



O SOLO E A SÚA FERTILIDADE

XUNTA DE GALICIA



O SOLO E A SÚA FERTILIDADE

RICARDO BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ

Xunta de Galicia
Consellería do Medio Rural e do Mar

Santiago de Compostela
2013

Edita:
Xunta de Galicia
Consellería do Medio Rural e do Mar

Lugar:
Santiago de Compostela

Deseño e maquetación:
Rubine Red Co.

Ano:
2013

ÍNDICE

> O SOLO	7
O solo e os seus factores formadores	9
Composición do solo	12
Propiedades físicas	14
> ANÁLISE E INTERPRETACIÓN	17
Toma de mostrás	19
Análise e interpretación de resultados	24
> FERTILIZACIÓN	41
Criterios xerais	43
Fertilización de corrección	46
Fertilización de mantemento	48
Boas prácticas de fertilización e conservación do solo	56
> BIBLIOGRAFÍA	61

O SOLO

> CONCEPTOS

Para as persoas que se dedican á agricultura, o solo é a zona onde se desenvolven as raíces das plantas. Para os edafólogos, é todo aquilo que provén da meteorización das rochas por acción da atmosfera. Para os urbanistas, é o espazo sobre o que se pode construír edificios ou realizar obras públicas. Así, cada un deles chámalle solo a aquelas partes e propiedades que lle son útiles para os seus fins.

O solo é un corpo natural tridimensional e anisótropo, forma parte do ecosistema e orixínase no seu medio pola descomposición das rochas e a vexetación mediante procesos fisicoquímico-biolóxicos, e tamén dinámicos, ao longo do tempo. É a intersección da biosfera coa litosfera. É a capa superior, onde crecen as plantas.

No solo hai que distinguir unha fracción mineral, resultante da alteración da rocha nai (grans de cuarzo, arxilas, óxidos metálicos, carbonato cálcico, diversos sales), e unha fracción orgánica ou humus de cor negra (formada por materia orgánica en descomposición, hidrocarburos e sales metálicos de ácidos orgánicos).

O solo constitúe o soporte natural das plantas, ao que se fixan mediante as súas raíces e do que

extraen elementos esenciais que necesitan para a súa subsistencia e desenvolvemento; ademais de actuar como depósito para a reserva de auga e osíxeno para a respiración das raíces.

O solo que ten un contido de materia orgánica superior ao 20% denomínase solo orgánico, cando a materia orgánica non alcanza ese valor coñécese como solo mineral. As diferenzas entre solo e material xeolóxico estriban no contido de nitróxeno e de materia orgánica.

Para realizar un estudo do solo hai que facer un corte vertical do terreo, e así obtense o que se denomina perfil do solo (a súa sección vertical). Este corte permite estudar o solo no seu conxunto, dende a súa superficie ata o material orixinario.

Ao observar un perfil poden distinguirse os distintos horizontes que forman o solo. Cada un deles ten características e propiedades diferentes. Os solos presentan unha variabilidade espacial significativa con cambios laterais graduais.

Un horizonte pódese definir como unha capa de solo, aproximadamente paralela á superficie, con características producidas polos procesos de formación do solo.

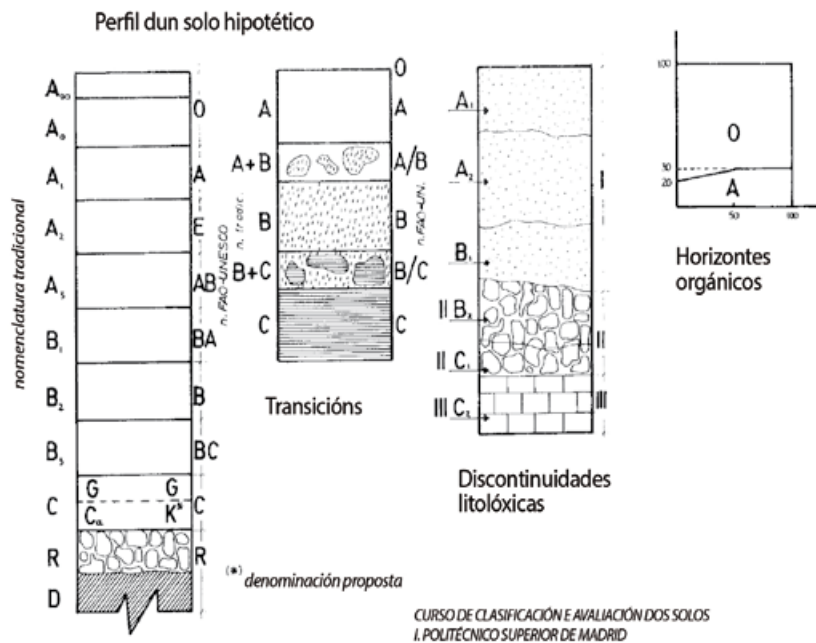


Na fotografía pódese observar un corte vertical do solo (unha exploración) cos distintos horizontes que compoñen o perfil deste.

Ademais dos horizontes xenéticos, moitos solos presentan unha estratificación debido ás variacións no material de partida ou a discontinuidades litolóxicas. Estritamente falando, a sucesión de materiais diferentes non debería ser diferenciada como “horizontes”, senón como “capas”. Non obstante, a diferenza non sempre está moi clara, xa que os procesos formadores de solos, con frecuencia, actúan en todos os materiais estratificados.

O horizonte superficial (A), ou solo superior, ten xeralmente máis materia orgánica, polo tanto máis cor ca o seguinte horizonte (B), ou subsolo, que ten máis arxila e pode ser bastante distinto en cor. Estes dous horizontes constitúen o *solum*, palabra latina que indica solo. O vocábulo solo inclúe polo tanto o solo superior e o subsolo (horizontes A e B).

Por debaixo do *solum* atópase un material primario que se coñece co nome de horizonte C. En conxunto, os horizontes A, B e C constitúen o perfil do solo.



O solo é unha función do clima, da rocha, da topografía, da vexetación e do tempo. O solo vexetal sobre o que se arraigan as plantas é o resultado da alteración superficial das rochas que afloran na superficie terrestre, como consecuencia de procesos fisicoquímicos e da acción dos organismos que viven nel (principalmente bacterias, fungos e vermes microscópicos).

Ao ir rompendo as rochas prodúcese gretas polas que penetra a auga e tamén se introducen os microorganismos. As substancias tanto orgánicas como minerais móvense no sentido da gravidade (pendente abaixo).

Todos estes cambios que se efectúan no solo requiren tempo. Polo tanto hai que recoñecer que o tempo é un factor importante na formación do solo.

> A ROCHA NAI

O solo formouse a partir dun material primario a través de procesos de transformación consistentes na descomposición da rocha que se disgrega e dá así un material novo, que antigamente se coñecía como *regolith* e que a escola francesa chama "complexo de alteración". Actualmente coñécese co nome de horizonte C.

Os procesos de formación do complexo de alteración poden ser de tipo físico, químico ou bioquímico.

> O CLIMA

Outro dos factores formadores do solo de grande importancia é o clima. Tendeuse a definir o clima por medio de certo número de parámetros como: precipitación, evaporación e temperatura media anual. Como a precipitación (P) e a evaporación (E) teñen como resultante a humidade (H), só se teñen en definitiva dúas variables independentes: humidade (H) e temperatura (T).

O clima ten efectos moi intensos nas propiedades do solo. Nos climas máis húmidos e quentes, a meteorización é máis rápida e o arrastre por lixiviación

máis drástico. Se o solo se formou en climas fríos, o ataque polos axentes externos é máis lento e o contido en materia orgánica é maior debido a que no inverno, cando o solo está xeadado, non acontece unha descomposición apreciable da materia orgánica.

> A XEOMORFOLOXÍA

A topografía na que se desenvolve o solo afecta moi notablemente as súas propiedades. O que se atopa en pendente non desenvolve un *solum* tan profundo como o que se acha nun mesmo nivel topográfico.

> A VEXETACIÓN

É un factor de suma importancia na formación dos solos. Tamén a vida animal é importante na formación destes, pero nunca chegará á altura da vexetación. A vexetación tende á diferenciación dos horizontes, non obstante a fauna tende ao contrario, por exemplo, a lombriga de terra, que pola súa actividade mestura moitas clases de horizontes.

Os vexetais achegan a materia orgánica. Igual que todas as demais condicións, o solo que ten máis materia orgánica é máis rico.

> A IDADE DOS SOLOS

Todo solo ofrece unha evolución continua: nace co contacto dunha rocha nai, desenvólvese e pasa por un estadio de madurez no que presenta unha serie de horizontes diferenciados, e finalmente pode volver a un estado inerte e puramente mineral, impropio para albergar calquera tipo de vida, por exemplo, as lateritas propiamente ditas e as áreas do deserto.

Pero, polo xeral, un estado de equilibrio relativamente estable, clímax, alcánzase con maior ou menor rapidez segundo o medio exterior, a partir do cal só sofre cambios moi lentos.

COMPOSICIÓN DO SOLO

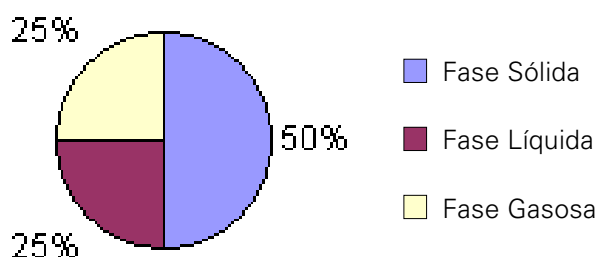
O solo atópase composto por tres fases:

- 12 > **Fase gasosa:** os poros atópanse cheos de gases similares aos atmosféricos, ademais dos resultantes da actividade microbiana.
- > **Fase líquida:** é de natureza acuosa e leva en disolución substancias orgánicas e inorgánicas, xeralmente de baixo peso molecular (ácidos orgánicos, catións e anións inorgánicos, alcohois, etc.). Desta fase nútrese a planta e a súa composición está controlada pola fase sólida.
- > **Fase sólida:** é a máis estable e a que se utiliza para a identificación do solo. Esta fase pode ser orgánica ou inorgánica.
- > Fase orgánica:
 - > Humus
 - > Materia orgánica sen descompoñer
 - > Fase inorgánica, composta por partículas minerais do solo clasificadas en función do tamaño:

> Grava	> Limo
> Area	> Arxila

Ao mesmo tempo pódese establecer outra clasificación da fase sólida do solo segundo:

- > **Fracción coloidal ou activa:** comprende elementos menores de 0,002 mm e pode ser:
- > Orgánica: humus
 - > Inorgánica: filosilicatos, óxidos de ferro e de aluminio.
- > **Fracción non coloidal ou inactiva:** engloba elementos maiores de 0,002 mm e pode ser:
- > Orgánica: materia orgánica sen descompoñer como follas de plantas, etc.
 - > Inorgánica: grava, area, etc.



> O AIRE

O aire e a auga ocupan o volume dos poros. O solo ao absorber auga ínchase en certa proporción, polo tanto é incorrecto supoñer un volume de poros constante nun solo determinado. Así, pois, hai unha relación recíproca entre o volume ocupado polo aire e o ocupado pola auga.

Aproximadamente, a metade do volume dun solo está ocupado polo aire e a auga. Xeralmente os solos de textura fina teñen un volume total de poros maior ca os de textura grosa. Os primeiros reteñen máis auga, o volume dos poros é menor e moitos deles están illados por unha película de auga.

O encharcamento produce falta de aireación, o que pode ocasionar, entre outras consecuencias negativas, falta de nitróxeno. Cando os agricultores din que a sementeira se "coce" é porque ten carencia de nitróxeno. Para comprobalo, analízase o nitróxeno tanto en forma amoniacal como en forma de nitratos do solo e contido de nitratos das plantas.

