

TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA ACIDEZ DEL SUELO

César Venegas V. (*)

Las plantas difieren en su capacidad de adaptación al medio donde se desarrollan, siendo esta una característica importante de selección de especies cultivadas, en áreas con limitantes a la producción (salinidad, acidez, clima, entre otros). La acidificación del suelo no es sólo un problema regional, sino que además se presenta en diversas áreas del mundo donde existen suelos ácidos (Figura 1).

El crecimiento y desarrollo de las especies en suelos ácidos se encuentra fuertemente condicionado por las características químicas que ellos presentan, como son: altos contenidos de aluminio (Al) intercambiable, manganeso (Mn) iones hidrógeno (H^+) y deficiencias de elementos esenciales como el fósforo (P), calcio (Ca), y magnesio (Mg), o por una combinación de ellos.

El exceso de aluminio en el suelo altera los procesos fisiológicos y bioquímicos del ciclo de desarrollo natural de las plantas, afectando su crecimiento y finalmente su producción. Entre los procesos que afecta está la interferencia en la división celular de las raíces y raicillas, y la alteración de la estructura de la membrana radical, que altera los procesos normales de absorción, utilización, y transporte de nutrientes y de agua.

MECANISMOS DE TOLERANCIA A LA ACIDEZ

El exacto mecanismo fisiológico por el cual ciertas plantas son capaces de tolerar suelos acidificados todavía esta en discusión. Sin embargo, numerosos investigadores han demostrado que existen importantes diferencias de tolerancia a la acidez entre las

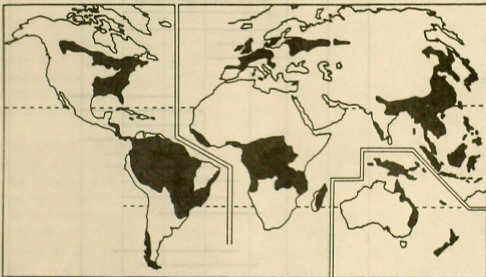


Figura 1. Principales áreas de suelos ácidos en el mundo.

(*) Ingeniero Agrónomo M.Sc.
 Profesor de Cereales Facultad de Ciencias
 Agropecuarias Universidad de La Frontera

ACIDIFICACION

especies cultivadas, y también dentro de las distintas variedades entre una misma especie. Esta información ha servido para determinar rangos de pH óptimos para el desarrollo de algunas especies (Figura 2).

Aparentemente esta cualidad es controlada por diferentes genes actuando a través de distintas vías. Existen diversas hipótesis que se han planteado, entre las que destacan las siguientes:

- Las plantas tolerantes evitan absorber el exceso de Al por las raíces o son capaces de detoxificarlo luego de que este ha sido absorbido.

- Las plantas o cultivares tolerantes tienen una mayor tasa de crecimiento radical, pudiendo entonces absorber mayores cantidades de agua y de nutrientes.

- Algunas especies tolerantes son capaces de aumentar el pH de la solución del suelo aledaño a las raíces (rizosfera) y de este modo, reducir la solubilidad y toxicidad del aluminio. En contraste, cultivares de la misma especie, pero sensibles, disminuyen el pH de la rizósfera y quedan expuestas a mayores niveles de aluminio por prolongados períodos.

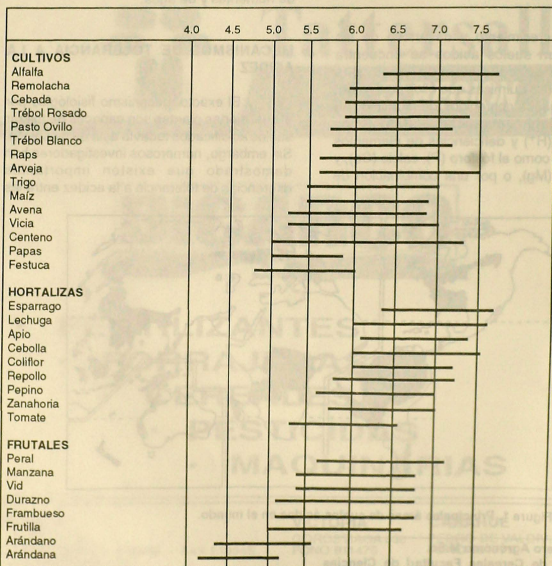


Figura 2: Rango de pH deseable para el cultivo de algunas especies de interés agrícola.

