

# **Efectos de la aplicación de fertilizantes sobre el pH de suelos serie Oncativo**

**Autor: Andrés María Baldoncini**

**Tutor: Ariel Rampoldi**

AREA DE CONSOLIDACION

SISTEMAS AGRICOLAS DE PRODUCCION EXTENSIVOS

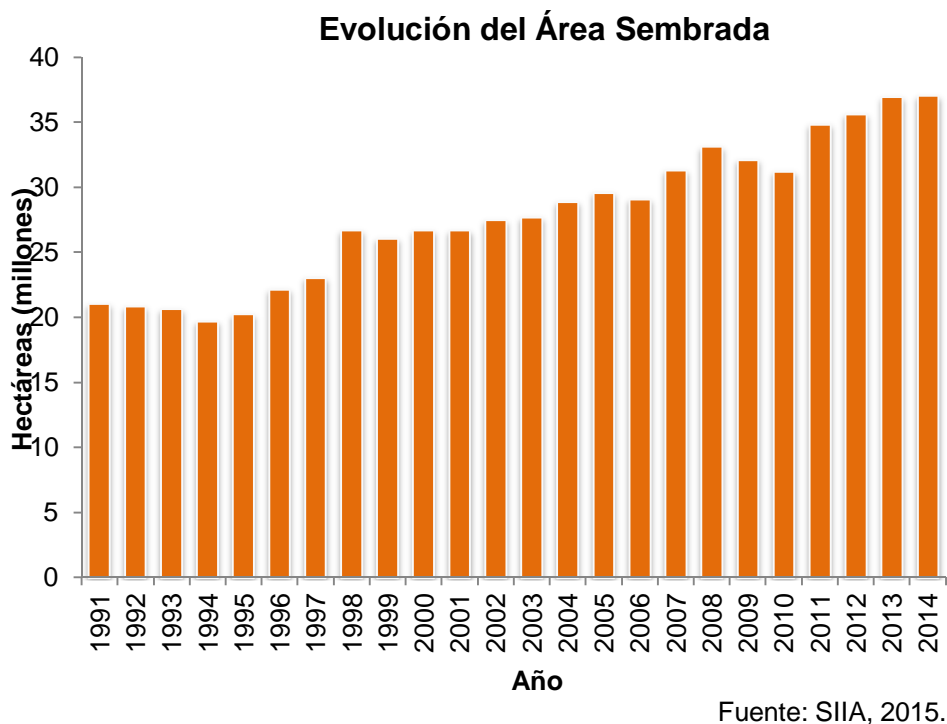
2015

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

## Introducción

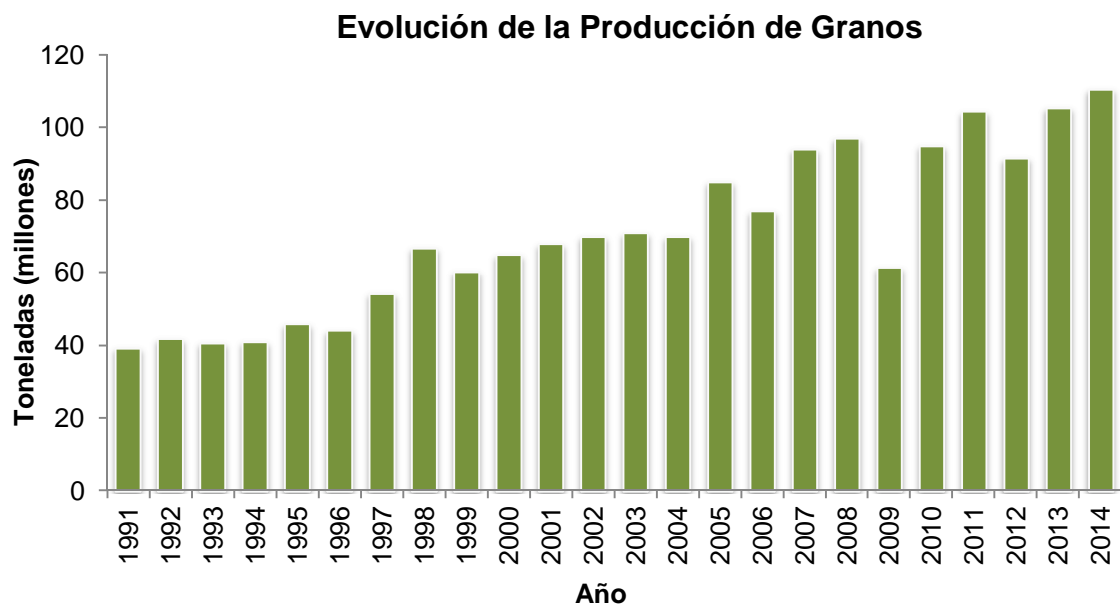
En Argentina la expansión de la superficie agrícola destinada a la producción de los principales cultivos extensivos como la soja, maíz, girasol, sorgo, trigo cebada, y maní se incrementó considerablemente durante los últimos 14 años (Figura 1). La incorporación de técnicas de laboreo conservacionista como la siembra directa que permitió la incorporación de tierras consideradas marginales a la producción de cultivos, el desarrollo de híbridos y variedades con mayor potencial de rendimiento, la aparición de cultivos genéticamente modificados tolerantes a agroquímicos, el contexto mundial con precios crecientes de los productos primarios, fueron algunos de los factores que contribuyeron a la expansión de la superficie agrícola en el país.



