



# INTERPRETACIÓN DA ANÁLISE DE SOLO PARA UNHA FERTILIZACIÓN RACIONAL DO MILLO FORRAXEIRO

A fertilización racional do millo, baseada na riqueza do solo en nutrientes, nas extraccións feitas polo cultivo e no uso dos propios recursos da explotación como é o xurro, leva a unha redución de custos da súa producción e, por conseguinte, dos gastos da explotación, cun menor impacto na contaminación do medio.

D. Vázquez Vilarelle<sup>1</sup>, M.I. García Pomar<sup>2</sup>, D. Báez Bernal<sup>2</sup> e V. García Souto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Agrario e Fitopatológico de Galicia (Lafiga) - INGACAL

<sup>2</sup>Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) - INGACAL

## » INTRODUCCIÓN

O solo constitúe o soporte natural das plantas, ao que se fixan mediante as súas raíces e do que extraen elementos esenciais que necesitan de súa subsistencia e o seu desenvolvemento, ademais de actuar como depósito de reserva de auga e oxíxeno para a respiración das raíces.

As análises das características e dos principais nutrientes do solo supoñen unha importante ferramenta para o cálculo das necesidades de fertilización e encalado dos cultivos. É necesario coñecer as cantidades de nutrientes no solo para levar a cabo unha fertilización racional con visos a

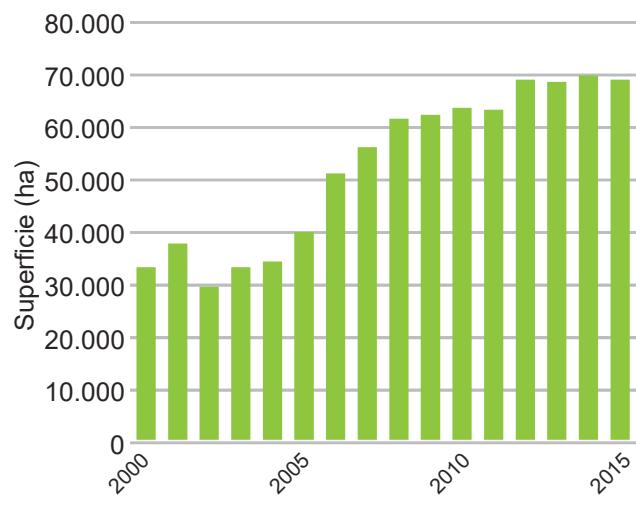
asegurar a producción, aforrar custos e levar a explotación dunha forma máis sustentable.

O millo forraxeiro en Galicia é utilizado no sector gandeiro de vacún de leite como achega de forraxe para a alimentación do gando na explotación. Cultívase no 71 % das explotacións cunha porcentaxe de SAU sementada de millo do 28 %, sendo máis común entre as de maior tamaño (Fernández-Lorenzo, 2009).

O cultivo do millo forraxeiro supón unha quinta parte (19,18 %) do total dos cultivos herbáceos de Galicia. As súas producción e superficie nos últimos anos incrementáronse (figura 1) e cada vez o seu cultivo ten máis importancia sobre a superficie forraxeira total da explotación. Así, no período 2000-2015 pasouse de 33.596 ha e 1.154.825 t a 69.468 ha e 2.450.971 t e a súa porcentaxe dentro dos cultivos forraxeiros incrementouse do 16,83 % ao 24,45 % (Xunta de Galicia, 2015).

## AS ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS E DOS PRINCIPAIS NUTRIENTES DO SOLO SUPONEN UNHA IMPORTANTE FERRAMENTA PARA O CÁLCULO DAS NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN E ENCALADO DOS CULTIVOS

**Figura 1. Evolución da superficie de millo forraxeiro en Galicia (2000-2015)**



### A TOMA DE MOSTRAS DE SOLO

O obxecto da toma de muestras de suelo é obter unha muestra representativa da parcela para poder determinar a partir dela as características físicas e químicas do solo.

En relación coa toma das muestras pódese afirmar o seguinte: a análise non pode ser mellor que a mostra e os estudos de laboratorio só poden ser tan bons como o sexan o traballo de campo e as mostraxes que se realicen. A análise empeza na mostraxe. »

A toma de mostras para a fertilitade pódese concretar nos seguintes puntos:

- Determinación das unidades de mostraxe no terreo
- Recollida de mostra de análise
- Redución da mostra por cuarteo

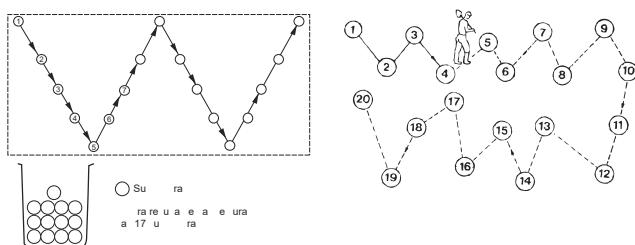
#### A) Determinación das unidades de mostraxe no terreo

Tomaremos a parcela a estudar como unha unidade de mostraxe sempre e cando esta sexa homoxénea. No caso de apreciar zonas diferenciadas, para o que nos basearemos no aspecto (ladeiras, vales, cor...), desenvolvemento das plantas, resistencia á labra etc., cada unha delas tomarase como unha unidade diferente de mostraxe.

