | 20,5   | 20,0 | 20,0 | 19,0 | 19,0 |
| Ca (cmol/kg)         | 5,4  | 5,3  | 4,8  | 4,6  | 5,1  |
| Mg (cmol/kg)         | 1,6  | 1,6  | 1,4  | 1,3  | 1,5  |
| K (cmol/kg)          | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,4  |
| Na (cmol/kg)         | 0,4  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
| Al (cmol/kg)         | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| S. bases (cmol/kg)   | 7,9  | 7,8  | 7,1  | 6,8  | 7,3  |
| Sat. Al (%)          | 2,0  | 2,1  | 2,7  | 2,8  | 2,4  |
| Al extractable (ppm) | 1398   | 1401 | 1456 | 1417 | 1342 |
| S (ppm)              | 13,0   | 15,6 | 15,4 | 19,8 | 20,7 |

**Tabla 12.** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel de disponibilidad final, a dos profundidades.

| Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Dosis de P (kg/ha) | P Olsen alcanzado año 1 (ppm) | P Olsen alcanzado año 2 (ppm) |
|--|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 a 10 cm                                      |                    |                               |                               |
| 0  | 0                  | 6,5                           | 7,4                           |
| 160  | 70                 | 12,1                          | 9,6                           |
| 95   | 42                 | 18,2                          | 12,2                          |
| 33   | 14                 | 26,0                          | 18,9                          |
| 33   | 14                 | 30,2                          | 24,6                          |
| 0 a 20 cm                                      |                    |                               |                               |
| 0  | 0                  | 4,7                           | 5,0                           |
| 103  | 45                 | 8,8                           | 5,5                           |
| 306  | 134                | 7,5                           | 6,4                           |
| 292  | 128                | 10,5                          | 9,2                           |
| 190  | 83                 | 18,4                          | 12,0                          |

**Tabla 13.** Efecto del nivel de P en el suelo sobre la producción de materia seca después de 360 días (5 cortes), teniendo en cuenta la profundidad de muestreo 0-10 cm.

| Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Corte 1 (kg/ha) | Corte 2 (kg/ha) | Corte 3 (kg/ha) | Corte 4 (kg/ha) | Corte 5 (kg/ha) | M.seca acumulada (kg/ha) | P Olsen promedio (ppm) |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------|
| 0  | 2172            | 1223            | 1539            | 861             | 2033            | 5796                     | 7,4                    |
| 160  | 2272            | 1445            | 1616            | 742             | 2488            | 6075                     | 9,6                    |
| 95   | 2126            | 1127            | 2268            | 921             | 1943            | 6442                     | 12,2                   |
| 33   | 2325            | 1259            | 1588            | 868             | 1809            | 6039                     | 18,9                   |
| 33   | 2714            | 1205            | 2042            | 852             | 2002            | 6812                     | 24,6                   |

**Tabla 14.** Efecto del nivel de P en el suelo sobre la producción de materia seca después de 360 días (5 cortes), teniendo en cuenta la profundidad de muestreo 0-20 cm.

| Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Corte 1 (kg/ha) | Corte 2 (kg/ha) | Corte 3 (kg/ha) | Corte 4 (kg/ha) | Corte 5 (kg/ha) | M.seca acumulada (kg/ha) | P Olsen promedio (ppm) |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------|
| 0  | 1874            | 986             | 1745            | 758             | 1722            | 5363                     | 5,0                    |
| 103  | 2276            | 1234            | 1833            | 948             | 3144            | 6191                     | 5,5                    |
| 306  | 2561            | 1371            | 1821            | 804             | 2307            | 6557                     | 6,4                    |
| 292  | 2273            | 1129            | 2125            | 832             | 1978            | 6359                     | 9,2                    |
| 190  | 2399            | 1070            | 2065            | 1014            | 2361            | 6548                     | 12,0                   |

da en el ensayo de 0 a 20 cm se presenta en la Tabla 14. Como se señalaba para el ensayo de 0 a 10 cm, los rendimientos obtenidos en el caso de 0 a 20 cm son similares entre tratamientos y entre ensayos.

### Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP)

Para el cálculo de la dosis de P, para corregir una posible deficiencia, es muy útil contar con una herramienta que permita conocer la probable respuesta de un suelo a la aplicación del fertilizante fosfatado. Se han utilizado varios métodos para recomendar una adecuada fertilización fosfatada, tales como la “calibración de terreno”, “método racional”, “balance de nutrientes”, etc. En este caso se prefiere buscar el valor de CP de un suelo que permita estimar la respuesta a la fertilización.

#### Fórmula de cálculo del CP

$$\text{CP (kg de P/ppm)} = \frac{\text{P aplicado (kg/ha)} - \text{P extraído(kg/ha)}}{\text{Incremento de P (ppm)} * \text{profundidad (*)}}$$

(\*) El factor profundidad se aplica como expresión numérica, sin unidades.

El término “P extraído” se refiere a la absorción de P realizada por el forraje, considerando una concentración media de 0,25% de P por la producción de materia seca. El término “Incremento de P”, se refiere a la diferencia entre el nivel de P extractable alcanzado y el nivel inicial. La profundidad expresada en decímetros (dm) corresponde a la profundidad de muestreo, pero para efectos del cálculo se usa sólo la expresión numérica.

Los resultados del cálculo de los valores de CP para los diferentes tratamientos, en el ensayo de 0 a 10 cm, se presentan en la Tabla 15. Se aprecia que los

valores de CP son similares entre sí, con un promedio de 15,3 kg de P/ppm. Aparentemente, este valor es un indicador de la capacidad tampón del suelo, al margen de otras consideraciones como manejo antecedente, fertilizaciones, etc. Además, cabe considerar que el valor obtenido es también similar al utilizado por el programa de recuperación de suelos degradados (14 y 16 kg de P/ppm) para el suelo Osorno.

Los resultados del cálculo de los valores de CP para los diferentes tratamientos, en el ensayo de 0 a 20 cm, se presentan en la Tabla 16. Los valores de CP obtenidos en el estrato 0-20 cm son mayores que los alcanzados en el estrato de 0-10, probablemente debido a la escasa movilidad que caracteriza al ión fosfato en el suelo. En esta ocasión, el promedio entre tratamientos fue de 18 kg de P/ppm, existiendo diferencia entre ellos.

### Comentarios finales

Los resultados obtenidos en relación al cálculo del CP permiten inferir que es una herramienta útil para calcular las dosis de corrección de P de los suelos. Sin embargo, será necesario encontrar un método de laboratorio o invernadero, más rápido, más eficiente, y además, menos costoso.

Otros experimentos relacionados con el CP desarrollados por INIA – Chile, con suelos de la zona centro – sur del país (INIA Quilamapu), en los que se determinó este valor en laboratorio, se observó que dentro de una misma serie de suelos, el CP variaba considerablemente. Estos resultados indican que no es adecuado utilizar un valor genérico de CP por serie, sino que es necesario efectuar una determinación de cada sitio en particular.

Más información sobre este proyecto se puede encontrar en la Base de Datos de Proyectos de Investigación de IPNI Cono Sur en [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)

**Tabla 15.** Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP) de los diferentes tratamientos con muestras obtenidas en el estrato de 0 a 10 cm de profundidad.

| Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | P inicial (ppm) | P final (ppm) | Prof. muestreo (dm) | P aplicado (kg/ha) | Producción MS (kg/ha) | Extr. P (kg/ha) | Incr. P (ppm) | CP (kg P/ppm) |
|---|-----------------|---------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------|
| 0   | 4,9             | 7,4           | 1                   | 0                  | 5796                  | 14,5            | 2,5           | 0             |
| 160   | 4,6             | 9,6           | 1                   | 76                 | 5839                  | 14,6            | 5,0           | 12,6          |
| 95  | 5,0             | 12,2          | 1                   | 152                | 6442                  | 16,1            | 7,2           | 18,9          |
| 33  | 4,5             | 18,9          | 1                   | 228                | 6039                  | 15,1            | 14,4          | 14,8          |
| 33  | 5,3             | 24,6          | 1                   | 304                | 6813                  | 17,0            | 19,3          | 14,9          |

**Tabla 16.** Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP) de los diferentes tratamientos con muestras obtenidas en el estrato de 0 a 20 cm de profundidad.

| Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | P inicial (ppm) | P final (ppm) | Prof. muestreo (dm) | P aplicado (kg/ha) | Producción MS (kg/ha) | Extr. P (kg/ha) | Incr. P (ppm) | CP (kg P/ppm) |
|---|-----------------|---------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------|
| 0   | 3,4             | 5,0           | 2                   | 0                  | 5363                  | 13,4            | 1,6           | 0             |
| 103   | 3,1             | 5,5           | 2                   | 76                 | 6291                  | 15,7            | 2,4           | 12,6          |
| 306   | 3,3             | 6,4           | 2                   | 152                | 6557                  | 16,4            | 3,1           | 21,9          |
| 292   | 3,3             | 9,2           | 2                   | 228                | 6359                  | 15,9            | 5,9           | 18,0          |
| 190   | 4,6             | 12,0          | 2                   | 304                | 6548                  | 16,4            | 7,4           | 19,4          |

# RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN MAÍZ PARA GRANO EN SUELOS DEL NOROESTE DE URUGUAY

Juan Diego Cano<sup>1</sup>, Oswaldo Ernst<sup>2</sup> y Fernando García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Rutilan S.A., Uruguay, <sup>2</sup>Facultad de Agronomía – EEMAC, Paysandú, Uruguay, e <sup>3</sup>IPNI Cono Sur [jdcano@adinet.com.uy](mailto:jdcano@adinet.com.uy)

## Introducción

Los suelos de la Unidad Constitución, ubicados sobre el litoral noroeste de Uruguay, son formados a partir de sedimentos livianos de origen fluvial, con presencia frecuente de cantos rodados y, poseen bajos valores naturales de potasio (K) (MGAP, 1976; Hernández, 1992). En consecuencia, a medida que sobre estos suelos se pone a funcionar un sistema de producción intenso y extractivo, es esperable encontrar respuestas al agregado de fertilizante potásico. Asimismo, en la misma región, existen reportes de casos de deficiencia de K en la zona de Concordia (Entre Ríos, Argentina) (Darwich, 1998).

Con el objetivo de evaluar deficiencias y respuestas a la aplicación de K, se llevaron adelante estudios en un predio dedicado a la producción lechera ubicado en el Departamento de Salto, que tiene como estrategia la producción de grano y ensilaje para la alimentación animal, en base a agricultura de secano en rotación con verdeos anuales y praderas permanentes. Los suelos predominantes son Argisoles de la Unidad Constitución. En este predio, en la zafra 2004-05 se manifestaron posibles deficiencia de K en un cultivo de sorgo (Fig. 1). En el verano 2005-06 el problema se repitió en varios cultivos de maíz (Fig. 2), sorgo granífero y sorgo forrajero, en forma generalizada y severa.

Dentro de los campos que presentaron síntomas de deficiencia de K, existían plantas en las cuales no se observaron signos de deficiencias (Figs. 1 y 2). Esta última situación se asoció a sitios que recibieron deyecciones de los animales durante la fase de pastura, recibiendo K, y sin presentar consecuentemente desbalance nutricional en forma general. Los casos que presentaron deficiencias de K se observaron en las hojas inferiores (viejas) con bordes cloróticos que se van necrosando hacia adentro y hojas nuevas sin presentar sintomatología de este tipo.



**Figura 1.** Cultivo de sorgo del establecimiento en la zafra 2004-05.

Los análisis de K intercambiable en suelo de estas situaciones estuvieron entre 0,10 a 0,20 cmol kg<sup>-1</sup>. Estos valores son bajos y presentarían situaciones de respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos de acuerdo a referencias internacionales (Comisión de Fertilidad de Suelo-RS/SC, 1997; Sawyer et al., 2002). En la zafra 2006/07 se llevo a cabo un experimento con el objetivo de estudiar la respuesta del cultivo de maíz al agregado de diferentes dosis de Cloruro de K (KCl) como fertilizante en aplicaciones en el surco y al voleo. Se incluyó un tratamiento con Azufre (S) para estudiar la posible respuesta a este nutriente.

## Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en la zafra 2006/07, sobre un suelo Argisol de la Unidad Constitución, con 1,8% de materia orgánica, 18 ppm de fósforo extractable (Bray I), 26 ppm N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 0,16 cmol kg<sup>-1</sup> de K intercambiable en los primeros 20 cm del perfil al momento de la siembra. Los tratamientos de fertilización evaluados fueron T1 = Testigo sin fertilización de K y S, T2 = fertilizado con 125 kg/ha KCl, T3 = fertilizado con 125 kg/ha KCl al voleo, T4 = fertilizado con 225 kg/ha KCl, T5 = fertilizado con 125 kg/ha (50% KCl + 50% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Los tratamientos T2, T4 y T5 fueron fertilizados en el surco de siembra alejados 4 cm de la semilla. A su vez, los cinco tratamientos recibieron una fertilización basal de 150 kg/ha de fosfato monoamónico (12-52-0), al voleo previo a la siembra.

