2015

EDAFOLOGIA Y FERTILIZANTES.

SUELOS CON pH ÁCIDO EN UN AMBIENTE TEMPLADO

Naretto Luis, A.;Wagner Marcelo.

FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES
Universidad Nacional de La Pampa

Índice:

OBJETIVOS: 2
INTRODUCCIÓN: 2
HIPÓTESIS: 2
DESARROLLO: 3
Causas: 3
Consecuencias 6
Desnaturalización de las arcillas: 6
Disponibilidad del Aluminio: 7
Toxicidad del aluminio: 8
Disponibilidad de nutrientes en función del pH: 8
MATERIALES Y MÉTODOS: 10
EFECTOS DE LAS ENMIENDAS BÁSICAS SOBRE EL COMPLEJO DE CAMBIO EN ALGUNOS SUELOS ÁCIDOS DE LA REGIÓN PAMPEANA 11
CONCLUSIÓN: 22
BIBLIOGRAFÍA: 23

OBJETIVOS:

1. Identificar las causas de la acidez en suelos en un ambiente templado.
2. Conocer los procesos químicos y físicos involucrados en suelos ácidos.
3. Reconocer las consecuencias de la acidez de un suelo sobre el cultivo.
4. Evaluar el comportamiento y/o disponibilidad de nutrientes en suelos ácidos de un ambiente templado.

INTRODUCCIÓN:

La región de La Pampa Húmeda se localiza en el centro del país (BS.AS., sur de Santa fe, Córdoba, y Centro este de la provincia de La Pampa). La temperatura es media durante todo el año, varía regularmente durante las cuatro estaciones bien definidas. Es, junto al Medio Oeste de EEUU, la llanura fértil más grande del planeta.

La Pampa Húmeda Argentina mide 600 km. de este a oeste y 1.000 km. de sur a norte. Con 60 millones de hectáreas de extensión, La Pampa Húmeda se encuentra ocupada en un 90 por ciento por cultivos de alto rendimiento, principalmente soja, trigo y maíz.

Predomina en esta llanura el clima húmedo, donde las precipitaciones cercanas a los 1000 mm anuales disminuyen hacia el sur y hacia el oeste.

Un problema identificado en esta región, aparejado a las precipitaciones y la actividad agrícola, es la tendencia de acidificación de los suelos. Proceso que acarrea consigo perjuicios en el desarrollo del cultivo por la presencia de elementos tóxicos y deficiencia de nutrientes esenciales.

Eso presenta un gran problema para la agricultura de hoy en día, existiendo la necesidad de fertilizar los suelos, con el agravante de su acidificación, presentando como desafío nuevas técnicas, manejos y metodologías para fertilizar lo necesario y disminuir al mínimo los efectos adversos como la disminución del pH.

HIPÓTESIS:

1. Los suelos muy ácidos son un medio no apropiado para el desarrollo agrícola.
2. El pH de la solución del suelo juega un rol importante en la distribución y disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

DESARROLLO:

Barrow y otros (1965), Beckett (1977), y Woodruff (1955; 1955a; 1955b) trataron de describir los suelos en términos de la capacidad de la fase sólida de mantener determinada actividad de iones en la solución. En general, se asume que el potencial químico de un elemento en la fase sólida se relaciona con el potencial químico de este en la fase solución del suelo (Sposito 1981).

De la totalidad de los protones que se encuentran en el suelo, parte de ellos se encuentran en la fase solución, que de esta manera determinan el valor de pH, y parte se encuentra en forma no disociada en la fuente de protones. De esta manera se establece un estado de equilibrio entre la fase sólida y solución siendo la difusión el mecanismo de transferencia de una fase a otra.

Desde un punto de vista químico, se considera al proceso de acidificación del suelo como a la disminución de la capacidad de neutralización ácida del suelo (CNA), como consecuencia de un déficit de cationes básicos como los metales alcalinos y alcalinos térreos (K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}), de manera simultánea a la perdida de cationes básicos se produce en la acidificación un aumento de cationes ácidos (Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{4+}), que en presencia del agua producen una hidrolisis ácida.

