

1. ¿Qué es la Cal Agrícola?

La cal que con mayor regularidad se utiliza en los cultivos agrícolas, es un polvo de color blanco grisáceo, completamente estable a la intemperie. Su manejo no requiere de protección especial. La cal normalmente se aplica al aire libre incorporándola de inmediato al suelo. Se obtiene de la trituración y cribado de rocas calcáreas y minerales tipo calcitas que contienen carbonato de calcio, cuya fórmula química es CaCO_3 .

A la calcita con frecuencia se le denomina "caliza". Es un sinónimo equivocado. La caliza es una roca más que un mineral. El nombre de calcita viene del latín *calx*, que significa cal viva. Es el mineral más estable que existe de carbonato de calcio. La llamada agua dura, es un agua encontrada en regiones ricas en calcita y que contiene una alta concentración de calcio. Si esta concentración es muy elevada, el agua no hace espuma en contacto con el jabón.

A la cal agrícola usual se le considera una enmienda o "material encalante", debido a que (si se aplica en la cantidad y forma apropiada) puede estabilizar los suelos ácidos en los niveles óptimos de pH que requiera un cierto cultivo. La cal proporciona al suelo elementos nutrientes como el calcio (Ca) y, en algunas ocasiones Magnesio, (Mg). Cuando la cal agrícola CaCO_3 contiene magnesio se le denomina cal dolomítica. La norma para que una cal pueda denominarse como "dolomítica", es que contenga un mínimo de 6% de Magnesio. La fórmula de la cal dolomítica es $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Si contiene tan solo de 1 a menos de 6% de Magnesio, el material se denomina calcítico.

2. Encalado de Suelos Ácidos

La aplicación de cal a terrenos ácidos se denomina en México "el encalado del suelo". Es una práctica agrícola sana. Cuando no se aplica cal a los terrenos en forma sistemática, los predios se van haciendo ácidos. El levantamiento de las cosechas y el lavado de la tierra, constantemente reemplazan los iones positivos de calcio y magnesio por iones de hidrógeno, que son los responsables de la acidez del suelo. El medio ambiente, así como las prácticas que se realizan para la obtención de cosechas, desde la fertilización hasta el arado, contribuyen a éste proceso. La acidez del suelo es la causante principal de la baja productividad de tierras destinadas a cultivos sensibles a la acidez. Se mencionan a continuación algunos de los principales factores que afectan la acidez del suelo:

El medio ambiente

Debido a la erosión (o "escurrimiento"), el calcio y el magnesio se van perdiendo por su remoción física, como resultado directo de dicha erosión del suelo.

Los procesos de filtración

El calcio y el magnesio, con frecuencia asociados al nitrógeno (NO_3), se filtran hacia las capas inferiores del terreno debido a la absorción del agua de lluvia.

La lluvia ácida

Los productos de combustibles fósiles provenientes de las industrias y de los vehículos automotores regresan a la tierra, con la lluvia, en forma de ácido nítrico y sulfúrico.

Las prácticas agrícolas

Las plantas hacen la tierra más ácida, pues toman el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) del suelo, lo cual provoca la acidez. Durante la descomposición de los residuos vegetales se forman ácidos orgánicos e inorgánicos. También las plantas desprenden hidrógeno (H^+) en la tierra, lo cual provoca acidez. La labranza profunda puede traer el sub-suelo ácido hacia la zona de raíces.

Los fertilizantes nitrogenados

La aplicación anual de fertilizantes y de compostas que contienen nitrógeno es esencial para obtener buenas cosechas. Sin embargo, estas aplicaciones promueven el desarrollo de condiciones ácidas en el suelo. La necesidad de neutralizar ésta acidez, implica el uso rutinario del encalado.

El método de Labranza

Los métodos de "labranza mínima" y de labranza cero favorecen un rápido desarrollo de condiciones muy ácidas en las capas superiores del suelo, ya que van promoviendo muy activamente la acumulación de fertilizante, plaguicidas y residuos vegetales en una zona concentrada o cerca de la superficie del terreno. La labranza convencional (arado, arado con discos, etc.) promueve un desarrollo más gradual de la acidez del suelo debido a los efectos de dilución por la incorporación más profunda de los residuos.