El diseño experimental fue de parcelas al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 80 metros de largo, por 8 surcos de ancho con una distancia entre hileras de 0,70 m. La siembra se realizó el 12 de Octubre de 2006, con el híbrido Mass 504 MGCL con una población objetivo de 70.000 plantas/ha.



**Figura 2.** Maíz de la zafra 2005-06.

**Determinaciones en el cultivo:**

- Población: se determinó el número de plantas en 10 metros lineales de dos surcos consecutivos.
- Peso seco por planta a V6 – V8: se cortaron y pesaron diez plantas consecutivas del segundo surco de cada parcela.
- Número de plantas con claros síntomas de deficiencia de K a V8: Se contaron las plantas con síntomas de deficiencia de K en 10 metros lineales de dos surcos consecutivos.
- Concentración de K y N en planta en el estado V8: Las plantas muestreadas se secaron a 60° C y se analizó la concentración de N y K.
- Concentración de K y N en la hoja opuesta a la mazorca al estadio R1: Se muestrearon 20 plantas consecutivas del surco central de cada parcela, a las que se les cortó la hoja opuesta a la primer mazorca, se secó a 60° C y se analizó concentración de K.
- Rendimiento en grano: El área de cosecha fue de 14 m<sup>2</sup> por parcela. La cosecha fue manual.
- Peso de mil granos: Se estimó a partir de 3 submuestras de 100 granos tomados de manera aleatoria de la muestra de grano cosechado.

Los datos se analizaron utilizando el modelo de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y se realizó separación de media utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) con una probabilidad del 5%.

**Resultados**

En la Tabla 1 se caracteriza la condición climática en la que se obtuvieron los resultados. El período previo a la siembra y de siembra hasta R1, se caracterizó por una buena ocurrencia de lluvias. Posterior a R1, las lluvias fueron menores. El suelo en que se instaló el ensayo es de característica superficial, con una baja capacidad de almacenar agua y, por ende, muy dependiente de las precipitaciones.

**Crecimiento y estado nutricional del cultivo**

Los síntomas de deficiencia de K en las parcelas testigo comenzaron a observarse claramente en el

estadio V2 del cultivo de maíz. En V8, el muestreo de plantas con síntomas a nivel visual y el peso seco de las mismas (Tabla 2) mostraron diferencias significativas en las situaciones testigo, con respecto a los tratamientos fertilizados.

Mientras el testigo tuvo más del 88% de las plantas con síntomas visibles de deficiencia de K, los tratamientos fertilizados tuvieron entre un 4,8 y un 13,1% de plantas atípicas, sin diferenciarse significativamente entre sí. El peso seco de plantas mostró resultados similares, diferenciándose significativamente el tratamiento sin fertilizar de los fertilizados. El peso de planta de los fertilizados fue entre 3 y 4 veces mayor. Estas diferencias se manifestaban claramente a campo, como lo muestra la Figura 3.

El estado nutricional (concentración de K y N en planta) en V8 también fue significativamente diferente (Tabla 3). El testigo sin fertilizar fue el de menor concentración de K en planta y, cantidad de K absorbida en parte aérea, aunque sin diferenciarse del tratamiento 3 con 125 kg/ha de KCl al voleo. A su vez, ambos tratamientos fueron los de mayor concentración de N en planta, lo cual posiblemente esté explicado por un menor crecimiento, limitado por la disponibilidad de K, que llevó a una concentración mayor con respecto al resto de los tratamientos evaluados en este trabajo. Aún así, el testigo fue el tratamiento con menor cantidad total de N absorbido, dada su baja acumulación de materia seca.

La mayor dosis de fertilizante potásico, el T4 de 225 kg/ha KCl, fue el de mayor concentración de K en planta y, cantidad de K absorbido por planta, sin diferenciarse del T5 de 125 kg/ha (50% KCl + 50% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). En cuanto a la comparación entre los tratamientos 2 y 3, que difieren en la localización del fertilizante, no difirieron significativamente entre sí, aunque el tratamiento al voleo fue igual al testigo en el %K en planta en V8, y no así el tratamiento en el surco que se diferenció del testigo sin fertilizar, evidenciando un mejor comportamiento de la aplicación al surco.

Los resultados del estado nutricional a R1, estimado como concentración de N y K en la hoja opuesta a la mazorca, se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 1.** Caracterización climática durante el período de desarrollo del ensayo.

| Período             | Precipitaciones (mm) | Temperatura media (°C) |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| 30 días pre-siembra | 58,6                 | 18,1                   |
| Siembra a V6        | 238                  | 21,0                   |
| V6 a R1             | 222,8                | 24,1                   |
| R1 más 15 días      | 22,1                 | 27,1                   |
| Total               | 541,5                |                        |

**Tabla 2.** Porcentaje plantas atípicas, y peso seco promedio por planta de cada tratamiento medido en V8.

|   | Plantas con síntomas (%) | Peso seco por planta (g) |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Testigo   | 88,2% b                  | 9,4 b                    |
| 125 kg/ha Cloruro K                                       | 12,0% a                  | 40,3 a                   |
| 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 13,1% a                  | 33,6 a                   |
| 225 kg/ha Cloruro K                                       | 4,8% a                   | 43,3 a                   |
| 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 9,8% a                   | 36,7 a                   |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

No hubo diferencias entre tratamientos en la concentración de N. Sin embargo, en el % de K, el testigo fue significativamente diferente a los fertilizados y, nuevamente existió una tendencia a mejor comportamiento de los tratamientos de K localizado. Sin embargo, ningún tratamiento logró la concentración crítica de K en hoja de entre 1,7 a 2,5% K citada por Conti y García (2005), lo cual podría mostrar una nutrición potásica insuficiente aún en los mejores tratamientos.

**Rendimiento en grano y peso de grano**

En la Tabla 5 se presenta la respuesta en rendimiento y peso de grano de maíz a la dosis de K y su localización.

Existió una gran diferencia entre los tratamientos que recibieron fertilización potásica, los que superaron los 6200 kg/ha, y el testigo sin fertilizar que rindió 2638 kg/ha. El dato del rendimiento del testigo sin fertilizar se pudo obtener gracias a que la cosecha se hizo en forma manual, ya que si se hubiera hecho con cosechadora no se hubiera podido recolectar el grano, con lo cual las diferencias hubieran sido mayores. En la Figura 4 se observa la situación del testigo a cosecha, con plantas chicas y quebradas, con muchas espigas caídas.

El peso de mil granos mostró también al testigo sin tratar con un peso significativamente menor al resto de los tratamientos. En la Figura 5 se muestran mazorcas del Tratamiento 1, de pequeño tamaño, sin llenar totalmente y

con presencia de granos chicos, sueltos y mal formados. Las mazorcas de los tratamientos fertilizados (T2, T3, T4 y T5), si bien mostraban un aspecto normal, también mostraban síntomas de deficiencia y tuvieron un bajo peso de 1000 granos. Es posible que los distintos tratamientos de fertilización potásica empleados en el ensayo no hayan sido suficientes para lograr una completa nutrición potásica del cultivo, lo que se sustenta por los valores de sub-nutrición obtenidos en R1, y que sea necesario para este tipo de situaciones ir aumentando gradualmente los niveles de K intercambiable del suelo.

La inclusión de S en el T5 no resultó en diferencias en ninguno de los parámetros de crecimiento y en el rendimiento del cultivo.

**Consideraciones finales**

- Se encontró una respuesta significativa al agregado de fertilizante potásico en crecimiento vegetal, concentración de K en planta y rendimiento en grano, en una situación en la que el testigo sin fertilizar no llegó en condiciones de ser cosechado por una cosechadora convencional debido al quebrado de plantas.
- La dosis de 225 kg/ha de KCl obtuvo una mayor concentración de K en planta a V8 que el tratamiento de 125 kg/ha de KCl, sin embargo no se diferenció en %K en la hoja de la espiga en R1 ni en rendimiento en grano.
- A igual dosis de KCl agregada, los tratamientos de fertilización en el surco y al voleo no se diferenciaron

**Tabla 3.** Estado nutricional de la planta en V8.

|  | %N en planta | N absorbido (g N / pl) | %K en planta | K absorbido (g K / pl) |
|--|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
| T1 - Testigo   | 3,68 b       | 0,33 b                 | 0,51 d       | 0,05 c                 |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 3,01 a       | 1,22 a                 | 1,03 bc      | 0,42 ab                |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 3,26 ab      | 1,10 a                 | 0,78 cd      | 0,26 bc                |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 2,99 a       | 1,29 a                 | 1,43 a       | 0,63 a                 |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 2,96 a       | 1,09 a                 | 1,20 ba      | 0,44 ab                |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

**Tabla 4.** Concentración de K y Nitrógeno en la hoja opuesta a la mazorca.

|  | %N en hoja | %K en hoja |
|--|------------|------------|
| T1 - Testigo   | 2,84 a     | 0,38 c     |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 2,62 a     | 0,90 ab    |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 2,78 a     | 0,71 b     |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 2,78 a     | 1,03 a     |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 2,71 a     | 1,06 a     |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

**Tabla 5.** Rendimiento en grano y peso de 1000 granos.

| Tratamiento  | Rendimiento (kg/ha) | Peso 1000 granos |
|--|---------------------|------------------|
| T1 - Testigo   | 2638 b              | 198,7 c          |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 6290 a              | 235,0 b          |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 6364 a              | 238,3 ab         |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 6467 a              | 241,3 ab         |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 6372 a              | 249,5 a          |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

en crecimiento, concentración de K y rendimiento. Sin embargo, el tratamiento fertilizado al voleo no se logró diferenciar del testigo sin fertilizar en %K en V8, y no estuvo a la altura de los mejores tratamientos en %K en la hoja de la espiga, lo que sí fue logrado por el tratamiento en el surco.

➤ No se observó respuesta al agregado de Azufre.



**Figura 3.** Tratamiento de 125 kg/ha de KCl respecto al testigo sin tratar (cultivo en V8).



**Figura 4.** Situación a cosecha del Tratamiento 1 sin fertilizante potásico.

## Referencias

**Comisión de Fertilidad de Suelo–RS/SC.** 1997. Recomendaciones de adubacao e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. SBSCS, Nucleo Regional Sul. 3º. Edición. Santa Maria, RS, Brasil.

**Conti M.E. y F.O. García.** 2005. Potasio. En Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H. Echeverría y F. García (ed.). Ediciones INTA. Pag. 123 –137. Buenos Aires.

**Darwich N.** 1998. Potasio. En Manual de Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Talleres de Gráfica Arredendo. Pag. 96-106. Mar del Plata, Buenos Aires.

**Hernández J.** 1992. Potasio. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Suelos y Aguas. Montevideo. Uruguay.

**MGAP.** 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay – Tomo I: Clasificación de Suelos. MGAP - Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.