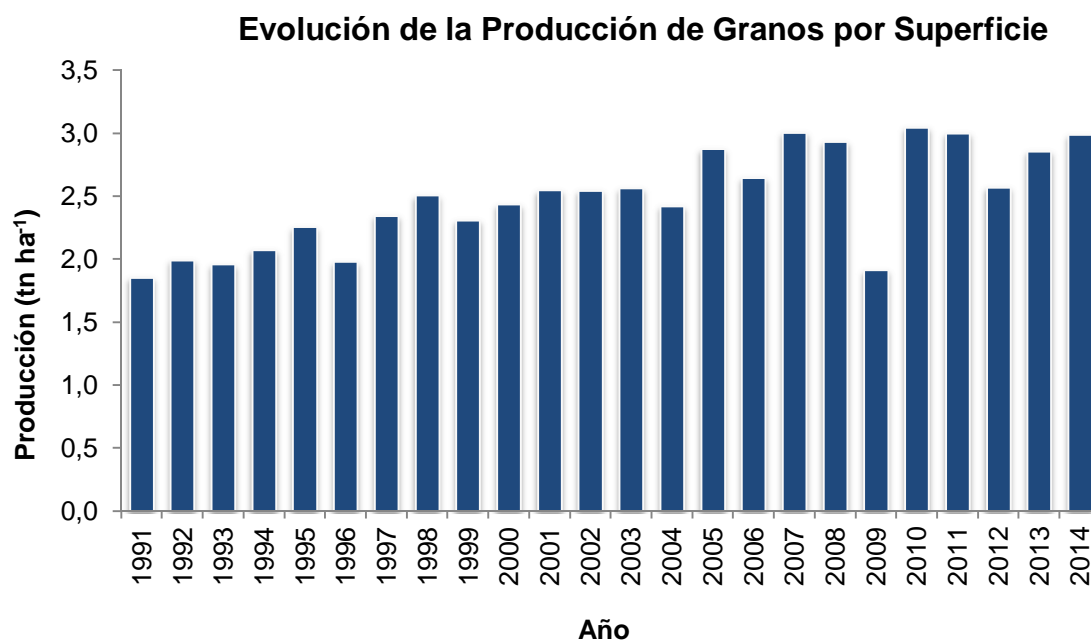
**Figura 1:** Evolución de la superficie sembrada con los principales cultivos de cereales y oleaginosas en la Argentina.

En la actualidad existen en Argentina 30 millones de hectáreas destinada a la producción de los principales cultivos de cereales y oleaginosas, con una

producción total de 100 millones de toneladas (Figura 2), donde la producción de soja representa el 52%, maíz el 31%, trigo el 8%, cebada cervecera el 4,7%, sorgo el 2,6% y el girasol el 1,7%. El incremento observado en la producción no solamente se debió a la incorporación de tierras a la producción de cultivos sino también al incremento de la productividad por unidad de superficie como se observa en la Figura 3. Al comienzo de la década del 90 la producción por hectárea, considerando la productividad media del cultivo de soja, maíz, trigo, sorgo y girasol, ascendía en promedio a 1,8 tn ha<sup>-1</sup> mientras que en la campaña pasada la productividad estuvo alrededor de 2,9 tn ha<sup>-1</sup>.

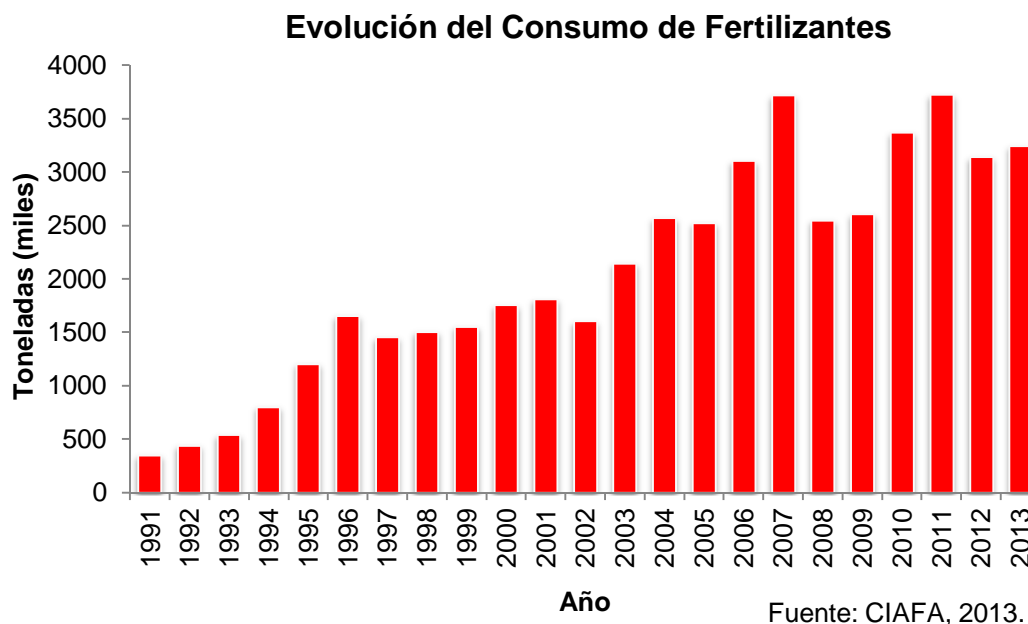


**Figura 2:** Evolución de la producción de granos en Argentina.



**Figura 3:** Evolución de la productividad de cereales y oleaginosas por hectárea en Argentina.

La producción agrícola se ha realizado históricamente en Argentina y en la región pampeana y extrapampeana, en particular, aprovechando la fertilidad natural de los suelos. La intensificación en las prácticas agrícolas en los últimos años han producido un empobrecimiento progresivo de la fertilidad de los suelos (Alvarez and Steinbach, 2009). Si bien el consumo de fertilizantes ha ido en progresivo aumento (Figura 4), no ha sido suficiente para revertir el balance negativo de nutrientes. Según CIAFA (2013), el déficit de nutrientes asciende a 3,2 millones de toneladas entre N, P, K y S.