3. Parámetros de Calidad en Materiales para Encalado

Además del Carbonato de Calcio, existen otros materiales que pueden considerarse como "encalantes", es decir que pueden incrementar el pH del suelo. Los principales son los óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio. Para poder diferenciar la calidad de los diferentes productos comerciales que pueden servir para encalar terrenos, se utilizan en México diversos "Estándares de Calidad", siendo los principales:

...el contenido en % de calcio y de magnesio (% de Ca y % de Mg);

...el Valor Total de Neutralización (VTN),

...la Equivalencia con el Carbonato de Calcio (ECC),

...la Granulometría del producto

...el Valor Efectivo de Neutralización (VEN).

En ocasiones se agrega agua a calcitas y rocas calcáreas para mejorar las características de manejo de la cal ya triturada y cribada. El contenido final de humedad de la cal agrícola no afecta su coeficiente de eficiencia. Se recomienda sin embargo que éste contenido de humedad esté entre 4 y 5%, pues se ha comprobado que éstos valores mejoran la uniformidad de la distribución, reduciendo también el movimiento de las partículas muy finas, menores a 100 mallas.

4. Valor Total de Neutralización (VTN)

Este índice representa el porcentaje (%) del material que puede neutralizar la acidez del suelo. Se expresa como los "Equivalentes de Carbonato de Calcio (ECC)" del producto encalante. Ver Tabla 1.

Equivalentes de Carbonato de Calcio (ECC)

Este estándar compara los materiales encalantes contra el carbonato de calcio (CaCO_3) cuando es un producto químicamente puro. Algunos materiales tales como la cal hidratada o el óxido de calcio tienen un ECC mayor al 100%. El carbonato de magnesio puro (MgCO_3) neutraliza alrededor de 1.2 veces más acidez que el CaCO_3 , así que la cal dolomítica tendrá un ECC más alto que la cal agrícola estándar. (Calcita). Todos los materiales de encalado incluyen algún material inerte. Estos materiales no afectan el pH del suelo, aunque su incorporación reduce el ECC del material modificado con inertes cuando se le compara contra el material puro.

Cuadro 1

EQUIVALENTES DE CARBONATO DE CALCIO (ECC) PARA LOS MATERIALES ENCALANTES MÁS USUALES EN MEXICO		
Nombre Común	Fórmula Química	E.C.C
Cal Agrícola	CaCO ₃	100
Cal Dolomítica	CaMg(CO ₃) ₂	109
Oxido de calcio, cal viva.	CaO	179
Hidróxido de calcio, cal apagada.	Ca(OH) ₂	136

Considerando materiales 100% puros.

5. Granulometría y finura

La velocidad de reacción de un material de encalado está determinada por el tamaño de las partículas del material, es decir su "granulometría". El 100 % de las partículas de cal que pasen por un cedazo de malla 100, reaccionarán totalmente dentro del primer año de aplicación. Una cal agrícola donde solo el 60% del material pasa por una malla 20 y el resto es retenida en la malla 100, tardará hasta un año en reaccionar. El material que no pasa la malla 20, tendrá tiempos de reacción muy extensos. En otras palabras, el ECC debe ajustarse modificando la finura del material. Para poder determinar ésta finura se llevan a cabo los siguientes sencillos cálculos:

- Reste el % que pasa por el cedazo malla 100 del % que pasa por el cedazo malla 20 multiplique ésta diferencia por 0.60
- Agregue el % que pasa el cedazo malla 100 y divida la suma entre 100.
- Así, la finura de un material del cual 70 % pasa la malla 100 y 97 % pasa la malla 20 es: $\{97-70\} \times 0.60 + 70\}/100$. Finura = 0.86

6. El Valor efectivo de Neutralización (VEN)

El "VEN" es la fracción del "ECC" del material que va a reaccionar con la acidez del suelo durante el primer año de aplicación. EL VEN se calcula multiplicando el ECC del material encalante por su nivel de finura. Tomando el ejemplo anterior del cálculo de finura: un material encalante con un ECC de 90% y una finura de 0.86 tiene un Valor Efectivo de Neutralización – VEN, de $90 \times 0.86 = 77.4$.