DIAGNOSTICO DE ACIDEZ DEL SUELO

El análisis de suelo es la herramienta indispensable para diagnosticar el nivel nutricional y de acidez de un suelo. Los parámetros de pH, suma de bases y porcentaje de saturación de aluminio son los que deben tomarse en cuenta para determinar cuando estos están limitando el desarrollo de las plantas y decidir cuáles prácticas de manejo que deben considerarse (fuente y dosis de enmienda, fuentes de fertilización, variedades resistentes, cultivo en la rotación).

Idealmente el resultado del análisis debería distinguir las formas en que el aluminio se encuentra en el suelo (tóxicas y no tóxicas). No obstante, en suelos acidificados, la forma más abundante corresponde a Al^{+3} que es la forma que presenta una mayor toxicidad a las especies vegetales. Aparentemente, este parece ser el factor principal que está limitando los rendimientos de los cultivos en los suelos volcánicos del la zona sur.

ACIDEZ DEL SUELO Y SU EFECTO EN TRIGO

El pH de suelo óptimo para el crecimiento y desarrollo del trigo se encuentra en el rango de 5.5 a 7.0, pero este rango puede variar de acuerdo a los distintos tipos de suelos, a la localidad, al tipo de variedad, y a las condiciones de manejo que sea sometida.

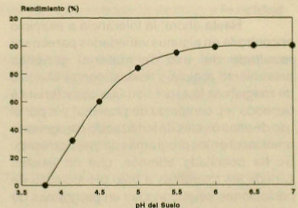
El rendimiento del trigo disminuye a medida que el pH se aleja de su rango óptimo (Figura 3). La progresiva disminución en los rendimientos en trigo resulta de efectos indirectos de la acidez propiamente tal. Es decir, que no son provocados por las altas concentraciones de H^+ que existen en los suelos ácidos, sino por el cambio en la solubilidad de diversos iones en el suelo cuando el pH es bajo, entre los más comunes están el aluminio, manganeso, boro, zinc, cobre. El aluminio no es un nutriente esencial para el crecimiento del trigo, pero si lo son el resto de los mencionados, los cuales a un bajo pH del

suelo pueden también inducir a una toxicidad si ellos están solubles en altas concentraciones en el suelo.

TOLERANCIA DEL TRIGO A LA TOXICIDAD POR ALUMINIO

Diferencias de tolerancia al Al entre distintos cultivares ha sido ampliamente estudiada y publicada, principalmente en el extranjero, sin aun identificar exactamente cuales son los mecanismos que provocan la llamada tolerancia diferencial al aluminio.

En el estado de Kansas, area de alta producción de trigo en Estados Unidos, solo eventualmente se detectaban suelos con bajo nivel de pH antes de la década de los años 70. Sin embargo, a inicios de los años 80, a pesar de incrementar la dosis de fertilización y cambiar continuamente de variedad, los



Oklahoma State University, 1988.

Figura 3. Efecto del pH del suelo en el rendimiento relativo (%) del trigo.

agricultores notaban que la disminución de sus rendimientos era progresiva. Un análisis los resultados de las muestras de suelos realizado por la Universidad de Kansas, demostró claramente el dramático aumento en el porcentaje de las suelos con valores de pH menores a 5.6 (éstos habían incrementado de un 4 a un 56%). En ensayos establecidos para evaluar la respuesta de 10 cultivares al encalado y su tolerancia acidez, con un suelo

de pH 4.7, todas las variedades aumentaron su rendimiento con la aplicación de cal (4.5 Tn/ha), con diferente eficiencia. Dos de las variedades mas sembradas (Newton y TAM 105) fueron extremadamente sensibles a bajo pH y se encontró buena tolerancia en Hawk y Bounty 203, de bajo porcentaje de siembra relativo.

Numerosos trabajos en este tópico se han desarrollado en países que presentan el problema de la acidez (Brasil, USA, Grecia, Australia, Kenia, entre otros). Por razones de tiempo y espacio, muchos de estos resultados se han logrado en condiciones controladas de laboratorio o invernadero, requiriéndose sin embargo su validación en el campo para completar la información final ajustada a cada variedad. No obstante, las favorables respuestas encontradas indican que en un futuro cercano se podrán identificar el o los mecanismos de resistencia que le confieren a los cultivares su mejor capacidad para crecer y desarrollarse en ambientes ácidos.

