



RECUPERACIÓN DE SUELOS ÁCIDOS EN LA PATAGONIA

Christian Hepp

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INFORMATIVO N° 32



Proyecto apoyado por



INTRODUCCIÓN

La región de Aysén tiene distintas zonas agroclimáticas, las que presentan diferencias en su régimen de temperaturas y precipitaciones. Así, en las zonas occidentales, más cercanas al litoral, la pluviometría es alta (>2.000 mm y hasta sobre 4.000 mm en sectores) y normalmente no se registran meses secos en el año. En esta zona Húmeda se encuentran suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), los que se diferencian de aquellos de zonas más orientales (zona Intermedia) especialmente por su condición de acidez.

Cuando la acidez del suelo se va incrementando (pH del suelo baja), empiezan a ocurrir diferentes fenómenos que van afectando el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. En estas circunstancias, es posible recurrir a medidas correctivas de la acidez del suelo, particularmente el “encalado”.

LA ACIDEZ DEL SUELO

En el suelo existen diferentes elementos químicos, muchos de ellos necesarios para la nutrición mineral de las plantas. Entre estos nutrientes, se tiene a los denominados cationes (iones positivos) básicos, que son el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na). Estos elementos se encuentran ligados a las arcillas y algunas partículas orgánicas (humus). En un suelo “sano”, estos cationes están en relativa abundancia y componen lo que se conoce como la “suma de bases” ($SB=Ca+Mg+K+Na$). Estos se determinan en un análisis de suelo que entrega la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC).

En climas muy lluviosos, se produce generalmente bastante lixiviación, que es el “lavado” del perfil del suelo, y que arrastra en parte estos cationes básicos en profundidad. De esta forma, el suelo se va empobreciendo en cuanto a los cationes básicos. Los espacios que ocupaban estos cationes básicos empiezan entonces a ser reemplazados por otros componentes químicos en el suelo, que son los cationes ácidos, particularmente hidrógeno (H^+) y especialmente aluminio (Al^{+++}). Este último es tóxico para las raíces de las plantas y debe ser neutralizado si se quiere tener cultivos o praderas que puedan crecer adecuadamente en este medio.

La presencia de aluminio intercambiable en el suelo se detecta

también por análisis de éste, al determinarse la CIC “efectiva” (CICe = SB+Al). El mejor indicador de la acidez en el suelo y su efecto sobre las plantas lo determinará la proporción de aluminio que hay en la CIC efectiva. Ello se conoce como la “saturación de aluminio” del suelo (sat Al = Al/CICe). En cada caso, se expresa la concentración de cada catión en centimoles (+) por kg, o cmol (+)/kg.

Suelos con alta saturación de aluminio (generalmente sobre 5%) presentarán limitaciones en forma creciente para el desarrollo vegetal normal. Existen especies con diferentes grados de tolerancia a la acidez, que es también un factor a considerar (Cuadro 1).

Junto con afectarse el desarrollo radicular, la acidez afecta la disponibilidad y absorción de nutrientes y su movilidad. Por ejemplo, con mayores niveles de acidez, el fósforo del suelo se encuentra menos disponible, ya que tiende a ser fijado por algunos metales, como el aluminio, hierro o manganeso, los que forman compuestos del tipo fosfatos insolubles. También se limita la actividad microbiana del suelo (se resiente la fijación biológica de nitrógeno) y la presencia de otros organismos, como las lombrices de tierra.

EL PH DEL SUELO

El pH es un indicador muy práctico, barato y fácil de determinar en los suelos y es un buen índice de lo que puede estar ocurriendo en el suelo. Sin embargo, hay que tener presente que es la presencia de cationes tóxicos los que desencadenan los problemas ligados a la acidez para las plantas.

El pH mide la concentración de iones hidrógeno (y su actividad en el suelo) y se expresa en una escala que va de 0 a 14, desde extremadamente ácido a extremadamente alcalino. El punto central, pH=7 corresponde a la neutralidad. En suelos, se utiliza la clasificación que se resume en el cuadro 2.

El cuadro 2 muestra el rango en que normalmente se encontrarán los suelos en la región de Aysén. Normalmente el pH se expresa en términos de “pH al agua”, aunque también puede determinarse en otras soluciones, como el cloruro de calcio (acidez potencial).

ACIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Es importante mencionar, que la acidificación de los suelos puede ser un proceso natural o bien puede también ser inducido por el hombre. Al respecto, por ejemplo, hay procesos que implican la liberación de iones H+ en la solución del suelo, como es el caso de la nitrificación. Esta es la transformación de amonio en nitrato,

un proceso de oxidación que libera protones y así influye sobre el pH de éste. Fenómenos naturales como la fijación de nitrógeno y la mineralización de azufre pueden entonces también generar acidez en el suelo. La misma absorción de nutrientes por parte de las raíces tiende a acidificar el suelo, como también los fenómenos de lixiviación (“lavado”), que ocurren al moverse el agua en el suelo por efecto gravitacional (gravedad).