> MATERIA MINERAL

Os minerais máis abundantes na codia terrestre son os silicatos e os óxidos minerais. Os silicatos conteñen silicio e osíxeno xunto con un ou máis dos elementos seguintes: aluminio, ferro, calcio, magnesio, potasio e sodio. Os óxidos conteñen osíxeno en combinación con silicio, aluminio ou ferro.

A fracción mineral do solo está constituída por unha mestura de distintos minerais, cuxos tamaños varían dende as rochas ata a arxila. Aproximadamente, o 90% desta fracción mineral está formada por silicio, aluminio, ferro e osíxeno. O calcio, magnesio, potasio e sodio totalizan un 5% máis e os demais elementos atopados na fracción mineral supoñen outro 5%.

As arxilas son minerais secundarios que aparecen no solo por transformación dos primarios grazas á acción fundamentalmente do clima, que provoca neles procesos de hidrólise, hidratación, redox, etc. Os minerais secundarios teñen un tamaño inferior a 0,002 mm e presentan determinadas propiedades fisicoquímicas que son responsables dunha parte importante da actividade dos solos.

A arxila é un dos elementos máis importantes da fracción mineral do solo. Constitúe un mundo complexo e pode estar composta de sílice, silicatos aluminicos hidratados e óxidos de ferro e aluminio.

Os compoñentes da fracción arxila do solo divídense en dous amplos grupos que se coñecen como arxilas de silicatos de aluminio (rexións mornas e tropicais) e arxilas de óxidos hidratados de ferro e aluminio (rexións tropicais e subtropicais).

O solo achega 12 elementos esenciais para o crecemento das plantas: nitróxeno (N), fósforo (P), xofre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), ferro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo).

Estes 12 elementos xunto co carbono (C), hidróxeno (H) e osíxeno (O) constitúen os 15 elementos esenciais. Tamén se consideran como oligoelementos esenciais o lodo (I) e o flúor (F).

> MATERIA ORGÁNICA

A materia orgánica quimicamente activa que se atopa relacionada coa xénese do solo e a súa fertilidade inclúe a proveniente de residuos orgánicos pouco alterados de vexetais, animais e de microorganismos vivos e mortos, que sofren descomposicións bastante rápidas nos solos e 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 parece suxerir estas denominacións.

Frecuentemente utilízase o termo humus para designar a todo o que anteriormente definimos como materia orgánica, non obstante, isto non é correcto. Ao falarmos de humus, referímonos á fracción humificada da materia orgánica do solo.

Esta fracción, sumamente complexa -que inclúe os produtos de descomposición avanzada dos restos orgánicos e os produtos sintetizados polos microorganismos- é transformada a maioría das veces por vía biolóxica, e presenta unha natureza coloidal que lle dá unhas propiedades características. Se houberse que definir os compoñentes máis concretos do humus falaríamos de “substancias húmicas”, estas abranguen os ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, himatomelánicos e huminas.

Ademais do humus, atopamos formando parte da materia orgánica do solo outra serie de substancias de natureza orgánica -pero consideradas non húmicas- cunha grande importancia como fonte de elementos para a nutrición vexetal, que participan en gran cantidade de procesos ligados ás propiedades quimicofísicas do solo, e que ademais actúan subministrando elementos bioactivos (fitorreguladores, vitaminas e antibióticos) aos vexetais.

Así pois, o que denominaremos “materia orgánica fresca” do sistema do solo vai experimentar, nunha primeira fase, unha simplificación -por vía biolóxica- ata os compoñentes elementais dos seus constituintes básicos -proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos complexos, etc.

Unha parte destes compoñentes será sometida, por acción microbiana, a un proceso de “mineralización”, pasando de compostos orgánicos a formas inorgánicas simples, ben solubles (fosfatos, sulfatos, nitratos) ou ben gasosas (CO e NH_4^+). A fracción que non se mineraliza nesta primeira etapa, a través do proceso que denominaremos “humificación”, vai formar parte de complexas reaccións bioquímicas de resíntese e polimerización, transformándose e dando lugar a novos compostos, macromoléculas máis ou menos policondensadas, que reciben o nome de substancias húmicas e que presentan características e propiedades moi específicas. Esta fracción humificada sufrirá posteriormente novos procesos de mineralización, en xeral máis lentos.

Coa transformación da materia orgánica, a provisión continua e equilibrada de elementos nutritivos ao medio vivo do solo -animal e vexetal- está asegurada, sempre que se manteñan uns niveis de humus acordes coas características agroecolóxicas do terreo e sempre que se manteña un solo vivo e activo, que se encargará da súa dinámica (formación, degradación e transformación).

> A AUGA

A auga no solo preséntase de moi diversas formas e modos. O comportamento da auga neste non se axusta aos principios físicos, é máis parecido ao comportamento nun medio poroso, e é moi heteroxéneo xa que hai unha grande diversidade de solos. A auga que hai non está tal cal, senón que existen sales diluídos na solución, aínda que a concentración salina normalmente é baixa.

A tensión superficial é o primeiro fenómeno físico que condiciona o comportamento da auga no solo. Outro factor importante é a existencia dunha fase de vapor, o que orixina un equilibrio líquido-vapor creando unha atmosfera moi particular.

Coñécese como tempero a situación do solo que reúne as condicións óptimas de humidade para a realización do labor, ou polo menos convenientes. Está preto do punto de murchamento. O solo lábrase mellor cando está practicamente seco. O tempero bo para un subsolado é cando está máis seco que o normal e nas condicións de seca extrema; non obstante, para facer un volteo bo necesítase un grao de humidade elevado no solo.

Defínese como solo seco no campo aquel no que as plantas secan. O solo está ecoloxicamente seco.

PROPIEDADES FÍSICAS

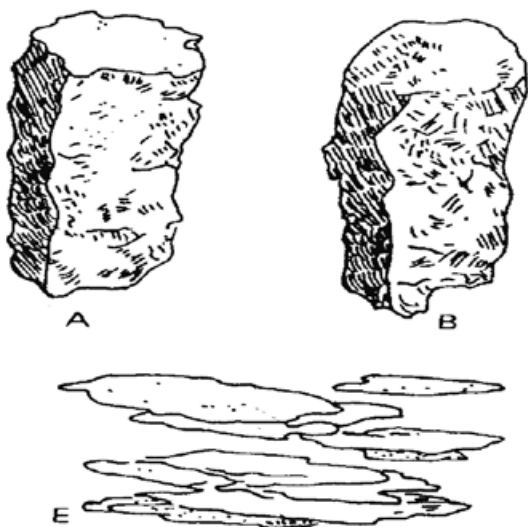
> TEXTURA

Dentro das propiedades físicas abórdase o soporte sólido e dentro deste a granulometría. Existe unha gran heteroxeneidade nas partículas do solo e disparidade dos seus tamaños, de aí a grande complexidade que presenta. Esta propiedade estúdase con máis detemento no apartado “Análise e interpretación de resultados”.

> ESTRUCTURA

A estrutura fai referencia á ordenación das partículas no solo, á súa agregación, a como se unen. Ten relación coa preparación do terreo, coa erosión, e inflúe na aireación e absorción da auga fronte á escorrenta. Un glomérulo vaise chamar agregado ou elemento de estrutura.

A primeira condición que ten que cumprir un conxunto de partículas para que se lle poida chamar agregado é que a unión desas partículas sexa estable, permanente e resistente á auga. O que interesa do agregado é a estabilidade ou resistencia á auga.



> DENSIDADE E POROSIDADE

Todos os aspectos relacionados coa densidade son moi importantes porque levan a un mellor coñecemento das propiedades do solo. O gran problema é o de sempre: a grande heteroxeneidade que presenta. E como consecuencia é moi difícil a súa determinación.

A densidade real defínese como a densidade real media das partículas do solo sen incluír o volume dos poros.

Ten que ser estable á chuvia suave, á humectación, xa que se a chuvia é torrencial, o golpeo é moi forte debido á súa grande enerxía cinética.

A estabilidade dos agregados é debida á clase de arxila, aos elementos químicos asociados a esta, á natureza dos produtos de descomposición da materia orgánica e á natureza da poboación microbiana.

Existen tres aspectos moi importantes que hai que considerar na estrutura do solo:

- > A ordenación en aglomerados de tamaño e forma axeitados.
- > A súa estabilidade.
- > A configuración dos poros, isto é, que estean conectados ou illados.

As formas son moi variadas xa que intervén un número elevado de factores. A continuación preséntanse algunhas das máis correntes: prismática (A), columnar (B), bloque ou cuboide angular (C), bloque ou cuboide subangular (D), laminar (E) e granular (F).



A densidade real das partículas exprésase xeralmente en gramos por centímetro cúbico. Para a maior parte dos solos atópase entre 2,6 e 2,7. O valor 2,65 pódese tomar na maioría dos casos como media. A densidade para o cuarzo é 2,65, sendo este o mineral predominante nos solos. Se abunda moito a calcaria elévase a 2,7.

A densidade aparente refírese ao peso dunha mostra desecada en estufa, coa súa ordenación

estrutural natural. Esta densidade aparente dos solos non cultivados varía xeralmente entre 1,0 e 1,6. A variación é debida na súa maior parte ás diferenzas no volume total de poros. Como regra xeral pódese dicir que a unha textura fina lle corresponde un volume de poros maior, e como consecuencia unha densidade aparente menor.

A densidade aparente é a que ten o terrón cos seus poros no estado natural a que se dá en realidade e a que máis importancia ten.

A continuación indícanse valores de densidade aparente do solo segundo a súa clase textural.

Clase textural	Densidade aparente
Arxilosa	1,20 – 1,25
Franca limosa	1,25
Franca	1,35
Franco areosa	1,40
Areosa	1,45

Relación entre a densidade aparente e o volume de poros.

A porosidade é o volume de poros dun solo e o seu cálculo realízase ordinariamente despois da determinación da densidade aparente e real das partículas. O volume dos poros varía dun modo inestable entre o volume ocupado polo aire e o ocupado pola auga. Aquí temos unha función nova da textura, a de servir de apoio á porosidade. Os termos lixeiro e pesado non son correctos, son máis axeitados os de solto e forte.

Unha vez coñecido o volume dos poros, a seguinte pregunta é cal é o tamaño máis axeitado dos poros e onde está o diámetro límite dos poros. Interésannos os poros grandes, xa que os poros pequenos se enchen axiña, pero tampouco interesan que sexan moi grandes, xa que estes perden moita auga.

Os poros clasifícanse en dous tipos:

- > **Macroporos:** aqueles que non quedan cheos pola auga caída pola gravidade.
- > **Microporos:** os que quedan cheos pola auga caída pola gravidade.

A importancia da porosidade é grande. Por exemplo, para facer unha boa drenaxe é necesario coñecer a porosidade para elixir o tipo de drenaxe máis apropiada. A porosidade é un factor importante da produtividade e con frecuencia chega a ser limitante.

> COR

A cor do solo é unha característica importante. Non só serve para recoñecer os distintos tipos de terreos, senón que indica, así mesmo, certas propiedades

físicas e químicas. A cor é debida a dous factores esenciais: o contido en humus e a natureza química dos compoñentes de ferro presentes.

As cores do espectro van do vermello ao alaranxado e ao amarelo pasando polo verde e o azul. A cor varía cos horizontes. A interpretación da cor do solo faise tanto en húmido como en seco. Correntemente a cor lese en húmido á capacidade de saturación.

> TEMPERATURA

A calor do solo procede fundamentalmente do sol. A temperatura é unha variable dependente da calor e é a resposta á calor recibida. A perda máis importante de calor do solo é por radiación, que pode chegar a adquirir temperaturas moi baixas ata xear. Hai solos que se atopan permanentemente xeados, como os permafrost e os solos de tundras.