Causas:

La acidificación de los suelos puede ocasionarse por causas naturales y antropogénicas. Las fuentes naturales de acidificación incluyen las precipitaciones, y la meteorización de los minerales primarios y secundarios del suelo. Las fuentes antrópicas se hacen presente de la mano del uso de fertilizantes y la actividad radicular de las plantas.

Cuando las rocas quedan sometidas a condiciones ambientales distintas a aquellas en las cuales se formaron, sufren un proceso de desgaste o meteorización de sus superficies y sus minerales constituyentes pierden estabilidad, alterando el estado de equilibrio momentáneo del suelo.

Cuando el agua que llega al suelo por las precipitaciones sobrepasa la evapotranspiración, se produce lixiviación lavando de los perfiles del suelo los iones más solubles como el Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+. En el suelo quedan los iones que le confieren acidez por su hidrolisis como son el Al^{3+}, Fe^{3+}, y Mn^{4+} (Figura 1). Si bien éste es un problema que se ve más acentuado en regiones tropicales, donde las precipitaciones anuales pueden superar los 3000 mm., las regiones de clima templado con precipitaciones cercanas a los 1000 mm anuales, también pueden presentar este inconveniente. Este fenómeno explica por qué en zonas más lluviosas el pH posee valores menores.

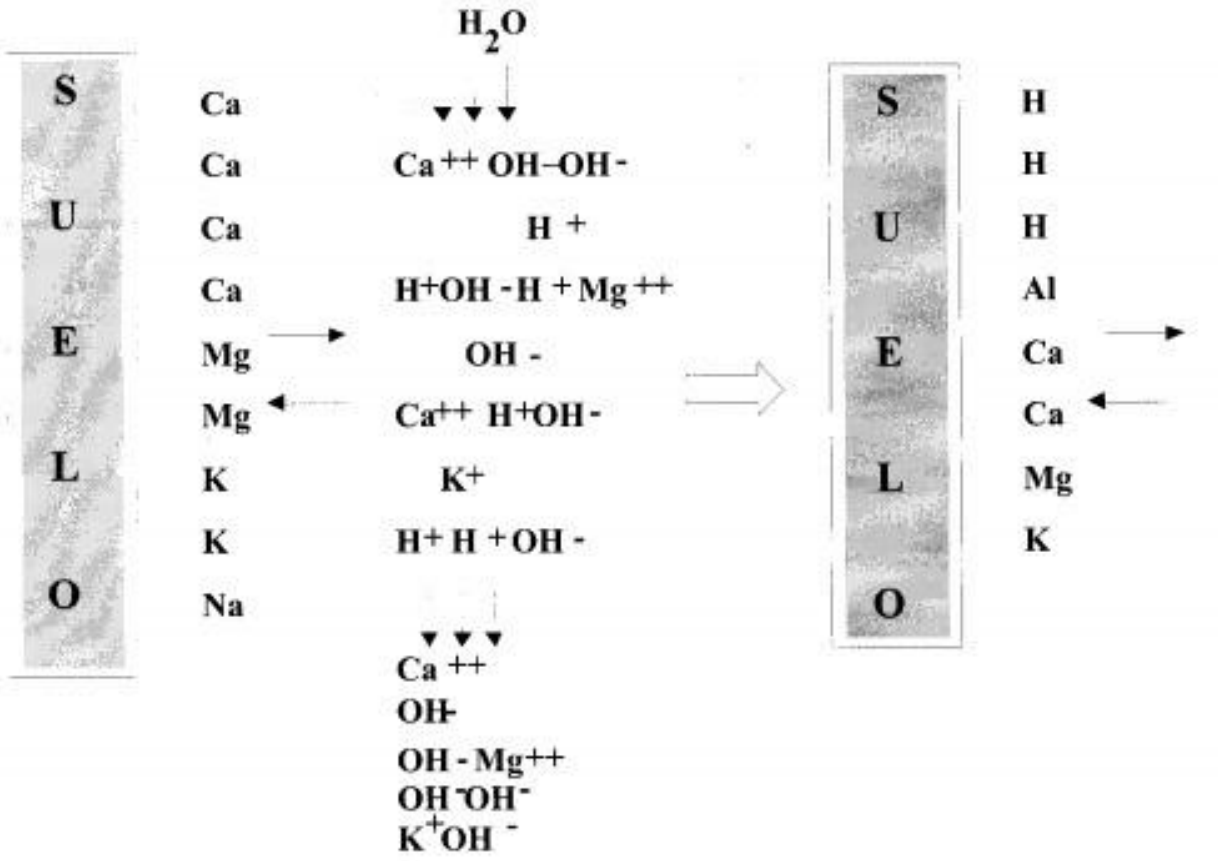

Figura 1. El agua arrastra los cationes de intercambio, principalmente los unidos mas débilmente a las arcillas, como son el potasio y el sodio, posibilitando de esta manera el ingreso de iones de aluminio e hidrógeno, los cuales se unen con mayor fuerza iónica y generan el descenso del pH. (INIA - Acidez de los suelos y efectos del encalado)

El avance de la agricultura a lo largo de la historia, ha hecho de los suelos un recurso progresivamente cambiante. Uno de estos cambios surge por la acción de las raíces de los cultivos sobre el área trabajada. Las raíces adquieren del suelo los nutrientes que se encuentran en su solución, estando éstos en sus formas aniónicas y catiónicas. Esta absorción de iones tiene una