Por otra parte, el uso de ciertos fertilizantes también genera aumento de acidez. Es el caso de fertilizantes amoniacales, como el fosfato diamónico, fosfato monoamónico, la urea, el azufre elemental, y otros. Todos ellos se exponen a procesos de oxidación

ESPECIES	SATURACION DE AL %	SENSIBILIDAD
ALFALFA	1 - 5	ALTAMENTE SENSIBLES
CEBADA		
RAPS	5 - 10	SENSIBLES
TRIGO		
LUPINO	10 - 20	MODERADAMENTE TOLERANTES
AVENA		
T. BLANCO		
FESTUCA		
BALLICA		
TRITICALE	20 - 30	ALTAMENTE TOLERANTES
CENTENO		
PASTO OVILLO		

CUADRO 1. Sensibilidad de especies vegetales a la acidez.

Rango de pH		Categoría de pH	Respuesta al encalado
pH agua	pH CaCl2		
< 5.0	< 4.3	Muy fuertemente ácido	Alta a muy alta
5.1 - 5.5	4.4 - 4.8	Fuertemente ácido	Media a alta
5.6 - 6.0	4.9 - 5.3	Moderadamente ácido	Baja a media
> 6.0	> 5.3	Ligeramente ácido	Nula a muy baja

CUADRO 2. Rangos de valores de pH en los suelos.

que van a influir en bajas del pH y aumento de la acidez. En todos ellos es posible neutralizar dicha acidez mediante el uso paralelo de, por ejemplo, carbonato de calcio.

ENCALADO DE SUELOS

Cuando la acidez del suelo empieza a ser un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas, se deben tomar medidas correctivas. La forma habitual de hacerlo es mediante la incorporación de sustancias alcalinizantes en el suelo. El producto que se utiliza más frecuentemente es el carbonato de calcio, comúnmente conocido como “cal”.

Mediante la aplicación de cal, se busca revertir la acidez del suelo, aumentando el valor de pH. Ello va acompañado de aumentos en los niveles de calcio intercambiable, una reducción de aluminio soluble y de otros metales, obteniéndose un efecto positivo sobre la solubilidad y disponibilidad del fósforo y molibdeno. Todo ello redundará en favorecer la actividad biológica general del suelo y procesos que dependen de ésta, como la fijación simbiótica de nitrógeno.

Cuando el suelo se acidifica, el hidrógeno y aluminio han desplazado a los cationes básicos, especialmente el calcio (que es el más numeroso). Al aplicar carbonato de calcio, este se disocia en la solución del suelo. En esta reacción, el calcio se une a iones hidrógeno y se forma también hidróxido de calcio. Los aniones hidroxilo (OH-) procedentes del hidróxido de calcio reaccionan con aluminio, formándose hidróxido de aluminio, el cual es insoluble y precipita. De esta forma se ha inmovilizado el aluminio y se incorpora calcio (y eventualmente magnesio) en los sitios que ocupaban los cationes ácidos en arcillas y humus.

A pesar de que el producto más ampliamente utilizado en encalado en agricultura es el carbonato de calcio, existen también otras alternativas, como las que se mencionan en el cuadro 3.

El óxido de calcio (cal viva) e hidróxido de calcio (cal apagada) son productos que reaccionan muy rápido en el suelo y pueden usarse si se requiere modificar rápido el pH del suelo, sin embargo, son de más difícil manejo en terreno y tienden a apilonarse y endurecerse rápido en contacto con la humedad. En general no se recomienda su uso. Los carbonatos de calcio y de magnesio son más fáciles de manejar, aunque su acción es mucho más lenta. La cal dolomítica se recomienda cuando se tiene suelos pobres en magnesio, de modo de aportar también este elemento.

En la región de Aysén el INIA ha evaluado suelos en diferentes zonas agroclimáticas y los resultados preliminares (de un número muy reducido de muestras) respecto de la condición de acidez y su posible corrección, se muestran en el cuadro 4.

TIPO DE CAL	NOMBRE	FÓRMULA	% CA	PODER ENCALANTE RELATIVO A CaCO ₃
Carbonato de calcio	Cal calcítica	CaCO ₃	40	100
Carbonato de Ca y Mg	Cal dolomítica	(Ca,Mg)CO ₃	22	109
Hidróxido de Ca	Cal apagada	Ca(OH) ₂	54	136
Óxido de calcio	Cal viva	CaO	71	179

CUADRO 3. Tipos de productos encalantes.

Sitio	pH al agua	REQUERIMIENTO DE ENCALADO	CAPACIDAD TAMPÓN DE pH
Zona Intermedia	5,70	0,64	0,74
Zona Húmeda	5,38	2,89	0,88
Zona Húmeda Sur	5,16	3,30	0,49
Zona Intermedia Sur	5,40	3,07	0,69
Zona Estepa	5,64	0,93	0,70

CUADRO 4. Capacidad tampón de pH promedio en suelos de diferentes zonas agroclimáticas de Aysén. Fuente: C.Hepp, INIA.