Os feitos que condicionan a temperatura son aqueles que regulan a calor, e a auga é o gran regulador da temperatura do solo debido ao elevado valor da súa calor específica. A calor específica é de 0,2 calorías/g°C e a da auga é de 1 caloría/g °C.

A temperatura varía coa profundidade. Por convenio tomouse 50 cm de profundidade. Cando non se dispón de datos pódese sumar 1°C á temperatura media do aire. Para cada profundidade existirá unha curva en función do tempo T e da temperatura t. Se o solo está cargado de humidade a curva non varía tanto en comparación coa do aire.

A temperatura do solo ten interese dende varios puntos de vista. Os principais son:

- > A súa relación coa actividade microbiana.
- > A xerminación das sementes.
- > A extensión planta-raíz.
- > Os factores que alteran a temperatura do solo.
- > A relación da temperatura con certas propiedades do solo.

Os solos areosos son quentes, pois ao ser secos elevan axiña a temperatura do solo, por esta razón se poden desenvolver os cultivos en solos de area. Os solos arxilosos son fríos pois sempre teñen un contido máis elevado de humidade.

A orientación ten un papel decisivo na temperatura do solo. As pendentes orientadas ao norte perden menos auga por evaporación e teñen unha maior lixiviación cara ao *solum*. As pendentes orientadas ao sur son máis quentes, reciben os raios solares máis perpendicularmente e polo tanto reciben máis calor por unidade de superficie que no caso de que estivesen orientadas cara ao norte. Son, por conseguinte, solos máis temperados e secan máis axiña.



ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

> SOLOS

Unha vez tomada a decisión de analizar o solo, as actividades que se van realizar son as seguintes:

- > Observación da problemática que cómpre resolver.
- > Observación do solo en toda a súa extensión e profundidade.
- > Definición dos puntos de mostraxe.
- > Mostraxe e toma de datos no campo.
- > Decisión sobre as análises que se van realizar.
- > Preparación das mostras para o seu envío ao laboratorio.
- > Análise das mostras no laboratorio.
- > Interpretación das análises.
- > Decisións para o bo manexo do solo.

En relación coa toma da mostra pódese afirmar o seguinte, a análise non pode ser mellor que a mostra e os estudos de laboratorio só poden ser tan bos como sexa o traballo de campo e as mostraxes que se realicen. A análise empeza na mostraxe.

Este é o grande problema que se presenta na análise de materiais biolóxicos, xa que non se pode pretender que o resultado obtido no proceso analítico sexa mellor que a mostra recollida, de aquí a grande importancia que reviste a toma da mostra mediante o procedemento adecuado a cada tipo de material

para que o dato obtido sexa exacto e reproducible, é dicir, que corresponda ao valor verdadeiro e ademais se reproduza ben.

O obxecto da toma de mostras é obter dun solo unha mostra representativa deste para poder determinar a partir dela as súas características físicas e químicas.

Entre o material e equipos necesarios destacan: pa ou similar, para escavar un pequeno burato no solo; coitelo do edafólogo ou picaña; bolsas de plástico sen estreirar para a súa utilización como envases portadores dos exemplares da mostra para o laboratorio; etiquetas; corda ou grampadora; cinta métrica; sondas acanaladas para mostraxas superficiais; sondas modelo australiano.

A mostra do solo enviada ao laboratorio para a súa análise debe ir sempre acompañada dunha solicitude de análise. A cantidade de terra que se vai remitir ao laboratorio debe ser de 800 a 1000 g.

Na solicitude que o cliente envía debe indicar os seus datos, os datos da mostra incluíndo a referencia SIXPAC, as determinacións que desexa que se analicen; e por último debe declarar que está conforme cos métodos utilizados polo laboratorio.

En **www.xunta.es** hai un modelo de solicitude de análise de solo.

P-1

P-2

P-1			
P-2			D. CARLOS ROQUERO
Unidades en mm	P-1 Sonda Doble Una	FEBRERO 1971	
	P-2 Sonda Modelo Australiano	INSTITUTO POLITÉCNICO SUPERIOR MADRID CURSO DE CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SUELOS	

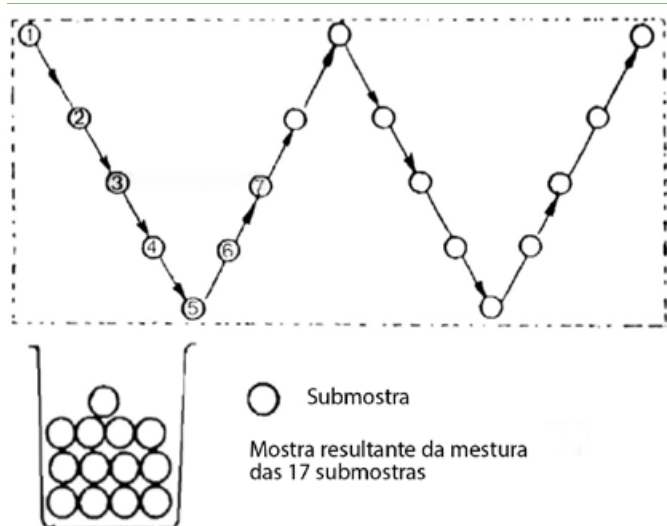
> TOMA DE MOSTRAS PARA A FERTILIDADE

Antes de comezar a facer a mostraxe do solo para o coñecemento do seu nivel de fertilidade defínense áreas homoxéneas, de acordo con criterios edafolóxicos ou de práctica agrícola. Estas áreas son coñecidas como unidades de mostraxe, e de cada unha delas envíanse unha mostra representativa do solo ao laboratorio para a súa análise, sempre que a súa extensión non supere unha hectárea.

A operación da toma de mostra para o coñecemento da fertilidade do solo comprende as seguintes operacións para cada unidade de mostraxe: tipo de mostraxe, profundidade da mostraxe e número de mostraxes simples que se van tomar para formar unha mostra representativa.

a) Técnica da mostraxe

O tipo de mostraxe debe cumprir a propiedade de ser ao chou, é dicir, que todas as posibles mostraxes simples que se poidan tomar teñan a mesma probabilidade de ser elixidas.



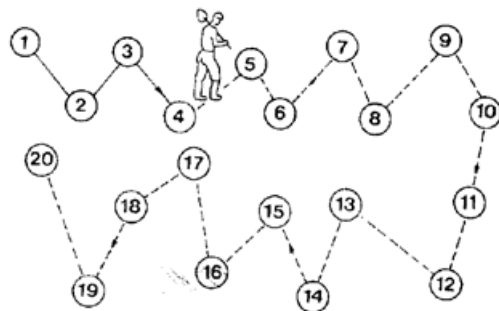
Esquema da recollida de 15 a 20 submostras para mesturales e obter así unha mostra que sexa representativa dunha parcela de unha hectárea de extensión.

Na mostraxe simple ao chou a elección dos puntos que se van mostrar realízase por referencia a uns eixes coordenados fixados na área. As coordenadas dos puntos obtéñense por táboas de números ao chou e como unidade para cada eixe resulta suficiente ao considerar 1/1000 da súa lonxitude.

Na mostraxe estratificada ao chou, a superficie subdivídese en áreas de igual forma e extensión, xeralmente cadrados. Dentro de cada un deles elíxese ao chou un mesmo número de puntos.

No caso de ser áreas homoxéneas de pequena extensión ou cando non se recorre a unha das dúas mostraxes anteriores, o procedemento consistirá en efectuar un percorrido en zig-zag a través da parcela

e tomar unha mostra simple cada certo número de pasos, fixados estes de acordo coa extensión da parcela e o número de mostraxes simples que se van tomar, que poden ser entre 25 e 35 mostraxes por ha.



Non deben tomarse mostraxes en:

- > Gabias abertas.
- > Preto dos camiños.
- > Preto de drenaxes, lindes, clareiras, zonas de movemento de terras, etc.

b) Profundidade da mostraxe

Está determinada pola profundidade de enraizamento. A capa do solo que debe ser obxecto da mostraxe é aquela en que as raíces das plantas de cultivo absorben a maior parte dos nutrientes.

Se as raíces chegan ata unha profundidade grande do solo, tomarán mostraxes simples a diferentes profundidades e non mesturarán nunca mostraxes simples parciais de diferente profundidade.

Nos solos dos campos de cultivo a profundidade usual da mostraxe é a mesma á que chegan os labores que se aplican ao cultivo, xa que nesta capa as raíces desenvólvense libremente e os fertilizantes e materiais de emendas mestúranse con ela a cada pasada do arado. A capa labrada adoita ter un espesor comprendido entre 15 e 25 cm. Nos prados e pasteiros é moito máis delgada a capa de solo en que ten lugar o máximo desenvolvemento das raíces e os cambios máis notables do contido de nutrientes.

Como cifras orientativas ofrécense as seguintes:

Profundidade da mostraxe

Cultivo	Superficial	Profundo
Pradeiras temporais ou permanentes	0-10	ningún
Herbáceos e froiteiras no cultivo	0-20	20-40
Froiteiras labradas	0-30	30-50

A cantidade de solo de cada porción depende do material usado para a mostraxe, sendo importante que cada unidade conteña aproximadamente a mesma cantidade de solo e igualmente repartida entre todo o intervalo que constitúe a profundidade da mostraxe.

Para a análise de nitratos (NO_3^-) en solos recoméndase que a mostra se tome a unha profundidade de 60 cm porque así conséguese a mellor correlación cos datos do rendemento, xa que os nitratos (NO_3^-) son máis móbiles que o fósforo (P) e o potasio (K), e por esta razón a toma da mostra á profundidade habitual (capa de labranza) non mostra unha boa relación coas respostas en rendemento.

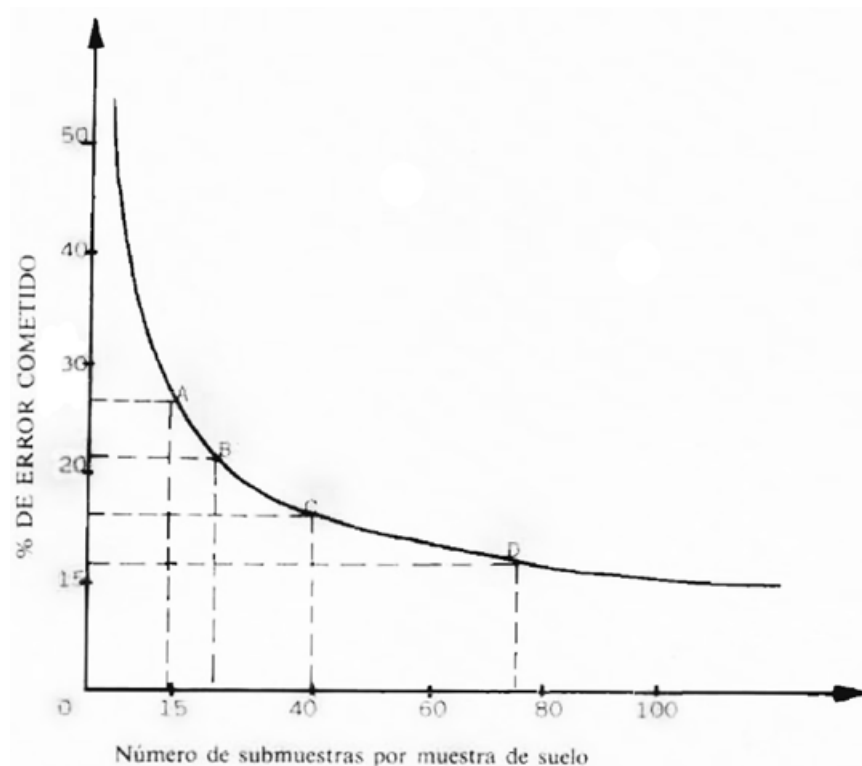
A profundidade de 60 cm pode non ser óptima nos climas áridos, onde auga se move nas capas superiores do terreo por efecto da rega e a evaporación. O mesmo sucede en zonas tropicais húmidas de chuvias moi copiosas e solos permeables polas razóns contrarias, aquí habería que aumentar a profundidade da mostraxe (>60 cm).

c) Número de mostras simples.