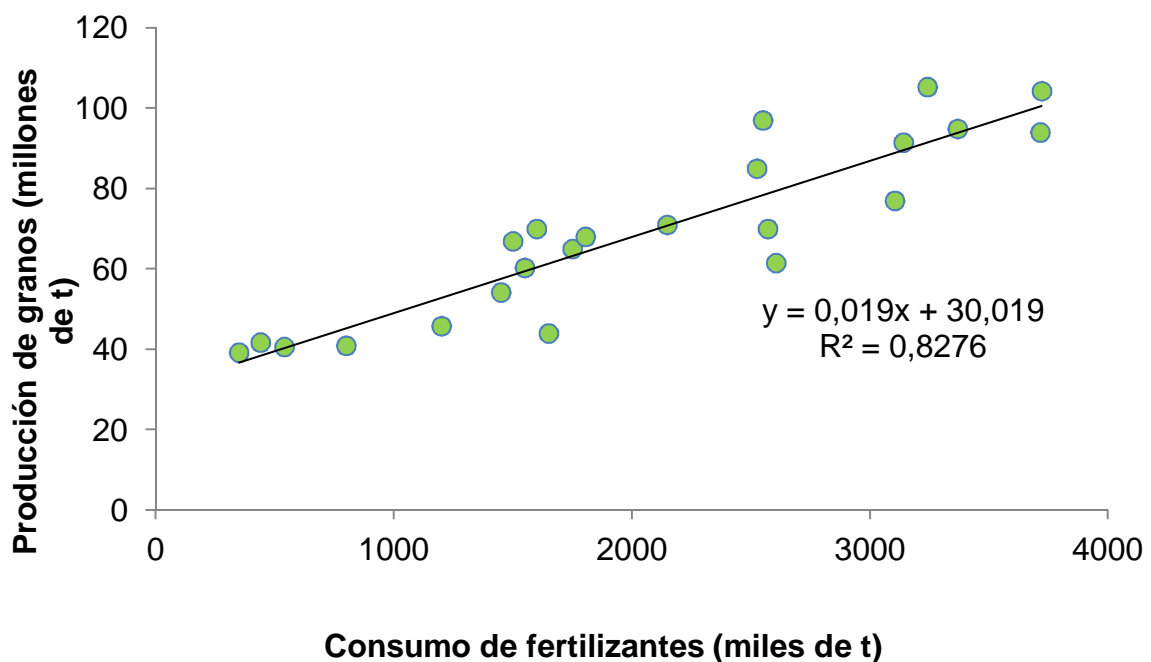


**Figura 4:** Evolución del consumo de fertilizantes en Argentina.

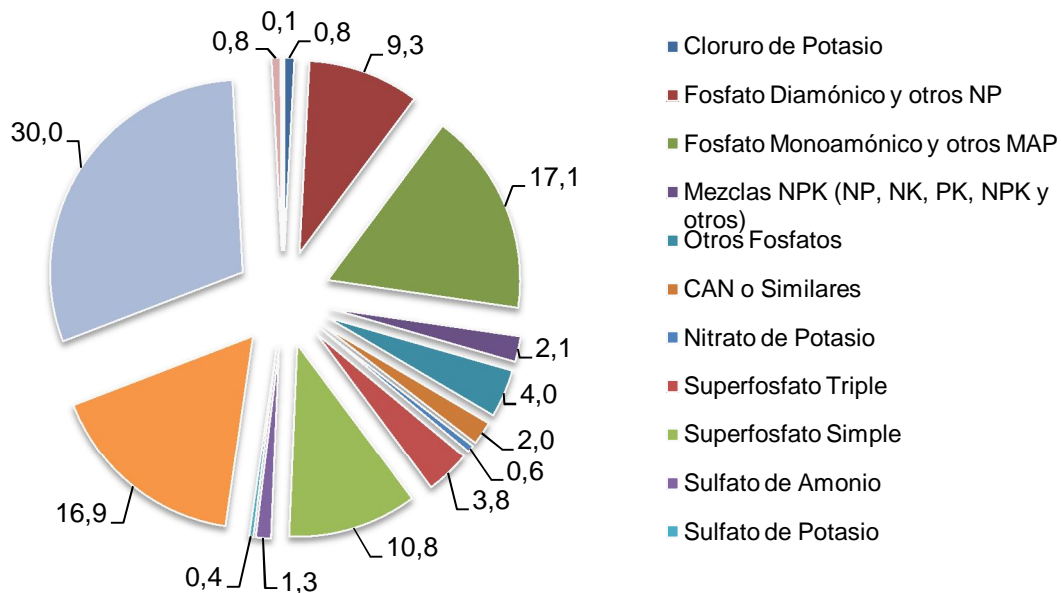
Por otra parte, se sabe que en el corto y mediano plazo el incremento en la producción de granos va a depender exclusivamente del aumento de la productividad por unidad de superficie, ya que las tierras aptas para la agricultura cada vez son más escasas. Para lograr con este objetivo el aumento del uso de los fertilizantes es uno de los factores que se visualiza como más promisorio, ya que existe una relación significativa entre productividad y aplicación de fertilizantes (García y González Sanjuan, 2013) (Figura 5).

