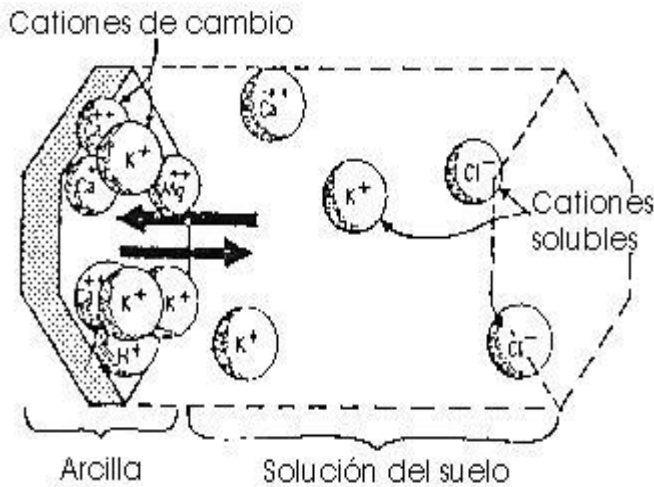


## EL ENCALADO DE SUELOS ÁCIDOS

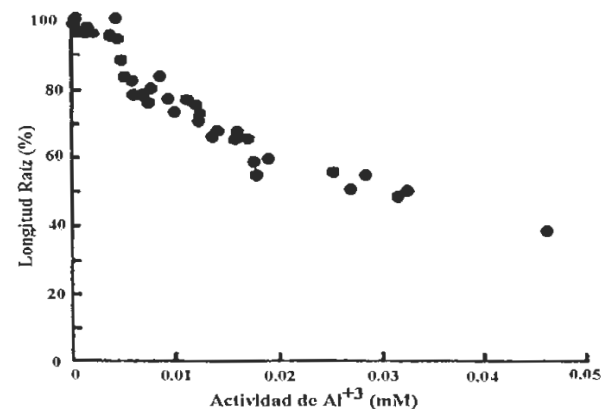


**Figura 1. Intercambio catiónico entre la solución del suelo y las arcillas (coloides).**

El suelo se compone de minerales, materia orgánica (restos vegetales y/o animales degradados o en proceso de degradación), agua y aire en cantidades variables según el manejo y tipo de suelo. Dentro de la composición orgánica y mineral del suelo, existen las arcillas, complejos orgánicos e hidróxidos, los cuales llamamos coloides. Los coloides son elementos del suelo encargados de realizar el intercambio iónico con las raíces de las plantas para la absorción de nutrientes (Figura 1). Los iones de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn) e hidrogeno (H) son conocidos como cationes intercambiables, y en conjunto constituyen la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo.

La acidez del suelo se ha relacionado con la concentración y actividad de los iones hidrógeno y aluminio en estos coloides del suelo. Los suelos ácidos presentan una pérdida de cationes básicos (Ca, Mg, K y Na) y una acumulación de cationes ácidos (Al e H). Los cationes ácidos, cuando son liberados a la solución del suelo, producen un aumento de la concentración de hidrógeno, disminuyendo el pH. En el caso del aluminio ( $Al^{3+}$ ), la disminución del pH ocurre porque el ion aluminio en solución acuosa tiende a hidrolizarse, es decir, a combinarse con agua liberando iones hidrógeno ( $H^+$ ).

El principal factor limitante en suelos ácidos, es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable. Altos niveles de saturación de aluminio reducen el crecimiento de las raíces (elongación) que se traduce en una menor absorción de agua y nutrientes, y en una segunda fase, este elemento obstaculiza la translocación de nutrientes a la parte aérea, principalmente fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Resultados obtenidos en investigaciones como la de Adams y Lund (1966), han confirmado que el aluminio en solución del suelo y en soluciones nutritivas inhibe el desarrollo de las raíces de las plantas (Figura 2) e influye directamente en el rendimiento de los cultivos.



