

# AGRICULTURA DE PRECISIÓN: SU APLICACIÓN PARA LA FERTILIZACIÓN DURANTE LA SIEMBRA, ESTABLECIMIENTO, MANTENIMIENTO, UTILIZACIÓN Y RENOVACIÓN DE PASTURAS EN SUELOS ÁCIDOS DE AMÉRICA TROPICAL

Raúl Botero Botero MVZ; MSc

## INTRODUCCIÓN

Las gramíneas forrajeras, dominantes en la alta proporción de pasturas nativas existentes en los suelos ácidos de América Tropical, se mantienen en equilibrio con las condiciones edafoclimáticas adversas imperantes en los agroecosistemas marginales bajo utilización en ganadería extensiva. Esto hace que su producción de forraje sea baja y estacional, al igual que su calidad nutritiva sea modesta y que respondan poco o nada a la fertilización con insumos aplicados. Por ello, su capacidad de carga animal y productividad son bajas.

La demanda hacia un mayor consumo de carne y de leche, por la creciente población humana de América Tropical, y la apertura económica del mercado mundial, están forzando hacia la intensificación de la producción animal regional. Esta intensificación deberá apoyarse en una producción orientada hacia el mercado, mayor calidad, ausencia de residuos tóxicos, presentación variada y precios competitivos de los productos de origen animal. Simultáneamente, esta intensificación no deberá afectar el frágil equilibrio de los ecosistemas tropicales y deberá reducir la presión de deforestación (Botero, 1994).

Debido al manejo inapropiado, tanto de las pasturas nativas como de especies forrajeras introducidas, se estima que, al menos, la mitad del área en pasturas, existente actualmente en América Tropical, se encuentra degradada (CIAT, 1995). Su degradación se manifiesta por la reducción severa en la capacidad de infiltración del agua lluvia, debida a la compactación excesiva de la superficie del suelo. Esta situación favorece la erosión hídrica laminar, motiva una alta invasión de malezas, gracias al bajo vigor y cobertura de las especies forrajeras deseables. Todo esto reduce la capacidad de carga, su productividad y la persistencia productiva estable de dichas pasturas.

Por tales razones, es necesario complementar las pasturas nativas con pasturas de especies introducidas adaptadas, que permitan la producción de mayor cantidad y calidad de forraje, carne, leche, madera, leña, granos y/o frutos en la misma área. Esto se logra mediante la utilización integrada de especies forrajeras herbáceas, arbustivas arbóreas, bambúes y palmas adaptadas, su establecimiento y renovación a través de cultivos, la utilización racional de fertilizantes químicos mezclados con abonos orgánicos, el control de arvences y la labranza de descompactación, además del manejo apropiado del pastoreo y de la suplementación animal con recursos tropicales, que permitan obtener rentabilidad de la alta inversión que demanda la empresa ganadera (Botero, 1996).

Este escrito pretende adiestrar a los ganaderos y profesionales agropecuarios para realizar una interpretación idónea de los análisis de suelo y foliares, con el fin de que logren, por si mismos, definir las fertilizaciones de establecimiento, mantenimiento y renovación oportuna, racional, eficiente y económica de las pasturas tropicales.

## **CONTENIDO Y RECICLAJE DE MINERALES EN EL SUELO**

El suelo es un depósito de macro y de microelementos minerales que le son aportados por la roca madre; por las lluvias, cuyas aguas precipitan humo, cenizas y algunos compuestos inorgánicos que forman parte del aire en la atmósfera (nitrógeno, carbono, azufre, etc.); por el reciclaje de los minerales contenidos en la materia orgánica, aportada por el material muerto del follaje y raíces de las plantas; por la eliminación, en las excretas, de los nutrimentos minerales no absorbidos por el organismo animal, por los microorganismos, insectos y demás organismos vivos del suelo, por las aguas de riego y por los insumos aplicados como abonos orgánicos y/o como fertilizantes químicos. En la explotación intensiva de pasturas, el costo mayor de mantenimiento lo constituye la fertilización que debe aplicarse a las pasturas bajo pastoreo o bajo corte. Las cantidades de nutrimentos minerales que requieren las pasturas bajo pastoreo son menores, comparadas con las cantidades necesarias en las pasturas bajo corte. En pastoreo se produce menor cantidad de forraje (hasta 40% menos), puesto que los intervalos entre pastoreos son más cortos (25 a 45 días), comparados con los intervalos entre cortes manuales o mecánicos (45 a 60 días) (Vicente-Chandler, et al.,1983). Además, en el pastoreo se devuelven una alta cantidad de nutrimentos minerales al suelo. Alrededor del 80% del nitrógeno, fósforo, potasio y calcio contenidos en el forraje consumido por el ganado, se devuelven al suelo en las heces y orina (excretas). Una vaca adulta (400 kg de peso vivo) elimina diariamente entre el 6 al 7% de su peso en heces frescas; esto equivale a un promedio de 26 kg/día o hasta 10 toneladas/año. Elimina, además, diariamente entre el 2,5% y el 3% de su peso vivo en orina (10 a 12 litros).

Las excretas eliminadas anualmente por un bovino adulto en pastoreo, contienen un total aproximado de 60 kg de nitrógeno (N); 5 kg de fósforo (P)

y 50 kg de potasio (K) (Vicente-Chandler, et al., 1983). Esta cantidad considerable de nutrientes minerales, que se devuelven al suelo, indica que las pasturas bajo pastoreo requieren de una menor cantidad de fertilizantes aplicados. Sin embargo, los animales en pasturas bajo pastoreo extensivo no son eficientes para mantener la fertilidad del suelo. Esto se debe primordialmente a la inadecuada distribución de las excretas, al depositarlas en gran concentración en áreas reducidas, lo cual resulta en pérdidas considerables de algunos nutrientes minerales, especialmente por volatilización y por lavado. En el caso del pastoreo rotacional intensivo -tipo Voisin- en divisiones pequeñas y con áreas iguales, con cerca electrificada, períodos cortos de ocupación (horas, 1/2 a 1 día) y de descanso (45 a 60 días), la distribución de las excretas, a mediano plazo, es prácticamente uniforme, aportando al suelo hasta el 80% de los nutrientes minerales y toda la materia orgánica contenidos en las excretas. Con base en la remoción y el reciclaje de nutrientes minerales, se dice que las pasturas bajo pastoreo semi-intensivo e intensivo requieren la aplicación de solamente entre el 20 al 50% del fertilizante que necesitarían, esas mismas pasturas, utilizadas bajo corte mecánico (Vicente-Chandler, et al., 1983).

### **Oferta y consumo de forraje por el ganado y capacidad de carga de diversas pasturas bajo pastoreo**

Si los bovinos son alimentados exclusivamente en pastoreo, el consumo diario de materia seca (M.S) de forraje, debe ser de entre el 2,5 al 3% de su peso vivo.

Una unidad animal (U.A) cuyo peso vivo se asume como 400 kg, deberá **consumir** hasta 12 kg/día de M.S de forraje, equivalentes a 60 kg/día de forraje verde (F.V), con un 20% de materia seca o bien 4380 kg de M.S/U.A/año, equivalentes a 22 toneladas de F.V/U.A/año. Los animales seleccionan el forraje comestible de la pastura, pues no consumen todo el forraje existente (Ej.: hojas, espigas y tallos sobremaduros o el forraje que ha sido tumbado, pisoteado, embarrado, defecado y orinado por ellos mismos durante el pastoreo y el descanso). Se asume entonces que la **oferta** en M.S. debe ser mínimo de entre el 4% al 5% del peso vivo, equivalente a entre 16 a 20 kg de M.S. de forraje por U.A/día; 5840 a 7300 kg de M.S/U.A/año, o bien entre 29 a 36 toneladas de F.V/U.A/año.