En la actualidad el mercado de fertilizantes en Argentina (Figura 6) se encuentra integrado principalmente por aquellos productos que aportan nitrógeno y le siguen en orden de importancia los productos que aportan fósforo, azufre y potasio (CIAFA, 2013). La Urea y el UAN son los fertilizantes nitrogenados más utilizados, mientras que los principales fertilizantes que aportan fósforo son el superfosfato simple (SPS) y triple(SPT). También tiene una fuerte participación en el

mercado de fertilizantes aquellos productos que aportannitrógeno y fósforo de forma conjunta como lo son el fosfato mono (MAP) y diamónico (DAP).



**Figura 5:** Relación entre la aplicación de fertilizantes y el incremento en la producción de granos entre 1991 y 2013.



**Figura 6:** Distribución de los productos fertilizantes en el mercado argentino.

Si bien, como se ha dicho hasta ahora el uso de fertilizantes no es un fin en sí mismo sino el medio para alcanzar una mayor producción de alimentos y fibras, la aplicación de ciertos fertilizantes en altas dosis y en forma continua puede afectar la

reacción del suelo. Como ejemplo de ello es conocido el efecto acidificante que tienen algunos fertilizantes nitrogenados amoniacales o el efecto alcalinizante del termofosfato de magnesio (Alcarde, 2007).

La acidificación es la tendencia del complejo de cambio del suelo a cargarse con iones hidrógenos ( $H^+$ ) y se mide a través del pH. La modificación del pH del suelo influye de forma directa en la disponibilidad de nutrientes que los cultivos necesitan para su crecimiento y desarrollo. Los valores de pH cercanos a la neutralidad proveen la mayor disponibilidad de nutrientes (Figura 7).

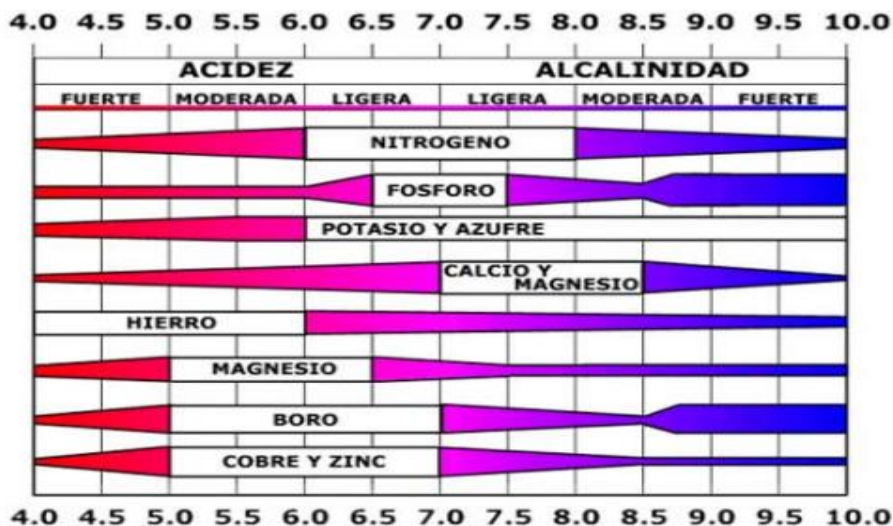


Figura 7 :Influencia del pH sobre la disponibilidad de nutrientes.

Sin embargo, el poder buffer o capacidad amortiguadora de los suelos regula la intensidad con que se produce la acidificación por el agregado de fertilizantes. Suelos con un bajo porcentaje de saturación de bases presentan una acidificación más rápida, y esta es más intensa cuanto más intensivo es el cultivo y el aporte de fertilizantes amoniacales. Por el contrario suelos que presentan altos contenidos de arcilla, materia orgánica y bases de cambio, el proceso de acidificación es más lento y progresivo en el tiempo.

El nitrógeno en los fertilizantes puede estar como nitrato ( $NO_3^-$ ), como amonio ( $NH_4^+$ ), o como amida ( $NH_2$ ) en el caso de la urea. Cabe destacar que las formas de

nitrógeno disponibles son  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . En 1928, Pierre demostró que la nitrificación del nitrógeno de los fertilizantes que contienen  $\text{NH}_4^+$  puede generar acidez en el suelo debido a la liberación de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Adams (1984) menciona que cada mol de N proveniente del sulfato de amonio produce 4 moles de  $\text{H}^+$ , mientras que cada mol de N proveniente de la urea produce 2 moles de  $\text{H}^+$ , siendo más acidificante el uso de sulfato de amonio con respecto a la urea.

Para los fertilizantes fosfatados, en cambio, el comportamiento es diferente. Los superfosfatos son fertilizantes de utilización universal aplicable a todo tipo de suelos. De forma equivocada se les atribuía acción acidificante. Sin embargo, ensayos de larga duración con aplicación continuada de superfosfatos, aun en grandes dosis, mostraron que no ejerce ninguna acción significativa sobre el pH del suelo (Ginés y Mariscal-Sancho, 2002).