Hasta ahora, la tolerancia a aluminio encontrada en algunas variedades parece ser resultado del uso de material genético proveniente regiones ácidas, con el objetivo de magnificar la expresión una característica deseada (ej. contenido de proteína) y/o por el uso de altos niveles de fertilización nitrogenada amoniacal en los programas de mejoramiento. Se ha postulado además, que no existen variedades tolerantes a bajo pH-aluminio de poblaciones seleccionadas en programas de mejoramiento en suelos sin problemas de acidez.

Un simple método de campo para evaluar tolerancia a acidez (aluminio), ha desarrollado en Brasil el centro de investigaciones EMBRAPA. De acuerdo a este método, se relaciona el rendimiento en grano con el % de saturación de aluminio en la floración del trigo. Se necesita crear artificialmente un nivel de saturación de aluminio alto y uno bajo.

La tolerancia al aluminio (Al_t) se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$Al_t = \frac{\text{Rend. con \% Al Bajo} - \text{Rend. con \% Al Alto}}{\% \text{ Sat. Al testigo} - \% \text{ Sat Al suelo encalado}}$$

El rendimiento de los tratamientos con alto % de saturación de aluminio y el Al_t se grafican en el eje de las X e Y, respectivamente (Figura 4). Se calcula el promedio de rendimiento con el % de saturación de aluminio Alto y el promedio de Al_t para dividir el diagrama en gradientes representando cuatro categorías de cultivares descritas como:

1. **Tolerantes que Responden (TR):** cultivares que rinden bien en suelos con altos % de Sat de Al y responden a aplicación de enmiendas.
2. **Tolerantes que No Responden (TNR):** cultivares que producen bien con % de Sat. Al altos, pero que no responden a aplicación de enmiendas.
3. **Susceptibles que Responden (SR):** cultivares que rinden menos con % de Sat. Al altos, pero que responden a aplicación de enmiendas.
4. **Susceptibles que No Responden (SNR):** cultivares que rinden poco con % de Sat. Al altos y bajos.

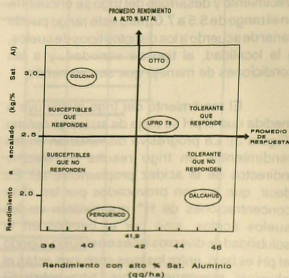


Figura 4. Clasificación de cultivares de trigo en función de su respuesta a acidez del Suelo.

Usando esta metodología se probaron trigos de hábito alternativo y primaveral, recomendados para la zona sur. Los ensayos corresponden a trabajos de tesis de grado de alumnos de la carrera de Agronomía de la Universidad de La Frontera. Se eligió un suelo que presentaba un nivel de acidez medio a alto, en la localidad de Los Laureles, Cunco. La siembra se realizó el 12 de Agosto de 1992. Para potenciar la acidez e incrementar los niveles de saturación de aluminio, se usó urea en la fertilización amoniacal y salitre sódico mas 3.000 kilos de Carbonato de Cal para mejorar el ambiente de acidez natural.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 1 y en la Figura 4, donde se observan importantes diferencias entre las variedades estudiadas.

En resumen, el problema de acidificación de los suelo se ha convertido en

un importante factor limitante de los rendimientos de los cultivos y que también se presenta y se incrementa peligrosamente en los suelos de origen volcánico del sur de Chile. Curiosamente, a pesar de las diferencias en suelos y en el tipo de agricultor en relación al caso de Kansas, USA, el origen del incremento de la acidificación resulta muy similar: uso intensivo de los suelos y «excesivas» dosis de nitrógeno sin un análisis de suelos que identifique que fuentes son las mas adecuadas para cada caso particular.

Finalmente, se puede concluir que la tolerancia varietal es una alternativa válida para enfrentar la acidificación de los suelos, sin embargo es claro que por si sola no solucionará el problemas en situaciones críticas, donde se requerirá un manejo integrado que involucre enmiendas, fuentes nitrogenadas no acidificantes y una rotación de cultivos adecuada.

Cuadro 1. Parámetros de acidez y clasificación de algunos cultivares de trigo a toxicidad por aluminio.

ACIDEZ Cultivar	RENDIMIENTO (kg/ha)		Respuesta a Encalado	Casifi- cación
	Bajo % Al	Alto % Al		
pH	5,86	5,33	(kg/% Al)	
% Sat. Al	4,78	13,14		
Otto BAER	6.911	4.199	3,24	TR
UFRO T-8	6.420	4.252	2,59	TR
Perquenco INIA	5.464	4.029	1,72	SNR
Dalcahue INIA	6.199	4.556	1,97	TNR
Colono BAER	6.402	3.895	3,01	SR

Fuente: Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de La Frontera