**Sawyer J.E., A.P. Mallarino, R. Killorn y S.K. Barnhart.** 2002. A general guide for crop nutrient and limestone recommendations in Iowa. PM 1688. University Extension. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. ◀



**Figura 5.** Espigas del Tratamiento 1 sin fertilizante potásico.

### Reimpresión:

#### Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos



Hernán E. Echeverría y Fernando O. García (editores)

➤ Costo de la publicación: \$60 (sesenta pesos argentinos). Gastos de envío nacional: \$24 (veinticuatro pesos)

### Nueva publicación:

#### Fertilidad 2007



➤ Costo de la publicación: \$40 (cuarenta pesos argentinos)  
 ➤ Costo de envío: \$6 (seis pesos argentinos)  
 ➤ La publicación puede ser adquirida contactando a: IPNI Cono Sur At. Sra. Laura Pisauri - Tel/Fax (54) 011 4798 9939 Lpisauri@ipni.net

# EFFECTO DEL ENCALADO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO Y LA GERMINACIÓN DEL TRÉBOL ROJO (TRIFOLIUM PRATENSE)

J. L. Torella, R. Garuzzo y E.C. Faita

Dto Tecnología. Universidad Nacional de Luján, Rutas 5 y ex 7. Luján. Buenos Aires. Argentina

jtorella@unlu.edu.ar

## Introducción

Al igual que en otras partes del mundo, los suelos de la República Argentina, entre otros signos de degradación química, presentan aumento de acidez debido al uso intensivo de los mismos. La constante remoción del suelo en sistemas de agricultura continua, favorece la oxidación de la materia orgánica, proceso que junto con la reacción de los fertilizantes nitrogenados generan protones hidrógeno y bajan el pH de la solución del suelo circundante (Black, 1975). A su vez la disminución del pH, afecta el equilibrio del aluminio (Al) y el hierro (Fe), liberándolos a la solución del suelo. El Al resulta sumamente tóxico para los cultivos ya que inhibe el desarrollo radicular; por otra parte, actúa en forma negativa sobre la nutrición fosforada porque, aunque este nutriente se halle en cantidades suficientes, queda retenido en el suelo al ser quelado por el aluminio y no resulta accesible para los cultivos (Foy y Brown, 1963; Torella, 1985). El bajo pH reduce notablemente la actividad microbiana respecto a suelos con pH cercanos a la neutralidad. Dada la alta correlación entre actividad microbiana y tasa de mineralización de materia orgánica, la disminución del pH determina una menor liberación de nutrientes, que afecta principalmente al nitrógeno (Fuentes *et al.*, 2006). Esto puede deberse a que la microflora edáfica en general, las bacterias amonificadoras y nitrificadoras en particular, funcionan mejor en valores de pH entre 6 y 7, en los cuales se encuentran disponibles los nutrientes que necesitan (Buckman y Brady, 1970). En situaciones de valores de pH bajos en el suelo,

el encalado aparece como una técnica viable para disminuir la acidez mejorando la productividad de los cultivos. El aumento del pH se produce inicialmente en superficie y, con el paso del tiempo, ocurre también en profundidad. Este incremento determina una progresiva saturación con calcio de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, que aumenta la disponibilidad de fósforo y potasio para el cultivo y favorece entonces la obtención de mayores rendimientos (Ceriani *et al.*, 1998). Junto con la mejora de las condiciones del ambiente edáfico para la microflora bacteriana, aumenta la tasa de mineralización de la materia orgánica, y se eleva la disponibilidad de N mineralizado para el cultivo (Rosenberg *et al.*, 2003). Finalmente, en algunos ensayos a campo se verificaron resultados variables respecto del efecto del encalado sobre la germinación de las semillas, según las especies y el tipo de suelo (Olsson y Kellnerb, 2002), aunque no se encontraron referencias bibliográficas sobre trébol rojo.

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto producido por el encalado sobre propiedades químicas del suelo como pH, nitrógeno disponible y fósforo extractable, y su influencia sobre la germinación del trébol rojo.

## Materiales y métodos

Las muestras de suelo se tomaron del Campo Experimental de la UNLu, situado geográficamente a 34°36' S y 59° 04' O. El suelo en estudio corresponde a un

**Tabla 1.** Características físicas y químicas del suelo en estudio.

| Parámetros                                | Horizontes |         |         |
|---|------------|---------|---------|
|   | A          | B/A     | Bt      |
| Profundidad (cm)                          | 0 - 21     | 21 - 33 | 33 - 75 |
| M.O. (%)                                  | 2,08       | 1,07    | 0,23    |
| Arcilla < 2 $\mu\text{m}$ (%)             | 26,8       | 21,5    | 43,2    |
| Limo 2 - 50 $\mu\text{m}$ (%)             | 59,9       | 61,6    | 45,7    |
| Arena 50-2000 $\mu\text{m}$ (%)           | 14,1       | 16,3    | 12,3    |
| pH 1:2.5                                  | 5,64       | 5,74    | 5,43    |
| Densidad aparente (Mg.m <sup>-3</sup> )   | 1,25       | 1,27    | 1,31    |
| Macroporosidad (%)                        | 23,78      | 21,94   | 12,93   |
| CIC (cmol.kg <sup>-1</sup> )              | 21,3       | ----    | ----    |
| Ca <sup>+2</sup> (cmol.kg <sup>-1</sup> ) | 10,1       | ----    | ----    |

Argiudol típico, imperfectamente drenado, con aptitud de uso llw, ubicado en un plano alto, ligeramente convexo y con escasa pendiente (Sfeir *et al.*, 1989). Presenta un horizonte superficial (A1) de 21 cm de profundidad y textura franco-arcillosa. Sus características principales se presentan en la Tabla 1.

Se extrajeron alrededor de 20 kg de muestras del horizonte superficial que fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio para su acondicionamiento. Se extendieron sobre un lienzo, se desterraron manualmente y se despojaron de restos orgánicos no descompuestos. Se tamizaron por una malla de 4000 micrones para simular una cama de siembra de estructura fina. Posteriormente, la muestra principal se separó en dos submuestras de aproximadamente 10 kg cada una, una de ellas se guardó y la otra se dividió en tres submuestras de alrededor de 3.3 kg cada una.

Para la realización del cálculo de la dosis de encalado se utilizó la densidad aparente del suelo. Como fuente de cal se empleó  $\text{CaCO}_3$  puro, en dosis de 2000 y 4000  $\text{kg ha}^{-1}$ , basadas en lo informado por Torella *et al.* (2006).

En un recipiente de 20 litros con tapa, se incorporaron las dosis calculadas de  $\text{CaCO}_3$  a dos de las submuestras, mediante movimientos oblicuos durante 5 minutos para su completa incorporación. La tercer submuestra se utilizó como testigo. Una cantidad de 350 g de cada submuestra de suelo se acondicionó en jarras de incubación de 400 ml. Fueron rotuladas convenientemente y cerradas con una tapa perforada para permitir la respiración de la flora del suelo e impedir su rápida desecación. Todas ellas se introdujeron en una estufa de cultivo a 25°C y a una humedad gravimétrica equivalente a capacidad de campo (30%) (Buckman y Brady, 1970), condiciones que se mantuvieron durante los 60 días que duró el ensayo.

Se empleó un diseño experimental de tipo factorial en parcelas divididas con tres repeticiones. Se consideró como parcela principal al tiempo desde el inicio del ensayo (0, 30 y 60 días), y como subparcelas a las dosis evaluadas (0, 2000 y 4000  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ). Los tratamientos fueron: **1) 0-E1** (testigo sin encalar), **2) 30-E1** (testigo sin encalar), **3) 30-E2** (2000  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ), **4) 30-E3** (4000  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ), **5) 60-E1** (testigo sin encalar), **6) 60-E2** (2000  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ) y **7) 60-E3** (4000  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante

un análisis de varianza y test de comparación de medias según Tukey al 5%. Las correlaciones se analizaron por matriz de Pearson y estimación de regresiones por el método de los mínimos cuadrados (Little y Hills, 1976).

Al inicio del ensayo (día 0) y a los 30 y 60 días del mismo, se evaluaron los siguientes parámetros de suelo: pH, fósforo extractable, nitrógeno disponible y porcentaje de emergencia. Los métodos empleados fueron los siguientes:

- pH: (1:2,5) por potenciometría.
- Fósforo extractable: Kurtz y Bray (Jackson, 1966).
- Nitrógeno disponible ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ): Stanford *et al.* (1973).
- Porcentaje de emergencia en tierra (PG<sub>i</sub>): ISTA (1996).

## Resultados y discusión

Los datos obtenidos al inicio del ensayo en las muestras de suelo sin agregado de carbonato (Tratamiento 0-E1), en promedio fueron: pH 5.05,  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  160 ppm, P extractable 9.3 ppm y PG<sub>i</sub> 67.7%.

El pH promedio verificado, podría determinar inmovilidad de nutrientes, sobre todo en el caso del nutriente fósforo (Foy y Brown, 1963; Torella, 1985).

El contenido de nitrógeno asimilable alcanzó un nivel normal para un suelo sometido a uso agrícola prolongado (Ceriani *et al.*, 1998); y en el caso del P presentó valores bajos, por lo que podría resultar en déficit teniendo en cuenta los valores mencionados por Andrade (2002).

### Análisis de los resultados obtenidos a los 30 días de incubación

El análisis estadístico realizado sobre los datos obtenidos a los 30 días de iniciado el ensayo se presenta en la Tabla 2.

Se detectaron diferencias significativas en el pH ya que, mientras en el tratamiento sin encalado (30-E1) este valor resultó moderadamente ácido, en los tratamientos 30-E2 y 30-E3 se aproximó a la neutralidad. Para el resto de las propiedades, pese a que no surgen diferencias significativas, se observaron algunas tendencias incrementales en sus valores.

Se puede inferir que el aumento de pH derivado del agregado de  $\text{CaCO}_3$  generó condiciones am-

**Tabla 2.** Análisis a los 30 días del inicio del ensayo- posteriores a la realización del encalado.

| Tratamiento  | pH     | $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ | P     | PG <sub>i</sub> |
|--------------|--------|---------------------------------|-------|-----------------|
|              |        | (ppm)                           |       | (%)             |
| <b>30-E1</b> | 5,74 a | 103 a                           | 6,6 a | 60,3 a          |
| <b>30-E2</b> | 6,75 b | 132 a                           | 5,4 a | 72,0 a          |
| <b>30-E3</b> | 7,73 c | 151 a                           | 8,0 a | 70,0 a          |

Valores seguidos de igual letra en columnas no difieren entre sí (Tuckey <0.05)

bientales más propicias para la flora microbiana que favorecerían el incremento en las cantidades de nitrógeno asimilable, sin resultar significativo.

#### Análisis de los resultados obtenidos a los 60 días de incubación

Al final del ensayo, el agregado de  $\text{CaCO}_3$  determinó nuevamente diferencias significativas en el pH. Pero, a diferencia de lo registrado a los 30 días del inicio, en este momento de medición, también se verificaron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno asimilable y los  $\text{PG}_i$  de los tratamientos con agregado de  $\text{CaCO}_3$  respecto del testigo (Tabla 3). En cambio, al igual que en la medición anterior, el contenido de fósforo asimilable no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

Los datos obtenidos muestran que la aplicación de ambas dosis de  $\text{CaCO}_3$ , determinaron un aumento significativo de pH respecto del tratamiento sin encalar. Este incremento podría deberse a la saturación de la CIC con calcio (Laudelout, 1993), catión que desplazaría a los protones provenientes de la descomposición de la materia orgánica y los generados por las reacciones de los fertilizantes nitrogenados (Lesturgez, 2006). Dada la ausencia de diferencias significativas entre el pH de los tratamientos 60-E2 y 60-E3, se infiere que la menor concentración de  $\text{CaCO}_3$  resultaría suficiente para lograr el efecto de neutralidad en el suelo.

A diferencia de lo hallado en la medición efectuada a los 30 días de la incubación, los contenidos de nitrógeno asimilable de los tratamientos 60-E1, 60-E2 y 60-E3, presentaron diferencias significativas entre sí, debido probablemente a una mayor actividad microbiana, como consecuencia de la mejora alcanzada en el valor de pH a partir de los 30 días.

Respecto del  $\text{PG}_i$ , no se registraron diferencias significativas entre los dos tratamientos con encalado, pero sí entre ellos y el tratamiento 60-E1. Se verificó por lo tanto una respuesta positiva del trébol rojo al encalado que, tal como ocurre con el pH se expresó aún con las menores dosis ensayadas.

#### Análisis temporal

##### a) Suelo sin agregado de $\text{CaCO}_3$

La Tabla 4 muestra la evolución del suelo sin agregado de  $\text{CaCO}_3$  durante los 60 días de ensayo, en

la cual no se observan diferencias estadísticamente significativas en la evolución del pH, fósforo extractable y  $\text{PG}_i$ , pero sí en los contenidos de nitrógeno asimilable, para los que se detecta una disminución a través del tiempo.

Esta caída en los valores de nitrógeno asimilable podría explicarse de varias formas. Una de ellas es que los bajos valores de pH, reducen la actividad microbiana (Wang *et al.*, 2006) y en consecuencia los procesos de mineralización de la materia orgánica. Otra explicación posible es que, al no haber aporte externo de carbono a las muestras de suelo, disminuye la actividad de la flora nitrificadora porque se reduce la cantidad de sustrato disponible para la misma (Caires *et al.*, 2006). Además, parte de los nitratos generados podrían pasar a ser aceptores finales de electrones en la respiración microbiana que se reduce a óxidos de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) que se pierden en la atmósfera.

##### b) Suelo con agregado de 2.000 $\text{kg ha}^{-1}$ de $\text{CaCO}_3$

En la Tabla 5 se observa que, tanto el pH como el  $\text{PG}_i$  registraron aumentos significativos en sus valores. Asociado al incremento de pH, se observa que no existieron disminuciones significativas en el contenido de nitrógeno asimilable a lo largo del ensayo, a diferencia del tratamiento sin encalar. Por su parte, para el fósforo extractable se verificaron disminuciones significativas respecto del testigo.