7. Profundidad de penetración

Cuando se aplica la cal agrícola en forma superficial, tan solo se logrará modificar el pH ácido de las capas externas del suelo. Con el tiempo, la lluvia va gradualmente infiltrando el material a capas o estratos de suelo más profundos. Cuando la acidez del suelo afecta hasta capas muy profundas, o cuando las capas más profundas son ya significativamente más ácidas que las capas superficiales, es conveniente incorporar el material encalante, bien sea con arado o encaladora. Si en éste tipo de suelo se aplica la cal en forma muy superficial es más que probable que las raíces sensibles a la acidez del suelo lleguen a estar en contacto con los estratos ácidos, provocando severos síntomas de stress debido a deficiencia de calcio.

8. Los materiales encalantes

Cal Agrícola. Usualmente se extrae de minas de cal y en las "caleras" se muele y se pulveriza el mineral hasta alcanzar partículas con una finura tal que produzca un material comercialmente competitivo en cuanto a su Valor Efectivo de Neutralización (VEN). La cal agrícola normalmente contiene CaCO_3 con diversos porcentajes de impurezas. Como bien se señaló al inicio, algunos minerales contienen también Carbonato de Magnesio- MgCO_3 . La cal agrícola con menos de 6 % de Magnesio se denomina cal calcítica. Si contiene 6% o más de Magnesio se denomina cal dolomítica.

Óxido de Calcio. (También llamado Cal Viva). Es la cal agrícola expuesta a altas temperaturas para remover el dióxido de carbono. El Óxido de Calcio (CaO) es lo que resta después de éste proceso. El Óxido de Calcio puro tiene un ECC de 179 (Ver Cuadro). 1) siendo de reacción muy rápida. El Óxido de Magnesio (MgO) puede también estar presente en la cal viva, si es que ya había en el material mineral. ¡CUIDADO! La cal viva debe manejarse muy cuidadosamente ya que reacciona muy rápidamente con el agua, desprendiendo volúmenes importantes de calor para crear la cal hidratada.

Esta reacción, muy exotérmica, puede producir quemaduras severas o dañar semillas y/o plantas. La reacción del óxido con el agua produce el hidróxido de calcio.

Hidróxido de calcio o cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Es un material cáustico que puede fácilmente quemar plantas ya establecidas. El hidróxido de calcio finamente molido puede tener valores de ECC de 120 a 136. Si se aplica en demasía puede fácilmente alcalinizar en exceso los suelos ácidos. Físicamente es un polvo que actúa también muy rápidamente.

9. El volumen de encalado

Este volumen se determina en los Laboratorios A-L de México, midiendo el pH del suelo y (si se obtiene un pH ácido) midiendo enseguida el pH tampón, o pH de amortiguación (conocido en inglés como "pH Buffer"). La solución amortiguadora mide el total de hidrógeno y aluminio soluble e intercambiable. El valor del pH del suelo considerado individualmente no es suficiente para determinar el volumen de encalado. Un suelo arcilloso puede requerir hasta tres veces más de cal agrícola que un suelo arenoso, teniendo ambos el mismo pH en la suspensión acuosa del suelo.

10. Compendio (Y otros factores a considerar)

Los cuatro principales factores que afectan la neutralización efectiva del suelo mediante aplicaciones de cal agrícola, son: (1) la cantidad de cal aplicada; (2) la pureza de la cal (comparada con el carbonato de calcio puro), y expresada como los equivalentes de carbonato de calcio-ECC ; (3) la finura de la molienda, es decir la distribución de la partículas de cal ; (4) el grado de incorporación, es decir de penetración en el suelo.