Las pasturas de gramíneas forrajeras nativas o naturalizadas, existentes en suelos ácidos marginales y bajo manejo extensivo (pastoreo continuo, cero fertilización y riego exclusivo por lluvias estacionales), producen entre 2 a 6 toneladas de M.S/ha/año. Por tal motivo soportan cargas animales de entre 0,20 a 1,0 U.A/ha/año.

Las pasturas de gramíneas introducidas, establecidas en suelos ácidos marginales y bajo manejo semiintensivo (pastoreo continuo y alterno, fertilización ocasional, sin riego), producen entre 8 a 15 toneladas de M.S/ha/año. Por tal razón soportan cargas animales de entre 1,0 a 2,0 U.A/ha/año.

Las pasturas de gramíneas introducidas establecidas en suelos de mediana a alta fertilidad natural y bajo manejo intensivo (pastoreo rotacional intensivo,

alta y adecuada fertilización, descompactación oportuna del suelo y riego estacional requerido), producen entre 25 a 50 toneladas de M.S/ha/año. Por tal razón soportan cargas animales de entre 4,0 hasta 6,0 U.A/ha/año.

### **Pérdida de minerales en el suelo**

Una cantidad variable de minerales, dependiendo de la textura y estructura del suelo, de la precipitación y de la radiación solar, se pierden por lavado o lixiviación, fijación por arcillas del suelo, erosión hídrica y eólica laminares, así como por volatilización.

En el caso específico del nitrógeno aplicado, por ejemplo, una parte de este se disuelve en el agua contenida en el suelo y se puede perder por lavado hacia capas profundas del suelo, donde los nitratos pueden contaminar fuentes de agua subterránea, puesto que no alcanzan a ser absorbidos por las raíces de las plantas, o también se puede volatilizar hacia la atmósfera.

La quema, tradicionalmente usada como herramienta de manejo de pasturas en los sistemas extensivos de producción ganadera en el trópico, volatiliza cantidades variables de nitrógeno, azufre y selenio hacia la atmósfera y reduce el contenido de materia orgánica del suelo (Anderson y Pressland, 1987).

### **Extracción de minerales en forrajes bajo corte**

Las áreas establecidas en especies forrajeras utilizadas bajo corte, sean estas de gramíneas, de leguminosas herbáceas, arbustivas, arbóreas, palmas o de otras especies forrajeras no leguminosas, si no son pastoreadas, no reciben los minerales eliminados en las excretas depositadas por los animales durante el pastoreo.

Como un ejemplo del potencial de extracción de nutrimentos minerales en una pastura bajo corte, se relacionan:

- 1) El contenido de minerales en numerosos análisis foliares de muestras del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en Colombia (CUADRO 1).
- 2) La extracción teórica de nutrimentos minerales, dependiendo del nivel de producción de forraje en toneladas de M.S/ha/año, de la misma pastura anterior manejada bajo corte (CUADRO 2).

### **CUADRO 1. Contenido mineral en el análisis foliar de la M.S. del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) de varias localidades en Colombia.**

N	P.C	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
2,1	13	0,27	2,7	0,5	0,18	0,12	8,4	24,4

P.C: (Proteína cruda) = (N x 6,25)

FUENTE: Adaptado de Laredo, M.A. 1985.

### **CUADRO 2. Extracción teórica de minerales (kg/ha/año) en el forraje del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) manejado bajo corte,**

según niveles de productividad anual de materia seca (M.S) de forraje cosechado.

MATERIA SECA DE FORRAJE (ton/ha/año)	Extracción teórica de minerales (kg/ha/año)							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
20	420	54	548	98	36	24	0,17	0,5
30	630	81	822	147	54	36	0,25	0,7
40	840	108	1096	196	72	48	0,34	1,0
50	1050	134	1370	244	90	60	0,42	1,2

### Extracción de minerales en pasturas bajo pastoreo

Los minerales disponibles en el suelo y disueltos en el agua, son absorbidos por las raíces de las plantas y utilizados para su crecimiento y producción. A su vez, estas plantas abastecen de nutrimentos minerales al hombre y a los animales que las consumen. Una porción de los minerales absorbidos hace parte de los productos vegetales y animales (madera, granos, frutos, semillas, follaje, carne, huesos, leche, etc.).

Tales productos al salir de la finca hacia el mercado retiran del sistema los minerales que contienen (CUADROS 3 y 4). A esta extracción hay que restarle los macro y microelementos minerales suministrados y consumidos a voluntad y permanentemente por el ganado en las sales mineralizadas y en los demás suplementos consumidos e insumos aplicados al suelo, que ingresen desde afuera de la finca.

**CUADRO 3. Extracción promedio (Kg) de algunos nutrimentos minerales en el cuerpo del ganado vacuno vivo y en la leche. CUADRO**

PRODUCTO	Contenido mineral (kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
VACUNO VIVO 1/	10,0	3,0	0,6	5,0	0,2	0,4
LECHE LIQUIDA 2/	5,6	0,8	1,4	1,1	0,1	0,1

FUENTES:

1/ Extracción por cada 400 kilogramos de peso vivo (Spain, 1983)

2/ Extracción por cada 1000 litros de leche fresca (Revilla, 1982)

4. Extracción real de nutrimentos minerales hacia el mercado, desde una pastura manejada bajo pastoreo, dependiendo de su productividad de carne y/o de leche.

## Herramientas para reponer los nutrientes minerales en pasturas mejoradas

<b>PRODUCTO</b> kg/ha/año	<b>Extracción de minerales (kg/ha/año)</b>					
<b>CARNE</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
200	5	1,5	0,3	2,5	0,1	0,2
400	10	3	0,6	5	0,2	0,4
800	20	6	1,2	10	0,4	0,8
1600	40	12	2,4	20	0,8	1,6
<b>LECHE</b>						
1000	5,6	0,8	1,4	1,1	0,1	0,1
5000	28	4	7	5,5	0,5	0,5
10000	56	8	14	11,1	1	1
20000	112	16	28	22,2	2	2

Una estrategia para lograr la persistencia productiva estable de las pasturas bajo corte o pastoreo, consiste en reponer los nutrientes minerales retirados del sistema, en las cantidades y con las frecuencias, fuentes y formulaciones químicas u orgánicas más eficientes, solubles y económicas, dependiendo de los requerimientos específicos de las plantas forrajeras cultivadas, del área de la pastura y de sus múltiples formas e intensidades de utilización. Sin duda, las herramientas más indicadas para estimar el contenido de minerales disponibles en el suelo y de los minerales que las plantas forrajeras tienen la capacidad fisiológica de extraer, son el análisis de suelo y su relación paralela con los análisis foliares, realizados para medir el contenido de nutrientes minerales en el forraje comestible de la misma pastura.

### **TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE SUELO EN PASTURAS**

Tanto en la toma de muestras para análisis de suelo como foliares se deben evitar los sitios con excretas presentes (heces y orina) o con cualquier otro tipo de materia orgánica presente (bajo la sombra de árboles, carbón o cenizas, sitios de entierro reciente de cadáveres de animales, corrales, viviendas, o lugares aledaños a las cercas, saladeros, bebederos o sesteaderos del ganado).

Las muestras para el análisis de suelo en pasturas tropicales deberán tomarse a una profundidad de 20 centímetros, que es hasta donde se encuentra la mayor actividad de raíces de las especies forrajeras herbáceas.