##### c) Suelo con agregado de 4.000 $\text{kg ha}^{-1}$ de $\text{CaCO}_3$

La Tabla 6 muestra que, al igual que con 2000  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , se midieron aumentos significativos en el pH y el  $\text{PG}_i$ . Los valores de nitrógeno asimilable y fósforo se mantuvieron estables a través del tiempo. En el caso del fósforo el tratamiento con 4.000  $\text{kg}$  de  $\text{CaCO}_3$ , resultaría adecuado porque este nutriente no presentó la disminución en su nivel que se registrara con la dosis menor.

#### Conclusiones

Los resultados de este ensayo mostraron que el encalado, aún en dosis de 2000  $\text{kg ha}^{-1}$  fue capaz de mejorar el pH y el  $\text{PG}_i$ , a partir de los 30 días de su aplicación. La mejora en el pH desencadenaría una mayor actividad microbiana, que se vio reflejada en un constante contenido de nitrógeno asimilable.

**Tabla 3.** Análisis a los 60 días del inicio del ensayo- posteriores a la realización del encalado.

| Tratamiento | pH     | $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ | P     | $\text{PG}_i$ |
|-------------|--------|---------------------------------|-------|---------------|
|             |        | (ppm)                           |       | (%)           |
| 60-E1       | 5,64 a | 85 a                            | 6,4 a | 74,7 a        |
| 60-E2       | 6,94 b | 129 b                           | 6,6 a | 86,7 b        |
| 60-E3       | 7,48 b | 156 c                           | 9,9 a | 88,7 b        |

Valores seguidos de igual letra en columnas no difieren entre sí (Tuckey <0.05)

## Bibliografía

- Andrade F. y V. Sadras.** 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce. Capítulo 8. Pág. 227-229.
- Black C.** (1975). Relaciones suelo- planta. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pág. 335-346.
- Buckman H. y N. Brady.** 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Cap. 7, pág. 177 y cap. 15, Pág. 417. Editorial Montaner y Simón S.A. Barcelona.
- Caires E., G. Barth y F. Garbvio.** 2006. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. Soil and Tillage Research. Volume 89, Issues 1. Pág. 3-12.
- Ceriani J., J. Torella, R. Introcaso, E. Wasinger, J. Gueçamburu y F. Fernandez.** 1998. Estimación de los efectos del encalado sobre parámetros químicos del suelo en condiciones controladas. Actas XVI Congreso de Asociación Argentina de Ciencia del suelo; pp 159-160. Villa Carlos Paz. Córdoba. Argentina. 4 al 7 de Mayo de 1998.
- Foy C. y J. Brown.** 1963. Toxics factors in acids soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 403-407.
- Fuentes J., D. Bezdicek, M. Flury, S. Albrecht y J. Smith.** 2006. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. Soil and Tillage Research. Volume 88, Issues 1-2, Pages 123-131.
- ISTA Seed Science and Technology.** 1996. 24 supplement pag.184. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- Jackson M.** 1966. Análisis químico de suelos. Editorial Omega.
- Laudelout H.** 1993. Chemical and microbiological effects of soil living in a broad-leaved forest ecosystem. Forest Ecology and Management. Volume 61, Issues 3-4. Pág. 247-261.
- Lesturgez G.** 2006. Soil acidification without pH drop under intensive cropping systems in Northeast Thailand. Agriculture, Ecosystems & Environment. Volume 114, Issue 2-4. Pág. 239-248.
- Little y Hills.** 1976. Métodos estadísticos aplicados a la agricultura. Editorial Trillas. México.
- Olsson B. y O. Kellnerb.** 2002. Effects of soil acidification and liming on ground flora establishment after clear-felling of Norway spruce in Sweden. Soil Biology and Biochemistry. Volume 35, Issue 1, Pág. 127-139.
- Rosenberg W., K. Nierop, H. Knicker, P. Jager, K. Kreutzer y T. Weib.** 2003. Liming effects on the chemical composition of the organic surface layer of a mature Norway spruce stand (*Picea abies* [L.] Karst.). Soil Biology and Biochemistry. Volume 35, Issue 1, Pág. 155-165.
- Sfeir A., M. Costa, A. Stravinsky, E. Penón, V. Bonvecchi y V. Eory** 1989. Mapa Bs. As. Inédito UNLu.
- Stanford G., J. Carter y C. Elmer.** 1973. Nitrate determination by modified Conway Microdiffusion Method. Journal of AOAC. (56) 6: 1352-1368.
- Torella J.** 1985. La toxicidad del aluminio en suelos tropicales. Gaceta Agronómica. Vol. (26): 382-385.
- Torella J., E. Faita, R. Introcaso y J. Guecaimburu.** 2006. Encalado y fertilización nitrofosforada: Efectos en la producción inicial de trébol rojo (*Trifolium pratense* L. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pág. 431. AACs.
- Wang A., J. Angle, R. Chaney, T. Delarme y M. McIntosh.** 2006. Changes in soil biological activities under reduced soil pH during *Thlaspi caerulescens* hytoextraction. Soil Biology and Biochemistry. Volume 38, Issues 6. Pág. 1451-1461. <

**Tabla 4.** Evolución temporal del suelo sin agregado de  $\text{CaCO}_3$

| Tratamiento | pH     | $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (ppm) | P (ppm) | $\text{PG}_i$ (%) |
|-------------|--------|---------------------------------------|---------|-------------------|
| 0-E1        | 5,05 a | 160 a                                 | 9,3 a   | 68 a              |
| 30-E1       | 5,40 a | 103 b                                 | 6,6 a   | 61 a              |
| 60-E1       | 5,64 a | 85 bc                                 | 6,4 a   | 69,3 a            |

Valores seguidos de igual letra en columna no difieren entre sí (Tuckey <0.05)

**Tabla 5.** Evolución temporal del suelo con agregado de 2 000  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$

| Tratamiento | pH     | $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (ppm) | P (ppm) | $\text{PG}_i$ (%) |
|-------------|--------|---------------------------------------|---------|-------------------|
| 0-E2        | 5,05 a | 160 a                                 | 9,3 a   | 68,0 a            |
| 30-E2       | 6,75 b | 132 a                                 | 5,4 b   | 72,0 a            |
| 60-E2       | 6,94 b | 129 a                                 | 6,6 b   | 86,6 b            |

Valores seguidos de igual letra en columna no difieren entre sí (Tuckey <0.05)

**Tabla 6.** Evolución temporal del suelo con agregado de 4000  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$

| Tratamiento | pH     | $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (ppm) | P (ppm) | $\text{PG}_i$ (%) |
|-------------|--------|---------------------------------------|---------|-------------------|
| 0-E3        | 5,05 a | 160 a                                 | 9,23 a  | 68,0 a            |
| 30-E3       | 7,73 b | 152 a                                 | 8,0 a   | 70,0 a            |
| 60-E3       | 7,48 b | 157 a                                 | 9,9 a   | 88,6 b            |

Valores seguidos de igual letra en columna no difieren entre sí (Tuckey <0.05)

# RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN EL SUR DE SANTA FE

J. Capurro<sup>1</sup>, C. Fiorito<sup>2</sup>, M.C. Gonzalez<sup>3</sup>, E. Casasola<sup>1</sup>, A. Zazzarini<sup>2</sup>, J. Andriani<sup>3</sup> y A. Vernizzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> AER INTA Cañada de Gómez, <sup>2</sup> Asesor Técnico Particular, <sup>3</sup> EEA INTA Oliveros

inta@steelcdg.com.ar

## Introducción

En una extensa zona del sur de la provincia de Santa Fe, es común encontrar lotes que permanecen en agricultura continua desde hace más de 30 años. Pertenecen a establecimientos que desde entonces abandonaron los sistemas mixtos de producción agrícola-ganaderos, y hoy destinan gran parte de la superficie disponible a tres cultivos: soja, trigo y maíz; ya que sorgo y girasol participan sólo en una mínima proporción del área productiva. La relación de superficie entre los tres cultivos de mayor difusión, es variable según campañas pero altamente favorable al cultivo de soja.

En este contexto productivo, el maíz se implanta frecuentemente en suelos deteriorados en sus condiciones físicas y químicas, luego de varios años de soja de primera. Los valores de análisis químicos de esos suelos indican, en muchas situaciones, bajos contenidos de los principales nutrientes, que fueron extraídos por los cultivos.

Ante esta situación, la utilización de fertilizantes que corrijan, aunque sea parcialmente las deficiencias nutricionales, se torna imprescindible a la hora de planificar el manejo del cultivo. Para esta planificación, la existencia de ensayos zonales tiene un gran valor para productores y asesores técnicos, quienes disponen así de una herramienta adicional de diagnóstico para su trabajo.

En el área sur de los Departamentos Belgrano e Iriondo de la provincia de Santa Fe, los suelos se ubican en dos relieves predominantes, ondulados y planos, con presencia de argiudoles típicos y acucos, respectivamente. Una diferencia marcada entre ambos es la disminución del espesor del horizonte superficial en los suelos ondulados, por efectos de la erosión hídrica. Si bien esta pérdida se ha visto atenuada desde la difusión de la siembra directa para los cultivos agrícolas de la región, ha generado diferencias productivas entre ambos relieves, basadas fundamentalmente en la disponibilidad de materia orgánica y nutrientes, así como en la capacidad de almacenamiento de agua del perfil.

Con el objetivo de proveer información sobre respuesta a la aplicación de fertilizantes en maíz, la AER INTA Cañada de Gómez condujo ensayos en suelos argiudoles típicos desde la campaña 2000/01, y en suelos argiudoles acucos desde la campaña 2005/06, a fin de disponer de información para estos ambientes productivos.

## Metodología de trabajo

En argiudoles típicos se trabajó con la serie Correa y en acucos dentro de la serie Armstrong, en lotes que habían sido manejados en agricultura continua por un período prolongado de años. Se seleccionaron lotes con antecesor soja de primera.

Los tratamientos (Tabla 1) incluían dosis crecientes de nitrógeno (N) (60, 90, 120, 150 y 180 kg/ha) combinadas con fósforo (P) (tratamientos 5 a 9), con P y azufre (S) (tratamientos 10 a 14) y con S (tratamientos 15 a 19).

Las siembras se realizaron, según campañas, en los meses de septiembre u octubre, de acuerdo a la humedad disponible en el perfil del suelo. Se trabajó con densidades de siembra de 75000 plantas por hectárea. Los fertilizantes se incorporaron en el momento de la siembra. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones.

Antes de la siembra se extrajeron muestras de suelo a distintas profundidades (0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm). En las Tablas 2 y 3 se detallan los resultados obtenidos del análisis químico, en los dos ambientes evaluados.

Los valores obtenidos muestran bajos contenidos de nitratos a siembra en todos los sitios evaluados, así como también deficiencias de P muy marcadas en los suelos ondulados. Los valores de materia orgánica presentaron variaciones importantes relacionadas al manejo que habían recibido los lotes en su historia agrícola.

## Resultados y Discusión

En las Tablas 4 y 5 se detallan las precipitaciones registradas durante el ciclo de cultivo, en cada campaña analizada. Si bien, las lluvias totales registraron variaciones según campañas, los rendimientos medios obtenidos tuvieron mayor relación con las precipitaciones ocurridas cerca del momento de floración del cultivo, que con el total registrado. Determinaciones del contenido de agua del suelo realizadas en tratamientos fertilizados y sin fertilizar en 2006/07, demostraron que el cultivo no sufrió estrés hídrico en ningún momento del ciclo durante esa campaña.

## Resultados obtenidos en Argiudoles típicos

En la Figura 1 se detallan los rendimientos obtenidos en los ensayos en suelos argiudoles típicos, como promedio de las campañas 2000/01 a 2004/05. Los tratamientos que no incluyeron N (P20, P20+S17

y S17), no presentaron diferencias significativas con respecto al Testigo.

La respuesta a N fue lineal en el rango de dosis explorado, en los cinco años de ensayos. Los incrementos máximos de rendimientos fueron de 4722 y 4346 kg/ha por sobre el Testigo sin fertilizantes y, correspondieron a los tratamientos N150+ S17 y P20+N150+S17.

No se observaron respuestas a P en los sitios evaluados, a pesar de los bajos niveles de P extractable Bray-1 en el suelo. En la Figura 2, se comparan los rendimientos promedio para distintos niveles de N, con y sin la aplicación de P y S.