#### B) Recollida de mostra de análise

A mostra representativa final será unha mestura de varias submostras, e dicir, para cada unidade de mostraxe tomaranse polo menos 15-20 submostras. O tipo de mostraxe debe cumplir a propiedade de ser ao chou, é dicir, que todas as posibles mostras simples ou submostras que se poñan tomar teñan a mesma probabilidade de ser elixidas. O procedemento consistirá en efectuar un percorrido en zigzag a través da parcela (figura 2).

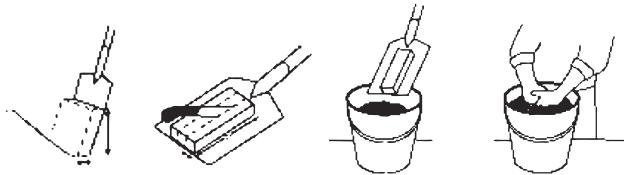
**Figura 2. Tipo de mostraxe para obter a mostra de análise dun terreo homoxéneo**



Para a toma de cada unha das submostras existen no mercado diferentes tipos de sondas de mostraxe; se non se dispón dunha, pódense tomar as mostras cunha pa (figura 3).

O procedemento de recollida consistirá en limpar o terreo de follas e de maleza e realizar un burato cuxa profundidade coincidirá coa zona cunha maior densidade de raíces de cada cultivo. A extracción da terra realizarase ao longo de toda a parede do burato. No caso do millo tomaremos unha profundidade de mostraxe de 30 cm.

**Figura 3. Procedemento de toma de mostra de solo cunha pa (FAO e IFA, 2002)**



**A ANÁLISE NON PODE SER MELLOR QUE A MOSTRA E OS ESTUDOS DE LABORATORIO SÓ PODEN SER TAN BOS COMO O SEXAN O TRABALLO DE CAMPO E AS MOSTRAXES QUE SE REALICEN**

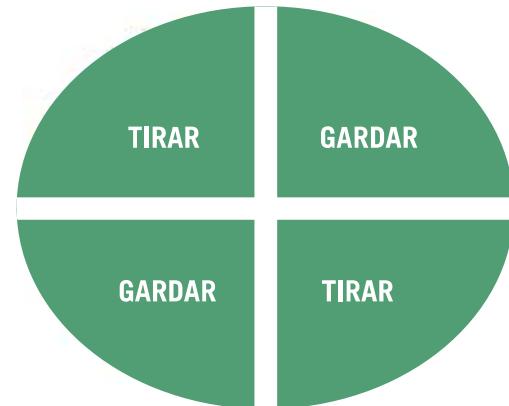
As submostras recollidas iranse colocando nun recipiente que ten que estar limpo (o recipiente non puido ser utilizado previamente para espalxear fertilizantes ou calquera outro tipo de producto que puidese contaminar a mostra e alterar o resultado posterior da análise).

#### C) Redución da mostra por cuarteo

Todas as submostras dunha mesma unidade de mostraxe mesturaranse sobre unha superficie limpia e mediante o cuarteo reducirase a mostra ata 1 kg de solo aproximadamente, que será a mostra que se envíe ao laboratorio.

Para facer un bo cuarteo, unha vez mesturadas ben todas as submostras, comezarase pola creación dunha montaña de terra e farase unha cruz na punta; deste modo quedará dividida en catro sectores (figura 4). Dous destes en diagonal tiraranse e quedarémonos cos outros dous. Deste xeito reducimos o peso da montaña á metade; seguiremos facendo cuarteos (mestura, cruz, tirar) ata que nos quede 1 kg de solo, que será o que enviamos ao laboratorio.

**Figura 4. Cuarteo da mostra de solo para reducir a cantidad de mostra**



A toma de mostras débese realizar sempre nas mesmas datas e débense deixar pasar 2 meses despois de fertilizar con nitróxeno (N), fósforo (P), potasio (K) e magnesio (Mg), 3 meses despois de achegar esterco ou xurro e 12 meses despois de realizar un encalado do solo.

A periodicidade das análises depende da bagaxe que se teña do terreo, se estamos empezando o estudo deste o recomendable é unha análise anual. Naqueles terreos onde xa teñamos un histórico de análises e fertilizacións, podemos facelo cada 3-4 anos coa idea de corrixir aqueles nutrientes que non se comporten como esperabamos. »

## NON SÓ É NECESARIO ANALIZAR OS NUTRIENTES PRINCIPALES SENÓN TAMÉN AQUELOTRAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO QUE LLE PODEN INFLUIR AO MILLO NA SÚA ABSORCIÓN

### DETERMINACIÓN ANALÍTICAS

No laboratorio analízanse todas aquellas características do solo que teñen importancia na nutrición da planta; polo tanto, non só é necesario analizar os nutrientes principais senón tamén aqueloutras características do solo que lle poden influir ao millo forraxeiro na absorción destes.

Dentro dos nutrientes principais temos o nitróxeno, fósforo, potasio, calcio e magnesio, e dentro das características principais que poden afectar á absorción dos nutrientes, temos o pH, acidez do solo, carbono (C), materia orgánica (MO), relación carbono/nitróxeno (C/N), conductividade eléctrica (CE), capacidade de intercambio catiónico etc.