Una muestra representativa debe ser la mezcla homogénea de hasta 10 submuestras tomadas al azar dentro de áreas de vegetación, topografía y



drenaje similares (Unidades fisiográficas). Dependiendo de la homogeneidad del suelo, relieve y paisaje, una muestra puede representar hasta 50 hectáreas de terreno.

Cada submuestra puede ser tomada con una pala o un barreno que se fabrica para ello, raspando levemente la superficie para arrancar las plantas de cobertura y luego se toma una tajada longitudinal o cilíndrica perpendicular, en la profundidad previamente definida. Cada submuestra se deposita en un recipiente limpio y seco o un balde plástico, donde se van depositando también las demás submuestras. Al terminar la toma de cada muestra, se desterronan y mezclan todas las submuestras entre sí. Cada muestra de suelo no necesita pesar más de 500 gramos y deberá depositarse en una bolsa limpia de plástico, de papel o cartón grueso y enviarse pronto al laboratorio, debidamente identificada, solicitando por escrito los minerales a determinar y medir en el análisis. Se debe aprovechar el momento de la toma de cada submuestra de suelo, para sentir la resistencia del suelo a la penetración de la herramienta utilizada para el muestreo y definir así, en forma subjetiva, su compactación o soltura, tomando en cuenta que el suelo es más duro en la superficie y en época seca que en la época lluviosa, dentro de una misma pastura.

Se debe observar también la vegetación presente y su evolución a través del tiempo. Las plantas *Cyperaceas*, por ejemplo, son indicadoras de mal drenaje del suelo, por lo que su alta presencia en una pastura puede indicar, no solo suelos arcillosos, sino también alto nivel freático y además compactación excesiva, debida al pisoteo del ganado durante largo tiempo, a un sobrepastoreo crónico de la pastura o al alto peso de la maquinaria utilizada para la fertilización o cosecha del forraje y/o de la semilla.

## **TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FOLIAR EN PASTURAS**

Las muestras para el análisis foliar deben tomarse al terminar el descanso de la pastura, o sea un día antes del nuevo ingreso de los animales al pastoreo.

Se pueden tomar una o dos muestras por cada potrero, conformando cada muestra por 5 a 10 submuestras del forraje comestible, tomadas al azar dentro de toda la pastura y arrancadas manualmente, con las manos limpias, simulando la altura del corte selectivo hecho por el ganado en pastoreo.

Cada muestra de forraje no necesita pesar más de 500 gramos en fresco.

Cada muestra debe lavarse con agua limpia para remover paja y residuos, sacudirla y secarla luego con papel absorbente limpio y depositarla en una bolsa limpia de papel, nunca de plástico, e identificarla debidamente para su envío al laboratorio el mismo día de la recolección, o bien secarla al sol bajo techo, a no más de 50°C de temperatura, si se retrasa su envío al laboratorio.

### **Caracterización del suelo y análisis de minerales a solicitar en suelos ácidos y en forrajes.**

Dados los altos costos de los análisis de suelo y foliares en los laboratorios competentes en países de América Tropical, lo cual se debe principalmente a

la baja demanda por este servicio técnico especializado, es importante tomar las muestras estrictamente indispensables, solicitando únicamente:

1-Textura del suelo (% de arena, limo y arcilla).

2-Characterización del suelo (porcentaje de materia orgánica (carbono orgánico x 1,72), pH y contenido o saturación de aluminio). En suelos con pH superior a 5,5 el Aluminio es indetectable.

3-Medir el contenido, tanto en el suelo como foliar, exclusivamente de los minerales (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B, Se y Mn), cuyo exceso o deficiencia se pueden corregir. Es innecesario medir el contenido de nitrógeno (N) y de Selenio (Se) en el suelo, puesto que este análisis no indica ni el nitrógeno ni el selenio disponibles para las plantas.

Enseguida, se debe hacer la interpretación idónea y el uso correcto, apropiado y oportuno de los resultados obtenidos en los análisis de suelo y foliares.

Es importante anotar que la vigencia de un análisis de suelos puede ser de mucho mayor largo plazo (3; 5 o hasta 10 años), si no se hacen fertilizaciones abundantes y masivas, encalado o enmiendas, comparada con los resultados de un análisis foliar, que debe ser realizado cada uno a dos años. Esa es otra estrategia para la reducción de costos en el uso de esta útil herramienta técnica.

## **Interpretación de los análisis para el establecimiento y mantenimiento de pasturas en suelos ácidos**

### **a- Interpretación de los análisis de suelos**

Uno de los problemas más frecuentes, que se presenta en la interpretación de los análisis de suelos, es que la gran mayoría de los profesionales agropecuarios, por falta de información, asumen que las pasturas tienen requerimientos similares a los cultivos tradicionales. Recomiendan entonces fertilizaciones demasiado altas, a las que los ganaderos se oponen, con sobrada razón, por su costo excesivo. Afortunadamente, los requerimientos minerales en el suelo, para las pasturas de especies forrajeras adaptadas a suelos ácidos, son mucho más bajos que para los de cultivos de consumo humano (CUADRO 5).

Un pH en el suelo menor de 7, indica su acidez. Para tener éxito al establecer pasturas en suelos con pH entre 4,0 a 5,5 es indispensable utilizar especies forrajeras adaptadas, en vez de pretender corregir el pH del suelo.

Para subir una unidad de pH (Ej: de 4,5 a 5,5), es necesario aplicar como enmienda, al menos, 5 ton/ha de cal. Esta es una cantidad demasiado alta, que costará mucho dinero para su compra, transporte y aplicación. Además, dejaría una capa gruesa de cal sobre el suelo (500 g/m<sup>2</sup>), y esto obligaría a incorporar dicha cal con un pase de arado y uno a dos pases de rastra, incrementando sensiblemente sus costos. El Fósforo, que es el nutrimento mineral más escaso y limitante en el mundo y en los suelos ácidos tropicales, se puede medir con varios extractantes. Los mencionados en el CUADRO 5 son los de Bray I; Bray II y Olsen, pero existen también Olsen modificado, Carolina del Norte, Mehlich III, etc.



El método de plasma (ICP) para el análisis de Fósforo en muestras foliares es único, así que el Fósforo es mejor medirlo en el forraje. Solo es necesario medirlo en el suelo antes de establecer pasturas. Un nivel menor de 5 ppm de Fósforo disponible en el suelo (medido con el extractante de Bray II), indica la necesidad de aplicar Fósforo al momento de la siembra, para lograr el establecimiento exitoso de pasturas.

El nitrógeno y el fósforo son los minerales más deficitarios en los suelos tropicales. Ambos minerales se extraen en los productos agropecuarios y se van al mercado, por tan razón hay que reponerlos al suelo, para lograr la sostenibilidad en los sistemas de producción (Botero, 2013).

Para calcular la saturación individual de Aluminio (Al), de Calcio (Ca), de Magnesio (Mg), de Potasio (K) y de Sodio (Na), se toma la cantidad individual de cada uno de ellos, en miliequivalentes por 100 g de suelo (meq/100g), y se divide entre la suma de todos los cationes intercambiables (Al+Ca+Mg+K+Na), que es a lo que se denomina Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE).

$$\text{Ejemplo: Saturación de Al (\%)} = \frac{\text{Al (meq/100 g de suelo)}}{(\text{meq/100 g}) \text{ Al+Ca+Mg+K+Na} = \text{CICE}}$$

La relación Ca:Mg de saturación y de cantidad en el suelo debe ser de 2 a 4 partes de calcio por una parte de magnesio (CUADRO 5). En caso de presentarse deficiencias de calcio en el suelo, es importante no alterar su relación con el magnesio, tratando de mantener la relación antes mencionada.