La fertilización con S incremento los rendimientos, promediando a través de campañas y dosis de N, en 673 kg/ha (Fig. 2). Esta respuesta se explicaría por la prolongada historia agrícola de los lotes, los bajos niveles de  $S-SO_4$ , y las caídas de materia orgánica respecto a los niveles originales. Las respuestas fueron variables según campañas. Como puede observarse en la Tabla 6, en las campañas 2000/01 y 2001/02 se observó muy buena interacción N-S. Por el contrario, en las campañas 2002/03 a 2004/05, no hubo interacción entre ambos nutrientes. Los lotes que manifestaron interacción con S no tenían antecedentes

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados en los ensayos de maíz 2000/01-2006/07.

|    | Tratamiento                              | Producto fertilizante                              |
|----|--|--|
| Nº | Dosis en kg nutriente/ha                 | Dosis en kg fertilizante/ha                        |
| 1  | Testigo absoluto                         | Sin fertilizante                                   |
| 2  | 17 kg S /ha                              | 92 kg/ha yeso granulado                            |
| 3  | 20 kg P /ha                              | 100 kg/ha SPT                                      |
| 4  | 20 kg P /ha + 17 kg S /ha                | 100 kg/ha SPT + 92 kg/ha yeso granulado            |
| 5  | 20 kg P /ha + 60 kg N /ha                | 100 kg/ha SPT + 130 kg/ha Urea                     |
| 6  | 20 kg P /ha + 90 kg N /ha                | 100 kg/ha SPT + 196 kg/ha Urea                     |
| 7  | 20 kg P /ha + 120 kg N /ha               | 100 kg/ha SPT + 261 kg/ha Urea                     |
| 8  | 20 kg P /ha + 150 kg N /ha               | 100 kg/ha SPT + 326 kg/ha Urea                     |
| 9  | 20 kg P /ha + 180 kg N /ha               | 100 kg/ha SPT + 391 kg/ha Urea                     |
| 10 | 20 kg P /ha + 60 kg N /ha + 17 kg S /ha  | 100 kg/ha SPT + 130 kg/ha Urea+92 kg/ha yeso gran. |
| 11 | 20 kg P /ha + 90 kg N /ha + 17 kg S /ha  | 100 kg/ha SPT + 196 kg/ha Urea+92 kg/ha yeso gran. |
| 12 | 20 kg P /ha + 120 kg N /ha + 17 kg S /ha | 100 kg/ha SPT + 261 kg/ha Urea+92 kg/ha yeso gran. |
| 13 | 20 kg P /ha + 150 kg N /ha + 17 kg S /ha | 100 kg/ha SPT + 326 kg/ha Urea+92 kg/ha yeso gran. |
| 14 | 20 kg P /ha + 180 kg N /ha + 17 kg S /ha | 100 kg/ha SPT + 391 kg/ha Urea+92 kg/ha yeso gran. |
| 15 | 60 kg N /ha + 17 kg S /ha                | 130 kg/ha Urea + 92 kg/ha yeso granulado           |
| 16 | 90 kg N /ha + 17 kg S /ha                | 196 kg/ha Urea + 92 kg/ha yeso granulado           |
| 17 | 120 kg N /ha + 17 kg S /ha               | 261 kg/ha Urea + 92 kg/ha yeso granulado           |
| 18 | 150 kg N /ha + 17 kg S /ha               | 326 kg/ha Urea + 92 kg/ha yeso granulado           |
| 19 | 180 kg N /ha + 17 kg S /ha               | 391 kg/ha Urea + 92 kg/ha yeso granulado           |
| 20 | 150 kg N /ha                             | 326 kg/ha Urea                                     |

**Tabla 2.** Análisis químico de suelo. Campañas 2000/01 a 2004/05. Ensayos Suelos ondulados. Argiudoles típicos, serie Correa.

| Campaña | Nitratos (ppm) |       |       | Fósforo (ppm) |       |       | Materia orgánica (%) |       |       | pH en agua 1:2.5 |       |       | S-SO <sub>4</sub> (ppm) |       |       |
|---------|----------------|-------|-------|---------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|         | 0-20           | 20-40 | 40-60 | 0-20          | 20-40 | 40-60 | 0-20                 | 20-40 | 40-60 | 0-20             | 20-40 | 40-60 | 0-20                    | 20-40 | 40-60 |
|         | cm             |       |       | cm            |       |       | cm                   |       |       | cm               |       |       | cm                      |       |       |
| 2000/01 | 41             | 12    | 9     | 14            | 7     | 11    | 2.6                  | 1.4   | -     | 6.2              | 6.6   | 6.7   | 10                      | 9     | 5     |
| 2001/02 | 53             | 27    | 17    | 8             | 5     | 6     | 2.1                  | 1.2   | 0.9   | 5.8              | 6.2   | 6.4   | 5                       | 0     | 0     |
| 2002/03 | 53             | 27    | 25    | 6             | 6     | 9     | 2.5                  | 1.1   | -     | 6.0              | 6.5   | 6.6   | 6                       | 4     | 4     |
| 2003/04 | 56             | 27    | 19    | 14            | 8     | 15    | 3.1                  | -     | -     | 6.1              | 6.5   | 6.7   | 3                       | 5     | 5     |
| 2004/05 | 47             | 33    | 19    | 6             | 6     | 9     | 2.7                  | -     | -     | 6.0              | 6.2   | 6.4   | 6                       | 3     | 3     |

**Tabla 3.** Análisis químico de suelo. Campañas 2005/06 y 2006/07. Ensayos Suelos planos. Argiudoles acucios, serie Armstrong.

| Campaña | Nitratos (ppm) |       |       | Fósforo (ppm) |       |       | Materia orgánica (%) |       |       | pH en agua 1:2.5 |       |       | S-SO <sub>4</sub> (ppm) |       |       |
|---------|----------------|-------|-------|---------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|         | 0-20           | 20-40 | 40-60 | 0-20          | 20-40 | 40-60 | 0-20                 | 20-40 | 40-60 | 0-20             | 20-40 | 40-60 | 0-20                    | 20-40 | 40-60 |
|         | cm             |       |       | cm            |       |       | cm                   |       |       | cm               |       |       | cm                      |       |       |
| 2005/06 | 43             | 23    | 12    | 17            | 11    | 10    | 2.4                  | -     | -     | 6.0              | 6.3   | 6.4   | 5                       | 4     | 1     |
| 2006/07 | 49             | 28    | 12    | 13            | 11    | 12    | 2.9                  | -     | -     | 6.0              | 6.3   | 6.5   | 1                       | -     | 1     |

de fertilización azufrada. Por el contrario, los lotes que no manifestaron interacción con S, tenían una historia previa de fertilización con este nutriente.

### Resultados obtenidos en Argiudoles acucos

En la Figura 3 se detallan los rendimientos obtenidos en suelos Argiudoles acucos, como promedio de las campañas 2005/06 y 2006/07. Se observa, coincidentemente con los ambientes ondulados, que los tratamientos que no incluyeron N, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al Testigo.

La respuesta a N fue de gran magnitud. En estos ambientes se obtuvieron rendimientos promedio más elevados, así como también respuestas de mayor magnitud para

los mismos aportes de nutrientes. Los incrementos máximos de rendimientos fueron de 4788 y 4649 kg/ha por sobre el Testigo sin fertilizantes y correspondieron a los tratamientos P20+N150 y P20+N180+S17 (Fig. 4). Al igual que en los suelos ondulados, no se observaron respuestas a P en los sitios evaluados (Fig. 4). En estos suelos planos, los niveles de P Bray fueron superiores a los de los suelos ondulados (Tabla 3). La fertilización con S no afectó los rendimientos a pesar de la prolongada historia agrícola de los lotes, los bajos niveles de  $S-SO_4$ , y las caídas de materia orgánica respecto a los niveles originales (Fig. 4). Posiblemente, estos lotes hayan tenido aplicaciones previas de fertilizantes azufrados que resultaron en efectos residuales no determinados en el análisis de  $S-SO_4$  a la siembra.

**Tabla 4.** Precipitaciones registradas en mm. Campañas 2000/01 a 2004/05. Suelos ondulados. Argiudoles típicos serie Correa.

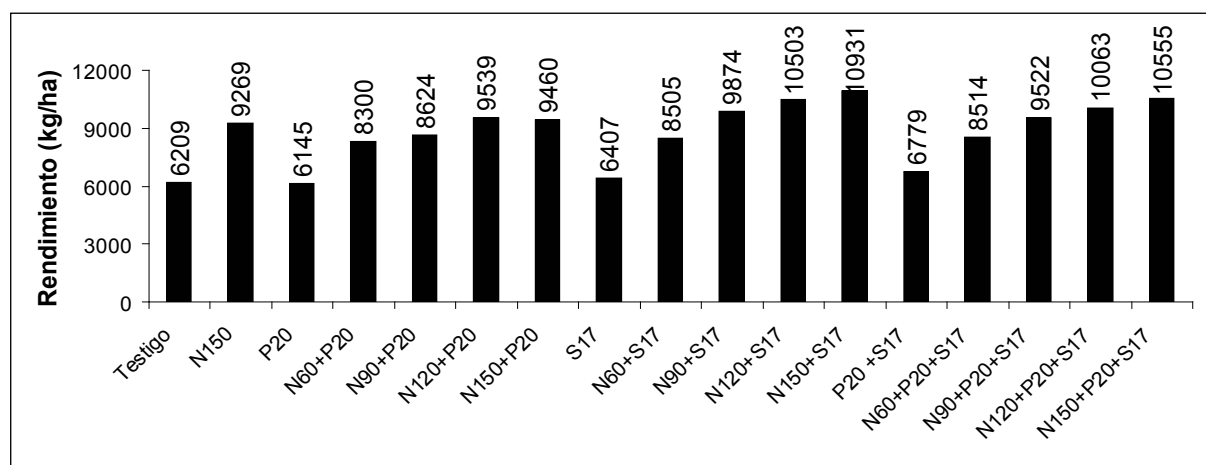
| Año     | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|---------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| 2000/01 | 80         | 160     | 332       | 67        | 140   | 57      |       | 836   |
| 2001/02 | 84         | 209     | 88        | 203       | 112   | 79      | 196   | 971   |
| 2002/03 | 45         | 242     | 143       | 218       | 76    | 128     |       | 852   |
| 2003/04 | 8          | 77      | 66        | 148       | 92    | 40      | 92    | 523   |
| 2004/05 | 7          | 71      | 72        | 193       | 205   | 69      | 223   | 840   |

**Tabla 5.** Precipitaciones registradas en mm. Campañas 2005/06 y 2006/07. Suelos planos. Argiudoles acucos serie Armstrong.

| Año     | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Total |
|---------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| 2005/06 | 57         | 58      | 79        | 102       | 110   | 170     | 147   | 723   |
| 2006/07 | 15         | 99      | 136       | 190       | 126   | 142     | 394   | 1102  |

**Tabla 6.** Eficiencia de uso del N aplicado según la dosis de S utilizada.

| Campaña | Sin S                     | Con S |
|---------|---------------------------|-------|
|         | ----- kg grano/kg N ----- |       |
| 2000/01 | 8.2                       | 22.2  |
| 2001/02 | 16.0                      | 30.6  |
| 2002/03 | 36.6                      | 36.4  |
| 2003/04 | 26.6                      | 27.6  |
| 2004/05 | 18.8                      | 18.6  |



**Figura 1.** Rendimientos promedio en los ensayos de las Campañas 2000/01 a 2004/05. Suelos ondulados. Argiudoles típicos, serie Correa.

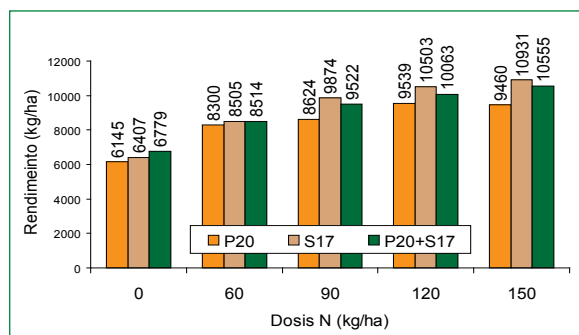
### Observaciones para ambos tipos de suelos

En la Figura 5 se observa el efecto diferencial del estrés hídrico a floración, según el nivel nutricional del cultivo. Las campañas en que el momento de floración coincidió con falta de lluvias y elevadas temperaturas, las parcelas con mejor nivel nutricional conservaron todas sus hojas verdes, a diferencia de las parcelas no fertilizadas que perdieron sus hojas basales anticipadamente. Entre los componentes de rendimiento, las diferencias estuvieron definidas por el número de granos/hilera y, en menor medida, por el peso de mil semillas. En la Figura 6 pueden observarse variaciones en largo de espigas de distintos tratamientos fertilizados con respecto al Testigo sin fertilizantes, en la campaña 2006/07.