En el caso de los fertilizantes complejos, que aportan más de un nutriente, como es el fosfato monoamónico (MAP), la alta solubilidad del fosfato hace que este fertilizante puede utilizarse en toda clase de suelos, aunque su uso está especialmente indicado en suelos de pH elevado, por su carácter acidificante. Sin embargo, debe preverse una pérdida importante de eficacia por la precipitación del fosfato en forma bicálcica o tricálcica (Ginés y Mariscal-Sancho, 2002).

En relación con los antecedentes planteados existe escasa información local sobre el poder acidificante que los diferentes tipos de fertilizantes tienen en suelos representativos del área de influencia de la EEA INTA Manfredi. En relación a ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la acidificación que genera la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosforados y nitrogenados/fosforados más utilizados, en un suelo Haplustoléntico serie Oncativo.



Los fertilizantes nitrogenados evaluados fueron: Urea y UAN; los fosforados: SPS y SPT; y un fertilizante compuesto: MAP.

## **Materiales y Métodos**

El ensayo se realizó en condiciones controladas de invernadero durante dos meses (octubre y noviembre). El suelo seleccionado está clasificado como Haplustoléntico serie Oncativo. Las muestras de suelo se tomaron de los primeros 20 cm siguiendo un plan de muestreo al azar con muestras compuestas por 15 submuestras. Las muestras de suelo extraídas se secaron al aire y se tamizaron por malla de 2 mm. Las muestras de suelo se caracterizaron física y químicamente. Se determinó granulometría, densidad aparente, capacidad de campo (CC) mediante olla de presión, y capacidad a la marchitez permanente (CMP) mediante membrana de Richards. Las variables químicas medidas fueron: pH en agua (suelo:agua 2:1), carbono orgánico total (COT) por Walkey y Black, nitrógeno total (Nt) por Kjeldhal, fósforo extractable (P ext.) por Bray y Kurtz, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por saturación con acetato de amonio a pH 7, calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) extractables por quelatometría, sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) extractables por espectrofotometría de llama. Las técnicas utilizadas son descritas en Sparks (1996). Las características de los suelos se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Caracterización del suelo utilizado en el ensayo.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
COT	g kg <sup>-1</sup>	8,4 ± 0,0
Nt	g kg <sup>-1</sup>	1,0 ± 0,0
C:N		9:1
P ext.	mg kg <sup>-1</sup>	32,2 ± 0,9
pH		6,5 ± 0,0
Cond. Eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	1,0 ± 0,0
CIC	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	14,0 ± 0,6
Cationes Intercambiables		
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	9,6 ± 0,2
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	3,0 ± 0,2
K <sup>+</sup>	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	1,8 ± 0,0
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	0,9 ± 0,1
Granulometría		
Arcilla (<2μ)	%	21,6 ± 0,3
Limo (2-50μ)	%	64,4 ± 0,1
Arena (50-2000μ)	%	13,1 ± 0,3
Clase Textural		FL
CC	W (%)	26,3 ± 0,3
CMP	W (%)	10,7 ± 0,2

El suelo se colocó en macetas a razón de 3 kg por maceta (Foto 1). Se realizaron 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: Tratamiento 1, sin fertilizante; Tratamiento 2, Urea 174 kg ha<sup>-1</sup>; Tratamiento 3, UAN 250 kg ha<sup>-1</sup>; Tratamiento 4, SPS 500 kg ha<sup>-1</sup>; Tratamiento 5, SPT 208 kg ha<sup>-1</sup>; Tratamiento 6, MAP 192 kg ha<sup>-1</sup>. Es importante aclarar que las dosis de los fertilizantes son variables pero la dosis del elemento aplicado es la misma independiente la fuente. La dosis de nitrógeno elemento fue de 80 kg ha<sup>-1</sup> y la de fósforo elemento fue de 44 kg ha<sup>-1</sup>. El MAP se aplicó en función de su uso como fertilizante fosforado (44 kg de P ha<sup>-1</sup>). Los fertilizantes fueron incorporados al suelo. La humedad del suelo fue mantenida al 80% de la capacidad de campo. Las macetas fueron muestreadas a los 0, 3, 7, 14, 21, 28 y 35 días de comenzado el

ensayo y se determinó la variación de la acidez a través de la medición del pH del suelo en relación suelo/agua, 1:2,5.