A cantidade dun nutriente presente no solo non está na súa totalidade disponible para as plantas, polo que nos interesa coñecer o contido do nutriente que está accesible para ser utilizado polo cultivo. No laboratorio isto conséguese utilizando disolucións que extraen do solo só esa parte disponible dos nutrientes. Existen diferentes disolucións de extracción, polo que á hora de usar táboas de necesidades fertilizantes témonos que fixar na solución de extracción que se usou para a súa elaboración.

Polo tanto, a fertilización debe ter como obxectivo manter no solo un contido adecuado de nutrientes, en condicións de asimilabilidade, para que o cultivo poida absorbelos no momento preciso e nas cantidades necesarias (Urbano, 1992).

### CARBONO E MATERIA ORGÁNICA

O carbono atópase nos solos formando parte de catro tipos de materiais orgánicos e minerais:

- carbonatos minerais, principalmente  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$
- formas moi condensadas de composicións próximas ao carbono elemental (carbón vexetal, grafito ou carbón de hulla)
- residuos de plantas, animais e microorganismos, alterados e bastante resistentes, denominados ás veces *humus* e *humatos*, que non constitúen un composto único, ao contrario do que parecen sugerir estas denominacións
- residuos orgánicos pouco alterados de vexetais, animais e de microorganismos vivos e mortos, que sofren descomposicións bastante rápidas nos solos.

Evidentemente, o carbono total dos solos inclúe estas catro formas e o carbono orgánico total inclúe as tres últimas.

O Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia (Lafiga) determina tanto o carbono total (por combustión seca) coma a materia orgánica (por calcinación). Dado que en Galicia os solos, debido ás súas características ácidas, adoitan carecer da compoñente inorgánica ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ ), pódese establecer a seguinte relación entre materia orgánica (MO) e carbono total (C):



$$\text{MO (\%)} = 1,72 \times \text{C (\%)}$$

En relación cos efectos da materia orgánica no solo, pódese dicir de forma concisa que:

- inflúe nas propiedades físicas do solo mellorando a estrutura, a permeabilidade, a capacidade de reserva de auga, a aireación, a temperatura etc.
- inflúe nas propiedades químicas do solo aumentando a fonte e a reserva de nutrientes de lenta liberación para a planta por un incremento da capacidade de adsorción e intercambio catiónico. A materia orgánica contén cantidades apreciables de carbono, nitróxeno, fósforo e xofre, que se transforman en asimilables para as plantas ao producirse a súa descomposición. Tamén reduce as oscilacións do pH.
- inflúe nas propiedades biolóxicas do solo ao favorecer a actividade da poboación microbiana aerobia do solo e a súa acción beneficiosa sobre os procesos do solo, e tamén favorece a rizoxénese e, por conseguinte, a nutrición mineral dos cultivos.

Todos estes factores contribúen a que a materia orgánica sexa un factor moi importante no incremento da capacidade de producción do solo e do cultivo do millo forraxeiro. Cómpre destacar o importante papel que xoga no incremento da capacidade de retención da auga no solo (Aldrich *et al.*, 1976), nun cultivo que se fai en Galicia sen rega, así como o feito de ser unha fonte de nutrientes que se van liberando lentamente coa mineralización (Josef Berger, 1967).

A interpretación dos valores numéricos dos niveis de materia orgánica do solo exponse na táboa 1.

**Táboa 1. Niveis de materia orgánica (%) en función da textura do solo**

	Areosos	Francos	Arxiños
Pobre	<0,7	<1,0	<1,2
Satisfactorio	0,7-1,5	1,0-1,8	1,2-2,0
Rico	1,5-2,5	1,8-3,0	2,0-3,5
Moi rico	>2,5	>3,0	>3,5

En Galicia os solos caracterízanse por ser moi ricos en materia orgánica. Nos solos das parcelas das explotacións gandeiras varía moito o seu contido, entre un 5 e un 14 %, pois o seu valor depende do manexo ao que foi sometido o solo. Así, o seu contido no solo diminúe con labores inadecuados, un laboreo excesivo e/ou a implantación do monocultivo. ➤

## O NITRÓXENO

O nitróxeno que se determina na mostra de solo é o nitróxeno total, suma do que está en forma orgánica e que non está disponible nese momento para o cultivo máis unha pequena parte mineral en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que non é representativa do contido real no solo polo procesado ao que é sometida a mostra no laboratorio. Ao ser as formas nítricas e amoniacaís as absorbidas polo cultivo, este dato só nos serve para determinar a relación C/N do solo, como veremos no apartado seguinte.

O nitróxeno é o motor de crecemento da planta, pois xoga un papel fundamental no crecimiento, no desenvolvemento e nos rendementos do millo forraxeiro, ao orixinar maior producción de clorofila, co subseguiente incremento de superficie foliar e da actividade fotosintética. Forma parte dos aminoácidos e das proteínas, afectando dun xeito directo ao contido proteico do forraxe, e incrementa a digestibilidade ao reducir a aparición de fibras.