### Conclusiones

#### Suelos ondulados (Argiudoles típicos)

- Los tratamientos que no incluyeron N, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al Testigo.

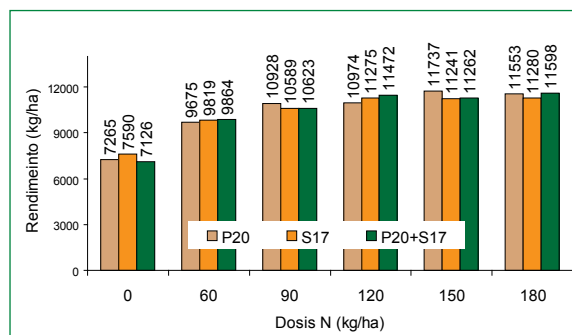


**Figura 2.** Rendimientos promedio, con y sin aplicación de P y S, para tratamientos con distintas dosis de N en los ensayos de las Campañas 2000/01 a 2004/05. Suelos ondulados. Argiudoles típicos, serie Correa.

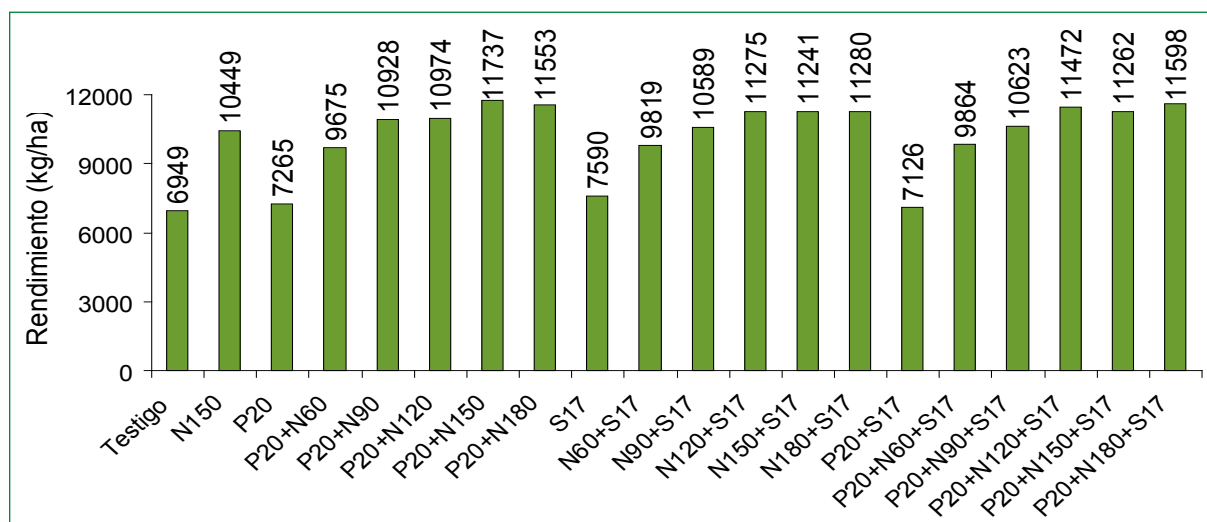
- La respuesta a N fue lineal en el rango de dosis explorado, en los cinco años de ensayos.
- No se observó respuesta a P en los sitios evaluados, a pesar de los bajos niveles de P Bray en el suelo.
- La fertilización con S presentó respuestas variables según campañas. En las campañas 2000/01 y 2001/02, se observó muy buena interacción N-S. Estos sitios no habían recibido aplicaciones de S con anterioridad. Por el contrario, en las campañas 2002/03 a 2004/05, en sitios que habían recibido S con anterioridad, no hubo interacción entre ambos nutrientes.

#### Suelos planos (Argiudoles acuícos)

- Coincidentemente con los ambientes ondulados, los tratamientos que no incluyeron N no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al Testigo.
- La respuesta a N fue de gran magnitud. Se obtuvieron rendimientos promedio más elevados que en los ambientes ondulados, así como también respuestas de mayor magnitud para los mismos aportes de nutrientes.
- No se observaron respuestas a P y/o a S.



**Figura 4.** Rendimientos promedio con y sin aplicación de P y S, para tratamientos con distintas dosis de N en los ensayos de las Campañas 2005/06 y 2006/07. Suelos planos. Argiudoles acuícos, serie Armstrong.



**Figura 3.** Rendimientos promedio en los ensayos de las campañas 2005/06 y 2006/07. Suelos planos. Argiudoles acuícos, serie Armstrong.

### En ambos tipos de suelos

- Ante situaciones de nutrición balanceada, se observó una mayor tolerancia del cultivo en períodos de deficiencia hídrica.
- El componente de rendimiento que mayor incremento registró fue el número de granos/hilera y, en menor medida, el peso de mil semillas.

**Agradecimientos:** los autores desean agradecer especialmente al Sr. Enrique Marconatto de Cañada

de Gómez por el tiempo y esfuerzo dedicado a la realización de estos trabajos. También desean expresar su reconocimiento a los siguientes productores: David Marconatto, Fabián Marconatto, Mariano Mach, José Carlini, Diego Ferreira, Daniel y Sergio Pochettino, Gerardo y Adhemar Beltramone y sus familias. Por último las siguientes empresas colaboraron en la provisión de los insumos necesarios: Agroquímicos del Sur S.R.L., PETROBRAS S.A., Monsanto Argentina, ASP Casilda, y Cooperativa Agropecuaria de Armstrong. <

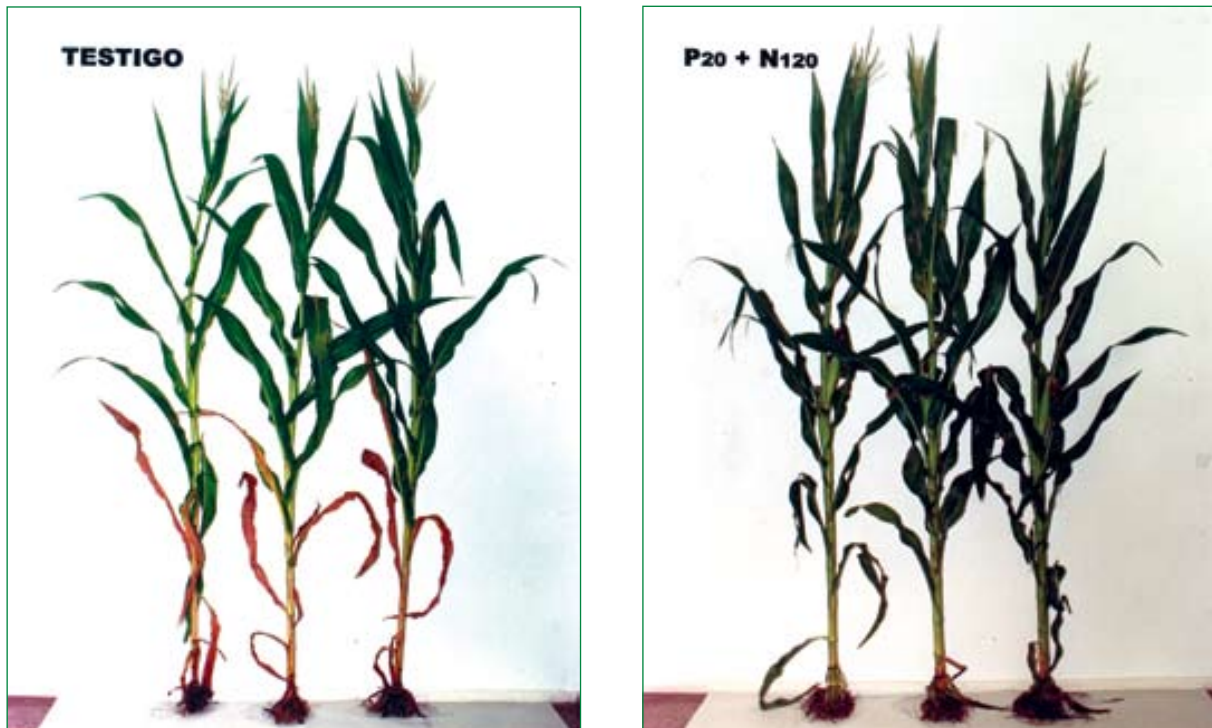


Figura 5. Estrés hídrico en floración. Campaña 2004/05.

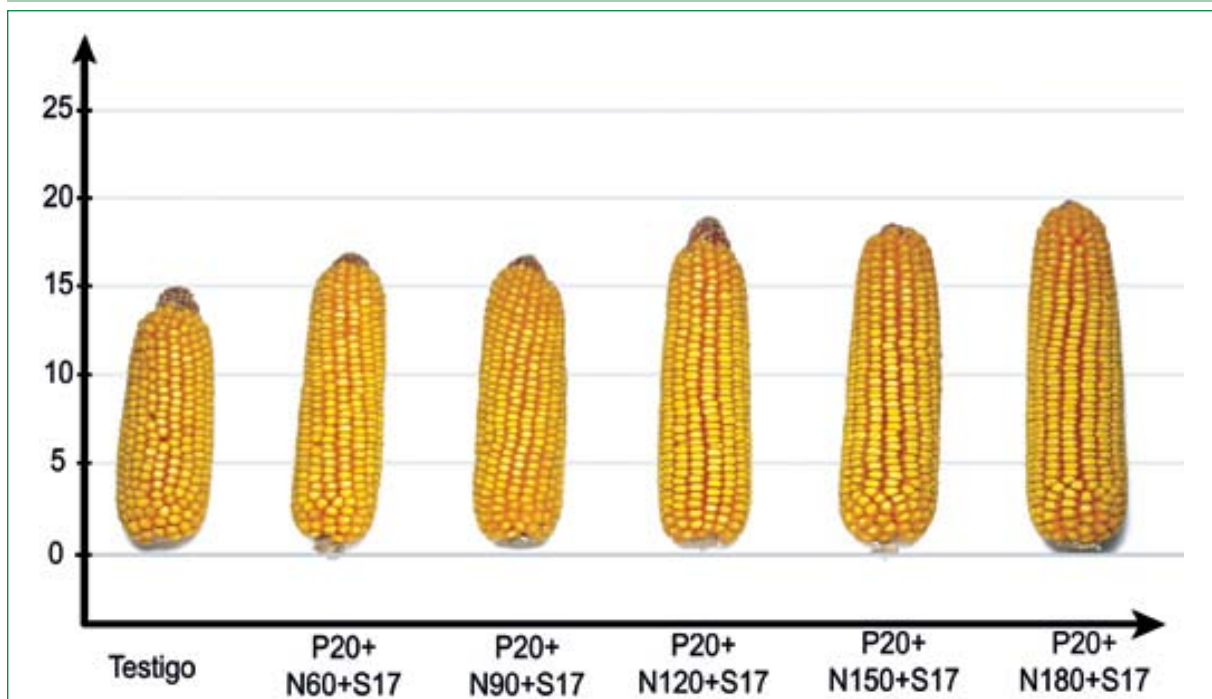


Figura 6. Diferencias en largo de espigas según nivel nutricional. Campaña 2006/07.

# FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y AZUFRADA DE ALFALFA A LA SIEMBRA Y AL AÑO DE IMPLANTACIÓN EN EL CENTRO-ESTE DE SANTA FE

Hugo Fontanetto<sup>1</sup> y Agustín Bianchini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Rafaela y <sup>2</sup>AAPRESID

hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

## Introducción

La producción de materia seca (MS) de alfalfa en los suelos de la zona centro-oriental de Santa Fe, está condicionada principalmente por los bajos niveles de fósforo (P) extractable, de calcio (Ca) y de azufre (S) (Vivas y Quaino, 2000; Fontanetto, 2004).

Cuando no se realiza una fertilización de “arranque” o al momento de la siembra, otra posibilidad 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) en la zona sudeste de Buenos Aires aplicando fertilizaciones anuales en pasturas instaladas, fueron muy alentadores.

La corrección de una condición nutricional deficitaria de P, S y Ca en el suelo es un factor determinante en una estrategia de alta producción de MS de alfalfa. Por ello, el objetivo de la presente experiencia fue evaluar el efecto de la fertilización con P y S sobre la producción de MS de a) una pastura de alfalfa pura a la siembra, y b) una pastura implantada el año anterior, en suelos de baja fertilidad.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Pilar

(Santa Fe), departamento Las Colonias, sobre un suelo de la serie Esperanza. El análisis químico de la capa superficial (0-20 cm) arrojó un valor de P extractable de 19 ppm, 2,4% de materia orgánica y 5,9 de pH. Un aspecto muy importante lo constituye la baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 15,1 meq/100 g suelo que, a su vez, contiene solo 8,2 y 1,1 meq/100 g suelo de Ca y Mg, respectivamente. Como parámetro de referencia, los valores correspondientes a un suelo de la zona centro-oeste de Santa Fe (serie Rafaela) con altas producciones de MS de alfalfa, arrojan valores de CIC de 18,2 meq/100 g suelo y niveles de Ca y Mg es de 10,1 y 1,7 meq/100 g suelo, respectivamente, y un valor de pH de 6,1 (INTA, 1991).