O número de mostras simples que se van tomar depende da variabilidade da propiedade que se vai medir e do grao de exactitude desexado. Para coñecer esta variabilidade sería necesaria realizar unha mostraxe previa para estimar a varianza da poboación.

De non dispoñer deste dato, non se poden dar valores concretos para o número de mostras simples, aínda que a estimación será tanto máis exacta canto maior sexa o seu número.

O número de submostras recomendado como necesario por moitos laboratorios edafolóxicos varía entre 15 e 40, extraídas de lugares distribuídos con regularidade por todo o terreo e dependendo da extensión da unidade da mostraxe.



A curva representa a diminución do erro cometido na toma de mostras a medida que o número de submostras que a compoñen aumenta. Considérase un erro aceptable o 27 por 100, que se alcanza en condicións normais para 15 submostras por mostra. Todos os valores están referidos a unha superficie dunha hectárea.

> RESUMO

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

- > Determinar unidades de mostraxe no terreo.
- > Limpar o terreo de follas e maleza.
- > Realizar un burato cuxa profundidade coincidirá coa capa explotada polas raíces de cada cultivo.
- > A extracción da terra realizarase ao longo de toda a parede do burato, e de abaixo a arriba.
- > Facer unha mestura con todas as mostras dunha mesma unidade da mostraxe e tomar entre 800 e 1000 g de terra aproximadamente, que será a mostra que se envíe ao laboratorio.

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

A mostra natural dun solo, cando chega ao laboratorio, debe ser acondicionada como fase previa para a realización das distintas análises.

Este acondicionamento inclúe a separación dos posibles elementos grosos, a preparación da mostra para as análises físicas e a preparación para as análises químicas.

> ANÁLISE FOLIAR

A análise de tecidos baséase na existencia dunha relación entre a concentración de nutrientes na planta e o crecemento e o desenvolvemento desta. Aínda que estas relacións poden establecerse para diversos órganos, a folia é o que se utiliza comunmente, o que conduciu á expresión “diagnóstico foliar” para referirse ao conxunto destas técnicas.

- 22 A relación entre a concentración de nutrientes na planta e o desenvolvemento desta é bastante constante para cada especie e/ou variedade. Hai concentracións de nutrientes asociadas con estados de toxicidade, con estados de carencia e con desenvolvementos axeitados da planta. Nisto baséase a análise foliar: na utilización do diagnóstico foliar como diagnóstico do estado nutricional do cultivo.

a) Obxectivos da análise foliar

A análise foliar utilízase entre outros fins:

- > Para a confirmación de síntomas visuais de carencia ou toxicidade.
- > Como guía de fertilización.

O procedemento da toma da mostra difire en ambos os dous casos.

Cando se trata de confirmar unha sintomatoloxía visual abonda con tomar de 100 a 200 follas que presenten a sintomatoloxía que se pretende caracterizar, e evitar tomar aquelas moi severamente danadas ou marcadamente afectadas no seu desenvolvemento e que se deberán incluír separadamente para o seu estudo morfolóxico no laboratorio.

No caso de que existan na inmediata veciñanza plantas afectadas e aparentemente normais, é conveniente tomar unha mostra adicional destas últimas, composta por follas de idade e situación na planta similar ás mostradas nas plantas afectadas.

Cando a análise foliar se utiliza como guía da fertilización, a mostra debe representar axeitadamente o estado nutricional medio da unidade da mostraxe, o que precisa dunha tipificación estrita da mostraxe e unha intensidade desta (número de plantas mostradas) suficiente.

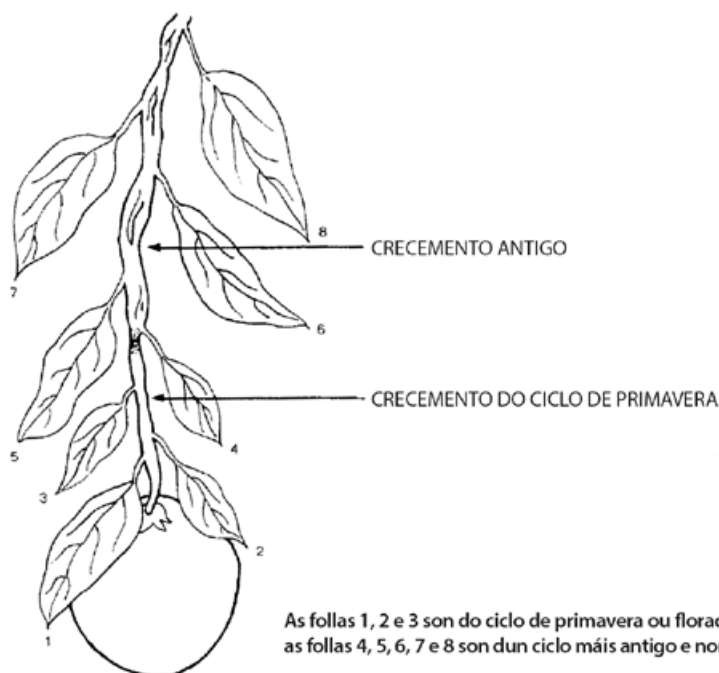
É aconsellable realizar simultaneamente unha análise dos solos (principalmente dos elementos solubles, especialmente nos solos salinos), xa que resulta imprescindible para determinar a pauta de fertilización máis axeitada.

A combinación das análises foliar e dos solos constitúe a mellor base para unha axeitada recomendación de fertilización.

b) Órganos que se van mostrar

A parte mostrada da planta debe cumprir as seguintes características:

- > Que a súa composición reflicta o estado nutricional da planta.
- > Que a súa composición non mostre variacións amplas na época de mostraxe.
- > Que estea ben definida en canto á idade e situación na planta, o que xunto co especificado no punto anterior asegura a reproducibilidade da mostraxe.



As follas 1, 2 e 3 son do ciclo de primavera ou floración e calquera delas é apropiada para a mostraxe; as follas 4, 5, 6, 7 e 8 son dun ciclo máis antigo e non deben recollese como mostras de follaxe.

Segundo o debuxo, as follas 1, 2, e 3 son do ciclo de primavera ou de floración, e calquera delas é apropiada para mostrar. As follas 4, 5, 6, 7 e 8 son dun ciclo máis antigo e non se deben mostrar.

Aínda que estas consideracións se teñen en conta inicialmente ao elixir o órgano para establecer as relacións entre composición e crecemento-desenvolvemento da planta, na práctica, a decisión baséase fundamentalmente na información previa dispoñible sobre aquelas relacións.

Nas normas específicas de toma de mostras por cultivos detállase o órgano normalmente mostrado para as plantas cultivadas de maior importancia económica.

Como norma xeral, nas especies leñosas móstranse follas do terzo medio dos brotes do ano, ben definidos respecto á súa situación en relación co froito.

En gran número de especies herbáceas tómase a última folla totalmente desenvolvida, con independencia da idade da planta.

En especies pratenses ou en estados iniciais de desenvolvemento recoméndase en ocasións a mostraxe de toda a parte aérea da planta.

Cando se mostran plantas que teñen follas de gran tamaño, tómase unha parte ben definida da folla, como o pecíolo, o limbo ou unha rexión rematada deste.

c) Época da mostraxe

A composición dos órganos varía profundamente tanto coa súa idade como en menor grao coa idade da planta.

A época da mostraxe está tipificada estritamente para cada especie para evitar a mostraxe durante a fase de desenvolvemento dos órganos, xa que coincide con cambios importantes na súa composición.

A mostraxe en épocas distintas ás recomendadas pode ser útil en ocasións, particularmente cando se dispón dunha parcela nun estado nutricional axeitado, que sirva como referencia para a comparación dos valores analíticos.

d) Cántidade de mostra necesaria

Para a realización das determinacións dos constituintes minerais das plantas é necesario contar cun peso seco duns 20 g. Dado que o contido en humidade do material fresco adoita ser da orde do 80-90 por cento, abundan con 100-200 g de material fresco.

Nalgúns casos será necesario un peso maior para asegurar unha mostra suficientemente representativa.

e) Execución da mostraxe

Débese comezar por dividir a parcela obxecto do estudo en unidades de mostraxe. Enténdese por unidade de mostraxe o conxunto de plantas, que pola súa similitude de aspecto visual (vigor, grao de desenvolvemento, etc.) e pola súa uniformidade (vexetando no mesmo tipo de solo, aplicación de prácticas culturais iguais, etc.) poidan ser representadas por unha soa mostra.

Unha vez establecidas e ben definidas estas unidades procederase á mostraxe tomando a parte da planta determinada (ver normas específicas por cultivos).

Recoméndase o cruzamento da unidade da mostraxe en diagonal. As plantas mostradas deben representar o estado medio de crecemento e vitalidade. Desprezaranse as máis e/ou menos desenvolvidas e incluíranse estas nunha unidade de mostraxe á parte se se considera necesario.

Os elementos utilizados para a toma de mostras deben estar perfectamente limpos para evitar calquera tipo de contaminación.

f) Transporte da mostra

A mostra debe chegar ao laboratorio nas mesmas condicións en que estaba no campo. Para un transporte rápido, o apropiado son as bolsas de polietileno. Se por calquera circunstancia a chegada ao laboratorio débese demorar, a mostra dentro da bolsa debe gardarse refrixerada para atrasar os procesos metabólicos (respiración) que poderían alterar a súa composición.

Unha neveira portátil ou calquera recipiente con xeo pode ser útil ao respecto.

Se non se dispón de ningún dos dous medios anteriores, entón deben lavarse as follas *in situ* e secalas ao sol o máis axiña posible. Debe evitarse, custe o que custe, que durante este proceso a mostra se contamine polo po ou outras causas. Tamén se debe evitar depositar a mostra húmida sobre papel ou outro material que puidesen contaminala.

g) Solicitude de análise da mostra

A mostra de follas enviada ao laboratorio para a súa análise debe ir sempre acompañada dunha solicitude de análise.

Na solicitude o cliente debe indicar os seus datos, os datos da mostra, as determinacións que desexa que se analicen; e, por último, debe declarar que está conforme cos métodos utilizados polo laboratorio.

En **www.xunta.es** hai un modelo de solicitude.

ANÁLISE E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

> SOLOS

1. pH

No Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia determínase o pH na auga, nun extracto 1: 2,5. O pH é quizais a medida que individualmente proporciona maior información sobre a fertilidade dun solo. O pH:

- > Regula a solubilidade do Al e Mn do solo, cuxos efectos nocivos sobre o crecemento das plantas foron de sobra demostrados.
- > Regula a solubilidade do Mo, cuxa deficiencia foi citada como unha das causas principais da infertilidade dun solo ácido.

> Proporciona información indirecta sobre o contido en bases de solo.

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

Principais efectos esperables para os distintos intervalos establecidos:

pH	Avaliación	Efectos esperables no intervalo
< 4,5	Extremadamente ácido	Condições moi desfavorables.
4,5-5,0 5,1-5,5	Moi fortemente ácido Fortemente ácido	Posible 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 maioría 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 Na_3PO_4 . Actividade microbiana escasa. Micronutrientes pouco dispoñíbles, excepto Mo.