Si el contenido o la relación del Magnesio (Mg) con respecto al Calcio (Ca) están adecuados en el suelo y en el tejido foliar, se puede fertilizar con Cal Agrícola ( $\text{CaCO}_3$ ), pero en el caso de que la relación Calcio:Magnesio sea apropiada, y la disponibilidad de ambos elementos en el suelo sea baja, se debe fertilizar con Cal Dolomítica ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ). Si se presenta una deficiencia de Magnesio en el suelo y además la relación del Mg con respecto al Ca es baja, se deben utilizar fuentes puras de Mg como Oxido de Magnesio ( $\text{MgO}$ ), o compuestas como el Sulfato de Magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ).

Con respecto al nivel de Manganeso (Mn) en el suelo, un alto nivel de este elemento, cuyo exceso es tóxico, indica una alta saturación de humedad en el suelo, lo cual puede deberse a un alto nivel freático en suelos mal drenados o a problemas de compactación en el suelo, lo que también suele coincidir con una alta presencia de *Cyperaceas*, como plantas indicadoras de mal drenaje del suelo.

**CUADRO 5. Parámetros químicos que definen los niveles de fertilidad, acidez y toxicidad de minerales para el establecimiento de especies forrajeras en suelos ácidos tropicales.**

**b- Interpretación de los análisis foliares**

PARAMETRO	Valores de los parámetros según categoría del suelo */			
	Baja Muy Acido Alta	Media Acido Media	Alta Lig. Acido Baja	Muy Alta Neutro No tóxica
Fertilidad <sup>1</sup> →				
Acidez <sup>2</sup> →				
Toxicidad <sup>3</sup> →				
Materia Orgánica (%) <sup>1</sup>	<1,5	1,5 - 3,0	3,0 - 5,0	>5,0
pH <sup>2</sup>	<4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	>6,5
P (ppm) BRAY I <sup>1</sup>	<15	15 - 25	25 - 35	>35
P (ppm) BRAY II <sup>1</sup>	<2	2 - 5	5 - 10	>10
P (ppm) OLSEN <sup>1</sup>	<10	10 - 15	15 - 20	>20
K (meq/100 g) <sup>1</sup>	<0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,15	>0,15
Mg (meq/100g) <sup>1</sup>	<0,08	0,08 - 0,12	0,12 - 0,20	>0,20
Saturación Al (%) <sup>3</sup>	>80	80 - 60	60 - 40	<40
Saturación Ca (%) <sup>1</sup>	<20	20 - 40	40 - 60	>60
Saturación Mg (%) <sup>1</sup>	<5	5 - 15	15 - 30	>30
S, ppm <sup>1</sup>	<10	10 - 15	15 - 20	>20
B, ppm <sup>1</sup>	<0,3	0,3 - 0,5	0,5 - 1,0	>1
Zn, ppm <sup>1</sup>	<0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 1,5	>1,5
Cu, ppm <sup>1</sup>	<0,5	0,5 - 1,0	1 - 3	>3
Mo, ppm <sup>1</sup>	<5	5 - 8	8 - 12	>12
Mn, ppm <sup>3</sup>	>80	50 - 80	20 - 50	< 20

\* Categoría definida por los niveles de Fertilidad (1), Acidez (2) y Toxicidad (3) del elemento sobre el suelo y sobre las plantas.

FUENTE: Adaptado de Salinas J. G. Y R. García. Manual sobre métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. CIAT, 1985.

Una de las herramientas más útiles en la evaluación de pasturas la constituye el análisis foliar. Este indica que cantidad, de los nutrimentos minerales disponibles en el suelo, son capaces de extraer las plantas, de acuerdo con su capacidad genética de adaptación. En el caso de las especies forrajeras adaptadas a suelos ácidos existen diferencias marcadas en este aspecto y, desde luego, las de menores requerimientos minerales son las mejor adaptadas y persistentes, pero al mismo tiempo no se podrá exigir que sean las más productivas y de mayor calidad forrajera.

Las gramíneas forrajeras del género *Brachiaria* son quizás las menos exigentes en nutrimentos minerales. A ello se debe su amplia adaptación en los suelos tropicales ácidos. Las leguminosas tropicales, sean herbáceas, arbustivas o arbóreas, requieren de niveles más altos de nutrimentos minerales en el suelo, para lograr niveles deseables en el tejido foliar y su persistencia productiva estable bajo corte o pastoreo (CUADRO 6).

Cada especie y cultivar forrajero posee sus propios niveles genéticos críticos, deseables, máximos y tóxicos de nutrimentos minerales en el tejido foliar.

Así también, hay plantas forrajeras con bajos, medianos y altos requerimientos de nutrimentos minerales. Por ello, se conocen plantas indicadoras de deficiencias o excesos de minerales en el suelo.

Como ejemplo, la leguminosa forrajera kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), es una excelente indicadora de las deficiencias de Potasio, Calcio y Magnesio en los suelos ácidos tropicales, por sus altos requerimientos de estos nutrimentos minerales. Esta leguminosa forrajera manifiesta claramente tales deficiencias, por quemazón de los bordes y amarillamiento marcado de las nervaduras de sus hojas.

Para comparar los niveles críticos de nutrimentos minerales en el tejido foliar se pueden utilizar como referencia los valores específicos para especies forrajeras tropicales relacionados en el CUADRO 6, combinados con los valores y rangos críticos, deseables, máximos y tóxicos definidos como generales para las especies forrajeras tropicales en el CUADRO 7.

### Relación entre los análisis de suelo y foliares

Casi siempre se logra una clara coincidencia entre las deficiencias de nutrimentos minerales en el suelo y en el tejido foliar de plantas forrajeras tropicales, creciendo sobre el mismo suelo. De allí la importancia de contar siempre con ambos análisis, así el análisis de suelos sea de una época anterior con relación al análisis foliar. En muchas ocasiones se encuentra que aunque los niveles de Fósforo medidos en el análisis de suelo son bajos, su contenido en el análisis foliar es adecuado. Esto se podría explicar, debido a la simbiosis que se presenta entre las raíces de las plantas con algunos microorganismos del suelo, como los hongos del tipo de las *Micorrizas*, que solubilizan el fósforo existente en el suelo y permiten que sea absorbido por las raíces de las plantas. Esto indica también que el análisis de suelo es una buena herramienta, pero con un margen relativo de precisión. Lo anterior es aún más cierto en condiciones tropicales, donde se utilizan insumos mínimos para la fertilización, cuyo bajo nivel de aplicación por unidad de área no se alcanza a detectar en los contenidos de nutrimentos minerales medidos exclusivamente en un análisis de suelos.