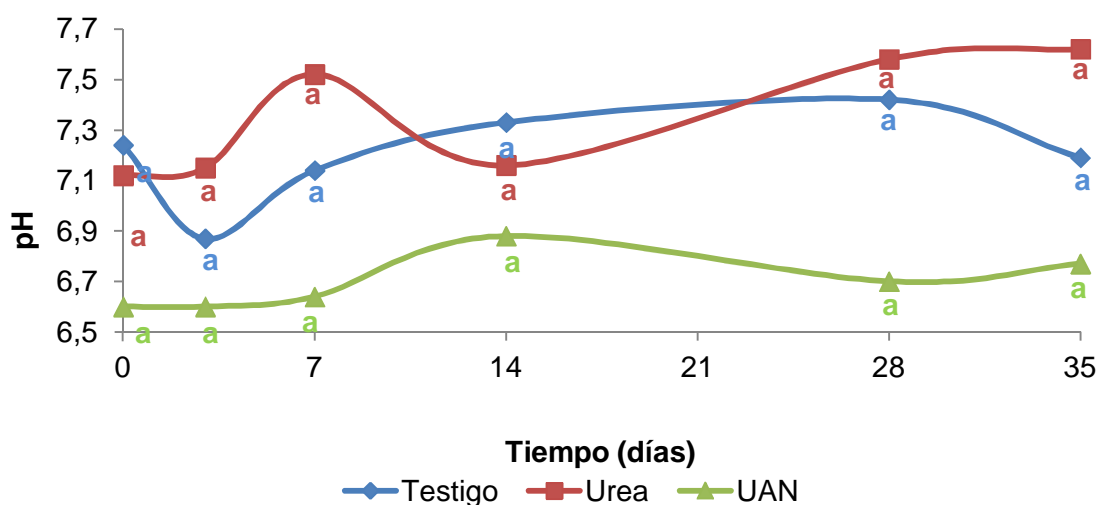
El análisis estadístico se basó en un ANOVA para determinar la variabilidad entre los diferentes tratamientos. Los tratamientos fueron analizados en relación al nutriente que el fertilizante aporta. Las diferencias entre medias se calcularon a través del test LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ). El programa estadístico utilizado fue Infostat, 2011.



**Foto 1:** Ensayo sobre el uso fertilizantes y su impacto sobre la acidez del suelo.

## Resultados y Discusión

En la Figura 8 se muestra la variación en el tiempo del testigo sin fertilizar y el suelo fertilizado con Urea, por un lado, y por el otro el suelo fertilizado con UAN. Para cada uno de los tratamientos se observaron variaciones entre fechas de muestreo, sin embargo estas diferencias no fueron significativas ( $p < 0,05$ ). La Urea con respecto al testigo no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2) a lo largo del periodo de evaluación. Sin embargo, se observó una tendencia a generar un pH más alto con respecto al testigo. El incremento del pH del suelo por aplicación de urea podría explicarse por la composición del nitrógeno que este fertilizante posee. La totalidad del nitrógeno que posee la urea (46%) se encuentra en forma amídica. Al ser aplicado al suelo se produce la hidratación del gránulo y su disolución. La ureasa bacteriana, enzima presente en los suelos y en la materia orgánica, produce el desdoblamiento de la molécula en  $\text{CO}_3\text{NH}_4$  y  $\text{CO}$  que es inestable, pudiendo hidrolizarse casi de forma instantánea. Esto produce un aumento de pH en la zona circundante al gránulo del fertilizante que puede llegar a pH de 9 o 10 (Melgar, 2012). Sin embargo, en este ensayo los aumentos de pH observados fueron de menor magnitud.



**Figura 8:** Variación del pH en el tiempo en los tratamientos con fertilizantes nitrogenados. Letras iguales significa ausencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

El UAN incrementó la acidez del suelo y las diferencias fueron significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto a la Urea. Con respecto al testigo también existieron diferencias aunque estas no fueron significativas. El UAN posee entre 28 y 32% de nitrógeno y está compuesto de la siguiente forma: 7-8% de nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ), 7-8% de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y 14-16% de nitrógeno amídico. Cuando entra en contacto con el suelo, los diferentes componentes del UAN están sujetos a procesos de transformación habituales del ciclo del nitrógeno. El nitrógeno amídico se descompone de acuerdo a lo mencionado anteriormente para la urea, mientras que el  $\text{NO}_3^-$  no sufre ninguna transformación y es absorbido directamente por el cultivo o perdido por lixiviación o desnitrificación. El nitrógeno amoniacal puede ser absorbido en forma directa por el cultivo, pero también y de acuerdo con las condiciones del suelo (pH, temperatura y aireación) puede transformarse en nitrato por acción de microorganismos específicos. La transformación del nitrógeno amoniacal genera cambios en el pH del suelo (Adams 1984), generando acides. No obstante, es citado que la Urea al igual que el UAN, generan acides con el tiempo (Chien et al., 2008). Sin embargo la reacción inicial de la Urea genera un ambiente alcalino.

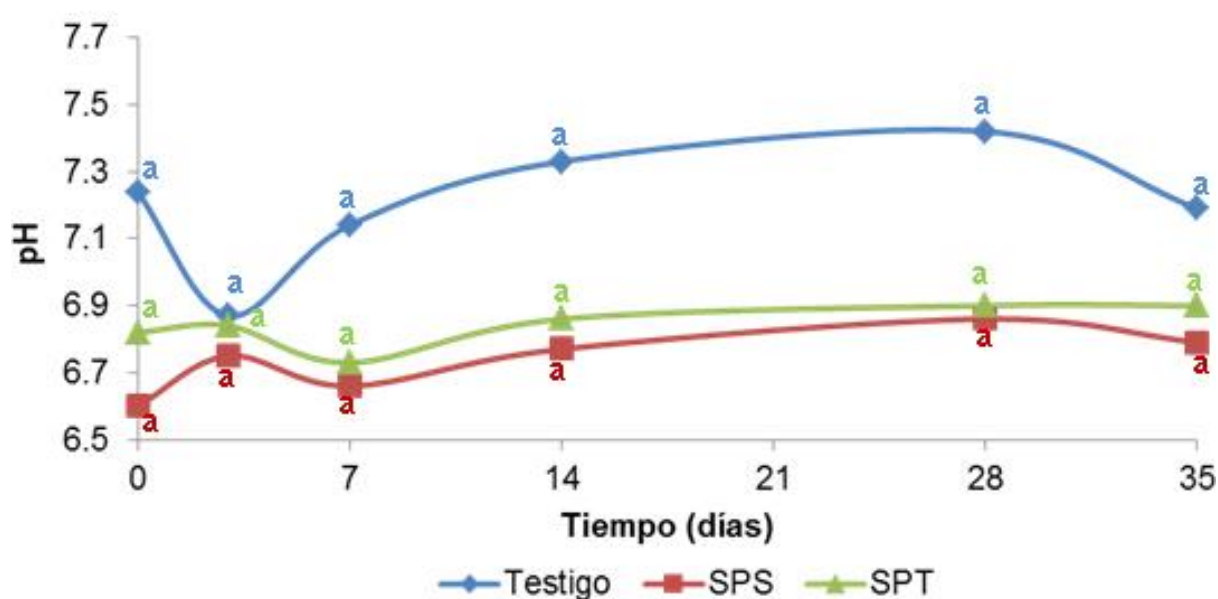
La alta capacidad buffer del suelo utilizado en este estudio, podría amortiguar el incremento del pH por la aplicación de fertilizantes nitrogenados como la Urea y/o el UAN. No obstante en el mediano plazo se deberían monitorear si, los efectos observados son de tipo permanente o temporario y el grado de intensidad con que varían debido a aplicaciones sucesivas del fertilizante.