Os solos que presentan un pH en auga comprendido entre 5,8 e 7,5 teñen máis probabilidades de non ofrecer problemas que os que teñan valores máis altos ou máis baixos. Solos con pH menor de 4 normalmente conteñen ácidos libres, por debaixo de 5,5 conteñen Al e Mn cambiables, a pH menor de 5 o complexo de cambio dos solos minerais está practicamente saturado de Al.

Os solos cun pH en auga de 5 ou máis baixo poden presentar deficiencias ou non asimilación de elementos tales como o calcio, o magnesio,

o fósforo, o molibdeno, o boro ou ben pódense presentar cantidades tóxicas de cinc, manganeso, aluminio, níquel e outros elementos, debido á súa maior solubilidade.

As plantas desenvólvense mal cando os valores de pH son demasiado altos ou demasiados baixos, sendo, en xeral, as condicións máis favorables as próximas á neutralidade. Non obstante, existen diferenzas notables entre os distintos cultivos tanto no pH máis favorable como no intervalo de variación que toleran dentro dun rango de produción aceptable.

2. Carbonatos

Tratando os carbonatos con ácido nun dispositivo pechado, a presión e temperatura constantes, o incremento de volume é unha medida directa do CO_2 desprendido cando non se produzan outros gases. Este método non é aplicable a solos con contidos moi altos de materia orgánica ou con cantidades apreciables de MnO_2 .

Cando se fala da riqueza calcaria dun solo faise referencia ao carbonato cálcico que ten. O carbonato cálcico actúa sobre as plantas soamente cando se descompón e pode pasar á solución do solo. Cando se descompón doadamente dise que é activo, o que acontece se as partículas son moi finas e porosas, mentres que se a descomposición é difícil, dise que é pouco activo.

O coñecemento da porcentaxe de calcaria activa é máis importante ca o da calcaria total, non existindo, por outra parte, relación entre ambos os dous tipos.

Aínda que non pode darse unha regra xeral, cando o contido de calcaria activa dun solo é superior ao 5%, hai que ter precaución se os cultivos son sensíbles como, por exemplo, moitas árbores froiteiras, cultivos florais e certos portaenxertos da vide.

3. Complexo de cambio

Denomínase “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.

Presenta dúas modalidades: cambio catiónico e cambio aniónico; en cada unha das cales se intercambian exclusivamente ións do mesmo signo.

Non se deben confundir os termos “adsorción e absorción”. Adsorción é a concentración dunha substancia sobre unha superficie. Os catións son adsorbidos polas micelas. Na absorción, as moléculas dunha fase penetran na outra.

Sábese que toda partícula arxilosa se compón dun núcleo ou micela que se denomina acidoide pola súa carga iónica negativa debida principalmente ao anión SiO_2 . O núcleo ou micela áchase rodeado dun enxame de catións que teñen a facultade de intercambiarse cos do medio que o rodea. Cando os ditos catións son de hidróxeno, a dita partícula actúa como un ácido, e cando se trata do calcio, potasio, sodio, etc., como un sal. Estes intercambios son reversíbles, o cal acrecenta a súa importancia.

Tamén as partículas orgánicas coloidais teñen cargas de valencia negativa que lles permite reter catións dissociables.

As partículas que están cargadas negativamente teñen a propiedade de atraer e reter os ións con carga positiva. O conxunto das partículas do solo con esta propiedade forman o que se coñece como *Complexo de cambio ou complexo adsorbente do solo*.

A reacción de cambio de catións é a segunda pola súa importancia na natureza e soamente é superada polo proceso de fotosíntese realizado polas plantas verdes (MARSHALL).

Os catións atópanse en continuo movemento ao redor das partículas coloidais, pero non son retidos de forma permanente por aquelas, senón que se poden cambiar ou substituír uns por outros máis ou menos facilmente. Por esta razón, a estes catións coñéceselles como cambiabíles.

A capacidade para reter os distintos elementos coñécese como capacidade de cambio. Esta varía co tipo de arxila e coa proporción de materia orgánica.

A suma dos catións cambiabíles coñécese como Capacidade de Cambio Efectiva (CIC_e), que é a que realmente ten o solo ao pH ao que se atopa, e a que interesa dende o punto de vista de fertilidade a curto prazo.

Os catións cambiabíles máis abundantes nos solos son: Al^{+++} , H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+ . A súa determinación subministra información sobre o contido dos macroelementos en forma asimilable.

No Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia, o Ca, Mg, K e Na asimilables determínanse extraendo o solo cunha solución de acetato amónico 1 N a pH 7.

A continuación indícanse valores medios da capacidade de intercambio catiónico potencial dalgúns tipos de arxilas e humus:

Humus	150-250 cmol+/kg
Humus ácido	300 cmol+/kg
Vermiculita	150 cmol+/kg
Montmorillonita	100 cmol+/kg
Illita	30 cmol+/kg
Caolinita	10 cmol+/kg

A Capacidade de Intercambio Catiónico (CIC) é un índice da fertilidade potencial do solo. Valores de 8-10 cmol+/kg adoitan considerarse os mínimos aceptables para un horizonte A_p , para poder obter unha produción satisfactoria baixo a rega, estando os demais factores a niveis axeitados. Unha fertilización axeitada pode emendar os efectos dunha baixa capacidade do solo para almacenar nutrientes.

A continuación expóñense os criterios de interpretación:

CIC en cmol+/kg	Interpretación
> 40	Moi alto
25-40	Alto
12-25	Medio
6-12	Baixo
< 6	Moi baixo

O K, Ca e Mg de cambio proporcionan os índices máis efectivos para a determinación das necesidades nestes elementos. En valores absolutos, resultados inferiores a 4 cmol+/kg de Ca de cambio foron considerados insuficientes, así como os inferiores a 1 cmol+/kg de Mg, aínda que algúns autores consideran que para o Mg o valor crítico pode fixarse en 0,4 cmol+/kg.

De feito, sempre que o valor sexa inferior a 0,7 cmol+/kg de Mg recoméndase a fertilización do solo con magnesio. Cando se realizan emendas para a redución da acidez do solo, pódense empregar emendas dolomíticas que teñen magnesio na súa composición, como por exemplo 52% de CO₃Ca-42% de CO₃Mg, o que supón un 20% de MgO.

Como resumo, para a interpretación dos valores de magnesio asimilable no solo, pódese seguir os seguintes criterios:

Nivel de Mg en cmol+/kg	Criterio
<0,20	Moi baixo
0,20-0,41	Baixo
0,41-0,82	Medio
0,82-1,23	Alto
>1,23	Moi alto

É de grande importancia que os distintos catións que se atopan no complexo arxilo-húmico estean nas proporcións axeitadas. As máis convenientes parecen que son as seguintes: 70% de Ca, 10-20% de Mg e 5% de K.

Se as relacións K/Ca e Mg/Ca en cmol+/kg presentan valores superiores á unidade, a absorción de calcio pola planta pode ser deficitaria. Por exemplo, para o cultivo de vide a relación Ca/Mg recomendable debe estar comprendida entre 5 e 10 cmol+/kg.

A relación K/Mg ten unha influencia considerable na absorción radicular do Mg polas plantas.

Os valores máis recomendables por grupos de cultivo para a devandita relación son os seguintes:

Grupo de cultivos	K/Mg
Cultivos de campo	0,20
Hortalizas e remolacha azucreira	0,33
Froiteiras e cultivos de invernadoiro	0,50

Segundo algúns autores, para evitar o risco de hipermagnesemia no gando, o magnesio no solo debe atoparse nas seguintes proporcións:

- > A porcentaxe de saturación debe estar comprendida entre o 10 e o 15%.
- > Esta porcentaxe debe ser maior que o dobre da porcentaxe de potasio.
- > A relación Ca/Mg ha de ser aproximadamente de 5:1.

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

4. Acidez de cambio, aluminio no solo e necesidades de cal

Enténdese por acidez de cambio á parte da acidez do solo que pode ser substituída con sales neutros non tamponados, tales como NaCl, KCl ou CaCl₂. Este valor é usado para calcular a capacidade de intercambio catiónico efectiva. No Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia determínase a acidez de cambio mediante unha extracción cunha solución de KCl 1 M.

A diferenza entre acidez de cambio e aluminio intercambiable pode ser grande (ata 1 cmol+/kg) para algúns solos. O aluminio de cambio é o compoñente principal da acidez de cambio dos solos e a causa da baixa fertilidade dos solos ácidos.

A necesidade de emenda calcaria dun solo ácido determínase en función do grao de saturación do complexo de cambio pola acidez cambiante (H⁺, Al⁺⁺⁺, Mn⁺⁺). Toma como valor da capacidade de intercambio catiónico a suma dos valores dos catións de cambio (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) máis o valor da acidez cambiante (obtida por medio da extracción con KCl 1 M).

A continuación recóllese unha táboa coa interpretación dos valores da porcentaxe de saturación por acidez.

Saturación por acidez %	Interpretación
> 60	Moi ácido
41-60	Ácido
21-40	Regularmente ácido
10-20	Pouco ácido
0	Desexable

A acidez do solo débese á escaseza ou inactividade de varios catións metálicos como o calcio e o magnesio. Emprégase preferentemente o primeiro para corrixir a devandita deficiencia, aínda que a presenza conxunta de ambos os dous elementos en varios dos compostos utilizados para o encalado fai que a miúdo se consideren englobados dende o punto de vista das súas aplicacións prácticas.

Efectos do encalado do solo:

- > Reduce a acidez, co conseguinte incremento do pH, que inflúe favorablemente na nutrición das plantas e elimina a toxicidade do aluminio do solo.
- > Axuda a mellorar as propiedades físicas do solo, favorece unha mellor estrutura deste e aumenta o poder retentivo da auga.
- > Incrementa a formación do humus pois favorece a actividade da microflora e fauna do solo.
- > Resulta indispensable para a nitrificación pois favorece tamén a fixación nodular do nitróxeno.

5. Fósforo asimilable

O fósforo extráese do solo con CO_3HNa 0,5 M a un pH aproximadamente constante de 8,5.

A concentración de ións H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e outros fosfatos en solución está intimamente ligada ao pH do medio. Nos solos calcarios, alcalinos ou neutros que conteñan fosfatos cálcicos, aumenta a concentración de P na solución extractora por precipitación tanto de Ca como Co_3Ca . Nos solos ácidos que conteñan fosfatos de ferro e aluminio, a concentración de P na solución aumenta conforme o pH se eleva.

Os ións de ortofosfato, primarios e secundarios, constitúen a maior fracción do fósforo absorbido polas plantas, fronte a reducidas absorcións de

fosfatos orgánicos solubles. Para o desenvolvemento normal do fenómeno de absorción é necesario o mantemento dunha concentración mínima destes ións na solución do solo.

Parece ser que o fósforo tende a acumularse nos horizontes superficiais, e existe certo paralelismo entre as porcentaxes de P_2O_5 e as de materia orgánica contidos no solo. O fósforo no solo é relativamente estable, de aquí se deriva a súa baixa solubilidade que pode ocasionar problemas de deficiencia para os cultivos.

A acción do fósforo sobre a vexetación pódese resumir no seguinte: os efectos do fósforo sobre o metabolismo vexetal tradúcense nun excelente desenvolvemento radicular e das funcións de reprodución, o que dá lugar á obtención de boas sementes de pronta maduración. Contrarresta os efectos prexudiciais do nitróxeno e regula a utilización do calcio e do magnesio.

As plantas obteñen a nutrición fosfatada do extracto acuoso do terreo. Se este se empobrece en fósforo ao absorbelo as raíces, a arxila e a calcaria van cedendo o anión de fósforo á solución por cambios iónicos, cuxa concentración se mantén constante ata que se esgota o fósforo de cambio.