consecuencia análoga a la disminución de cationes básicos producida por la lixiviación. La acidificación también es atribuible a la respiración de los microorganismos y las raíces, ya que las acciones metabólicas de los mismos liberan a la rizósfera productos como ácidos orgánicos solubles, generalmente de cadenas cortas, y dióxido de carbono.

La demanda natural del cultivo sobre los nutrientes esenciales ha llevado al hombre a la utilización de agentes fertilizantes. Con el paso de los años la fertilización progresiva derivó en otra fuente de acidificación de suelos.

El potencial fertilizante de la mayoría de estos agentes químicos se basa en la actividad de los compuestos nitrogenados y fosforados. La aplicación de fertilizantes amoniacales induce un cierto grado de acidificación en el proceso de nitrificación del amonio, incluyendo el amoníaco, el cual inicialmente alcaliniza el medio.

La Figura 2 presenta las reacciones de la urea en el suelo, consistiendo inicialmente en una hidrólisis y luego en un proceso de nitrificación:

1. Hidrólisis:

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

$$2NH_3 + H_2O \rightarrow 2NH_4OH$$

$$2NH_4OH \rightarrow 2NH_4^+ + \mathbf{2OH^-}$$

2. Nitrificación:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + \mathbf{4H^+}$$

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$$

Figura 2. Durante la nitrificación, el amonio cambia a nitrato con liberación de protones a la solución del suelo, los cuales desplazan a los cationes de intercambio, favoreciendo su posterior lavado del suelo. (INIA - La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados.)

Se ha comprobado que en suelos bajo labranza con siembra directa, la fertilización con urea disminuyó el pH actual entre 0,18 y 0,32 puntos con respecto a los tratamientos no fertilizados ($p < 0,05$), lo que indica que la fertilización contribuyó a una disminución en los valores de pH en los suelos estudiados (Laura Antonela Iturri; et al, 2011).

La evidencia del efecto de la agricultura sobre la variación del pH en el suelo fue publicada por Sainz Rozas et al. (2012). Figura 3.