**Tabla 2:** ANOVA de la variable pH para fertilizantes nitrogenados.

Tratamiento	Tiempo (días)					
	0	3	7	14	28	35
Testigo	7,24a*	6,87a	7,14a	7,33a	7,42a	7,19ab
Urea	7,12a	7,15a	7,52ab	7,16ab	7,58a	7,62a
UAN	6,60a	6,60a	6,64b	6,88b	6,70b	6,77b

\*Diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) por LSD de Fisher.

En la Figura 9 se muestra la variación en el tiempo del testigo sin fertilizar y el suelo fertilizado con SPS, por un lado, y por el otro el suelo fertilizado con SPT. Para cada uno de los tratamientos se observaron variaciones entre fechas de muestreo, sin embargo estas diferencias no fueron significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 9:** Variación del pH en el tiempo en los tratamientos con fertilizantes fosforados. Letras iguales significa ausencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

La variación entre fertilizantes fosfatados (Tabla 3) fue de menor magnitud comparada con los fertilizantes nitrogenados. Se observó un descenso inicial del pH luego de aplicado el fertilizante con respecto al testigo, pero hacia el final del

periodo de evaluación las diferencias de los fertilizantes fosforados con respecto al testigo no fueron significativas ( $p < 0,05$ ). La acidez generada por la aplicación de los superfosfatos en los primeros días podría explicarse debido a que en el suelo estos fertilizantes tienen una reacción ácida. El gránulo colocado en el suelo se disuelve por la humedad, aumentando la presión osmótica alrededor de este, y resulta en una solución fertilizante que reacciona con el suelo circundante. Esta solución es ácida (pH: 1,5-2,7) y disuelve minerales del suelo formando precipitados de fósforo de diferentes solubilidades (Melgar, 2012). Luego a medida que el tiempo transcurre el fósforo se adsorbe a las partículas de arcilla y/o materia orgánica restableciendo los valores de pH original según las propiedades edáficas del suelo.

**Tabla 3:** ANOVA de la variable pH para fertilizantes fosforados.

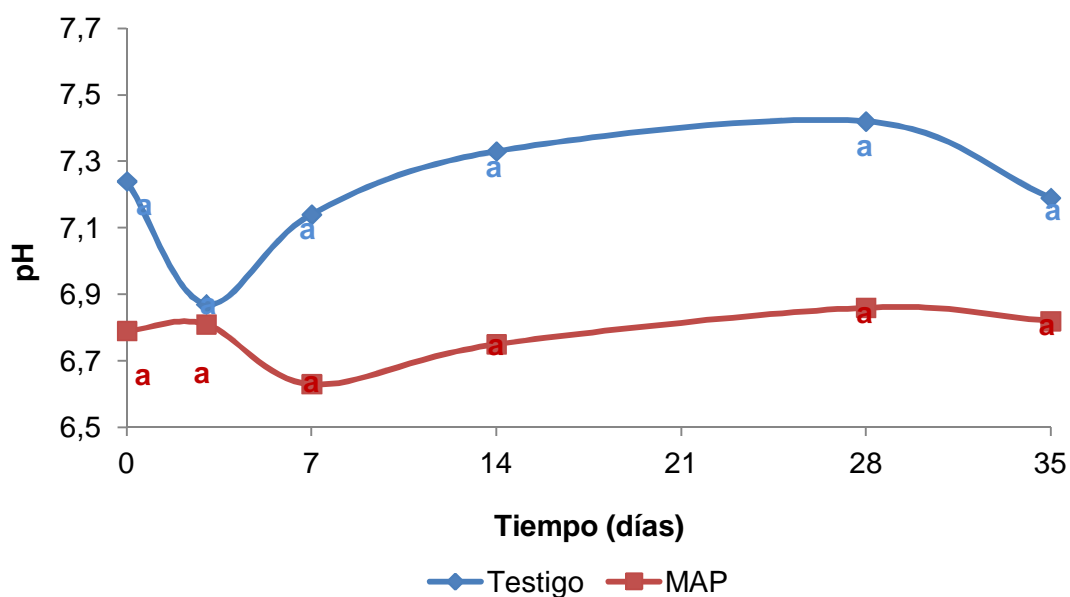
Tratamiento	Tiempo (días)					
	0	3	7	14	28	35
Testigo	7,24a*	6,87a	7,14a	7,33a	7,42a	7,19a
SPS	6,60b	6,75a	6,66b	6,77b	6,86a	6,79a
SPT	6,82ab	6,84a	6,73ab	6,86b	6,90a	6,90a

\*Diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) por LSD de Fisher.