A dinámica do P no solo é moi complexa polo que unha fertilización baseada nestes datos é só orientativa. É recomendable repetir a análise cada tres anos para avaliar o efecto da fertilización realizada e corrixir as doses en aplicacións posteriores. Algúns autores recomendan encalar polo menos ata pH 5,5 antes de aplicar a fertilización fosfórica. O pH óptimo está comprendido entre 6 e 7, xa que neste intervalo os compostos insolubles de calcio non se forman e a fixación pola arxila do Fe e do Al é débil.

O nivel mínimo desexable de P no solo é de 25 mgkg^{-1} (método Olsen) nos solos de Galicia, de acordo coas investigacións realizadas no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo, CIAM.

Débese controlar axeitadamente o nivel de fósforo asimilable do solo para que tampouco haxa excesos que ocasionen lavados deste e que poida chegar ás augas continentais, sendo o factor principal de eutrofización da devanditas augas. Nas augas mariñas o factor máis importante para a súa eutrofización é o contido de nitróxeno.

Dúas normas de diagnóstico do P polo método Olsen, en mg/kg, utilizadas en España:

A. Segundo LÓPEZ e LÓPEZ -1978

Cultivos	Cereais, forraxes, millo, pataca tardía		Remolacha, froiteiras, patacas de primor		Cultivos hortícolas e floricultura	
Grupo textural	Areoso / Medio	Arxiloso	Areoso / Medio	Arxiloso	Areoso / Medio	Arxiloso
Moi baixo	< 5	< 3	< 9	< 6	< 17	< 11
Baixo	5 - 15	3 - 8	9 - 19	6 - 11	17 - 35	11 - 21
Correcto	15 - 25	8 - 13	19 - 37	11 - 21	35 - 71	21 - 41
Alto	25 - 35	13 - 18	37 - 72	21 - 41	71 - 142	41 - 80
Excesivo	> 35	> 18	> 72	> 41	> 142	> 80

B. Segundo YÁÑEZ -1989

Tipo de cultivo	Secaño			Regadío extensivo			Regadío intensivo		
Grupo textural	Areoso	Medio	Arxiloso	Areoso	Medio	Arxiloso	Areoso	Medio	Arxiloso
Moi baixo	< 5	< 7	< 9	< 7	< 9	< 11	< 11	< 16	< 20
Baixo	5-9	7-3	9-17	7-13	9-17	11-21	11-21	16-31	20-36
Correcto	9-13	13-19	17-25	13-19	17-25	21-31	21-31	31-46	36-51
Alto	13-20	19-30	24-40	19-30	25-40	34-50	31-50	46-60	41-70
Excesivo	> 20	> 30	> 40	> 30	> 40	> 50	> 50	> 60	> 70

De acordo coas investigacións levadas a cabo no CIAM, os niveis de mantemento e de resposta para o fósforo en mg/kg segundo a rocha nai do solo serían os seguintes:

Rocha nai	Nivel de mantemento	Sen resposta á fertilización
Sedimentos areosos	20	40
Granitos, xistos e lousas	25	50
Gabros	30	50

6. Potasio asimilable

O índice de potasio asimilable no solo máis usado universalmente é a suma do potasio intercambiabile e do potasio soluble na auga, isto é, o potasio total extraído por unha solución neutra de acetato amónico 1 N a pH 7.

O potasio é absorbido polas plantas en forma de ión K^+ . É un dos tres catións principais que utilizan as plantas, e é bastante móbil, tanto no solo como na planta, aínda que como compoñente da estrutura dun retículo cristalino é moi inmóbil e relativamente resistente ao proceso de meteorización.

Dun xeito xeral pode dicirse que existe unha tendencia ao equilibrio entre o potasio non intercambiabile, o intercambiabile e o que está en solución. A formación de potasio asimilable supón o tránsito da forma non intercambiabile á intercambiabile.

Os cultivos que posúen un sistema radicular débil poden sufrir por falta de potasio. Por outra banda, as plantas con raíces ben desenvolvidas obteñen case sempre o potasio que necesitan, aínda que os solos sexan máis pobres.

Facendo intervir a clase textural do solo á hora de realizar a interpretación dun resultado de K asimilable téñense os seguintes criterios (López Ritas, 1978).

Cultivo e textura do solo	Contido en K en mg/kg				
	Moi baixo	Baixo	Medio	Alto	Moi alto
<i>*Pastos, cereais, cultivo secaño</i>					
Textura grosa	< 20	21-40	41-80	81-160	> 161
Textura media	< 30	31-60	61-120	121-240	> 241
Textura fina	< 40	41-80	81-160	161-320	> 321
<i>*Remolacha forraxeira, patacas tardías, millo regadío</i>					
Textura grosa	< 30	31-60	61-120	121-240	> 241
Textura media	< 45	46-90	91-180	181-360	> 361
Textura fina	< 60	61-120	121-240	241-480	> 481
<i>*Remolacha azucrareira, patacas temperás, froiteiras</i>					
Textura grosa	< 40	41-80	81-160	161-320	> 321
Textura media	< 60	61-120	121-240	241-480	> 481
Textura fina	< 80	81-160	161-320	321-640	> 641
<i>*Cultivos intensivos, hortalizas e ornamentais</i>					
Textura grosa	< 50	51-100	101-200	201-400	> 400
Textura media	< 75	76-150	151-300	301-600	> 600
Textura fina	< 100	101-200	201-400	401-800	> 800

Citáronse niveis críticos comprendidos entre 50 e 150 mgkg⁻¹ dependendo dos cultivos. Cultivos esixentes en K son a pataca, o plataneiro e hortalizas de inverno.

O nivel mínimo desexable de K é de 125 mgkg⁻¹, extracción con acetato amónico 1 N, en solos de

Galicia, de acordo coas investigacións realizadas no CIAM. Por enriba deste valor, a probabilidade de atopar resposta á achega de K en pradeira diminúe.

Como resumo para a interpretación dos valores de potasio asimilable en mg/kg, pódense seguir os seguintes criterios:

Tipo de cultivo	Secaño			Regadío		
	Areoso	Medio	Arxiloso	Areoso	Medio	Arxiloso
Moi baixo	< 50	< 65	< 80	< 60	< 75	< 90
Baixo	50-90	65-130	80-140	60-100	75-140	90-150
Normal	90-130	130-200	140-220	100-150	140-220	150-240
Alto	130-180	200-260	220-330	150-240	220-280	240-350
Moi alto	> 180	> 260	> 330	> 240	> 280	> 350

De acordo coas investigacións levadas a cabo no CIAM, os niveis de mantemento e de resposta para o potasio en mg/kg segundo a rocha nai do solo serían os seguintes:

Rocha nai	Nivel de mantemento	Sen resposta á fertilización
Sedimentos areosos	100	200
Granitos, xistos e lousas	125	250
Gabros	150	300

7. Carbono orgánico e materia orgánica

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

- > 1. Carbonatos minerais principalmente CaCO₃ e MgCO₃; preséntanse tamén pequenas cantidades moi activas e importantes de CO₂ e tamén de CO₃H⁻ e CO₃⁼, ións derivados dos carbonatos máis solubles.
- > 2. Formas moi condensadas de composicións próximas ao carbono elemental (carbón vexetal, grafito, carbón de hulla).
- > 3. 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 parece suxerir estas denominacións.
- > 4. 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 determina tanto o carbono total (por combustión seca) como a materia orgánica (por calcinación).

Para cada solo e clima chégase a un nivel determinado de materia orgánica estable. O seu contido no solo debe controlarse para que non baixe duns

niveis críticos. Así, en solos de secaño non debe ser inferior ao 1,5% e en solos de regadío non debe baixar do 2%. Pero non se debe esquecer que estas porcentaxes só teñen sentido cando se ten en conta a textura do solo en estudo.

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, etc.
- > Inflúe nas propiedades químicas do solo aumentando a fonte e a reserva de nutrientes de lenta liberación para a planta e a capacidade biolóxica do solo. 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.
- > A materia orgánica aumenta a capacidade de produción do solo.

Como resumo da interpretación dos valores numéricos dos niveis de materia orgánica do solo expónse a seguinte táboa (valores expresados en % da materia orgánica):

Grupo textural	Areosos	Francos	Arxilosos
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

A continuación recóllese nunha táboa os contidos medios da materia orgánica dos solos agrícolas de España:

Tipo de cultivo	Contidos medios en España	Elevar ata
Secaños en centro e sur	Menos de 1%	2%
Secaños do norte	Máis do 2%	---
Regadío extensivo	Arredor do 2%	3%
Regadío intensivo	Arredor do 3%	4%
Pastos do norte da Península ou zonas de montaña	Máis do 4%	---

A materia orgánica diminúe nos solos cultivados en relación cos solos virxes, xa que ao non se mover a superficie do solo nestes últimos a oxidación é lenta e consérvase mellor.

A achega de materia orgánica pola vexetación ten unha grande importancia. A distribución da materia orgánica no solo obedece a factores moi distintos segundo a vexetación que soporte. Hai cultivos que achegan máis materia orgánica ca outros, por exemplo o trigo. Non obstante, a remolacha, o algodón e o xirasol non deixan nada de materia orgánica, estes coñécense como cultivos esquilantes. Tampouco os cultivos de tipo arbóreo achegan nada ao solo (oliveira, amendoeira, froiteiras).

Os solos das zonas agrícolas intensivas onde se utilizan moitos praguicidas e herbicidas adoitan ter graves desequilibrios nas poboacións de microorganismos edáficos, sendo por iso necesario coidar os niveis de materia orgánica e proporcionar compostos orgánicos animais ou vexetais que axuden á reposición da microflora e fauna do solo.

O humus é a materia orgánica xa evolucionada. É un conxunto de corpos descompostos no solo. Proven dos restos de microorganismos (membranas de bacterias, micelios de fungos, etc.), co cal van ter un tamaño pequenísimo, estase a rozar o límite coloidal. Por iso un solo con moito humus acidifícase, o humus ten a propiedade dos ácidos débiles. É capaz de fixar catións, xa que a materia orgánica está finamente dividida e oxidada. Os grupos carboxilos son os que lle dan a capacidade de intercambio. Un índice fundamental para o estudo do humus é a relación C/N, que é a relación carbono orgánico a nitróxeno orgánico que hai no solo.

Entre os tipos de humus pódense sinalar os seguintes:

Humus Moder: é un humus ácido, propio dos podsoles. Non se neutraliza polas bases, xa que estas non existen, e como consecuencia este humus é degradado de novo polos microorganismos e logo pérdese en profundidade por un proceso de iluvación, se a chuvia é suficiente. Unha vez iluviado, descomponse moito máis lentamente. A idade dun podsol é duns 1000 anos.

Humus Mull: é un humus saturado, doce, non se iluvia, é moito máis estable ca o tipo anterior. Ten boa estrutura e unha idade duns 300 anos. Unido á materia mineral é máis dificilmente degradable. Atópase en solos de rendsina (a folla da faia é rica en bases).

Humus Mohr: é o humus que se atopa baixo condicións hidromórficas.

8. Nitróxeno

O nitróxeno no solo preséntase baixo diversas formas, cambiando dunhas a outras, pero maioritariamente está en forma orgánica.

O Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia determina o nitróxeno total do solo: nitróxeno orgánico+nitróxeno mineral.

A maior dificultade estriba en poder predicir a capacidade que ten un solo para abastecer de nitróxeno en forma asimilable (principalmente en forma de nitratos) un determinado cultivo. Esta capacidade non garda relación co contido de nitróxeno total que posúe o terreo, polo que é moi difícil a interpretación destas cifras con fins de aconsellamento.

O contido total de N no solo varía de 0,02-0,05% en solos desérticos e semidesérticos a 0,30-0,40%, aínda que en terreos moi ricos en materia orgánica pode chegar ao 2%.