Ao contrario do que pasa co fósforo e co potasio, a fertilización nitroxenada non ten un efecto acumulativo no solo ao longo dos anos, pois está sometido a procesos de lavado; por iso, achegáremoslle ao millo forraxeiro as extraccións que realiza o cultivo, xa que outras perdas (lixiviación de nitratos) ou ganancias (mineralización da materia orgánica do solo) son de difícil cuantificación.

Para unha producción de 20 t/ha de materia seca dun millo forraxeiro estímase unha extracción de nitróxeno de 190 kg de N/ha (García *et al.*, 2012).

No caso de fertilizar con xurros achegaremos, ademais, as perdas por volatilización do amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) cara á atmosfera que poden ser importantes (García *et al.*, 2010). Pola contra, se cultivamos previamente unha leguminosa para soterrar ou unha pradería, as doses de nitróxeno poden reducirse nuns 125 kg de N/ha.



Equipo utilizado para a análise de carbono e nitróxeno

## RELACIÓN C/N

A relación C/N informa da saúde do solo e para coñela precisanse as determinacións separadas do nitróxeno e o carbono, as concentracións deles indicarán a riqueza do terreo.

**OS SOLOS ALCALINOS (ALTO CONTIDO EN Na) PRESENTAN GRAVES DIFICULTADES PARA O SEU CULTIVO, XA QUE TANTO AS SÚAS PROPIEDADES FÍSICAS COMO QUÍMICAS QUEDAN COMPLETAMENTE ALTERADAS**

Na relación C/N actúan dous procesos, a oxidación de compostos carbonados con desprendemento de  $\text{CO}_2$  e diminución da relación C/N, e a nitrificación do nitróxeno orgánico con absorción do mesmo polo cultivo e perdas por lixiviación e incremento da relación C/N. Esta relación tende a estabilizarse e, en climas temperados como o noso, o seu valor debe estar entre 10 e 12.

A relación C/N baixa indica o esgotamento do solo, como acontece cando se explota intensamente ou se erosiona.

## A CONDUTIVIDADE ELÉCTRICA OU SALINIDADE

A salinidade do solo provoca nos cultivos a seca fisiolóxica, é dicir, os cultivos non poden absorber auga do solo porque a presión osmótica orixinada polos sales presentes na solución do solo é moi elevada. Se a concentración dun ión na solución do solo é moi alta, pode orixinar un efecto tóxico nos cultivos que se desenvolvan nese solo.

No Lafiga faise unha avaliación previa da salinidade do solo medindo a condutivididade eléctrica no extracto acuoso 1:5. Se o valor da condutivididade eléctrica no extracto 1:5 é inferior a 0,2 dS/m (decisiemens por metro) a 25 °C, pódese afirmar que non hai problemas de salinidade para os cultivos nese solo.

Os solos de Galicia para cultivo de millo non presentan problemas de salinidade.

## COMPLEXO DE CAMBIO E CAPACIDADE DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

Denóminalle ‘intercambio iónico’ ao fenómeno que consiste na substitución dos ións do complexo de adsorción por outros do medio externo. Mediante o intercambio, os ións “son retidos”, o que implica a súa doada liberación, mentres que coa “fixación” quedan unidos á partícula con tal forza que a súa liberación se realiza con notoria aínda que variable lentitude.

Ao conxunto formado por partículas arxilosas e compostos orgánicos coloidais capaces de intercambiar ións coa solución do solo, constituíndo o complexo de adsorción, chámase ‘complexo de cambio’.

Os catións cambiables máis abundantes nos solos son:  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . A súa determinación subministra información sobre o contido dos macroelementos en forma asimilable, disponible para o cultivo. A suma destes contidos denominase ‘capacidade de intercambio catiónico’ (CIC).

No Lafiga, o Ca, Mg, K e Na asimilables determinínanse extraendo o solo cunha solución de acetato amónico 1 N a pH 7. O contido nos catións cambiables, así como a capacidade de intercambio catiónico, son expresados en cmol+/kg ou en meq/100 g (1 cmol+/kg=1 meq/100 g). ➤

A CIC para un solo coa mesma cantidade de materia orgánica increméntase co pH, é dicir, se incrementamos o pH temos máis nutrientes dispoñibles para o cultivo. Solos con baixa CIC desenvolverán máis doadamente deficiencias en K e Mg.

Cando o tanto por cento de saturación do complexo de cambio por sodio (Na) é superior ao 15 %, o solo denominase alcalino. Estes solos presentan graves dificultades para o seu cultivo, xa que tanto as súas propiedades físicas como químicas quedan completamente alteradas.

### O pH

A acidez expresa a concentración de ións hidróxeno ( $H^+$ ) presentes na solución do solo. Como unidade de medida utilizase o pH, sendo quizais a medida que individualmente proporciona maior información sobre a fertilidade dun solo. O pH é o logaritmo da inversa da concentración de ións hidróxeno ( $H^+$ ).

No laboratorio determináse o pH na auga, nun extracto 1: 2,5.

A acidez ou a basicidade dun horizonte vén determinada polos catións absorbidos sobre os minerais de arxila e a materia orgánica.

Na táboa 2 móstranse os principais efectos esperables no solo e nos cultivos para distintos intervalos de pH establecidos:

**Táboa 2. Efectos esperables no solo e cultivos en función do pH**

pH	Avaliación	Efectos esperables no intervalo
< 4,5	Extremadamente ácido	Condicions moi desfavorables
4,5-5,0 5,1-5,5	Moi fortemente ácido Fortemente ácido	Possible toxicidade por $Al^{3+}$ exceso: Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Deficiencia: Ca, K, N, Mg, Mo, P, S. Solos sen carbonato cálcico. O formigón ordinario resulta atacado. Actividade bacteriana escasa
5,6-6,0	Medianamente ácido	Intervalo adecuado para a mayoría dos cultivos
6,1-6,5	Lixeiramente ácido	Máxima dispoñibilidade de nutrientes
6,6-7,3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos. Por debaixo do pH=7,0 o carbonato cálcico non é estable no solo
7,4-7,8	Medianamente básico	Solos xeralmente con $CaCO_3$
7,9-8,4	Básico	Diminúe a dispoñibilidade de P e B. Deficiencia crecente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Solos calcarios. Clorose férrica debida ao $HCO_3^-$
8,5-9,0	Lixeiramente alcalino	En solos con carbonatos, estes pH altos poden deberse ao $MgCO_3$ , se non hai sodio intercambiable. Maiores problemas de clorose férrica
9,1-10,0	Alcalino	Presenza de carbonato sódico
>10,0	Fortemente alcalino	Elevada porcentaxe de sodio intercambiable (ESP>15 %). Toxicidade: Na, B. Mobilidade do P como de $Na_2PO_4$ . Actividade microbiana escasa. Micronutrientes pouco dispoñibles, excepto Mo

A maior parte dos cultivos teñen o seu óptimo de crecemento en solos próximos á neutralidade e, polo xeral, soportan mellor a acidez que a basicidade. A acción negativa que ten a acidez sobre os cultivos, como pode verse na táboa anterior, é debida a unha menor dispoñibilidade de nutrientes para as plantas, a un exceso de aluminio e manganeso que exercen un efecto tóxico sobre as raíces e a vexetación, a carencias de calcio como nutriente dos cul-

tivos e dos microorganismos e a un efecto depresivo sobre a actividad dos microorganismos do solo (mineralización da materia orgánica, fixación biolóxica do nitróxeno atmosférico...) [Urbano, 1992].

Cada cultivo ten un rango de pH no que o seu desenvolvemento é o óptimo e existen diferenzas notables entre os distintos cultivos tanto no pH máis favorable coma no intervalo de variación que toleran dentro dun rango de producción aceptable. No millo o rango de pH óptimo está entre 5,8 e 6,2, cun bo crecemento ata un pH de 7,0 (Cornell University Cooperative Extension, 2005).

Para facer a corrección da acidez do solo hai que desprazar os ións hidróxeno por ións básicos, como son o calcio e o magnesio. Para conseguir este desprazamento é necesario aplicarles ao solo compostos de calcio e/ou de magnesio, proceso que denominamos "encalado".

O pH utilizase como parámetro para encalar nalgúns lugares, en solos como os galegos cun alto contido en materia orgánica e, xa que logo, cunha alta capacidade tampón. Para subir estas unidades de pH é necesario aplicar grandes cantidades de cal, o que resulta economicamente pouco viable; por iso á hora de encalar tense en conta a acidez de cambio, que garda unha estreita relación co pH.

Os solos galegos son na súa maior parte ácidos, cun pH nas parcelas das explotacións gandeiras situado, polo xeral, entre 5,1 e 6,3.

### ACIDEZ DE CAMBIO, ALUMINIO NO SOLO E NECESIDADES DE CAL

Enténdese por acidez de cambio a parte da acidez do solo que pode ser substituída con sales neutros non tamponados, tales como  $NaCl$ ,  $KCl$  ou  $CaCl_2$ . A acidez de cambio é o grao ou a porcentaxe de saturación do complexo de cambio pola acidez cambiante ( $H^+, Al^{+++}, Mn^{++}$ ). O seu valor vén dado polo cociente entre o valor da acidez cambiante (obtida por medio da extracción con  $KCl$  1 M) e o valor da capacidade de intercambio catiónico –suma dos valores dos catións de cambio ( $Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}$ ) máis o valor da acidez cambiante.

O aluminio de cambio é o compoñente principal da acidez de cambio dos solos e a causa da baixa fertilidade dos solos ácidos. No laboratorio a análise do aluminio de cambio realiza mediante extracción do solo cun sal neutro e a posterior valoración da acidez cunha disolución de  $NaOH$ .

Un exceso de aluminio de cambio produce efectos tóxicos nas plantas afectando principalmente ao desenvolvemento das raíces dos cultivos (acurtando e engrosando as raíces), o que diminúe a dispoñibilidade de nutrientes e auga por parte da planta.

A necesidade de emenda calcaria dun solo ácido determinase en función do grao ou da porcentaxe de saturación do complexo de cambio polo aluminio (% Al).

Na táboa 3 móstranse as doses de encalante, calcaria ou óxido de calcio cun 100 % de riqueza, recomendadas para corrixir a acidez do solo (Mombiela e Mateo, 1984; Piñeiro *et al.*, 2009). »

## UNHA ADECUADA FERTILIZACIÓN POTÁSICA INCREMENTA A RESISTENCIA DA PLANTA ÁS XEADAS POR ALIMENTO DA CONCENTRACIÓN SALINA DOS ZUMES CELULARES E ÁS ENFERMIDADES



**Táboa 3. Acidez e doses recomendadas de encalante**

Nivel	% Al <sup>1</sup>	kg/ha de calcaria ( $\text{CaCO}_3$ )	kg/ha de óxido de calcio (OCa)
Moi ácido	>= 60	4.500	2.500
Ácido	41-60	3.500	2.000
Medio	21-40	2.100	1.200
Pouco ácido	10-20	1.400	800
	5-10	700	400
Óptimo	0	0	0

<sup>1</sup>Porcentaxe de aluminio ( $\text{Al}^{+++}$ ) no complexo de cambio

Como pode verse na táboa 3, existe un límite de doses máximas a aplicar, xa que as primeiras doses de cal son as más eficientes en incrementar o rendemento. Con estas, aínda que o pH apenas se ve afectado, o Al de cambio diminúe rapidamente. Para solos cunha porcentaxe de saturación de aluminio superior ao 40 % convén repartir a dose recomendada en dous anos, achegando unha maior cantidade no primeiro ano.

Esta táboa pode ampliarse a outros materiais encalantes, coñecendo o efecto neutralizante dos diferentes materiais referidos ao do cal vivo (táboa 4). Unha calcaria dun 100 % de riqueza ten un valor neutralizante de 56. Por exemplo, se aplicamos 1.000 kg de calcaria dun 100 % de pureza é como se aplicásemos 560 kg de cal vivo. Con materiais de 100 % de pureza o poder neutralizante de maior a menor sería para a cal vivo, o cal apagado, a dolomita e a calcaria.

**Táboa 4. Valor neutralizante de materiais encalantes cun 100 % de riqueza**

Material encalante	Fórmula química	Equivalencia en cal vivo (OCa)
Calcaria (100 kg)	$\text{CaCO}_3$	56 kg
Dolomita (100 kg)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	61 kg
Cal vivo (100 kg)	$\text{CaO}$	100 kg
Cal apagado (100 kg)	$\text{Ca(OH)}_2$	76 kg

O encalado farase cada 2 anos (% Al>20 %). As análises do solo cada 4 anos (% Al<10 %) indicarannos se é preciso seguir encalando e neste caso cales deben ser as doses a aplicar.

Os solos galegos caracterízanse por ser ácidos e, polo tanto, teñen un valor alto de acidez de cambio, cuxo principal compoñente é o aluminio.

Existe unha falta de encalado nun 60 % das parcelas das explotacións gandeiras de vacún de leite de Galicia, o que nos indica que hai que facer máis fincapé na necesidade de encalar o millo forraxeiro, dado o baixo custo deste labor e a súa elevada repercusión nos rendementos produtivos (García *et al.*, 2014).

Existe unha falta de encalado nun 60 % das parcelas das explotacións de vacún de leite de Galicia

### O FÓSFORO

No laboratorio trátase de cuantificar o fósforo fixado debilmente, é dicir, aquel facilmente mobilizable e asimilable polo cultivo. O procedemento de extracción utilizado no Lafiga é con bicarbonato sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ) 0,5 M a un pH aproximadamente constante de 8,5. Despois analízase este extracto para coñecer o contido de fósforo en forma de fosfatos que contén o solo.

As cantidades determinadas no extracto e a súa relación coa fertilidade do solo permiten utilizar a seguinte escala de niveis de riqueza: moi baixo (0-5 ppm), baixo (6-15 ppm), medio (16-25 ppm), alto (26-45 ppm) e moi alto (máis de 45 ppm).

Nos solos pobres en fósforo é necesario facer fertilizacións de corrección para ir incrementando o nivel de nutrientes ata os dun solo medio; en solos de riqueza media non é necesario facer unha fertilización de corrección, pero si unha fertilización de mantemento. En xeral, se se deseja manter a fertilidade dos solos, é necesario devolver todos os nutrientes que por calquera causa (extraccións dos cultivos, lixiviación, asimilabilidade...) poidan perderse. É o que se chama a lei da restitución.

A fertilización fosfórica de mantemento consiste en achegar as extraccións que realiza a colleita, se ben pode haber pequenas perdidas por erosión. Nos solos ricos, o nivel elevado de nutrientes permite economizar fertilizantes e para solos cun contido superior a 45 ppm non necesitaríamos aplicarlle ao millo forraxeiro fertilizantes fosfóricos.

A planta de millo precisa do fósforo de maneira moi temperá, despois da xerminación, para favorecer o crecemento das raíces e a actividade dos ápices vexetativos. Hai que salientar o seu papel directo no desenvolvemento das raíces, coa subseguiente influencia no desenvolvemento posterior da planta (follas, talos e espigas) e no proceso da maduración. Isto é así porque o fósforo desempeña un papel moi importante, xa que, por unha banda, forma parte dos ácidos ribo e desoxirribonucleicos (ARN e ARN) esenciais para a división celular e, pola outra, forma parte das encimas do sistema fotosintético da planta, das moléculas enerxéticas (ATP, NADP) e dos fosfolípidos coa subseguiente influencia no desenvolvemento dos tecidos. Tamén intervén en numerosos procesos, entre os que hai que destacar a síntese de proteínas, cun efecto sobre o contido proteico final da forraxe. »

## HAI QUE FACER MÁIS FINCAPÉ NA NECESIDADE DE ENCALAR O MILLO FORRAXEIRO, DADO O SEU BAIXO CUSTO E A SÚA ELEVADA REPERCUSIÓN NOS RENDEMENTOS FORRAXEIROS

A absorción do fósforo pola planta pode verse afectada pola presenza de aluminio intercambiable, moi abundante nos solos galegos, que afecta tanto á solubilidade do fósforo como á capacidade das raíces para a súa absorción. Nas etapas iniciais do cultivo, a súa disponibilidade pode chegar a ser crítica pola acción das baixas temperaturas (aparicións de coloracións púrpuras).

Para unha producción de 20 t/ha de materia seca dun millo forraxeiro nun solo con nivel de fertilidade medio estímase unha extracción de fósforo de 70 kg de  $P_2O_5$ /ha (García *et al.*, 2012). As devanditas cantidades modifícanse en función da riqueza no solo (táboa 5).

**Táboa 5. Fertilización fosfórica para millo forraxeiro en función do nivel de fertilidade do solo**

	Fósforo (P) en solo <sup>1</sup>	$P_2O_5$
Nivel no solo	ppm	kg/ha
Moi baixo	0-5	100
Baixo	6-15	80
Medio	16-25	70
Alto	26-45	50
Moi alto	>45	0

<sup>1</sup>Método Olsen (extracción en  $CO_3^{2-}HNa$ )

Os solos das explotacións galegas de vacún de leite mostran, en xeral, niveis de fertilidade de fósforo altos e moi altos, debido a un exceso de fertilización fosfórica (Castro *et al.*, 2007; García *et al.*, 2007), pois ás achegas que se realizan co xurro hai que engadir outras de fertilizantes minerais.



Equipo utilizado para a análise de metais

## O POTASIO

No laboratorio preténdese determinar o potasio fixado que pode liberarse con facilidade e pasar á solución do solo na cal será facilmente asimilable polos cultivos en forma de  $K^+$ . No Lafiga o potasio extráese do solo cunha solución neutra de acetato amónico 1 N a pH 7.

As cantidades determinadas no extracto e a súa relación coa fertilidade do solo permiten utilizar a seguinte escala de niveis de riqueza: moi baixo (0-60 ppm), baixo (61-120 ppm), medio (121-240 ppm), alto (241-400 ppm) e moi alto (máis de 400 ppm). Ao igual que co fósforo nos solos medios achegaremos unha fertilización potásica de manteñemento que restitúa as extraccións que realiza a colleita, en solos pobres incrementaremos a fertilización para corrixir o déficit neste elemento e nos solos ricos poderase economizar en fertilizantes potásicos. Un contido de potasio en solo superior a 400 ppm non fai necesaria a aplicación de fertilizantes potásicos.

O potasio ten unha gran relación co uso eficiente da auga, ao mellorar a eficiencia na transpiración-evaporación, reducindo as perdas de auga pola planta. Ten, ademais, unha importancia vital na fotosíntese, o que afecta directamente ao crecemento do cultivo, así como ao reforzo das paredes celulares e das paredes dos tecidos do talo, o que contribúe a reducir o encamado. Unha adecuada fertilización potásica incrementa a resistencia da planta ás xeadas por aumento da concentración salina dos zumes celulares e ás enfermidades. Tamén xoga un papel moi importante na elaboración de glíxidos coma o amidón.

Para unha producción de 20 t/ha de materia seca dun millo forraxeiro nun solo con nivel de fertilidade medio estímase unha extracción de potasio de 200 kg de  $K_2O$ /ha (García *et al.*, 2012). As citadas cantidades modifícanse en función da riqueza no solo (táboa 6).

**Táboa 6. Fertilización potásica para millo forraxeiro en función do nivel de fertilidade do solo**

	Potasio (K) en solo <sup>1</sup>	$K_2O$
Nivel	ppm	Kg/ha
Moi baixo	0-60	300
Baixo	61-120	250
Medio	121-240	200
Alto	241-400	90
Moi alto	>400	0

<sup>1</sup>Extracción en  $NO_3^{-}NH_4$  ou  $CH_3COONH_4$

Os solos das explotacións galegas de vacún de leite, en xeral, mostran niveis de fertilidade de potasio medios e altos.

## O CALCIO E O MAGNESIO

No laboratorio determinánse o calcio e o magnesio activo, que é o elemento soluble máis o que pasa facilmente á solución do solo. A análise de laboratorio faise no mesmo extracto que o potasio, e exprésase en cmol+/kg ou meq/100 g.

En valores absolutos, resultados inferiores a 4 cmol+/kg de Ca e a 0,7cmol+/kg de Mg de cambio son considerados insuficientes. »

O calcio intervén na división celular e na formación das paredes celulares, das que tamén forma parte (pectato de calcio), dándollellas estabilidade. Ten dúas funcións protectoras para a planta: por unha banda, mellora a resistencia ás enfermidades e, pola outra, neutraliza os ácidos procedentes do metabolismo celular.

O magnesio é o constituyente central da clorofila, o pigmento verde das follas que fai posible a fotosíntese e a seguinte asimilación da enerxía do sol por parte da planta. Así mesmo, activa as reaccións encimáticas relacionadas coa transferencia de enerxía da planta, influíndo no crecemento do cultivo, participa na síntese e na acumulación de moitas substancias coma hidratos de carbono e azucres, proteínas ou vitaminas, e tamén intervén na mobilización do fósforo tanto no solo coma na planta.

Os niveis de calcio en solos ácidos alcánzanse dun xeito indirecto coas aplicacións de materiais encalantes. Para alcanzar os niveis de magnesio en solos ácidos recoméndase a utilización no encalado de dolomita [carbonato cálcico magnésico:  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] ou calcaria magnesiana. Os niveis de magnesio tamén poden alcanzarse aplicando fórmulas fertilizantes que leven este elemento. As recomendacións de aplicación de MgO para alcanzar un valor mínimo de Mg no solo de 0,7 cmol+/kg aparecen na táboa 7.

**Táboa 7. Niveis de Mg en solo e doses recomendadas de aplicación de MgO**

Nivel actual de Mg (cmol+/kg)	MgO (kg/ha)
0,00 - 0,10	450
0,11 - 0,19	370
0,20 - 0,30	300
0,31 - 0,39	240
0,40 - 0,50	170
0,51 - 0,59	100
0,60 - 0,70	70
>0,70	0

Niveis de potasio e calcio altos nos solos limitan a absorción do magnesio

As extraccións que realiza o millo forraxeiro sitúanse nos 40 kg de CaO/ha e 50 kg de MgO/ha. Estas cantidades alcánzanse aplicando 15 m<sup>3</sup>/ha e 45 m<sup>3</sup>/ha de xurro de vacún, respectivamente.

Os solos galegos son moi pobres nestes dous elementos, polo que é necesaria a súa achega para a maioría dos cultivos. Un 45 % das parcelas das explotacións galegas de vacún de leite teñen un contido en calcio menor de 4 cmol+/kg e un 70 % un contido en magnesio menor de 0,7 cmol+/kg.

## CONCLUSIÓNS

Unha análise de solo dunha parcela homoxénea comeza por un bo traballo de campo e de mostraxe. No laboratorio analízanse non só os nutrientes principais presentes no solo (P, K, Ca e Mg) senón tamén aquelas outras características deste que inflúen na absorción polo millo forraxeiro dos nutrientes (materia orgánica, relación C/N, pH, % Al...).

O cálculo das necesidades de fertilización e de encalado do millo forraxeiro debe basearse nas determinacións analíticas feitas na mostra dunha parcela, nas extraccións de nutrientes feitas polo millo e no uso dos propios recursos da explotación como é o xurro. Deste xeito buscamos unha boa producción, rebaixa de custos e un menor impacto no medio. En resumo, debemos ir cara a unha fertilización racional dentro dun modelo de producción sustentable. ●

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich, R.; Scott, O.; Leng, E.R. 1976. Modern corn production., Illinois, USA: A& L Publications.
- Berger, J. 1967. El maíz, su producción y abonamiento., Missouri, USA: Agricultura de las Américas
- Blázquez, R. 2013. O solo e a súa fertilidade. Xunta de Galicia.
- Castro, J.; García, M.I.; Báez, D.; Blázquez, R. 2007. Ahorro de costes de abonado en explotaciones de vacuno de leche. Ganadería, 48, 40-41.
- Cornell University Cooperative Extension. 2005. Agronomy fact sheet 5. Soil pH for Field Crops.
- FAO e IFA. 2002. Los fertilizantes y su uso. Roma, Italia.
- Fernández-Lorenzo, B.; Flores, G.; Valladares, J.; González-Arráez, A.; Pereira, S. 2009. Caracterización do sistema de producción das explotacións de vacún de leite de Galicia, 82, 12-20.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J. 2014. Recomendación de encalado nos cultivos forraxeiros. Afriga, 114, 106-114.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J.; Louro, A. 2012. Axuste das recomendacións de fertilización no millo forraxeiro para as condicións galegas. Afriga, 97: 130-136.
- García, M.I.; Castro, J.; Báez, D.; Camba, J.; López, J. 2010. Directrices para fertilizar con xurros o millo forraxeiro. Afriga, 85: 66-73.
- García, M.I.; Castro, J.; Báez, D.; Díaz, J. 2007. Balance y eficiencia en la utilización del nitrógeno, fósforo y potasio en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. Actas de la XLVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 429-435.
- Mombiela, F.; Mateo, M.E. 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos “a monte”. Anales INIA, Serie Agrícola, 25, 129-143.
- Piñeiro, J.; Castro, J.; Blázquez, R. 2009. Adubado de forraxeiras e pratenses. Cooperación. Revista da Asociación Galega de Cooperativas Agrarias (AGACA). Cadernillo de Divulgación Técnica. Nº 92, Marzo 2009, pp. 1-15.
- Urbano, P. 1992. Tratado de fitotecnia general. Madrid, España: Ed. Mundi Prensa.
- Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid, España: Ed. Mundi Prensa.
- Xunta de Galicia. 2015. Anuario de estadística agraria.