La capacidad tampón de pH se define en este caso como la cantidad de carbonato de calcio (t/ha) que es necesario aplicar al suelo, para subir en una décima el valor de pH (en los primeros 20 cm del suelo). Por ejemplo, en la Zona Húmeda se requeriría aplicar 0,88 t de CaCO₃ por cada décima de pH que se desea corregir.

En el mismo cuadro se presenta el “requerimiento de encalado”, que corresponde a la cantidad de cal que es necesario aplicar para subir el pH promedio de los suelos estudiados en cada zona, para alcanzar un pH de 5,8 en los primeros 20 cm del suelo. El pH 5,8 puede ser un buen objetivo a alcanzar en suelos con problemas de acidez, ya que la mayoría de las plantas podrán desarrollarse normalmente en dichas condiciones.

Mediante la determinación de pH al agua, que se obtiene del análisis de suelo, es posible entonces calcular los requerimientos de cal para alcanzar un objetivo determinado en un sector en particular. Debe hacerse hincapié que es necesario ampliar la base de información para poder hacer recomendaciones más precisas.

Mientras a través del pH del suelo es posible determinar los

requerimientos de encalado, la saturación de aluminio del suelo dará un índice de los niveles de toxicidad que es factible esperar en una condición determinada.

ALGUNOS FACTORES EN LA APLICACIÓN DE CAL

Hay algunos factores que influyen en la eficiencia en el uso de la cal en suelos, como su pureza (% de calcio), la forma química que se use (tipo de cal), el tamaño de partículas y el poder neutralizante que tenga. En el cuadro 3 se muestra el poder encalante, considerado en relación al de la cal calcítica.

El tamaño de las partículas de la cal aplicada será determinante en la velocidad de reacción.

A menor tamaño de partículas (mallaje), hay más superficie de exposición de la cal al suelo. El mallaje (mesh) de la cal determina su reactividad y si éste es superior a mesh 60, se considera de alta reactividad y el periodo de acción puede ser de 2-6 meses, dependiendo de la proporción de la cal que corresponde a esta finura. La cal de mallaje más fino tiende a ser más cara, pero es mucho más efectiva. La reactividad de la cal está por lo tanto relacionada a cuán rápido las partículas entran en contacto con la humedad del suelo y pueden solubilizarse lentamente.

Un factor central será que el suelo debe estar húmedo. En general, se recomendará aplicar cal con suficiente antelación a la siembra, para que ya se haya producido corrección de la acidez del suelo. También será mucho más efectivo si la cal se incorpora en el suelo, antes del último rastraje, quedando así en mejor contacto con éste. En el caso de praderas establecidas, la cal se aplica en cobertera, lo que es menos efectivo y tiende a tener un menor efecto en profundidad.

UNA EXPERIENCIA REGIONAL

En la Zona Húmeda de Aysén el INIA realizó una experiencia para evaluar el uso de cal agrícola (carbonato de calcio) en dos años sucesivos. Se aplicó en cobertera (sobre la superficie del suelo) sobre una pradera naturalizada mejorada, con el objetivo de corregir la acidez del suelo. Se usaron tres niveles de encalado (1, 2 y 4 t cal/ha), además de un testigo o referente sin aplicación de cal.

En el cuadro 5 se observa que el pH inicial del suelo es de 5,1, es decir un suelo fuertemente ácido, que además presenta una saturación de aluminio muy alta, de alrededor de 20% el año 1. Se aprecia que al final del primer año sólo hay efectos de encalado con la dosis mayor (4 t/ha), en que el pH subió a 5,5. Sin embargo, con dosis menores se observó una disminución de la saturación

t cal/ ha/año	pH		Ca (cmol/kg)		% saturación Al	
	año 1	año2	año 1	año2	año 1	año2
0	5,1	5,1	2,35	3,03	20,3	10,7
1	5,1	5,4	4,23	7,49	11	2,8
2	5,2	6,0	5,37	17,56	7,3	0,2
4	5,5	6,4	10,45	28,52	1,3	0,02

CUADRO 5. Respuesta en el suelo a la aplicación de diferentes dosis de cal (carbonato de calcio). Zona Húmeda de Aysén. Fuente: C.Hepp, INIA.

de aluminio ya el primer año. Una nueva aplicación al segundo año corrigió (a pH 6) la acidez al aplicarse 2 t adicionales por ha y con una reducción sustancial de la saturación de aluminio.

MÉTODOS DE APLICACIÓN

La cal es un producto polvoriento y fino, por lo que su aplicación puede dificultarse en condiciones ventosas. Como se usa en cantidades apreciables por unidad de superficie, su aplicación manual puede ser bastante laboriosa. Por ello se suelen usar máquinas encaladoras, que depositan la cal sobre el suelo, para luego ser incorporada mediante rastra, si el suelo está cultivado. Otra opción de aplicación es la tolva de fertilización o mediante camiones especialmente diseñados, en el caso de superficies muy grandes.



Año 2019 INFORMATIVO N° 32