Nitróxeno total (%)

Moi baixo	< 0,05
Baixo	0,05-0,10
Normal	0,10-0,20
Alto	0,20-0,40
Moi alto	> 0,40

A continuación indícase o contido de nitróxeno e de carbono orgánico en función do contido de arxila dun solo en bo estado de cultivo:

Arxila %	Nitróxeno %	Carbono orgánico %	Materia orgánica %	C/N
< 5,00	0,094	1,09	1,88	11,59
5,10 - 10,00	0,114	1,32	2,28	11,58
10,10 - 15,00	0,116	1,35	2,32	11,64
15,10 - 20,00	0,122	1,42	2,44	11,64
20,10 - 25,00	0,133	1,55	2,66	11,65
> 25,00	0,165	1,92	3,30	11,64

A relación C/N informa da saúde do solo e como para coñecela se precisan as determinacións separadas do nitróxeno e o carbono orgánico, as concentracións deles indicarán a riqueza do terreo. A relación C/N baixa indica o esgotamento do solo, como acontece cando se explota intensamente ou se erosiona.

A materia orgánica do solo contén de media 5% de nitróxeno, aínda que esta porcentaxe pode variar dende 4 ata 6%. A materia orgánica do solo superior contén entre 50 e 54% de carbono, sendo a media 52%. Dividindo 52 entre 5 obtense 10,4 como relación C/N. Mentres que se se considera que o valor medio na materia orgánica do solo é de 58%, a relación C/N estímase en 11,6 ($58/5 = 11,6$).

A relación C/N dun solo normal é de 10. Un solo moi evolucionado ten 11 (Chernozem, Rendsina). Se se baixa en profundidade a relación C/N descende a 8. En solos evolucionados C/N = 13 para solos cultivados e C/N = 17 para solos virxes.

O contido en carbono do subsolo varía entre 36 e 44%, o valor medio é do 40%. Se supoñemos que o contido en nitróxeno do subsolo é do 5%, o valor da relación C/N será 8 ($40/5 = 8$).

A medida que vai diminuindo a relación C/N, diminúe a cantidade de enerxía e redúcese o número de microorganismos do solo. Así mesmo, diminúe a necesidade de nitróxeno en relación ao carbono ata que se alcanza un punto en que todo o NH_3 se elimina sen que sexa absorbido polos microorganismos para a formación dos seus tecidos.

Unha relación C/N elevada unida a pH baixo ou fosfatos insuficientes, ou condutividade eléctrica baixa, son indicadores a maioría das veces da pouca capacidade de produción de nitratos por parte do solo analizado.

En climas temperados como o noso, o humus ten unha relación C/N de valor 10. Nos restos vexetais sen descompoñer a relación C/N é moito maior, de 50, e aínda de 100 nas pallas de cereais e de 16 a 22 nos restos das leguminosas.

Nos países cuxo clima é distinto ao noso, a relación C/N non se estabiliza no valor de 10, senón noutro diferente, que é maior nos moi fríos (pode chegar a 15) e máis pequeno nos cálidos (ata 8).

Nos solos naturais, ou sexa sen deforestar, o valor da relación C/N caracteriza a riqueza en nitróxeno da capa vexetal. A citada relación, determinada no horizonte A_1 , é característica do tipo de humus que se formou, segundo se indica a continuación:

Tipo de humus	Relación C/N
Mull cálcico (solos calcarios)	10
Mull forestal (humus brando)	10-15
Moder (intermedio entre Mohr e Mull)	15-25
Mohr (humus bruto)	20 (ata 40)
Turba cálcica	30
Turba ácida	40
Anmoor	20 (ata 40)

Seguidamente recóllense algúns datos sobre os valores C/N en diversos tipos de material vexetal desecados e en diferentes solos:

Materia vexetal	Relación C/N
Pallas	70
Cereais secos (planta)	60
Cereais verdes (novos)	40
Leguminosas novas	20
Leguminosas adultas	30
Esterco ben feito	18
Microorganismos	6
Media das achegas orgánicas	50
Subsolo arxilloso	6
Pradeiras	15
Solo forestal	25
Solo podsódico	22
Solo ben equilibrado	10

O contido de nitróxeno en forma amoniacal no solo en xeral é baixo, agás cando se realizaron achegas de fertilizantes nitroxenados en forma amoniacal.

O estudo do contido de nitróxeno en forma de nitratos no solo cada día adquire máis importancia pola problemática derivada da contaminación das augas superficiais e subterráneas por nitratos de orixe agraria. Así, considérase que augas subterráneas que conteñen máis de 50 mg/l de nitratos, ou poden chegar a contelos, deben estar sometidas a control para limitar as achegas de fertilizantes nitroxenados.

A continuación recóllense nunha táboa os valores de interpretación dos contidos de nitróxeno mineral en forma de nitrato e de amonio obtidos polos métodos rápidos dos laboratorios portátiles:

Nivel	Nitratos en mg/l	Amonio en mg/l
Moi baixo	< 4,5	< 4
Baixo	4,5 - 8	4 - 8
Satisfactorio	8 - 14	8 - 13
Rico	14 - 20	13 - 19
Moi rico	> 20	> 19

A Unión Europea está tan sensibilizada por este tema, que promulgou unha directiva relativa á protección das augas contra a contaminación producida por nitratos utilizados na agricultura. É a Directiva do Consello do 12 de decembro de 1991 (91/676/CEE).

O R D 261/1996, do 16 de febreiro (BOE 11 de marzo de 1996), traspón esta directiva á lexislación española.

9. Textura: método da pipeta

A textura do solo defínese como a síntese da composición granulométrica do solo. A composición granulométrica fai referencia ao tamaño das partículas. Os resultados exprésanse referidos á fracción mineral e sobre peso seco a 105 °C.

Establécense tres fraccións: area, limo e arxila. Os elementos superiores a 2 mm, como pedras e grava, son coñecidos como elementos grosos e non son considerados na determinación das porcentaxes de area, limo e arxila dunha mostra. Todo o que pasa a través dun cribo de 2 mm coñécese como terra fina; esta é moito máis activa, xa que a súa superficie é moito maior e quimicamente teñen unha actividade moi grande.

Clasificación das partículas do solo

Escala de Atterberg ou Escala Internacional (ISSS) en mm

Area grosa	2 - 0.2
Area fina	0.2 - 0.02
Limo	0.02 - 0.002
Arxila	< 0.002

Escala Americana (USDA) en mm

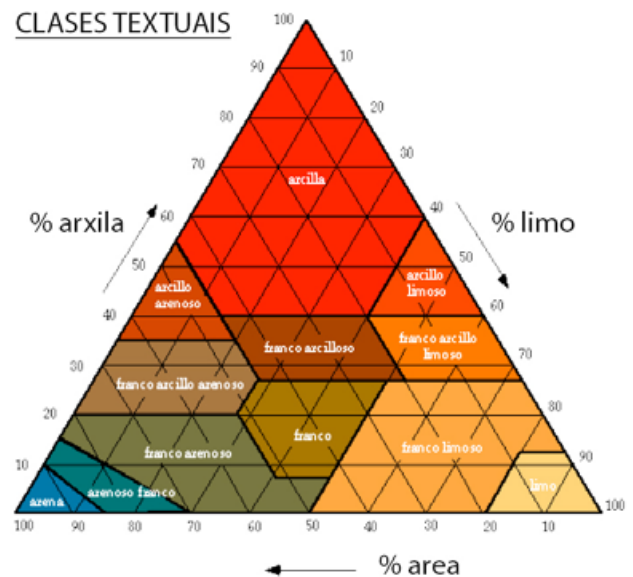
Area moi grosa	2 - 1
Area grosa	1 - 0.5
Area media	0.5 - 0.25
Area fina	0.25 - 0.1
Area moi fina	0.1 - 0.05
Limo	0.05 - 0.002
Arxila	< 0.002

Unha das formas máis frecuentes de representar a textura é por medio dun triángulo equilátero. Ten a propiedade de que a distancia dun punto aos tres lados é constante e igual á altura. No triángulo só hai dúas variables, a terceira é un complemento a 100. De ter que perder precisión tense que facer na fracción area.

A igualdade de peso, a arxila imprime unhas características moito máis concretas e precisas ca as outras dúas coordenadas. A textura realmente areosa é moi pequena xa que valores moi pequenos de limo e arxila imprimen xa características distintas

aos solos e pasan a ser franco-areosos. Si existen solos con contidos do 100% de area, pero non existen solos con máis do 80% de arxila ou de limo.

CLASES TEXTUAIS



A textura informa sobre a superficie do solo dunha forma cuantitativa, todas as propiedades relacionadas coa superficie do solo teñen relación coa textura. A permeabilidade ao aire e á auga está condicionada pola textura. Os comportamentos mecánicos tamén están determinados pola textura. A produtividade dos solos ten unha grande relación coa textura.

Os cambios bruscos de textura dun horizonte ao seguinte son malos para a vexetación. Tamén se presentan problemas se existe unha acumulación grande de arxila debida principalmente á dificultade de movemento da auga e do aire.

Como resumo, recóllense as características dos solos en función da clase textural á que pertencen:

- > Solos areosos: tendencia a secar, baixa fertilidade, non almacenan nutrientes, alta porosidade, rápida percolación, necesitan frecuentes achegas de nutrientes.
- > Solos francos: solos equilibrados, perdas por lavado moi reducidas, son os solos máis fértiles.
- > Solos arxilosos: alta capacidade de retención de auga, almacenan nutrientes, evitan as perdas por lavado, carecen de porosidade, problemas de aireación, problemas de amozocamento, problemas de cotras, problemas de drenaxe e labor.

10. A auga no solo

A humidade é a medida de auga dunha mostra de solo secada ao aire, excluindo a auga de constitución dos distintos compoñentes.

A capacidade máxima de auga dun solo é a cantidade máxima de auga que pode absorber un solo ata a súa saturación.

A capacidade de campo é a cantidade de auga retida no solo, unha vez drenado o exceso e no que a velocidade de movemento descendente da auga desapareceu practicamente. Determínase no laboratorio calculando a porcentaxe a 1/3 de atmosfera.

Capacidade de campo %	Observacións
Menor de 7	Moi baixa
7 - 12	Baixa
12-20	Media baixa
20 - 30	Media
Maior de 30	Elevada

O punto de murchamento é a humidade correspondente ao punto de murchamento permanente, expresada en porcentaxe do peso de solo seco. No laboratorio determínase calculando a porcentaxe a 15 atmosferas.

Cando unha planta é incapaz de extraer auga do solo no que está, dise que se atopa en murchamento. O contido de auga que exista no solo variará segundo a clase textural do solo e a porcentaxe de materia orgánica. O punto de murchamento é un punto crítico para a vida das plantas. Un contido inferior ao coeficiente de murchamento supón a morte da planta.

A reserva útil de auga defínese como a diferenza entre o contido de humidade a capacidade de campo e murchamento.

A reserva de auga doadamente utilizable equivale a 2/3 da reserva útil.

A dose de rega a partir da reserva doadamente utilizable pódese calcular a dose práctica de rega, sen ter en conta máis que as perdas de auga por escorrenta superficial e percolación profunda, en función das que se define un coeficiente na aplicación, que adoita ser constante en cada sistema de rega.

11. 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.

Denomínase condutividade eléctrica dun extracto de solo á aptitude deste para transmitir a corrente eléctrica. A condutividade depende da actividade e tipo de ións disolto e da temperatura á que se realiza a medida.

No Laboratorio Agrario de Galicia faise unha avaliación previa da salinidade do solo medindo a

condutividade eléctrica no extracto acuoso 1:5. Se o valor da condutividade eléctrica no extracto 1:5 é inferior a 0,2 dSm⁻¹ (decisiemens por metro) a 25°C, pódese afirmar que non hai problemas de salinidade para os cultivos nese solo.