En nuestros análisis de fertilidad del suelo, se hacen recomendaciones de encalado basándose el pH del suelo (acidez activa) e indicaciones sobre la textura del suelo, o capacidad de amortiguamiento (capacidad buffer), la cual mide la resistencia al cambio en el pH del suelo. Usualmente se considera que la cal agrícola tiene un ECC de, por lo menos, 80-90% y una excelente finura en el molido. (Donde una amplia mayoría de partículas pasan el cedazo de 50-60 mallas).

La velocidad de reacción, o sea la velocidad de disolución de las partículas de cal agrícola, se incrementa conforme disminuye el tamaño. Por ejemplo, después de 3 a 4 años, las partículas de cal mayores de 10 a 15 mallas (alrededor de 1 a 1.7 milímetros de diámetro) habrán tenido muy poca disolución, mientras que la mayoría de las partículas pequeñas (menores a 50-60 mallas) habrán ya reaccionado, para neutralizar la acidez del suelo. Las partículas más grandes pueden requerir tiempos dos o más veces mayores para reaccionar que las partículas más pequeñas, asumiendo que su pureza o ECC es la misma.

Conforme los suelos se van haciendo más ácidos, se observa un cambio dramático en la disponibilidad de los nutrientes esenciales para el desarrollo equilibrado de los cultivos. El fósforo (P) tiene su máxima disponibilidad cuando el pH del suelo es de 6.5. Si el pH del terreno se reduce de 6.5 a 5.5, la disponibilidad del fósforo se reduce en un 50 %. En forma similar , éstos bajos niveles de pH afectan la absorción de Calcio y de Molibdeno en algunos cultivos. En cambio el cobre, hierro, boro y zinc se vuelven más disponibles con un valor menor de pH. Si el pH alcanza valores menores a 5.5 la disponibilidad de manganeso y aluminio se eleva a valores muy tóxicos. Frecuentemente, el añadir fósforo (P₂O₅), junto con

la cal agrícola, da por resultado un mayor rendimiento final que si se realiza el encalado tan solo con incorporación de carbonato de calcio.

La bacteria que convierte el nitrógeno amoniacal a la forma de nitrato (N-NO₃) funciona mejor en terrenos con pH arriba de 6.0. Al bajar el pH a valores menores de 6.0 se disminuye la actividad de estas bacterias y de otros hongos benéficos. Los bajos valores de pH afectan también la actividad de las bacterias que fijan el nitrógeno del aire y que viven en simbiosis con las leguminosas. Muchos hongos dañinos son más activos en suelos ácidos. El encalado de suelos con pH mayores a 6.5 puede ser a menudo muy dañino para los cultivos, probablemente debido en parte a la reducción en la disponibilidad de los micronutrientes esenciales.

Se ha ya comprobado que los niveles tóxicos de aluminio (Al) en suelo pueden ser casi totalmente eliminados elevando el pH a niveles mayores de 5.5; usualmente a valores promedio de 6.5, dependiendo del cultivo. Estos valores óptimos de pH ubicados alrededor de 6.5 contribuyen también a elevar los rendimientos finales de los cultivos, ya que se genera un incremento en la actividad de las bacterias que benefician a la fertilización con nitrógeno, molibdeno y otros nutrientes.

Referencias

- 1.Manual de Agronomía, Laboratorios A-L de México
- 1.Nature and Cause of Soil Acidity
<https://content.ces.ncsu.edu/soil-acidity-and-liming-for-agricultural-soils>
- 1."Agricultura Razonada" Laboratorios A-L de México.



LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

44550 Guadalajara, Jalisco.

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925.

Información adicional: kcalderon@allabs.com. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria.

VALORAMOS LA LIBERTAD DE INFORMACIÓN.

ESTE ARTÍCULO ES GRATUITO Y PUEDE SER REPRODUCIDO SIN NINGUNA LIMITANTE.