### CUADRO 6. Niveles críticos de P, K, Ca y S en el tejido foliar de algunas

ESPECIES FORRAJERAS	Concentración Foliar (%)							
	Fósforo		Potasio		Calcio		Azufre	
	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca
<b>GRAMINEAS</b>								
<i>Brachiaria humidicola</i>	0,08	0,05	0,74	0,39	0,22	0,25	0,11	0,12
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,09	0,05	0,82	0,44	0,37	0,32	0,12	0,12
<i>Brachiaria decumbens</i>	0,08	0,05	0,83	0,38	0,37	0,30	0,12	0,13
<i>Andropogon gayanus</i>	0,10	0,04	0,95	0,53	0,23	0,21	0,13	0,10
<i>Melinis minutiflora</i>	0,18	0,06	0,90	0,60	0,32	0,35	0,15	0,12
<i>Panicum maximum</i>	0,17	0,10	1,15	0,80	0,60	0,40	0,15	0,12
<i>Hiparrhenia rufa</i>	0,16	0,06	1,06	0,70	0,34	0,25	0,14	0,10
<b>LEGUMINOSAS</b>								
<i>Stylosanthes capitata</i>	0,12	0,09	1,13	0,61	0,97	0,54	0,12	0,15
<i>Stylosanthes macrocephala</i>	0,10	0,08	0,93	0,50	0,78	0,49	0,14	0,15
<i>Desmodium ovalifolium</i>	0,10	0,08	1,03	0,43	0,74	0,64	0,12	0,14
<i>Pueraria phaseoloides</i>	0,22	0,10	1,22	0,66	1,04	0,57	0,17	0,19
<i>Centrosema macrocarpum</i>	0,16	0,09	1,24	0,72	0,72	0,57	0,16	0,15
<i>Codariocalyx gyroides</i>	0,17	0,11	1,15	0,57	0,66	0,48	0,16	0,15
<i>Zornia latifolia</i>	0,12	0,08	1,16	0,43	0,82	0,66	0,17	0,17
<i>Centrosema pubescens</i>	0,18	0,11	1,40	0,74	0,98	0,74	0,16	0,15

FUENTE: CIAT, Informes Anuales, Programa Pastos Tropicales (1980, 1981, 1982).

gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales, durante su establecimiento y según época lluviosa o seca.

**CUADRO 7. Valores foliares de algunos de los macro y micro nutrientes minerales definidos como críticos, deseables, máximos y**

NUTRIMENTO	CRÍTICO	DESEABLE	MÁXIMO	TÓXICO
Nitrógeno, %	<1,12	1,34 - 1,52	-	-
Fósforo, %	<0,18	0,19 - 0,22	-	-
Potasio, %	<0,50	0,60 - 1,00	3,0	>3,0
Calcio, %	<0,18	0,28 - 0,37	2,0	>2,0
Magnesio, %	<0,05	0,05 - 0,20	0,4	>0,4
Azufre, %	<0,06	0,08 - 0,15	0,4	>0,4
Boro, ppm	<4	4 - 8	12	>12
Cobre, ppm	<4	4 - 10	115	>115
Hierro, ppm	<20	50 - 100	1000	>1000
Manganeso, ppm	<10	20 - 50	1000	>1000
Zinc, ppm	<18	20 - 40	500	>500
Selenio, ppm	<1	2 - 4	5	>10

FUENTE: Minson, 1981, NRC, 1984; McDowell et al., 1984; Salinas y Rehman, 1989, Trindade y Cavalheiro, 1990.

Adaptado de: Tejos, 1995.

**tóxicos para el metabolismo apropiado de las plantas forrajeras tropicales en general**

**PRINCIPALES FUENTES DE PERTILIZANTES COMERCIALES DISPONIBLES EN AMÉRICA TROPICAL**

Una vez detectadas las deficiencias de nutrientes minerales, al comparar los dos tipos de análisis, se deberá evaluar la disponibilidad de las fuentes en el mercado, su precio de compra por unidad de cada nutriente mineral, su costo de transporte y la época, frecuencia, el nivel y la forma más conveniente, rápida, eficiente y económica de su aplicación. Las fuentes comerciales de fertilizantes químicos y orgánicos más comunes en los países de América Tropical se relacionan en el CUADRO 8.

La utilización de los nutrientes minerales contenidos en los fertilizantes químicos y orgánicos es más rápida y eficiente si su aplicación se realiza al inicio o durante la época de lluvias, pero no con lluvias excesivas. Si se cuenta con riego, la fertilización también puede hacerse durante la época seca, pero esto depende de la calidad, contenido de minerales, disponibilidad y costo del agua y del equipo mecánico o de la infraestructura y de la topografía o nivelación requeridas para hacer el riego por gravedad. Durante la época seca se pueden aplicar riegos semanales de hasta 50 mm. Estos (5 a 7 mm de agua/día) son suficientes para suplir de agua a las pasturas tropicales durante la sequía (Botero, 1994).

**Fuentes y niveles racionales de aplicación de fertilizantes químicos en pasturas**

**a- Macroelementos minerales**

**NITRÓGENO**

El nivel crítico del contenido de Nitrógeno en el tejido foliar de las especies forrajeras (1,12%), corresponde a un contenido del 7% de proteína cruda (N x 6,25) en el forraje consumido, el cual permite al animal obtener los niveles de mantenimiento de sus funciones vitales, pero no permite ninguna ganancia de peso o producción de leche. Este, o un nivel menor, obligará al animal a ser aún más selectivo en el pastoreo o a perder peso.

Las gramíneas forrajeras son ávidas por Nitrógeno y responden bien a niveles altos de aplicación. Desafortunadamente, en el trópico, el nivel de aprovechamiento del Nitrógeno aplicado no va más allá del 35%, debido a su lavado y/o volatilización, por lo que debe aplicarse en la época de lluvias, disuelto en el agua o seguido de riego o bien inyectado al suelo (Amoniaco anhidro y acuoso) o incorporado con labranza, después de su aplicación

Por tal motivo, el Nitrógeno debe ser aplicado con el mayor fraccionamiento posible, ojalá después de cada pastoreo y en cantidades no mayores de 50 kg de N/ha en cada aplicación, puesto que su exceso puede producir quemazón a las hojas de las plantas.

A mayor frecuencia de aplicación de Nitrógeno se logra mayor contenido de proteína cruda en el forraje, hasta alcanzar el nivel genético máximo. Sin embargo, no todo el Nitrógeno presente en el forraje de las gramíneas fertilizadas es proteína verdadera, parte de él es Nitrógeno no proteico (NNP).

embargo, no todo el Nitrógeno presente en el forraje de las gramíneas fertilizadas es proteína verdadera, parte de él es Nitrógeno no proteico (NNP).

### CUADRO 8. Contenido de nutrimentos minerales en fertilizantes comerciales en América Tropical.

Para pasturas de gramíneas puras, sin leguminosas, lo más indicado parece ser, aplicar una fuente de Nitrógeno cada uno a tres pastoreos (3 a 18 veces/año); cuatro días después de la salida de los animales de la pastura, cuando ya se ha consolidado el rebrote de las especies forrajeras; en las horas de la tarde, cuando se

Fertilizantes Químicos	Contenido a/ (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Urea	46	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	20	-	-	-	-	23
Fosfato de amonio - MAP	12	22	-	-	-	-
Fosfato diamónico - DAP	18	20	-	-	-	-
Nitrón 26	23	-	-	-	-	-
Superfosfato triple	-	20	-	14	-	-
Superfosfato simple	-	7	-	20	-	12
Escorias Thomas - CALFOS	-	4	-	37	1	-
Rocas Fosfóricas	-	10	-	20-30	-	-
Fosfato de magnesio	-	15	-	-	8	-
Cloruro de potasio	-	-	50	-	-	-
Sulfato de potasio	-	-	42	-	-	18
Sulpomag	-	-	18	-	11	22
Sulcamag	-	-	-	23	10	31
Sulfato de magnesio	-	-	-	-	10	13
Oxido de magnesio	-	-	-	-	32	-
Yeso comercial	-	-	-	14-17	-	10-13
Cal dolomítica	-	-	-	25-30	7 - 12	-
Cal agrícola	-	-	-	30	-	-
Flor de azufre	-	-	-	-	-	85
<b>Abonos Orgánicos (Base Seca)</b>						
Bovinaza	1 - 3	0,2 - 1	1 - 2	1 - 3	0,5 - 1	-
Cerdaza	2 - 5	1 - 3	1 - 2	1 - 4	0,3 - 0,6	-
Carna de Gallina	3 - 5	2 - 3	2 - 3	5 - 10	0,4 - 1	-

a/ Todos los nutrimentos, incluyendo P y K, están en forma elemental; para convertir a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> multiplicar P por 2,29; para convertir a K<sub>2</sub>O multiplicar K por 1,20.