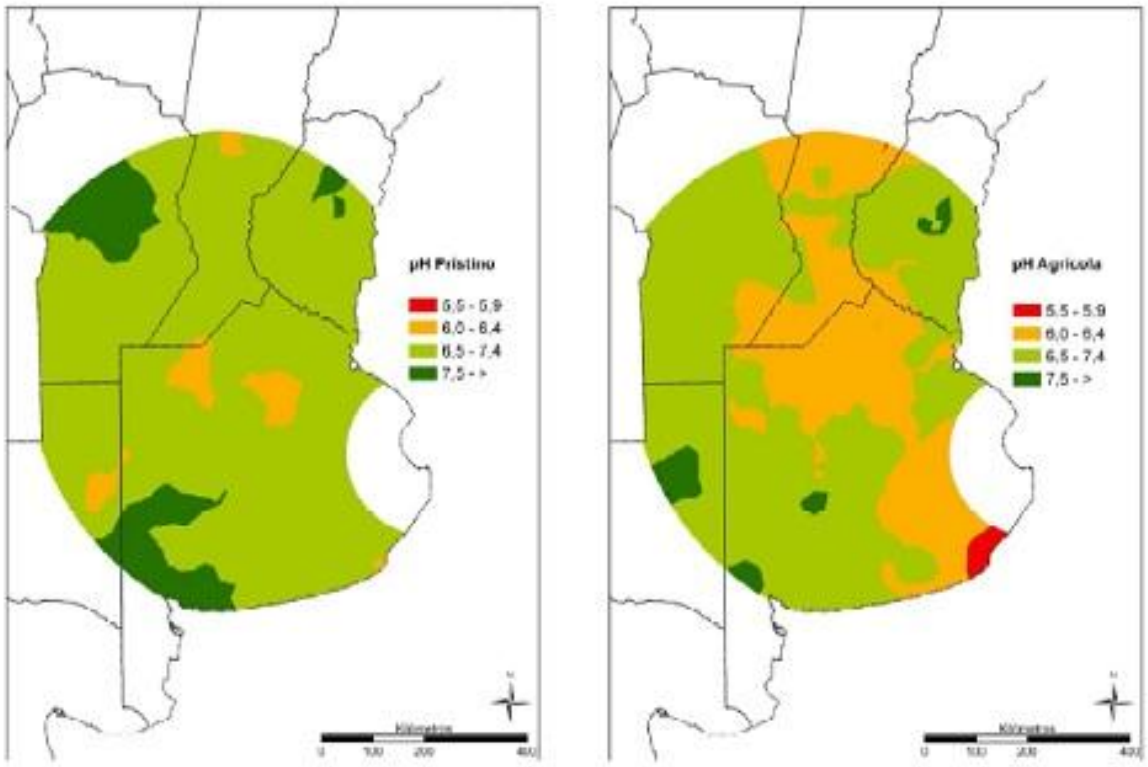

Figura 3. Niveles de pH en suelos pristinos y agrícolas de la región Pampeana. Tomado de Sainz Rozas *et al.* (2012)

Consecuencias

El gran problema que presentan los suelos de gran acidez es el relacionado con la fitotoxicidad del aluminio, junto a otros inconvenientes que alteran la disponibilidad de elementos como fósforo, hierro, manganeso, etc.

Desnaturalización de las arcillas:

Se ha podido comprobar, que una arcilla saturada de H^+, producto del reemplazo de iones X^+ y X^{++} de los sitios de intercambio, no resulta estable; la red cristalina colapsa y

libera Al^{3+}, Mn^{4+} y Fe^{3+}, principalmente, además de otras especies iónicas que pueden estar presentes como sustituyentes en las capas tetra y octaédricas de los minerales arcillosos (Zapata Hernández, 2004). Aún en ausencia de colapso, estos iones pasan a la solución del suelo y pueden ocupar los sitios de intercambio, aunque a diferentes pH según la especie considerada. Es por ello que el proceso de acidificación está íntimamente ligado a los iones mencionados, particularmente a la dinámica del Al^{3+} en la solución del suelo.