**Figura 2. Efecto de la actividad del aluminio sobre la longitud de raíces de café (Pavan y Bingham, 1982).**

Las alternativas más comunes para el manejo de suelos ácidos son: la adición de cal al suelo, el manejo de variedades con resistencia a suelos ácidos, el manejo del suelo para mantener niveles adecuados de materia orgánica y nutrimentos, y una combinación de todas las alternativas mencionadas (Sánchez y Salinas, 1983).

En el proceso de encalado de suelos ácidos, la cal más utilizada es carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o también llamada cal agrícola o calcita. Sin embargo, existen otros materiales para aumentar el pH de los suelos ácidos como: óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), Hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), Yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y Dolomita ( $\text{Ca,MgCO}_3$ ). Normalmente la meta es elevar el pH a un valor determinado, pero muchas veces en los trópicos húmedos, la meta es reducir el porcentaje de saturación de aluminio a un valor satisfactorio dependiendo de la tolerancia al aluminio de cada cultivo (Sánchez, 1976).

El proceso de intercambio iónico durante el encalado comprende tres fases: a) Disociación de los componentes de la cal, formando iones calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e iones carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), b) Intercambio iónico de los iones calcio con los iones hidrógeno y aluminio de las arcillas, extrayendo estos y enviándolos a la solución del suelo, para finalmente; c) formar compuestos insolubles ( $\text{Al(OH)}_3$ ) y volátiles ( $\text{CO}_2$ ) que eliminan el aluminio y hidrogeno de la solución del suelo, elevando el valor de pH (Figura 3).



**Figura 3. Procesos químicos posteriores a la adición de cal en el suelo.**

La acidificación en los trópicos húmedos es más rápida debido a la lixiviación excesiva, y por ende, los costos de encalado son altos. Sin embargo, el no encalar los suelos con tendencia ácida puede provocar que la aplicación de fertilizantes de reacción ácida reduzca el pH del suelo a través de los años (Cuadro 1).

<b>Cuadro 1. Evolución del pH del suelo con el uso continuo de fertilizantes a través del tiempo (Modificado de Humbert, 1980)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Años</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>15</b>
	<b>pH del suelo</b>				
<b>Fertilizante de reacción ácida</b>	6.1	5.7	5.8	4.5	4.4
<b>Fertilizante de reacción básica</b>	6.1	6.5	6.9	6.5	6.6
<b>Fertilizante de reacción ácida + adición de cal (CaCO<sub>3</sub>)</b>	6.1	6.1	6.0	6.3	6.4

El muestreo de suelo rutinario es vital para conocer el ritmo de acidificación o alcalinización y así poder definir la frecuencia, tipo y cantidad de cal necesaria para cada suelo. Por ejemplo, en rotaciones con leguminosas, la cal debe aplicarse de 3-6 meses antes de la siembra en climas templados, especialmente en suelos muy ácidos. Un encalado pocos días antes de la siembra de alfalfa, a menudo produce resultados decepcionantes debido a que la cal no ha tenido tiempo para reaccionar con el suelo. Independientemente del cultivo a sembrar, la cal debe ser aplicada con suficiente anticipación a la siembra, para permitir la reacción de la cal con el suelo. Además, la cal nunca debe mezclarse con fertilizantes fosfatados, ya que mezclas de calcio con fósforo puede producir compuestos insolubles de fósforo lo que ocasiona severas deficiencias de este elemento en el cultivo.

#### **Fuentes:**

Adams, F. y Z. F. Lund. 1966. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Sci. 101:193-198.

Humbert R., P. 1980. El cultivo de la caña de azúcar. Edit. Continental. México, DF.

Pavan M., A. y T. Bingham F. 1982. Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. Soil Science Society of America Journal. 46:993-997.

Sánchez P., A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley, New York. 618 p.

Sánchez P., A. y Salinas, J. 1983. Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. SCCS. Bogotá, Colombia. 30 p.