FUENTE: Adaptado de Botero, 1989.

reduce el viento y el calor solar y se cuenta luego, al menos, con la humedad aportada por el rocío de la noche, en caso de no presentarse lluvia. Si las lluvias son excesivas, la perdida por lavado del Nitrógeno aplicado puede ser muy alta.



En el caso de pasturas asociadas con leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas, estas pueden fijar entre 50 a 900 kg/ha/año de nitrógeno del aire (Hamdi, 1985), sin requerir, en algunos casos, de su aplicación como fertilizante. Si se aplica una alta fertilización nitrogenada, las leguminosas tienden a desaparecer.

## **FÓSFORO**

En suelos ácidos, con un pH < 5,5 y por lo general altos fijadores de Fósforo, es más conveniente utilizar Rocas Fosfóricas o Escorias Thomas. El Fósforo que contienen estos fertilizantes no está disponible de inmediato para ser utilizado por las plantas. La acidez del suelo va haciendo liberar el fósforo lentamente y a largo plazo, para que pueda ser absorbido eficiente y rápidamente por las raíces de las plantas forrajeras, sin permitir que este sea fijado por las arcillas del suelo.

Las Rocas Fosfóricas, que contienen cerca del 10% de Fósforo, también contienen entre 20 a 30% de Calcio, y son fuentes combinadas de menor costo para la fertilización racional con ambos nutrientes.

La dosis recomendada, para aplicación localizada y mezclada con las semillas al momento de la siembra de pasturas, o aplicación uniforme, al voleo, en pasturas ya establecidas, va desde 250 hasta 500 kg de Roca Fosfórica/ha (25 a 50 kg de Fósforo/ha), cada 3 a 5 años, dependiendo del nivel de extracción de Fósforo hacia afuera del sistema. Este nivel depende de la productividad de carne, de leche, forraje o semilla cosechados anualmente de la pastura.

Para evitar el polvo, que se produce en el campo al aplicar con voleadora la roca fosfórica o el calfos mezclado con la semilla, se puede agregar agua a razón de 4% a 6% del peso de la mezcla, que se debe revolver simultáneamente con una pala. Si el fertilizante tiene mezclada la semilla a sembrar, el agua sólo se debe agregar a la mezcla que se siembre el mismo día.

En suelos con pH por encima de 5,5, se deben utilizar fuentes de Fósforo como el Superfosfato Triple que además contiene Calcio o el Superfosfato Simple, que contiene Calcio y también Azufre, o bien el Fosfato Mono o Diamónico, los cuales contienen Nitrógeno. El Fósforo que poseen estas fuentes comerciales es altamente soluble, lo cual favorece su fijación por el suelo. De allí, que sea conveniente aplicarlo en forma fraccionada (5 a 10 kg de Fósforo/ha), pero uniforme en distribución y frecuencia a través del año.

## **POTASIO**

Las gramíneas forrajeras son muy ávidas por Potasio. Este nutriente mineral es poco móvil en el suelo, pero, al igual que el Fósforo, es fijado por las arcillas del suelo, lo que puede hacerlo indisponible para las raíces de las plantas. Por ello, a diferencia de las Rocas Fosfóricas, no debe aplicarse en grandes volúmenes para largo plazo, sino fraccionado (10 kg de Potasio/ha/año). Su mayor o menor fraccionamiento depende de los costos de cada aplicación.

## **CALCIO**

Las principales fuentes comerciales de Calcio son la Cal Agrícola y la Cal Dolomítica, que también contiene Magnesio, como ya se mencionó anteriormente. Si no se pretende subir el pH del suelo, estableciendo especies forrajeras adaptadas a suelos ácidos, la cal se puede utilizar únicamente como fuente de Calcio, haciendo aplicaciones de entre 250 a 500 kg/ha (100 a 200 kg de Calcio/ha), cada 3 a 5 años, sin requerir su incorporación, puesto que a estas dosis no se forma una capa gruesa sobre el suelo (25 a 50 g/m<sup>2</sup>).

El Calcio contenido en la cal no se lixivia ni se volatiliza y debe aplicarse el día en que la pastura inicia su descanso normal en la rotación. Esto le permite, durante el descanso, ser lavada del follaje de las plantas por el agua de lluvia, puesto que, de permanecer sobre las hojas, el ganado no acepta consumir el forraje en el próximo pastoreo.

### **MAGNESIO**

Como fuente simple de Magnesio se utiliza el Oxido de Magnesio, y como fuentes compuestas el Sulfato o el Fosfato de Magnesio o el Sulpomag y Sulcamag. La selección se debe hacer basada en mantener su relación apropiada con el Calcio, el costo por unidad de Magnesio, y si se necesitan o no, el o los nutrimentos minerales adicionales que contienen las fuentes compuestas. En suelos ácidos la dosis a aplicar, normalmente, no tiene que ser mayor de 30 kg de Magnesio/ha. Su frecuencia de aplicación dependerá de la productividad de la pastura y de los niveles de extracción de Magnesio fuera del sistema. Esto se define con los análisis foliares realizados cada uno a dos años.

### **AZUFRE**

En suelos de origen volcánico, comunes en los piedemontes y valles interandinos en América Tropical, generalmente hay abundancia de Azufre en el suelo. En suelos ácidos marginales (Orinoquía, Amazonía, Cerrados) si puede presentarse su deficiencia, la cual afecta el vigor y la producción de semilla de las plantas forrajeras y su consumo por parte de los animales. En caso de detectar su deficiencia, se utiliza la Flor de Azufre. La dosis a aplicar, normalmente, no tiene que ser mayor de 20 kg de Azufre/ha.

### **b- Microelementos minerales**

#### **BORO**

El contenido de Boro se mide en los análisis foliares, pero su determinación tiene un alto costo. Su deficiencia se suple fácilmente, pero hay que tener cuidado de no excederse en la dosis pues, en exceso, es tóxico. Se usan los productos comerciales Ácido Bórico, Bórax y Klip Boro. La dosis en pasturas no debe ser mayor de 5 a 10 kg de Boro/ha, hasta un nuevo análisis foliar. Promueve el crecimiento de la raíz de las plantas forrajeras.

#### **COBRE**

Se aplica en forma de Sulfato de Cobre en dosis no mayores a 5 kg de Cobre/ha.

#### **HIERRO**

En suelos ácidos tropicales es difícil encontrar deficiencia de Hierro en los forrajes, más bien es común encontrarlo en exceso. El autor no recomienda solicitar su medición en el análisis de suelos, ni en el análisis foliar de pasturas en suelos ácidos.

### **MANGANESO**

Generalmente se encuentra en exceso en suelos ácidos y mal drenados y en los forrajes que crecen sobre dichos suelos. La aplicación de cal neutraliza el Manganeseo, pero hay que complementarla con drenajes y labranza de descompactación.

### **ZINC**

Su deficiencia se suple con la aplicación de la fuente simple Oxido de Zinc o de la fuente compuesta Sulfato de Zinc. Las dosis no deben ser mayores de 5 kg de Zinc/ha.