Disponibilidad del Aluminio:

El Al^{3+} no siempre existe como un ion libre, sino que sufre una cantidad de reacciones en solución. Al ser este un ácido de Lewis, se encuentra reaccionando con las diferentes bases de Lewis formando diversos pares iónicos:

1- $Al^{+3} + OH^- \leftrightarrow Al(OH)^{+2}$

2- $Al^{+3} + 2OH^- \leftrightarrow Al(OH)_2^+$

3- $Al^{+3} + 3OH^- \leftrightarrow Al(OH)_3$

4- $Al^{+3} + 4OH^- \leftrightarrow Al(OH)_4^-$

5- $Al^{+3} + SO_4^{-2} \leftrightarrow Al(SO_4)^-$

6- $Al^{+3} + SO_4^{-2} \leftrightarrow Al(SO_4)^+$

7- $Al^{+3} + F^- \leftrightarrow AlF^{+2}$

8- $Al^{+3} + 2F^- \leftrightarrow AlF_2^+$

9- $Al^{+3} + 3F^- \leftrightarrow AlF_3$

10- $2Al^{+3} + 2OH^- \leftrightarrow Al_2(OH)_2^{+4}$

11- $3Al^{+3} + 4OH^-Al^{+3} \leftrightarrow Al_3(OH)_4^{+5}$

12- $13Al^{+3} + 28OH^- \leftrightarrow Al_{13}(OH)_{24}^{+7} + 4H^+$

13- $2Al(OH) + Si(OH)_4 \leftrightarrow (Al)_2(Si(OH)_3) + H_2O$

14- $2Al(OH) + H_2PO_4^- \leftrightarrow (Al)_2OH_2(PO_3) + OH^-$

Estos diferentes pares iónicos, van a estar condicionados por el pH del suelo, y consecuentemente determinará la solubilidad del aluminio en la solución. En la Figura 4 se observa la solubilidad de las diferentes formas de aluminio de acuerdo al pH del suelo.

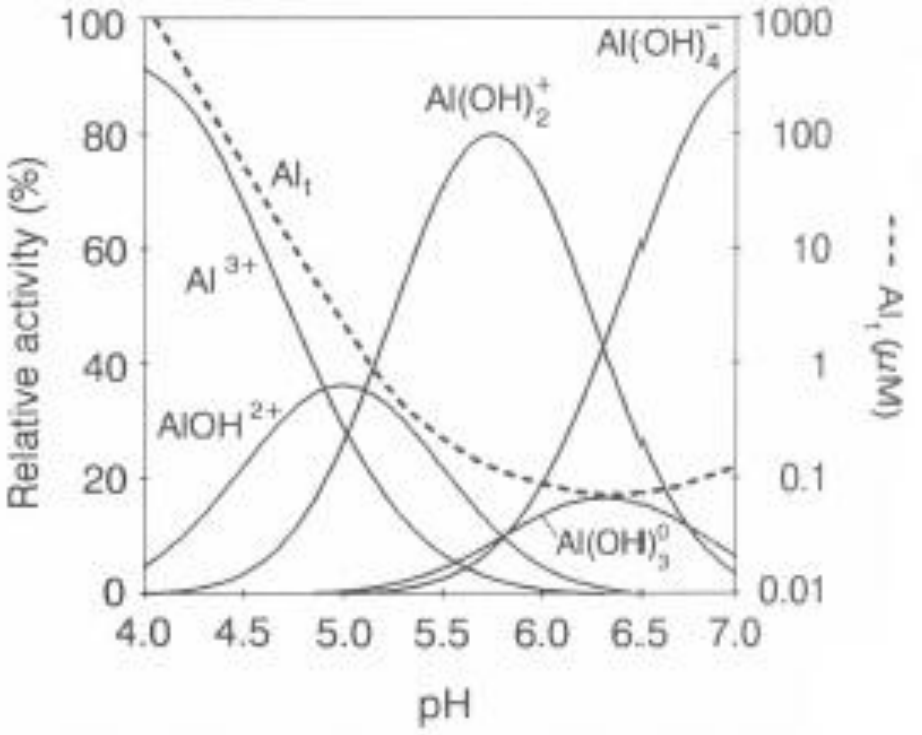

Figura 4. Actividad relativa de especies monomoleculares de Al y concentración total de Al (línea punteada) como función del pH (Kinraide, 1991)