Las aplicaciones de P y S se realizaron sobre dos pasturas, sobre las que se aplicó una sola dosis de Ca como correctiva (Ca500: 1500 kg/ha de un material calcítico) a principios de marzo de 2005, de la siguiente manera (Tabla 1):

- Fertilización a la siembra: al momento de la siembra en líneas al costado y por debajo de la semilla, aplicando superfosfato triple de calcio (SFT con 20 % de P) y sulfato de amonio (SA, con 24 % de S), respectivamente. La variedad de alfalfa utilizada fue WL 903 sembrada el 11/04/2005 a razón de 11 kg/ha.
- Fertilización al voleo de pastura implantada: en una pastura sembrada el 18/11/2004, se aplicaron el P y el S al voleo con fertilizadora neumática a fines de marzo de 2005.

**Tabla 1.** Tratamientos de fertilización, producto y dosis evaluados.

| Nº de tratamiento | Tratamientos | Producto y dosis (kg/ha)           |
|-------------------|--------------|------------------------------------|
| 1                 | Testigo      | 1500 kg/ha de Calcita aperdigonada |
| 2                 | P40-S0       | Idem 1 + 200 kg/ha de SFT          |
| 3                 | P0-S24       | Idem 1 + 100 kg/ha de SA           |
| 4                 | P40-S24      | Idem 1 + 2 + 3                     |
| 5                 | P80-S0       | Idem 1 + 400 kg/ha de SFT          |
| 6                 | P0-S48       | Idem 1 + 200 kg/ha de S A          |
| 7                 | P80-S48      | Idem 4 + 5 + 6                     |

Los tratamientos de fertilización se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental fue de 2 m de ancho por 10 m de largo. Los cortes de MS se efectuaron en el estado de 10% de floración o cuando los rebrotes basales tenían 5 cm de longitud, sobre una superficie de 10 m<sup>2</sup>/unidad experimental. La producción de MS fue analizada mediante el análisis de la variancia y las diferencias entre medias de cada factor mediante prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ) (SAS, 1989).

En este artículo se presentan los resultados que corresponden a 16 cortes para ambos ensayos de fertilización a la siembra y al voleo.

## Resultados

La producción de MS de la alfalfa con la fertilización a la siembra se detalla en la Figura 1 y en la Tabla 2. Para todos los cortes la fertilización con S y con P tuvo diferencias altamente significativas respecto al Testigo

que contenía solamente Ca ( $P > 0,0001$ ). A partir del 5°. Corte, la significancia al agregado de las dosis menores de P y de S (P40 y S24) fue disminuyendo y a partir del 7° corte desapareció, demostrando que las dosis eran muy bajas para abastecer las altas necesidades de esos nutrientes de la alfalfa (Tabla 2). Solamente las dosis de P80 y S48 y su combinación, siguieron diferenciándose del tratamiento Testigo (Tabla 2 y Fig. 1).

La producción de MS de la alfalfa con la fertilización al voleo en la pastura de 1 año aparece en la Figura 2 y en la Tabla 3. Al igual que con la fertilización a la siembra, las aplicaciones de P y S generaron respuestas significativas en la producción de MS. Estas respuestas se diluyeron para los tratamientos de dosis menores de ambos nutrientes, luego del 9° o 10° corte.

La producción total de MS en ambos ensayos, se presenta en la Tabla 4. Los aumentos de la producción de MS por efecto de la fertilización P y/o S, respecto al tratamiento Testigo, fueron de 1161

**Tabla 2.** Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada a la siembra. Pilar (Santa Fe).

| Tratamientos | Año 2005                              |         |         |        | Año 2006 |         |         |        |
|--------------|---------------------------------------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|--------|
|              | 27-Ago                                | 02-Oct  | 15-Nov  | 18-Dic | 14-Ene   | 10-Feb  | 14-Mar  | 19-Abr |
|              | ----- Cortes efectuados (kg/ha) ----- |         |         |        |          |         |         |        |
|              | 1°                                    | 2°      | 3°      | 4°     | 5°       | 6°      | 7°      | 8°     |
| Testigo      | 994 a                                 | 1087 a  | 1146 a  | 1145 a | 1073 a   | 1053 a  | 803 a   | 644 a  |
| P40-S0       | 1197 bc                               | 1306 bc | 1336 b  | 1510 b | 1422 b   | 1336 ab | 972 a   | 829 ab |
| P0-S24       | 1089 b                                | 1177 b  | 1212 ab | 1398 b | 1320 ab  | 1228 ab | 901 a   | 711 ab |
| P40-S24      | 1288 bc                               | 1414 c  | 1656 c  | 1885 c | 1668 c   | 1662 b  | 1142 b  | 986 c  |
| P80-S0       | 1309 c                                | 1351 c  | 1373 b  | 1568 b | 1463 b   | 1381 b  | 1029 ab | 952 c  |
| P0-S48       | 1106 b                                | 1209 b  | 1266 b  | 1476 b | 1377 b   | 1295 ab | 933 a   | 802 ab |
| P80-S48      | 1333 c                                | 1558 c  | 1702 c  | 2009 d | 1743 c   | 1842 b  | 1286 b  | 1018 c |

| Tratamientos (cont.) | Año 2006                              |        |        |        |        | Año 2007 |         |          |
|----------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|----------|
|                      | 27-May                                | 30-Jun | 12-Ago | 26-Oct | 06-Dic | 14-Ene   | 10-Feb  | 07-Mar   |
|                      | ----- Cortes efectuados (kg/ha) ----- |        |        |        |        |          |         |          |
|                      | 9°                                    | 10°    | 11°    | 12°    | 13°    | 14°      | 15°     | 16°      |
| Testigo              | 502 a                                 | 455 a  | 565 a  | 706 a  | 968 a  | 986 a    | 854 a   | 866 a    |
| P40-S0               | 692 ab                                | 555 ab | 625 ab | 772 a  | 955 a  | 974 a    | 862 a   | 856 a    |
| P0-S24               | 555 ab                                | 490 a  | 598 ab | 718 a  | 942 a  | 983 a    | 845 a   | 842 a    |
| P40-S24              | 744 b                                 | 581 ab | 663 ab | 720 a  | 930 a  | 1021 ab  | 881 a   | 887 a    |
| P80-S0               | 859 bc                                | 721 b  | 896 cd | 1011 b | 1321 b | 1196 b   | 1185 bc | 1127 b   |
| P0-S48               | 711 b                                 | 662 b  | 755 bc | 963 b  | 1208 b | 1083 a   | 1035 ab | 1014 abb |
| P80-S48              | 998 c                                 | 888 b  | 976 d  | 1222 c | 1622 c | 1395 d   | 1332 c  | 1225 b   |

Medias de tratamientos seguidas por la misma letra en forma vertical, difieren entre sí (Duncan  $P < 0,05$ ).

a 9873 kg/ha (8,4% a 69,9%). Si esos incrementos se transforman en litros de leche extras producidos por vacas lecheras, teniendo en cuenta que para producir 1 litro de leche se necesita 1 kg de MS de alfalfa y asignándole un precio de \$ 0,55/litro de

leche, se pueden estimar los beneficios obtenidos por la fertilización PS (Tabla 5).

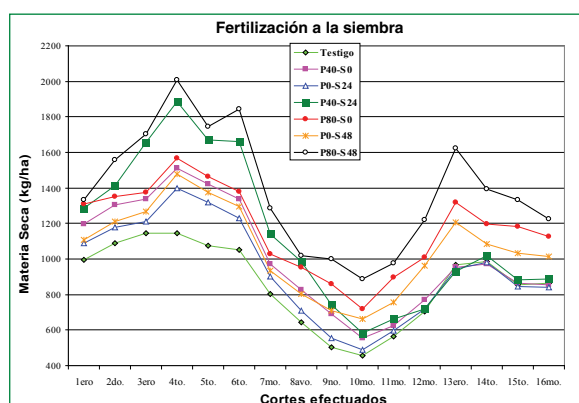
Desde un análisis estrictamente económico, los tratamientos de mayor margen bruto fueron el N° 7 (P80-S48), luego el N° 5 (P80-S0), el N° 4 (P40-

**Tabla 3.** Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada al voleo. Pilar (Santa Fe).

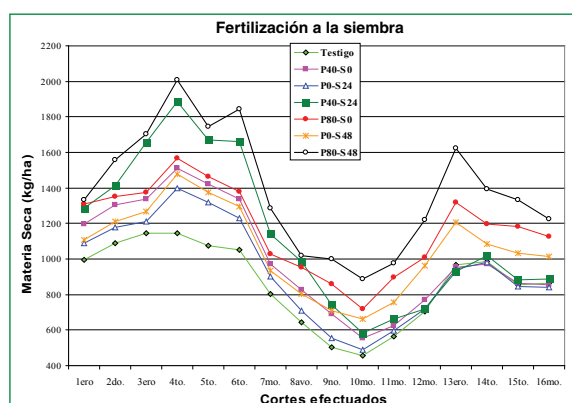
| Tratamiento | Año 2005                              |        |        |         | Año 2006 |        |        |        |
|-------------|---------------------------------------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|
|             | 27-Ago                                | 02-Oct | 15-Nov | 18-Dic  | 14-Ene   | 10-Feb | 14-Mar | 19-Abr |
|             | ----- Cortes efectuados (kg/ha) ----- |        |        |         |          |        |        |        |
|             | 1°                                    | 2°     | 3°     | 4°      | 5°       | 6°     | 7°     | 8°     |
| Testigo     | 1024 a                                | 1211 a | 1365 a | 1196 a  | 1112 a   | 1021 a | 770 a  | 622 a  |
| P40-S0      | 1198 ab                               | 1495 b | 1608 b | 1795 b  | 1766 bc  | 1633 b | 1118 b | 1033 b |
| P0-S24      | 1128 ab                               | 1422 b | 1544 b | 1666 b  | 1622 b   | 1503 b | 1011 b | 911 b  |
| P40-S24     | 1477 c                                | 1641 c | 1966 c | 2004 c  | 1867 c   | 1896 c | 1112 b | 812 b  |
| P80-S0      | 1263 b                                | 1511 c | 1611 b | 1855 bc | 1844 c   | 1799 c | 1276 b | 1233 c |
| P0-S48      | 1201 b                                | 1487 b | 1593 b | 1694 b  | 1712 bc  | 1622 b | 1102 b | 1031 b |
| P80-S48     | 1499 c                                | 1668 c | 1963 c | 2033 c  | 1987 c   | 2023 d | 1254 b | 1322 c |

| Tratamiento (cont.) | Año 2006                              |        |        |        | Año 2007 |        |         |         |
|---------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|---------|
|                     | 27-May                                | 30-Jun | 12-Ago | 26-Oct | 06-Dic   | 14-Ene | 10-Feb  | 07-Mar  |
|                     | ----- Cortes efectuados (kg/ha) ----- |        |        |        |          |        |         |         |
|                     | 9°                                    | 10°    | 11°    | 12°    | 13°      | 14°    | 15°     | 16°     |
| Testigo             | 564 a                                 | 410 a  | 545 a  | 760 a  | 922 a    | 875 a  | 854 a   | 866 a   |
| P40-S0              | 798 b                                 | 460 a  | 560 a  | 742 a  | 902 a    | 842 a  | 862 a   | 870 a   |
| P0-S24              | 712 ab                                | 435 a  | 540 a  | 722 a  | 898 a    | 820 a  | 830 a   | 842 a   |
| P40-S24             | 798 b                                 | 505 a  | 575 a  | 775    | 868 a    | 812 a  | 860 a   | 887 a   |
| P80-S0              | 1155 c                                | 895 b  | 841 b  | 1086 b | 1283 b   | 1014 b | 1117 b  | 1013 ab |
| P0-S48              | 1043 c                                | 779 b  | 698 b  | 947 b  | 1077 a   | 935 ab | 1014 ab | 933 a   |
| P80-S48             | 1396 d                                | 1097 c | 1122 c | 1185 c | 1622 c   | 1312 c | 1306 c  | 1201 b  |

Medias de tratamientos seguidas por la misma letra en forma vertical, difieren entre sí (Duncan  $P < 0,05$ ).