### **SELENIO**

Su deficiencia se asocia con distrofia muscular (Enfermedad del músculo blanco), puede disminuir el crecimiento, perjudicar la función reproductora, al causar abortos, retención de placenta y terneros débiles, alterar el funcionamiento del páncreas y del corazón y afectar el sistema inmunitario, al aumentar la susceptibilidad a la mastitis. La toxicidad por selenio se manifiesta por el crecimiento excesivo, deformación y caída de los cascos y por vértigo ciego.

Su deficiencia en el forraje consumido puede ser tratada por la inyección de Selenito de Sodio o Seleniato de Bario, Seleniometonina y Seleniocistina a la dosis de 400 mg/vaca cada año, en mezcla con 125 mg de cobre/vaca cada 4 meses y con Vitamina E.

Su deficiencia en el suelo puede ser corregida mediante la aplicación de Selenito o Seleniato biodisponibles, cuya fuente y dosis dependen del tipo de suelo y del pH. La aplicación de Fosfatos, Sulfatos y Materia orgánica al suelo reduce la absorción del Selenio por las plantas y podría reducir la toxicidad en animales que pastorean en suelos con exceso de Selenio (Cartes, P.A. 2005).

### **FORMAS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS**

Solo durante la siembra se deben aplicar los fertilizantes químicos localizados y cubiertos con suelo en el surco. Los fertilizantes nitrogenados o potásicos no deberán mezclarse con la semilla, puesto que pueden quemar las plántulas, una vez germina la semilla. En pasturas establecidas los fertilizantes químicos deben ser esparcidos de manera uniforme, al voleo, al inicio o durante la época de lluvias y ojalá en horas de la tarde, para reducir su volatilización en las fuentes en que ella ocurre (Ejemplo: urea). De ser posible, todos los fertilizantes químicos se deberían incorporar al suelo, ya que con esta práctica se logra un mayor y más eficiente aprovechamiento de ellos. Los fertilizantes químicos solubles en agua se pueden mezclar y asperjar con el agua de riego, teniendo la precaución de lavar rápido y cuidadosamente los equipos de aspersión, para evitar su corrosión, luego de la fertilización foliar mecanizada.

## **Fertilización con abonos orgánicos en pasturas**

Si bien las excretas y otros desechos orgánicos frescos y/o líquidos se pueden aplicar como abono orgánico, su aprovechamiento por las plantas es muy limitado, puesto que sus minerales están presentes en forma orgánica y son de baja solubilidad. Las fermentaciones aeróbica y/o anaeróbica convierten los minerales a forma inorgánica y los hacen solubles (bokashi y compost), para que puedan ser absorbidos rápidamente por las raíces de las plantas. Esto evita su lavado a través del suelo e impide la eutrofización de las aguas subterráneas. El uso de excretas animales fermentadas y/o previamente composteadas, como abono orgánico, se justifica cuando su manipulación en fresco resulta práctica, mediante el empleo de equipo apropiado, de bajo costo y fácil manejo. También, cuando pueden emplearse sistemas de riego por gravedad, mediante los cuales las excretas animales puedan distribuirse uniformemente en las pasturas, usando agua, si ésta es disponible y de bajo costo, en la alta cantidad y calidad que se requiere. Si las excretas animales no se utilizan frescas, deberán tratarse y almacenarse apropiadamente (bajo techo y sobre piso de cemento), para evitar las pérdidas que causan: el lavado por la lluvia, el drenado y la volatilización.

Para reducir estas pérdidas puede utilizarse Superfosfato simple o triple (5 kg/m<sup>3</sup> de excretas frescas), como absorbentes del amoníaco (Vicente-Chandler, et al., 1983).

Se requerirá menor cantidad o incluso ningún fertilizante químico, si las excretas animales pueden ser distribuidas de manera uniforme y fraccionada sobre las pasturas. Teóricamente, la fertilización química podría reducirse hasta en un 80% del requerimiento óptimo. Sin embargo, aun bajo las condiciones climáticas tropicales, de operación y de manejo más propicias, al menos la mitad de los nutrimentos minerales contenidos en las excretas, se pierde por volatilización, lavado y por otras causas. En caso de realizar abonamiento orgánico con excretas, es indispensable hacerlo al inicio del descanso de la pastura dentro de la rotación, esto permite el lavado con el agua lluvia, de las excretas que cubrirían las plantas, de lo contrario el ganado rechaza el forraje, al reiniciar el pastoreo de la pradera. La producción de abonos orgánicos se puede lograr con la captación, acumulación y procesamiento de las excretas en los establos y en los corrales propios de manejo y alojamiento animal. También se pueden comprar y aplicar abonos orgánicos comerciales. En todos los casos se debe analizar su contenido y relación C:N, que no deberá ser mayor de 20:1, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento del nitrógeno por las plantas.

## **RENOVACIÓN DE PASTURAS MEJORADAS**

Esta práctica de manejo de pasturas consiste en descompactar el suelo a una profundidad de hasta 50 a 60 cm, y fertilizarlo. La renovación permite mejorar el drenaje y la capacidad de infiltración y retención del agua, proveniente de las lluvias o del riego, reduce la erosión laminar, acelera la mineralización de la materia orgánica, incorpora al suelo las excretas animales y el colchón de hojas muertas, renueva las raíces y las cepas de

las plantas forrajeras, uniformiza su rebrote, estimula su vigor, cobertura y producción de semilla, e incrementa sensiblemente la población de leguminosas nativas.

La labranza de descompactación del suelo en pasturas tropicales debe ser realizada durante la época de lluvias. Esto, con el fin de no destruir plantas deseables, debido al estrés de labranza sumado a la sequía. Los implementos más apropiados para realizar este tipo de labranza son:

1-El renovador de pasturas, o

2-El arado de cincel parabólico vibratorio, o

3-En su ausencia, uno a dos pases cruzados de rastra pesada, de escardillo o de arado de bueyes, simultáneos o anteriores a la fertilización.

La pastura debe permanecer en descanso para recuperación, sin pastoreo o corte, durante 75 a 100 días. Se puede aprovechar la renovación para cosechar un cultivo financiador, resembrar gramíneas o introducir leguminosas u otras gramíneas o plantas forrajeras herbáceas, arbustivas o arbóreas, producir semillas y hacer un control secuencial localizado de malezas.

El éxito de la renovación depende de la disponibilidad en el suelo de los nutrimentos minerales solubles requeridos por las plantas forrajeras. De allí, que la labranza de descompactación se deba aprovechar para aplicar simultáneamente los fertilizantes que suplan, en cantidades racionales, los nutrimentos minerales detectados previamente como deficientes, a través de los análisis de suelo o foliares.

#### **a- Labranza para descompactación del suelo**

En suelos de textura arcillosa, es de esperar que se presente una alta y rápida compactación de la superficie del suelo, por efecto del pisoteo continuo del ganado en pastoreo o por la compactación producida por los pesados equipos de cosecha, en pasturas bajo corte mecanizado. En suelos de textura franco arenosa, arenosa, limosa y en suelos pedregosos o con alto contenido de materia orgánica, normalmente la compactación del suelo es menos severa, más lenta o simplemente no se presenta.