Toxicidad del aluminio:

El aluminio al encontrarse en la solución del suelo puede ser fácilmente tomado por las plantas; ésta acción resulta perjudicial. La fitotoxicidad de esta especie involucra un efecto letal directo del ion en el crecimiento de las plantas y una reducción de la disponibilidad de fosfato (PO_4^{3-}) del suelo, causado por la precipitación de fosfato de aluminio [$Al(PO_4)$] (Lindsay, 1979; Rengel, 1992). Este elemento es también capaz de inhibir la absorción de Ca^{2+}, bloqueando canales en la membrana plasmática (Huang et al., 1992) y de Mg^{2+}, haciendo lo propio con sitios de enlace de las proteínas de transporte (Rengel & Robinson, 1989).

Disponibilidad de nutrientes en función del pH:

El pH de la solución del suelo no solo condiciona la disponibilidad y solubilidad del aluminio, sino que también lo hace con el resto de los nutrientes del suelo, como lo son el nitrógeno, calcio, magnesio entre otros. Figura 5. Figura 6.

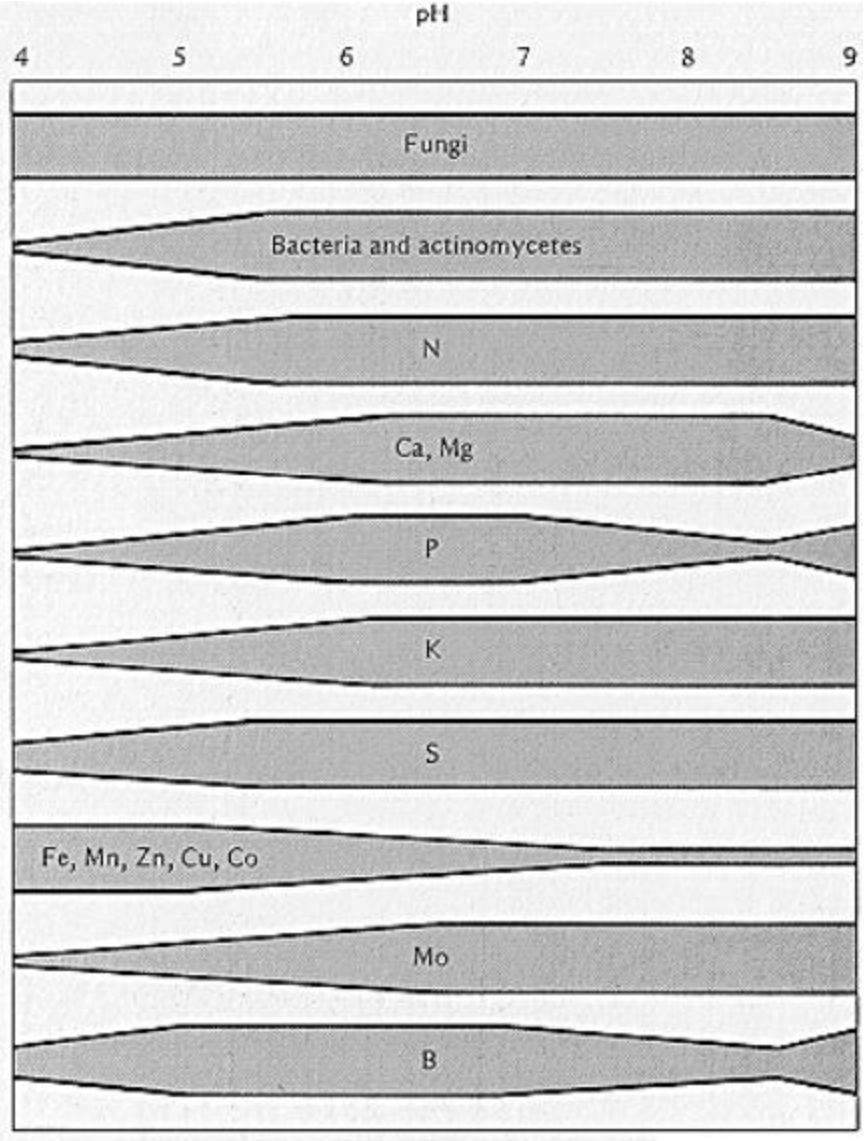

Figura 5. The nature properties of soils. Macmillan Pub. Nc.
Brady (1984)

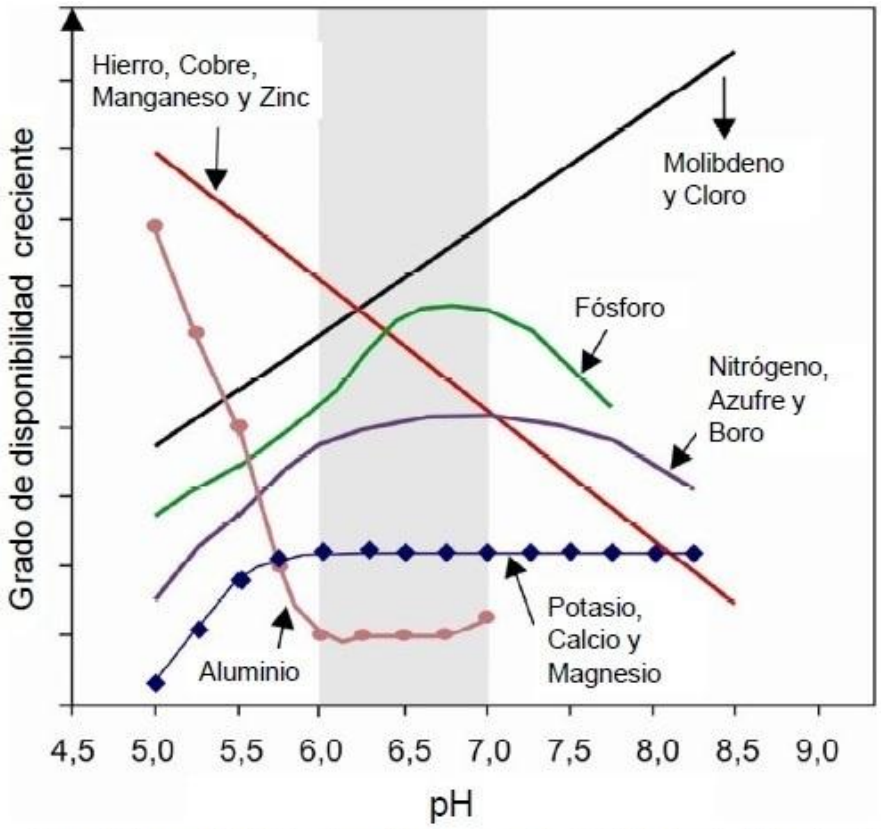

Figura 6. Disponibilidad de micronutrientes en función del pH del suelo. Malavotta *et al.* (1997)

MATERIALES Y MÉTODOS:

Para este trabajo nos hemos basado en una búsqueda bibliográfica en diferentes revistas científicas. La búsqueda estuvo orientada a publicaciones con temas referidos a los problemas que genera la acidificación de suelos. Siguiendo el objetivo de conocer y orientarnos en la temática “Acidez del suelo” desarrollamos, basándonos en citas de otros autores, las causas, consecuencias, disponibilidad de nutrientes y comportamientos generales del suelo que presentan este problema.