**Figura 1.** Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada a la siembra. Pilar (Santa Fe).



**Figura 2.** Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada al voleo. Pilar (Santa Fe).

S24), el N° 6 (P0-S48), el N° 2 (P40-S0) y el N° 3 (P0-S24). Los tratamientos completos (N° 4 y N° 7) produjeron altos MB y serían los más recomendados desde lo productivo y lo sustentable.

### Consideraciones finales

- La fertilización a la siembra y la fertilización al voleo de la pastura implantada produjeron incrementos importantes en la producción de MS de alfalfa.
- La fertilización al voleo manifestó ser una práctica que permite recuperar deficiencias nutricionales en alfalfares en producción y que son sub-fertilizados (bajas dosis) a la siembra.
- Es necesario seguir investigando la residualidad de estos tratamientos de fertilización en alfalfas fertilizadas luego de ser implantadas.

### Referencias bibliográficas

- Berardo A.** 1998. Fertilización de pasturas. En. Invernada: Planteos de Alta Producción. 5to Seminario de Actualización Técnica. Buenos Aires. 3 y 4 de agosto. 220 p.
- Fontanetto H., O. Keller y H. Vivas.** 2004. Buscando la fertilización balanceada de pasturas en el área central de Santa Fe. Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. AAPRESID. 1º Simposio Nacional "Hacia una Ganadería Competitiva". pág. 48-59.
- INTA.** 1991. Carta de Suelos de la República Argentina. Hojas 3160-26 y 25. Esperanza-Pilar. INTA EEA Rafaela. 135 p.
- SAS Institute Inc.** 1989. SAS/STAT 'Users Guide, Version 6, 4th Edition, Volume 1, Cary, NC: SAS Institute Inc. 943 p.
- Vivas H.S. y O. Quaino.** 2000. Fósforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe. 1998/99. Actas del XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Abril del 2000. ◀

**Tabla 4.** Producción total de MS (27/08/2005 al 07/03/2007) de alfalfa fertilizada a la siembra incorporada y al voleo. Pilar (Santa Fe), campaña 2006/07.

| Tratamientos | Fertilización incorporada a la siembra |  |                                    | Fertilización al Voleo (pastura de 1 año) |  |                                    |
|--------------|--|--|------------------------------------|---|--|------------------------------------|
|              | Sumatoria de 16 cortes                 | Incremento respecto al Testigo (kg/ha) | Incremento respecto al Testigo (%) | Sumatoria de 16 cortes                    | Incremento respecto al Testigo (kg/ha) | Incremento respecto al Testigo (%) |
| Testigo      | 13848                                  | -                                      | -                                  | 14117                                     | -                                      | -                                  |
| P40-S0       | 16199                                  | 2352                                   | 17,0                               | 17682                                     | 3565                                   | 25,3                               |
| P0-S24       | 15009                                  | 1161                                   | 8,4                                | 16606                                     | 2489                                   | 17,6                               |
| P40-S24      | 18128                                  | 4280                                   | 30,9                               | 18855                                     | 4738                                   | 33,6                               |
| P80-S0       | 18742                                  | 4894                                   | 35,3                               | 20796                                     | 6679                                   | 47,3                               |
| P0-S48       | 16895                                  | 3047                                   | 22,0                               | 18868                                     | 4751                                   | 33,7                               |
| P80-S48      | 22149                                  | 8301                                   | 59,9                               | 23990                                     | 9873                                   | 69,9                               |

**Tabla 5.** Materia seca producida con los tratamientos de fertilización, costo de los fertilizantes, litros de leche adicionales producidos respecto al testigo y margen bruto. Promedio de los dos ensayos. Campañas 2005 al 2007.

| Nutrientes           | M. S. producida (kg/ha) | Costo del Tratamiento (\$/ha) | Incremento de MS respecto al Testigo (kg/ha) | Litros de leche excedentes sobre Testigo (L/ha) | Ingreso adicional (\$/ha) | Margen Bruto adicional (MB) (\$/ha) |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|--|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 1- Testigo (Calcita) | 13982                   | -                             | -  | -   | -                         | -                                   |
| 2- P40-S0            | 16941                   | 341                           | 2958   | 2958  | 1627                      | 1286                                |
| 3- P0-S24            | 15807                   | 109                           | 1825   | 1825  | 1004                      | 895                                 |
| 4- P40-S24           | 18491                   | 450                           | 4509   | 4509  | 2480                      | 2030                                |
| 5- P80-S0            | 19769                   | 682                           | 5787   | 5787  | 3183                      | 2501                                |
| 6- P0-S48            | 17882                   | 218                           | 3899   | 3899  | 2145                      | 1927                                |
| 7- P80-S48           | 23069                   | 900                           | 9087   | 9087  | 4998                      | 4098                                |

## PUBLICACIONES DE IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal



| Título de la Publicación<br>(Vea el catálogo completo de publicaciones de IPNI en <a href="http://www.ipni.net/lasc">www.ipni.net/lasc</a> )   | Costo<br>U\$S | Costo<br>\$ argentinos |
|--|---------------|------------------------|
| <b>REIMPRESIÓN Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.</b> Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de fertilización para numerosos cultivos. | 20            | 60                     |
| <b>Simposio Fertilidad 2007.</b> Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.   | 14            | 40                     |
| <b>La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005.</b> Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).                 | 3.5           | 10                     |
| <b>Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides.</b> Publicación de INIA La Platina (Chile) que discute los principales aspectos del manejo de potasio en frutales y vides, con énfasis en la situación del centro de Chile.   | 20            | 60                     |
| <b>Fertilización de forrajes en la región pampeana.</b> Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos en la región pampeana argentina. (Nueva edición en CD).   | 4             | 12                     |
| <b>Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente.</b> Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.   | 10            | 30                     |
| <b>Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja.</b> Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.  | 5             | 15                     |
| <b>Como se desarrolla una planta de soja.</b> Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.  | 5             | 15                     |
| <b>Como se desarrolla una planta de maíz.</b> Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.  | 5             | 15                     |
| <b>Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable.</b> Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.  | 8             | 25                     |
| <b>Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina.</b> Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)  | 5             | 15                     |
| <b>Fertilidad 2002.</b> Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.  | 2.5           | 7.5                    |
| <b>Fertilidad 2001.</b> Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.   | 2.5           | 7.5                    |
| <b>Fertilidad 2000.</b> Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.   | 2.5           | 7.5                    |
| <b>Manual de Fertilidad de Suelos.</b> Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.   | 15            | 45                     |
| <b>Estadística en la investigación del uso de fertilizantes.</b> Recopilación de conferencias presentadas en cursos de la especialidad por el Dr. Larry Nelson, publicada por la oficina de INPOFOS del Norte de Latinoamérica.  | 6             | 18                     |
| <b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> Cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo.  | 5             | 15                     |
| <b>Nutrición de la Caña de Azúcar.</b> Guía completa para la identificación y corrección de desordenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar.   | 8             | 24                     |
| <b>Balance para el éxito.</b> Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón.  | 0.50 c/u      | 1.5 c/u                |

## PUBLICACIONES DE RECIENTE APARICIÓN

Esta sección presenta información sobre publicaciones regionales de reciente aparición.



**Fertilización de cultivos de granos y pasturas  
Diagnostico y recomendación en la Región Pampeana**  
**Coordinador:** Roberto Alvarez. 2007. 2ª. Edición.  
**Información:** Editorial Facultad de Agronomía - UBA  
 Av. San Martín 4453 – (1417) Buenos Aires  
 efa@agro.uba.ar – www.agro.uba.ar

**Tecnología de la fertilización de cultivos extensivos  
en la Región Pampeana**  
**Editor:** Pablo Prystupa. 2007.  
**Información:** Editorial Facultad de Agronomía - UBA  
 Av. San Martín 4453 – (1417) Buenos Aires  
 efa@agro.uba.ar – www.agro.uba.ar

Veá el catálogo completo de publicaciones de IPNI en [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)

#### Formas de pago de publicaciones

##### Argentina

➤ Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union.

Los datos para realizar su envío son los siguientes:

DESTINATARIO: Sra. Laura Nélica Pisauri - DNI: 17.278.707

DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina

AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

➤ Depósito Bancario en Citibank, Cta. Cte. Nº 0-516483-016 Sucursal Olivos a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

➤ Transferencia Bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Citibank, Suc. Olivos, Cuenta Corriente 0-516483-016, CBU 0167777-1 0000516483016-0 CUIT 30-70175611-4

Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (No. de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

##### Otros Países

➤ Envío de dinero a través de Western Union, ver instrucciones para el envío más arriba.

➤ Cheque certificado en dólares estadounidenses a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE.

➤ Tarjeta de crédito internacional (Mastercard, Visa, American Express).

##### Para adquirir las publicaciones de IPNI Cono Sur:

1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) \$ 5.-; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) \$ 15.00; y entre 500 - 1000 g \$ 25.00.

2. Deberá enviarnos el comprobante de pago a nuestra oficina de IPNI Cono Sur por Fax: 011-4798-9939 o por mail a [Lpisauri@ipni.net](mailto:Lpisauri@ipni.net).

3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: [Lpisauri@ipni.net](mailto:Lpisauri@ipni.net) o llamar al (54 - 011) 4798 9939

## CONGRESOS, CURSOS Y SIMPOSIOS

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

1

### Conferencia Fertilizantes Latinoamérica 2008

**Lugar y fecha:** Hotel Hyatt Regency Coral Gables, Miami, Florida, EE.UU. 20-22 Enero 2008.

**Información:** British Sulphur Events <http://www.britis-hsulphurevents.com/> [conferences@crugroup.com](mailto:conferences@crugroup.com)

### Conferencia Internacional de Agricultura de Precisión

**Lugar y fecha:** Denver (Colorado, EE.UU.). 20-23 Julio 2008.

**Información:** [www.icpaonline.org](http://www.icpaonline.org)

### XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

**Lugar y fecha:** Potrero de los Funes, San Luis (Argentina). 13-16 Mayo 2008.

**Información:** [www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008/](http://www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008/)  
- [www.suelos.org.ar](http://www.suelos.org.ar)

### V Simposio Internacional Interacciones de Minerales de Suelo con Componentes Orgánicos y Microorganismos

**Lugar y fecha:** Pucón, Chile. 26-30 Noviembre 2008.

**Información:** [www.ismom2008ufro.cl](http://www.ismom2008ufro.cl), [mariluz@ufro.cl](mailto:mariluz@ufro.cl)

## Suscripción



Si Ud. desea recibir Informaciones Agronómicas del Cono Sur, por favor complete el cupón y envíelo por correo, fax o correo electrónico a:

IPNI Cono Sur, Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Argentina

Tel./Fax: (54) 011-4798-9939 Correo Electrónico: [Lpisauri@ipni.net](mailto:Lpisauri@ipni.net)

Nombre y Apellido: .....

Institución o Empresa: .....

Principal Actividad: .....

Calle: ..... Nro.: ..... C.Postal: .....

Localidad: ..... Provincia: .....

E-mail: ..... Teléfono: .....

¡MUCHAS GRACIAS!

# XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo



del 13 al 16 de Mayo de 2008

en

Potrero de los Funes, San Luis

Mas información en

[www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008](http://www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008)

[www.suelos.org.ar](http://www.suelos.org.ar)

## Actividades

- Sesiones orales de trabajos
- Presentación de posters
- Cursos de corta duración
- Conferencias plenarias
- Visitas técnicas
- Gira edafológica
- Mesas redondas con participación de destacados investigadores de reconocimiento nacional, productores locales y representantes del gobierno provincial

## Áreas temáticas:

1. Física, Química y Fisicoquímica de Suelos; 2. Biología de Suelos; 3. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal; 4. Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. Riego y Drenaje; 5. Génesis, Clasificación, Cartografía y Mineralogía de Suelos; 6. Contaminación del Suelo y Calidad del Medio Ambiente; 7. Enseñanza de la Ciencia del Suelo.

## Conferencistas invitados:

- Dr. Merle Vigil, Director USDA-ARS, Akron, Colorado (EEUU). Manejo y fertilidad de suelos en zonas semiáridas.
- Dr. Ted Zobeck, Director USDA-ARS, Big Spring, Texas (EEUU). Erosión Eólica.
- Dr. Luis Recatalá Boix, Profesor, Universidad de Valencia (España).
- Dr. Antonio Cendrero Uceda, Profesor, Universidad de Cantabria (España).
- Dr. Mario Cantú. Docente e investigador Facultad Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.
- Dr. Héctor Francisco del Valle. Profesor UNSJB, CENPAT-CONICET. Argentina.

Presentación de trabajos hasta el 15 de Febrero de 2008



**AACCS**  
ASOCIACION ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO