

# RECOMENDACIÓN DE ENCALADO NOS CULTIVOS FORRAXEIRO



Fotos: Juan Valladares

O encalado corrixe a acidez do solo e a acción negativa que ten sobre a produción dos cultivos

O encalado é o proceso que se ha de levar a cabo para corrir a acidez nos solos co fin de obter unha menor porcentaxe de saturación de aluminio e lograr así un óptimo crecemento dos cultivos.

M.I. García Pomar, D. Báez Bernal e J. Castro Insua  
Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM)-Instituto Galego de Calidade Alimentaria (Ingacal). Xunta de Galicia

## » INTRODUCCIÓN

A caracterización da acidez dun solo é de especial importancia na produción dos cultivos. A acidez expresa a concentración de ións hidróxeno ( $H^+$ ) presentes na solución do solo. Como unidade de medida utilízase o pH, que é o logaritmo da inversa da concentración de ións hidróxeno ( $H^+$ ).

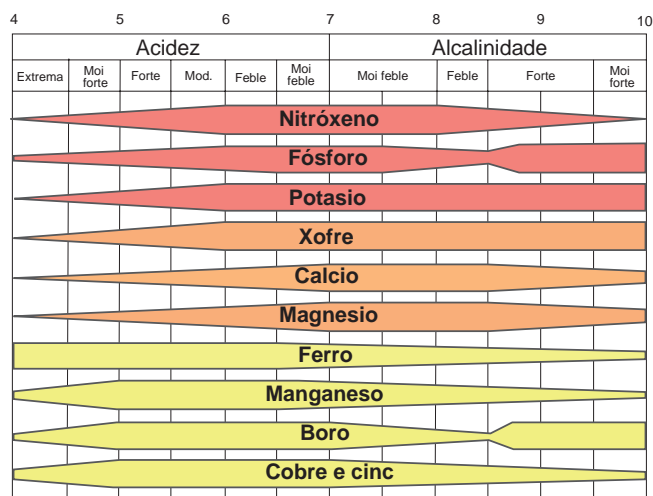
Os solos considéranse neutros cando o seu pH está próximo a 7, e ácidos ou básicos para valores de pH inferiores ou superiores a 7 respectivamente.

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. Cada cultivo ten un rango de pH no que o seu desenvolvemento é o óptimo.

A acción negativa que ten a acidez sobre os cultivos é debida a unha menor dispoñibilidade de nutrientes para as plantas —a dispoñibilidade de case todos os nutrientes é óptima en torno a un pH de 6.5 (figura 1)—, a un exceso de aluminio e manganeso que exercen un efecto tóxico sobre a vexetación, a carencias de calcio como nutriente dos cultivos e dos microorganismos e a un efecto depresivo sobre a actividade dos microorganismos do solo, fréanse procesos que regulan a fertilidade do solo, como son os de mineralización da materia orgánica, a fixación biolóxica do nitróxeno atmosférico... (Urbano, 1992).

ESTUDOS FEITOS NO CIAM CONCLUÍRON QUE EN PRADEIRAS AS PRODUCCIÓN CORRELACIONÁNSE CO CONTIDO DE ALUMINIO NO COMPLEXO DE CAMBIO E PARA OBTER UNHA BOA PRODUCCIÓN A PORCENTAXE DE ALUMINIO DEBE SITUARSE POR DEBAIXO DO 10 %

**Figura 1. Disponibilidade de nutrientes segundo o pH (Truog, 1953)**



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 aplicarlle ao solo compostos de calcio e/ou de magnesio, proceso que denominamos “encalado”.

O encalado, polo tanto, corrixe a acidez do solo e a acción negativa que ten sobre a produción dos cultivos, ao permitir un mellor aproveitamento dos nutrientes, unha subministración de calcio e magnesio, unha mellora da estrutura e das condicións do solo para os microorganismos e, por conseguinte, sobre os procesos nos que interveñen, así como un mellor desenvolvemento das raíces que incrementa a dispoñibilidade de nutrientes e auga por parte da planta. Por modificar de forma notable un número importante de propiedades do solo, os encalados reciben o nome de “emendas”. »



É necesario aplicarlle aos solos ácidos compostos de calcio e/ou de magnesio

**AS ANÁLISES DE TERRA CONVÉN FACELAS CADA 4 OU 5 ANOS. COÑECER AS NECESIDADES DE ENCALADO É DE MOITA IMPORTANCIA, XA QUE OS FERTILIZANTES NON SERÁN BEN APROVEITADOS POLOS CULTIVOS SE NON SE CORRIXE A ACIDEZ DO SOLO**

### BASES DO ENCALADO

Os parámetros que debemos coñecer á hora de encalar un solo son o pH e/ou a porcentaxe de saturación de aluminio (% Al) no complexo de cambio. O pH utilízase como parámetro para encalar nalgúns lugares, nos que o obxectivo é acadar un pH en torno a 6.5. Nos cultivos forraxeiros o rango de pH óptimo está entre 5.8 e 6.2 (Cornell University Cooperative Extension, 2005). 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. Pero é o aluminio do complexo de cambio do solo ( $Al^{3+}$ ) o principal causante do escaso crecemento das plantas en solos ácidos e corrixir este elemento require de moita menos cantidade de produto encalante. Estudos feitos no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) concluíron que en pradeiras as producións correlaciónanse co contido de aluminio no complexo de cambio e para obter unha boa produción a porcentaxe de aluminio debe situarse por debaixo do 10 % (Mombiela e Mateo, 1984).

A porcentaxe de saturación de aluminio pode vir nas análises de solo ou pódese calcular a partir dos catións do complexo de cambio: aluminio ou acidez de cambio, calcio, magnesio, potasio e sodio que poden vir expresados como meq/100g ou cmol/kg, sendo:

$$\% Al = (Al * 100) / (Al + Ca + Mg + K + Na)$$

Exemplo:

Acidez de cambio ou aluminio (Al): 0.4 cmol/kg ou meq/100g  
 Calcio (Ca): 4.48 cmol/kg ou meq/100g  
 Magnesio (Mg): 0.47 cmol/kg ou meq/100g  
 Potasio (K): 0.97 cmol/kg ou meq/100g  
 Sodio (Na): 0.17 cmol/kg ou meq/100g  
 $\% Al = (0.4 * 100) / (0.4 + 4.48 + 0.47 + 0.97 + 0.17) = 40 / 6.49 = 6.16$

A mostraxe das terras farase do seguinte xeito: tomar unha mostra media duns 500 g de cada parcela homoxénea, que será mestura de volumes de terra pequenos collidos nos primeiros 10 cm entre vinte e trinta lugares diferentes uniformemente repartidos (ir mostreando en zigzag). A toma de mostras ha de facerse sempre antes de encalar.

As análises de terra convén facelas cada catro ou cinco anos. Coñecer as necesidades de encalado é de moita importancia, xa que os fertilizantes non serán ben aproveitados polos cultivos se non se corrige a acidez do solo.

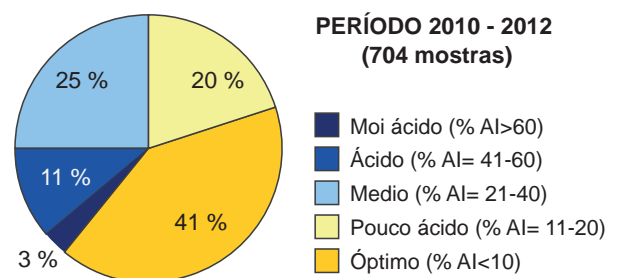
### O ENCALADO DOS CULTIVOS FORRAXEIRO EN GALICIA

Galicia presenta unha xeoloxía fundamentalmente ácida e un clima húmido onde as choivas fan un lavado de ións calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), potasio ( $K^+$ ) e sodio ( $Na^+$ ), perdas que se ven incrementadas pola escaseza de arxilas de elevada capacidade de cambio de catións, quedando como ións dominantes os  $H^+$  e os  $Al^{3+}$  coa subseguinte acidificación do solo.

En Galicia o encalado fíxose en épocas anteriores con materiais como cunchas de crustáceos e de moluscos, areas cunchíferas... prácticas restrinxidas a zonas costeiras (Fernández *et al.*, 1994). Nos primeiros anos do século XX a Granxa Escola Experimental de A Coruña recomenda o uso de escouras, polo seu contido en cal, para corrixir o contido de fósforo e a acidez do solo, iniciándose a partir do ano 1917 a recomendación do emprego de calcarias (Mombiela, 1983).

O encalado debería ser unha práctica habitual na maior parte dos solos de Galicia, pero análises de terras de explotacións de vacún de leite feitas no CIAM mostran unha elevada acidez en moitos solos. De 704 mostras de parcelas de explotacións de vacún de leite analizadas entre os anos 2010 e 2012, a media do pH foi de 5.59 e da porcentaxe de saturación de aluminio do 20 %. Na figura 2 pode observarse como a porcentaxe de parcelas que presentaron necesidade de encalado foi do 59 %, o que nos indica unha falta de encalado dos solos en Galicia, polo que é necesario facer máis fincapé na necesidade de encalar os cultivos forraxeiros, dado o baixo custo deste labor e a súa elevada repercusión nos rendementos produtivos.

**Figura 2. Clasificación de solos de parcelas de explotacións de vacún de leite segundo a porcentaxe de saturación de aluminio (% Al)**



### MATERIAIS ENCALANTES. ÉPOCA E CONDICIÓNS DE APLICACIÓN

No millo forraxeiro e no establecemento de pradeiras o encalado convén aplicalo cos labores previos, por exemplo cunha grade de discos que mesture ben o solo co produto encalante. Cantas máis labores de mesturado é mellor porque se maximiza a efectividade do encalado e se favorece un axeitado establecemento da semente. En pradeiras xa establecidas a aplicación farase de xeito superficial despois dun corte ou pastoreo e preferiblemente co solo seco para minimizar o risco de compactación do solo e de escorredura.

Os materiais de acción lenta deben empregarse en solos areosos onde o lavado dos ións calcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnesio ( $Mg^{2+}$ ) pola choiva é maior e os materiais de acción rápida, en solos arxilosos. >>>

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

Os materiais encalantes deben ser pulverizados en finas partículas para que sexan efectivos. Algúns deles para facilitar a súa aplicación (os produtos pulverizados poden afectar á respiración, pode perderse parte pola acción do vento e, ademais, poden manchar de po os edificios próximos) son sometidos a procesos de granulado, que consiste en aplicar ligantes débiles que aglomeren o produto pulverizado e que ao contacto co solo perden o seu efecto e o produto volve co tempo, dependendo da solubilidade do gránulo, ao seu estado inicial de po.

Os materiais encalantes teñen que ter calcio e/ou magnesio. Pasamos a ver algúns deles coas súas características:

### 1. Calcaria (carbonato cálcico: $\text{CaCO}_3$ )

É un produto de acción lenta, aínda que no primeiro mes reacciona un 50 % do produto polo que se necesita un mínimo de 6 meses máis para a súa total reacción. Por esta razón é aconsellable a súa aplicación cun mínimo de 3 meses antes da sementeira.

### 2. Dolomita [carbonato cálcico magnésico: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ]

É un produto de acción moi lenta, no primeiro mes reacciona un 25 % do produto e necesita un mínimo de 12 meses máis para a súa total reacción. Por esta razón é aconsellable a súa aplicación cun mínimo de 3 a 6 meses antes da sementeira. É recomendable o uso de dolomita en solos cun baixo contido en magnesio (por debaixo de 0.7 meq/100g).

### 3. Cal vivo (óxido de cal: $\text{CaO}$ )

Obtido a partir de calcaria sometida a altas temperaturas que elimina o dióxido de carbono. É un produto que reacciona nun mes, pero debe aplicarse de 1 a 2 meses antes da sementeira pois pode queimar as sementes e no solo reduce considerablemente tanto a fauna coma a flora beneficiosa (Momán, 2011). Esixe un manexo coidadoso por posible hidratación rápida e desprendemento de calor. Faranse montóns no chan e deixarase que se apaguen coa humidade ambiente e, despois, desfáranse os montóns e distribuíranse (Urbano, 1992).

### 4. Cal apagado [hidróxido de cal: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ]

A súa acción é rápida, nun mes actúa sobre o solo. Non se recomenda o seu uso sobre cultivos xa establecidos, pois é un material cáustico que pode queimar as plantas.

### 5. Cuncha de mexillón

Produto utilizado en épocas pasadas nas zonas costeiras de Galicia. Na actualidade existe a posibilidade de aproveitar a gran cantidade de residuos provenientes da industria do mexillón, ao presentar unha composición cun 95-99 % de carbonato cálcico. A cuncha lavada, triturada ou moída e calcinada pode utilizarse como material de cama de gando e posteriormente pasar á fosa de xurro e bótase no solo xunto coa aplicación deste.

No CIAM fíxose un ensaio nunha pradeira de longa duración aplicando xurro xunto con cuncha de mexillón cun tamaño de partícula inferior a 0.06 mm e viuse que o pH e o contido en calcio do solo se incrementaban e a porcentaxe de saturación de aluminio diminuía, baixando dun 25 % ata valores próximos ao 0 % en dous anos de aplicacións (Báez *et al.*, 2012). Así mesmo, tamén se produciu unha mellora da actividade biolóxica do solo, mellorando polo tanto a fertilidade (Paz *et al.*, 2012).

### 6. Xeso (sulfato cálcico dihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

É un produto que resulta eficaz para reducir a cantidade de aluminio de cambio nos horizontes subsuperficiais, provoca un descenso temporal no pH que se recupera co lavado e perdas do contido de magnesio (Santano, 1995; Toma *et al.*, 1999; Peregrina, 2005), polo que non é recomendable o seu uso en solos cun baixo nivel deste elemento.

### 7. Emendas calcarias

Son produtos cálcicos e/ou magnésicos enriquecidos con elementos fertilizantes, oligoelementos e/ou materia orgánica. A súa presentación normalmente é en forma granulada. É recomendable, dado o seu valor fertilizante, a súa aplicación antes dos cultivos máis rendibles.

### 8. Outros materiais

-Margas. Rocas sedimentarias compostas de calcita e arxilas, cunha orixe en restos de cunchas mariñas de épocas pasadas.  
-Escouras (silicatos de calcio e magnesio). De acción excesivamente lenta, o que xustifica a súa escasa utilización.

-Espumas de azucreira. Obtidas do proceso de fabricación de azucres, o produto é un composto inorgánico que contén carbonato cálcico e algo de materia orgánica e outros minerais (nitroxeno, fósforo, potasio, magnesio, xofre e oligoelementos). Incrementan o valor do pH, reducen o contido de aluminio e non repercuten negativamente no de magnesio, cunha moi boa resposta na produción dos cultivos (Santano, 1995; Peregrina, 2005). O seu valor neutralizante non é moi alto, polo que é necesario dobrar as doses doutros materiais. Recoméndase, dado o seu valor fertilizante, a súa aplicación antes dos cultivos máis rendibles.

-Cinzas de biomasa. Producen lixeiros incrementos do pH e achegan elementos fertilizantes. É un produto que necesita un acondicionamento para a súa aplicación e que ten unha limitación económica dada pola distancia da parcela ao punto de subministración (Omi, 2007).

### OS MATERIAIS ENCALANTES E OS FERTILIZANTES

Existe unha serie de fertilizantes como son os fertilizantes nitrogenados con contidos en amonio que teñen un efecto acidificante sobre o solo. A fertilización con xurro de vacún, que presenta un contido en nitróxeno amoniacal en torno ao 50 %, debería ter un efecto acidificante, pero en ensaios realizados nunha pradeira permanente no CIAM as aplicacións durante varios anos de xurro de vacún e de porcino supuxeron un incremento do pH e unha diminución da porcentaxe de saturación de aluminio destas parcelas respecto daquelas que non levaban fertilización ou nas que a fertilización era con nitrato amónico cálcico (Báez *et al.*, 2011). »

Na aplicación de produtos encalantes recoméndase evitar o contacto inmediato con superfosfatos por risco de conversión de formas asimilables de fósforo en formas non asimilables (fosfato tricálcico) e con fertilizantes nitroxenados amoniacaais e orgánicos (volatilización de nitróxeno amoniacal), pero resultados preliminares dun ensaio de laboratorio realizado no CIAM mostran que as perdas na mestura de encalantes con xurro non son tan altas como cabería esperar; ao mesturarse directamente varias doses de calcaria ou dolomita con xurro observouse que as perdas de amonio se producían nas primeiras 24 horas ata un máximo dun 10 % do amonio inicial presente no xurro (datos non publicados).

O uso nas camas do gando de calcaria ou cuncha de mexillón pode ser un bo sistema para manter un nivel axeitado de porcentaxe de saturación de aluminio no solo, unha vez que baixemos este parámetro ata o 10 %. O uso destes produtos fai que os xurros se enriquezan en calcio; así, nunha explotación ecolóxica achegáronse anualmente co xurro, mediante o uso nas camas de calcaria, en torno aos 400 kg/ha de CaO dun 100 % de riqueza (uns 700 kg/ha de CaCO<sub>3</sub> dun 100 % de riqueza) [Castro *et al.*, 2006].

### CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL ENCALANTE E RECOMENDACIÓN DE DOSES DE ENCALADO

#### Valor neutralizante (equivalencia en óxido de calcio)

Defínese como o efecto neutralizante dos diferentes materiais referidos aos do cal vivo (táboa 1). 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 o cal vivo, o cal apagado, a dolomita e a calcaria.

**Táboa 1. Valor neutralizante de materiais encalantes cun 100 % de riqueza**

Material encalante	Fórmula química	Equivalencia en cal vivo (OCa)
Calcaria (100 kg)	CaCO <sub>3</sub>	56 kg
Dolomita (100 kg)	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	61 kg
Cal vivo (100 kg)	CaO	100 kg
Cal apagado (100 kg)	Ca(OH) <sub>2</sub>	76 kg

Na táboa 2 móstranse as doses de encalante, calcaria ou óxido de calcio cun 100 % de riqueza, recomendadas para corrixir a acidez do solo para os cultivos forraxeiros en Galicia (Mombiela e Mateo, 1984; Piñeiro *et al.*, 2009).

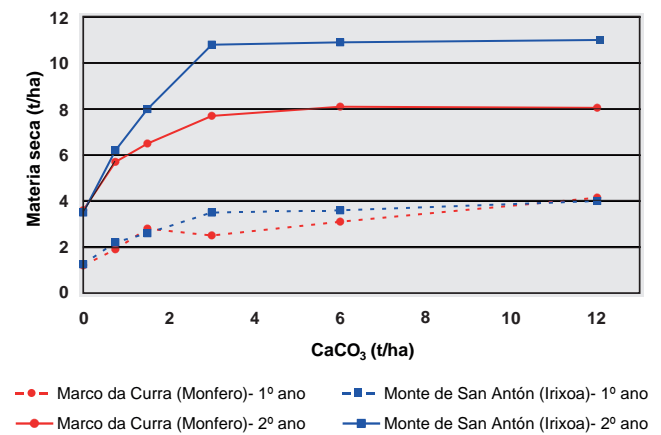
**Táboa 2. Acidez e doses recomendadas de encalante**

Nivel	% aluminio	kg/ha de calcaria (CO <sub>3</sub> Ca)	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
Óptimo	5-10	700	400
	0	0	0

### OS MATERIAIS DE ACCIÓN LENTA DEBEN EMPREGARSE EN SOLOS AREOSOS ONDE O LAVADO DOS IÓNS CALCIO (Ca<sup>2+</sup>) E MAGNESIO (Mg<sup>2+</sup>) POLA CHOIVA É MAIOR E OS MATERIAIS DE ACCIÓN RÁPIDA, EN SOLOS ARXILOSOS

Como pode verse na táboa 2, existe un límite de doses máximas a aplicar, xa que as primeiras doses de cal son as máis eficientes en incrementar o rendemento da pradeira (figura 3). Con estas doses, 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.

**Figura 3. Efecto da calcaria sobre o rendemento de materia seca de pradeiras establecidas en terreos a monte, no primeiro e segundo ano de produción (Mombiela, 1983)**



#### Riqueza do material encalante

Se o material non ten un 100 % de riqueza, para coñecer o valor neutralizante hai que multiplicar pola porcentaxe de riqueza. Por exemplo, 100 kg de calcaria cun 100 % de pureza ten un valor neutralizante de 56, pero se a riqueza da calcaria é dun 60 %, o seu valor neutralizante é 33,6 (56\*60/100). Entón, se aplicamos 1.000 kg de calcaria cun 60 % de riqueza, é como se aplicásemos 336 kg de cal vivo dun 100 % de riqueza.

#### Valor neutralizante efectivo (tamaño das partículas)

Dun material encalante hai que coñecer o tamaño das partículas. Canto máis finamente moído estea o produto, será máis reactivo, disolverase máis rápido e mesturarase mellor co solo. O 100 % das partículas dun produto encalante que pasan unha peneira de 0,14-0,15 mm reaccionan dentro do primeiro ano tras a súa aplicación, mentres que só o 60 % das partículas restantes que pasan unha peneira de 0,8 mm reacciona neste primeiro ano de aplicación; o resto do material ten unha reacción moi lenta (Cornell University Cooperative Extension, 2006).

Defínese o valor neutralizante efectivo coma a fracción do material que reacciona o primeiro ano. Para dous produtos encalantes iguais coa mesma riqueza, canto máis fino sexa o material o seu valor neutralizante será maior. >>

**Figura 4. Páxina de entrada de datos da aplicación informática REN de recomendación de encalado do CIAM ([www.ciam.es](http://www.ciam.es))**

### **CÁLCULO DAS DOSES DE MATERIAL ENCALANTE. APLICACIÓN INFORMÁTICA REN ([WWW.CIAM.ES](http://WWW.CIAM.ES))**

No Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM)-Ingacal desenvolveuse unha aplicación informática de recomendación de encalado (Aplicación REN), que permite coñecer a cantidade dun material encalante necesario para correxir a acidez do solo. Os datos que hai que introducir son o dato de análise de solo de porcentaxe de saturación de aluminio (% Al) e mais as características do produto encalante con dúas opcións, ben introducir o produto coa súa porcentaxe de riqueza ou ben introducir o contido en % CaO e/ou % MgO do produto.

Outros datos que permite introducir a aplicación son:

- os referentes ao tamaño da partícula para calcular o valor neutralizante efectivo.

- o prezo por tonelada de produto no caso de querer coñecer o custo efectivo (euros por unidade neutralizante). Entre dous produtos, canto menor sexan os euros por unidade neutralizante menor custo supón acadar o mesmo nivel de neutralización do solo (% Al). ●

### **BIBLIOGRAFÍA**

Báez, D.; Louro, A.; Castro, J.; García, M.I. 2011. Propiedades química y concentración de metales pesados en suelo y planta tras el aporte de purines en pradera. En: Actas de la 50ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Toledo, pp. 207-213.

Báez, D.; Castro, J.F.; Louro, A.; Valladares, J. 2012. Evolución de las propiedades químicas del suelo y producción de una pradera fertilizada con purín de vacuno mezclado con concha de mejillón. En: Actas de la 52ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Pamplona, pp. 431-438.

Castro, J.; Báez, D.; Blázquez, R.; López, J.; Carreira, L. 2006. Evolución da fertilidade da terra na granxa de vacún de leite Arqueixal desde a súa conversión a ecolóxica (1998-2006). *Afriga*, nº 63, 22-28.

Cornell University Cooperative Extension. 2005. Agronomy fact sheet 5. Soil pH for Field Crops.

Cornell University Cooperative Extension. 2006. Agronomy fact sheet 7. Liming Materials.

Fernández M.L.; Fuentes, R.; López, M.E. 1994. Los suelos de Galicia. *Agricultura*, nº 742, 388-391.

Momán, A. 2011. O encalado nas producións forraxeiras. *Afriga*, 94, 74-75.

Mombiela, F. 1983. El estudio de la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. I Xornada de Estudo dos Recursos da Agricultura Galega, pp. 75-118.

Mombiela, F.; Mateo, M.E., 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos "a monte". *Anales INIA, Serie Agrícola*, 25, 129-143.

Omil, B. 2007. Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante en plantaciones jóvenes de *Pinus Radiata*.

Tesis Doctoral. Departamento de Edafología y Química Agrícola. E.P.S de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela.

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.

Santano, J. 1995. Incidencia de la aplicación de diferentes enmiendas calizas y yesíferas sobre la dinámica del aluminio y disponibilidad de algunos nutrientes en un Palaxerult de la raña de Cañamero (Cáceres). Tesis doctoral. Departamento de Edafología. ETSI Agrónomos. UPM.

Paz-Ferreiro, J.; Baez-Bernal, D.; Castro Insúa, J.; García Pomar, M.I. 2012. Effects of mussel shell addition on the chemical and biological properties of a Cambisol. *Chemosphere*, 86 (11), 1117-1121.

Peregrina, F. 2005. Valoración agronómica de residuos industriales yesíferos y calizos: implicaciones sobre la dinámica del complejo de cambio, la disolución del suelo y la productividad en Palaxerults del oeste de España. Tesis doctoral. Departamento de Edafología. ETSI Agrónomos. UPM.

Toma, M.; Sumner, M.E.; Weeks, G.; Saigusa, M. 1999. Long-term effects of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 39: 891-89.

Truog, E. 1953. Soil as a medium for plant growth. En: *Mineral nutrition of plants*. Ed. E. Truog. Madison, Wisconsin. 469 pp.

Urbano, P. 1992. Tratado de Fitotecnia General. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 895 pp.