La publicación hallada en la revista Ciencias del Suelo de la AACS, vol. 28 N°2, Agosto/Diciembre. 2010: ***Efectos de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la región pampeana***; Guillermo Milan, et al. (2010), fue tenido en cuenta para realizar esta actividad. El mismo detalla la evaluación de la capacidad de intercambio catiónico y dotación de nutrientes básicos de algunos suelos ácidos del ambiente de la pradera pampeana, cuantifica el Al^{3+} de la solución interna y evalúa la incidencia de enmiendas básicas sobre el complejo de cambio. Los resultados obtenidos en este trabajo han afirmado sus hipótesis, corroborando un déficit de nutrientes básicos y un aumento de aluminio intercambiable por efecto de la disminución del pH, provocado por causas antrópicas.

EFECTOS DE LAS ENMIENDAS BÁSICAS SOBRE EL COMPLEJO DE CAMBIO EN ALGUNOS SUELOS ÁCIDOS DE LA REGIÓN PAMPEANA.

CONCLUSIÓN:

El valor del pH es un condicionante por excelencia, junto a la temperatura, humedad y otros factores, de las formas y disponibilidades de nutrientes y minerales constituyentes del suelo.

El aluminio como metal intercambiable, posee un rol muy activo en los procesos físicos y químicos que tienen lugar en el suelo, influyendo directa o indirectamente en el desarrollo de los cultivos, condicionándolos a lo largo de su crecimiento.

El suelo, no solo forma parte del soporte físico de las actividades agrícolas, sino que también es el medio que abastece y nutre a los cultivos, comportándose como un verdadero sustrato. En el mismo, se llevan a cabo procesos muy dinámicos que determinan su comportamiento y sus respuestas a las diferentes demandas.

La acidificación de suelos, de la mano de la agricultura, las continuas precipitaciones y la aplicación de los fertilizantes, es un fenómeno hasta el momento inevitable. La necesidad del aporte de nitrógeno al suelo, por medio de la fertilización, es un causante de acidificación adversa, debido a las particularidades químicas del nitrógeno en sus formulados. Este problema, deja un frente muy amplio de futuras soluciones y mejoramientos para reducir el impacto, siendo a nuestro parecer un compromiso interdisciplinario.

BIBLIOGRAFÍA:

Guillermo Millán; Mabel Vázquez; Antonino Terminiello & Diego Santos Sbuscio. 2010. **Efecto de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la Región Pampeana**. *Ciencia del Suelo vol.28 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires ago./dic. 2010.*

S.H. Chien, IFDC, M.M. Gearhart and D.J. Collamer Honeywell International.2001. **Efecto de diferentes fuentes de N amoniacal sobre la acidificación del suelo**. *Reporte de International Fertilizer Development Center (IFDC). Adaptado por Ing. Ftal. Ana Maria Lupi.*

Gustavo N. Ferraris. **Micronutrientes en cultivos extensivo. ¿Necesidad actual o tecnología para el futuro?.** *Desarrollo Rural INTA E.E.A. Pergamino, INTA Av Presidente Dr. A. Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino, Buenos Aires.*

Thomas B Kinraide. 1991. **Identity of the rhizotoxic aluminium species.** *Plant-soil interactions at low pH.*

Laura Antonela Iturri1,*; Daniel Eduardo Buschiazzo2 & Martín Díaz-Zorita . 2011. **Evidencias de acidificación de suelos de la región central de la Argentina bajo siembra directa**. *Ciencia Suelo vol. 29 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires ene./jul. 2011.*

Laura Antonela Iturri. 2015. **Evidencias de acidificación de suelos loéssicos agrícolas de argentina.** *TESIS DE DOCTOR EN AGRONOMÍA. Universidad Nacional del Sur.*

René Bernier V. & Marta Alfaro V. 2006. ***Acidez de los suelos y efectos del encalado****. Instituto de Investigación Agropecuaria. (INIA).Gob. de Chile.*

Ricardo Campillo R; & Angelica Sadzawka R*.* ***La acidificación de los suelos. Orig*****en y mecanismos involucrados.** *Centro Regional de Investigación INIA Carillanca. Centro Regional de Investigacion INIA La Platina.*

Raúl Zapata H. 2004. **Química de la acidez del suelo.** *Universidad nacional de Colombia. UNAL- Medellin 2004.*