La mayor acidez generada por la aplicación del SPS con respecto al SPT, si bien no significativa ( $p < 0,05$ ), podría explicarse por el contenido de azufre (11%) en el SPS.

En la Figura 10 se muestra la variación en el tiempo del testigo sin fertilizar y el suelo fertilizado con MAP. Para cada uno de los tratamientos se observaron variaciones entre fechas de muestreo, sin embargo estas diferencias no fueron significativas ( $p < 0,05$ ).





**Figura 10:** Variación : Variación del pH en el tiempo en los tratamientos con fertilizantes complejos. Letras iguales significa ausencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

En el caso del MAP, no existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto al testigo durante todo el periodo de evaluación (Tabla 4).

**Tabla 4:** ANOVA de la variable pH para fertilizantes complejos (nitrógeno/fósforo).

Tratamiento	Tiempo (días)					
	0	3	7	14	28	35
Testigo	7,24a*	6,87a	7,14a	7,33a	7,42a	7,19a
MAP	6,79a	6,81a	6,63a	6,75a	6,86a	6,82a

\*Diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) por LSD de Fisher.

El MAP es un fertilizante que posee, en promedio, 21.8% de fósforo y 10% de nitrógeno. El nitrógeno contenido en el fertilizante está en forma amoniacal, con lo cual una vez en contacto con el suelo es transformado a  $\text{NO}_3^-$  con la consiguiente liberación de iones hidrógenos (Pierre, 1928). Por otra parte, como ya se mencionó anteriormente la aplicación de fertilizantes fosforados al suelo genera acides durante la disolución del granulo del fertilizante. La aplicación de MAP en el suelo serie

Oncativo tuvo un comportamiento sobre el pH similar al del UAN, posiblemente debido a la presencia de amonio de rápida acción acidificante en su composición.

## **Consideraciones Finales**

La aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo presentó comportamientos opuestos. Por un lado la Urea incrementó la alcalinidad del suelo y por el otro el UAN produjo un aumento de la acidez del suelo. Sin embargo estos cambios no fueron significativos con respecto al testigo sin fertilizar.

La aplicación de fertilizantes fosforados al suelo produjo un incremento en la acides tanto para SPS como para SPT. Sin embargo, las diferencias con respecto al testigo fueron significativas solo al comienzo del periodo de evaluación, ya que hacia el final los valores de pH no mostraron diferencias.

La aplicación de fertilizantes compuestos con presencia de nitrógeno y fosforo como el MAP, no produjo ninguna variación en los valores de pH con respecto al testigo.

La ausencia de diferencias significativas, en general, observadas en el pH del suelo de Oncativo por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosforados y complejos podría explicarse por la capacidad buffer del suelo, la cual podría amortiguar el incremento del de dicho parámetro ante la aplicación de fertilizantes de diferentes fuentes. No obstante en el mediano plazo futuros estudios deberían monitorear si, los efectos observados son de tipo permanente o temporario y el grado de intensidad con que varían debido a aplicaciones sucesivas de estos fertilizantes.

## **Agradecimientos**

El autor agradece al Laboratorio de Suelos y Agua de la EEA INTA Manfredi por haber permitido desarrollar el presente trabajo.

Al Dr. Ariel Rampoldi por su colaboración y seguimiento del proyecto a lo largo de todo su ciclo como tutor del mismo.

## **Bibliografía**

Adams, F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. *In*: Soil Acidity and Liming. F. Adams (ed.). Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA. pp. 211-265.

Alcarde, C. J. 2007. Fertilizantes. En: Fertilidade do Solo. Novais, R.F., Alvarez, V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B., Neves, J.C.L. (eds.). SBCS, Viçosa, Brasil. 1017p.

Alvarez, R., and Steinbach, H. S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil Till. Res.* 104:1-15.

Chien, S. H., Gearhart, M. M. and Collamer, D. J. 2008. The effect of different ammoniacal nitrogen sources on soil acidification. *SoilSci.* 173:544-551.

CIAFA. 2013. Informe de extracción de nutrientes 2013-2014. Disponible en: <http://www.ciafa.org.ar/ferti.html>. Verificado: Enero 2015.

García, F., y González Sanjuan, M. F. 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos?. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. 9:2-7.

Ginés, I., y Mariscal-Sancho, I. 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Disponible en: [http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL\\_MONO\\_2002\\_01.pdf](http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf). Verificado: Enero 2015.

Melgar, R. 2012. Guía 2012: Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. R. J. Melgar (ed.). Agroeditorial: Fertilizar Asociación Civil. 204p.

Pierre, W. H. 1928. Nitrogen fertilizers and soil acidity: I. Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. *J. American Society of Agronomy.* 20:254-269.

SIIA, 2015. Siembra. Cosecha, producción y rendimiento.

<http://www.sii.gov.ar/series> Verificado: Enero 2015.

Sparks, D. L. (ed.) 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. ASA, SSSA, CSSA, Madison, WI, USA.