El contenido de oxígeno en el suelo es indispensable para facilitar a las plantas la absorción de los nutrimentos minerales, a través de las raíces, les permite un mayor crecimiento, vigor, desarrollo y lograr su persistencia productiva estable. El oxígeno también es esencial para permitir la descomposición de la materia orgánica del suelo y la mineralización de los elementos que nutren a las plantas. La compactación de la superficie del suelo reduce la aireación, limita el espacio de suelo que puede ser ocupado y explorado por las raíces y disminuye la cantidad de agua disponible en el suelo, dificultando en las plantas su capacidad de nutrirse apropiadamente. Dependiendo de la textura del suelo, de la capacidad de carga animal o de la intensidad de corte mecanizado sobre la pastura, es necesario realizar, cada 2 a 5 años, un laboreo con labranza para descompactación del suelo

#### **b- Establecimiento y renovación de pasturas a través de cultivos**



Se pueden emplear cultivos trimestrales de cereales como maíz, sorgo, arroz de secano; oleaginosas como soya, maní, ajonjolí, legumbres como caupí, canavalia, frijol de abono; o frutos como sandía, zapallo y melón, adaptados a las condiciones edafoclimáticas dadas. Estos u otros cultivos pueden ser sembrados simultáneamente con los pastos o sobre las pasturas, para desarrollar sistemas agropastoriles (Vera, et al., 1993). La siembra simultánea de cultivos trimestrales permite aprovechar la labranza realizada, la mano de obra empleada, el fertilizante residual y el valor de venta del producto, para financiar los costos de establecimiento o de renovación de pasturas de especies introducidas, permitiendo además la cosecha de semilla de las especies forrajeras que conforman la pastura mejorada (Botero, 1996).

La siembra de cultivos anuales como yuca, ñame, tiquizque, camote, jengibre, piña, guandúl, papaya, plátano, banano, etc., permiten la siembra simultánea de arbustos o de árboles de múltiple propósito, plantados en surcos en dirección al recorrido del sol (oriente – occidente), para evitar su sombra refleja sobre la cobertura inferior de la silvopastura y, después de la cosecha del cultivo se establecen los pastos de cobertura, para implementar sistemas agrosilvopastoriles (Russo y Botero, 1996).

Este tipo de asociación con cultivos se justifica siempre que se tengan la maquinaria y la mano de obra disponibles para realizar las labores del cultivo, y que la distancia, estado de vías hasta el mercado, demanda y precio obtenido por los productos, permitan cubrir los costos adicionales de su fertilización, manejo, cosecha y transporte, y obtener una rentabilidad que compense la inversión en dinero, el riesgo y el esfuerzo realizados por el productor (Botero, 1996).

## **MATERIALES PARA ENCALAR SUELOS ÁCIDOS**

### **1.- Oxido de Calcio**

El Oxido de Calcio (CaO) es un polvo blanco muy difícil de manejar; es conocido como cal viva o cal quemada. En tanto, se fabrica calcinando al horno piedra caliza. Reacciona muy rápido cuando se aplica en suelos ácidos, por esta razón es ideal cuando se necesitan resultados inmediatos.

Este material debe mezclarse inmediatamente debido a que se endurece rápidamente al ponerse en contacto con la humedad del suelo. El oxido de calcio puro contiene 71% de Ca.

### **2.- Hidroxido de Calcio**

El Hidróxido de Calcio se le conoce también como cal apagada o cal hidratada. Es una sustancia blanca, polvorienta y difícil de manejar. Este material también reacciona rápido y debe incorporarse al suelo inmediatamente. Tiene un efecto intermedio para neutralizar la acidez entre el carbonato de calcio y el oxido de calcio. En forma pura presenta 56% de Ca.

### **3.- Cal agrícola o calcita**

Contiene principalmente Carbonato de Calcio. Es el material más utilizado para encalar los suelos ácidos. Se obtiene a partir de roca caliza y roca calcárea que se muele y luego se cierne en diferentes tamaños. En su forma pura contiene 40% de calcio.

#### **4.- Cal Dolomítica**

Se denomina dolomita al carbonato doble de calcio y magnesio, en su forma pura contiene 16 % de Ca y 13.1 % de Mg. Es un material de más lenta reacción que la calcita, pero tiene la ventaja de aportar magnesio, elemento que frecuentemente se encuentra deficiente en suelos ácidos.

#### **5.- Magnesita**

Es un producto a base de carbonato de magnesio que en su forma pura contiene 28.5 % de Mg. Por tal motivo, es una excelente fuente de magnesio.

#### **6.- Oxido de Magnesio**

Es un material de encalado que contiene solamente Mg en una concentración de 60%. Su capacidad para neutralizar la acidez es mucho más elevada que los otros materiales, pero, por su poca solubilidad en agua, debe ser molida finamente para que controle la acidez del suelo

#### **7.- Arcillas calcáreas**

Son depósitos no consolidadas de Carbonato de Calcio, conocidos también como margas, de textura arcillosa y con gran cantidad de impurezas. Sin embargo, es poco eficiente y se tiene que manejar en húmedo.

#### **8.- Escorias Thomas o Industriales**

Son residuos de la industria del acero y la fundición de hierro. Los dos contienen silicato de calcio y silicato de magnesio. De esta manera, su capacidad de neutralizar la acidez es similar al Carbonato de Calcio

**FUENTE: Espinosa, J. 1999. Acidez y Encalado de los Suelos. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. <https://infoagronomo.net/8-materiales-utilizados-para-encalar-suelos-acidos/>, 20/10/2020.**

#### **Fertilizantes comerciales fuentes de nitrógeno**

El Nitrógeno (N) es uno de los macro nutrientes esenciales para la nutrición de las plantas; ya que este elemento está fuertemente asociado con el desarrollo vegetativo de las plantas; por lo que es de mucha importancia para el óptimo crecimiento de los cultivos. Este elemento es asimilado por las plantas de dos formas químicas, ya sea como nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Por ser uno de los elementos esenciales en las plantas, el Nitrógeno debe ser provisto por diversas fuentes, estas pueden ser orgánicas o bien inorgánicas; para este último, las principales fuentes de Nitrógeno son urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, MAP y DAP.

De esta forma, en el siguiente cuadro se enlistan los fertilizantes comerciales más comunes empleados como fuentes de nitrógeno:

Por último, la elección de la fuente de nitrógeno ideal va a depender de muchos factores, entre los que destacan las propiedades del suelo, el tipo de

Fertilizante	Fórmula Química	Kg de N/100 Kg de Producto
Nitrato de Amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	33
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46
Amoniaco anhidro	$\text{NH}_3$	82
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Fosfato Monoamonico (MAP)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	12
Fosfato diamónico (DAP)	$(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$	18
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	13
Nitrato de sodio	$\text{NaNO}_3$	16
Acido Nitrico	$\text{HNO}_3$	*
Urea-Nitrato de Amonio (UAN-32)	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	32
Fosfonitrato de Amonio	$\text{NH}_4\text{NO}$	31

#### Fertilizantes que aportan Nitrogeno (FUENTE: SAGARPA)

\* Para calcular la cantidad de N es necesario conocer los datos de densidad y concentración del ácido nítrico.

cultivo, las condiciones del ambiente, las propiedades del fertilizante y, quizás una de las más importantes, su costo.

**FUENTE** *infoagronomo.net* 23 de octubre, 2020.

#### AGRADECIMIENTOS

A los múltiples ganaderos y técnicos que han permitido al autor, durante los últimos 45 años, demostrar resultados bioeconómicos altamente positivos en el establecimiento, mantenimiento y renovación de pasturas establecidas y utilizadas sobre suelos ácidos de varios países de América Tropical.

Referencias bibliográficas

Fuente.

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/agricultura-precision-aplicacion-fertilizacion-t47530.htm>

**Clic Fuente**



**MÁS ARTÍCULOS**