Segundo os criterios do Laboratorio de Salinidade dos Estados Unidos, defínense os seguintes tipos de solo de acordo coa súa salinidade e a súa alcalinidade:

- > Solos salinos: a condutividade eléctrica do extracto de saturación é maior de 4 dSm⁻¹ a 25°C e a porcentaxe de sodio de cambio (PSI) é menor de 15. O pH destes solos é xeralmente menor de 8,5.
- > Solos salino-alcalinos: a condutividade eléctrica do seu extracto de saturación é maior de 4 dSm⁻¹ a 25°C e a PSI é maior de 15. O pH destes solos é variable.
- > Solos alcalinos: a condutividade eléctrica do seu extracto de saturación é menor de 4 dSm⁻¹ a 25°C e a PSI é maior de 15 e. O pH destes solos oscila entre 8,5 e 10.

12. Oligoelementos

Os oligoelementos atópanse ligados de distintas formas no solo. A diferenciación destas é difusa. A distribución dos elementos entre os horizontes dun perfil está relacionada na maioría dos casos co contido de humus e arxila.

A interpretación dos resultados analíticos referentes aos contidos de oligoelementos no solo debe realizarse con extrema cautela, xa que están moi influenciados polo método seguido na extracción. Tamén se deben extremar as precaucións á hora de achegar estes elementos ao solo, pois o rango de valores entre carencia e toxicidade é ás veces difuso.

Empréganse distintos extractantes segundo o tipo de solo e os elementos que hai que determinar. Por exemplo, para a determinación de ferro, cobre, manganeso e cinc pódese facer unha extracción única cunha solución composta de ácido dietilentriamino pentacético (DTPA), CaCl₂ e trietanolamina e co pH axustado a 7,00.

Tamén se poden realizar extraccións individuais dos elementos con extractantes apropiados ao caso particular. Así, o boro determínase normalmente por medio dunha extracción cunha solución de CaCl₂ 0,01 M.

Respecto aos valores críticos non hai criterios aceptados universalmente. A continuación recóllense os criterios de interpretación dos valores obtidos mediante o uso dunha solución de extracción composta por DTPA, CaCl₂ e trietanolamina, a pH 7. Esta solución extractante emprégase para determinar ferro, cobre, manganeso e cinc.

Elemento	Deficiente	Marxinal	Axeitado
Zn	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Fe	< 2,5	2,5 - 4,5	> 4,5
Mn	< 1,0	----	> 1,0
Cu	< 0,2	----	> 0,2

Os valores están expresados en mgkg⁻¹. Son datos tomados de Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. W.L. LINDSAY and W.A. NORVELL. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 42 1978, 421-428.

De acordo con BERGER *et al.* (1972), os niveis de boro extraíble por auga quente pódense interpretar da forma seguinte:

Contido de boro en mgkg ⁻¹	Interpretación
< 0,7	Os cultivos practicamente non se ven afectados
0,7 - 1,5	Límite de marxinalidade
> 1,5	Toxicidade máis ou menos acusada segundo os cultivos

O límite de marxinalidade (0,7 - 1,5 mgkg⁻¹) é o axeitado para a maioría dos cultivos, tanto para cubrir as súas necesidades como para previr a toxicidade. As deficiencias aparecen frecuentemente en solos ácidos de zonas chuviosas.

O cobalto normalmente determínase mediante unha extracción con ácido acético ao 2,5 por cento e pH 2,5. Os criterios de interpretación son os seguintes:

Contido de cobalto en mgkg ⁻¹	Interpretación
< 0,05	Moi deficiente
< 0,25	Deficiente (solos de pH entre 5 e 6)
> 1,0	Satisfactorio

Non parece existir un método de extracción absolutamente satisfactorio para o diagnóstico de deficiencias de molibdeno. Un extractante moi empregado é o composto por oxalato amónico e ácido oxálico a pH 3,3 (coñecido como reactivo de Grigg). Con este extractante establecéronse os niveis críticos en función do pH do solo:

Contido de molibdeno en mgkg ⁻¹	pH
0,20	5,0
0,14	6,3
0,05	6,5

As deficiencias de molibdeno aparecen xeralmente nos solos ácidos. As doses de aplicación son moi baixas e debe poñerse moito coidado de non superalas. O fertilizante máis empregado é o molibdato de sodio, que é moi soluble e ten unha riqueza aproximada en molibdeno do 39 por cento.

Polo que respecta ao selenio, a súa determinación realízase mediante unha mineralización da mostra de solo por vía húmida. Cando o contido do solo en selenio é menor de 0,5 mg/kg atópanse respostas á fertilización con este elemento.

13. Elementos extraídos con auga rexia

Normalmente este tipo de análise realízase para estudar a posible contaminación dun solo con metais pesados como mercurio, chumbo, cadmio, níquel, cromo, cobre, cinc. Realízase en solos nos que se van utilizar lodos de uso agrario para a súa fertilización.

O Real decreto 1310/1990, do 23 de outubro (BOE do 1 de novembro de 1990) regula a utilización de lodos de depuración con fins agrarios. É unha transposición da Directiva do Consello 86/278/CEE, do 12 de xuño de 1986 (Lex. CC.EE. 2366).

No anexo I A deste real decreto fíxase o valor límite de concentración de metais pesados nos solos.

mg/kg de materia seca dunha mostra representativa de solos

Parámetros	Valores límite	
	Solos con pH <7	Solos con pH >7
Cadmio	1	3
Cobre	50	210
Níquel	30	112
Chumbo	50	300
Cinc	150	450
Mercurio	1	1,5
Cromo	100	150

No anexo II C establécese o método de mostraxe dos solos. Dise que as mostras representativas dos solos sometidos á análise se constituirán normalmente mediante a mestura de 25 mostras tomadas nunha superficie inferior ou igual a 5 hectáreas, explotada de forma homoxénea.

As tomas efectuaranse a unha profundidade de 25 cm, salvo se a profundidade do horizonte de labor fose inferior a ese valor, pero sen que, nese caso, a profundidade da toma de mostras sexa inferior a 10 cm.

O Decreto 125/2012, do 10 de maio, polo que se regula a utilización de lodos de depuradora no ámbito do sector agrario na Comunidade Autónoma de Galicia, DOG do 6/06/2012, engade que os solos que sexan obxecto de aplicación de lodos terán un contido en fósforo P menor ou igual a 48 mg/kg.

> ANÁLISE FOLIAR

1. CARAVEL (*Dianthus caryophyllus*)

a) Parte da planta

A 4ª e 5ª folla que cómpre contar dende a punta dun afillado sen botón floral.

b) Época da mostraxe

Durante a floración.

c) Intensidade da mostraxe

Escoller unha ou máis parcelas como lugares permanentes de mostraxe, da extensión media dunha ha. Mostrar ao longo das rúas tomando follas de polo menos 50 plantas distribuídas por toda a área.

d) Táboas de referencia

	Alto	Normal	Baixo
N %	3,93	3,71	3,41
P %	0,40	0,36	0,34
K %	3,32	3,09	2,84
Ca %	1,50	1,38	1,32
Mg %	0,61	0,42	0,19
Mn ppm	180	93	52
Fe ppm	87	73	54
Cu ppm	11	7	5
B ppm	53	37	28
Zn ppm	48	37	22

Outra táboa de valores:

N %	3,2 - 5,2	(3,0)
P %	0,2 - 0,3	(0,05)
K %	2,5 - 6,0	(2,0)
Ca %	1,02 - 2,0	(0,6)
Mg %	0,25 - 0,5	(0,15)

* Entre parénteses, valores por debaixo dos cales se poden presentar síntomas de deficiencia.

2. AMORODO (*Fragaria annassa Duchesne*)

a) Parte da planta

Follas adultas máis novas totalmente desenvolvidas.

b) Época da mostraxe

Durante toda a floración.

c) Intensidade da mostraxe

Tomaranse follas con pecíolo de 50 a 100 plantas nunha área permanente de mostraxe.

d) Táboa de referencia

	Excelente	Alto	Normal	Medio	Baixo
N %	>2,50	2,01-2,50	1,20-2,00	0,60-1,19	<0,60
P %	>0,50	0,36-0,50	0,26-0,35	0,20-0,25	<0,20
K %	>5,50	4,80-5,50	3,20-4,80	2,20-3,19	<2,20
Ca %	>3,00	2,41-3,00	1,70-2,40	0,50-1,69	<0,5
Mg %	>0,7	0,46-0,70	0,25-0,45	0,15-0,24	<0,15
Mn ppm	>1000	501-1000	100-500	30-99	<30
Fe ppm	>500	351-500	200-350	100-199	<100
Cu ppm	>50	31-50	10-30	4-9	<4
B ppm	>180	81-100	49-80	20-48	<20
Zn ppm	>100	41-100	20-40	10-19	<10

3. KIWI (*Actinidia chinensis*)

a) Parte da planta

Follas do terzo medio das vides, sen pecíolo.

b) Época da mostraxe

Preséntanse resultados pertencentes a tres estados fenolóxicos ben definidos:

- > Antes da floración (maio/xuño)
- > Inmediatamente despois do callado do froito (xullo)
- > Pouco antes da recollida do froito (novembro).

O estudo foi realizado en Galicia.

c) Intensidade da mostraxe

Escoller unha área uniforme de 2,5 ha máximo. Mostrar ao longo das dúas diagonais ou se non é posible mostrar unha árbore de cada 5 ou 10 de todo o bloque. A mostra final estará composta polo menos de 25 follas.

d) Táboas de referencia

Caracterización da composición mineral das follas antes da floración (maio/xuño).

N %	2,63 - 3,02
P %	0,30 - 0,40
K %	2,10 - 2,52
Ca %	1,29 - 2,12
Mg %	0,20 - 0,31
S %	0,27 - 0,30
Fe ppm	69 - 86
Cu ppm	14 - 29
Mn ppm	117 - 269
Zn ppm	28 - 38
B ppm	18 - 30

Caracterización da composición mineral das follas inmediatamente despois do callado do froito (xullo).

N %	2,60 - 3,00
P %	0,28 - 0,32
K %	1,97 - 2,40
Ca %	1,28 - 1,82
Mg %	0,24 - 0,36
S %	0,18 - 0,28
Fe ppm	60 - 99
Cu ppm	11 - 19
Mn ppm	76 - 213
Zn ppm	26 - 35
B ppm	28 - 49

Caracterización da composición mineral das follas pouco antes da recollida do froito (novembro).

N %	2,12 - 2,67
P %	0,17 - 0,19
K %	1,27 - 1,61
Ca %	2,82 - 4,58
Mg %	0,21 - 0,42
S %	0,18 - 0,36
Fe ppm	112 - 246
Cu ppm	7 - 13
Mn ppm	202 - 545
Zn ppm	18 - 40
B ppm	20 - 28

4. MILLO (*Zea mays L.*)**a) Parte da planta**

1. Toda a parte aérea.
2. Folla na axila da cal se desenvolve a mazaroca no momento do sedado. Tomar os limbos das follas e desprezar o groso nervio central.

b) Época da mostraxe

1. 30 - 45 días despois da xerminación.
2. A época aceptada como máis axeitada para a recollida das mostras é a inmediata á polinización, dende que aparecen as sedas da inflorescencia feminina (barbas).

c) Intensidade da mostraxe

1. De catro a cinco plantas da unidade de mostraxe.
2. Máis de 50 follas por cada unidade de mostraxe.

d) Táboa de referencia

Niveis de nutrientes de limbos da folla da espiga despois da polinización.

	Baixo	Normal	Alto
N %	<2,00	2,60-3,50	>4,50
P %	<0,10	0,20-0,50	>0,70
K %	<1,00	1,70-2,20	>3,00
Ca %	<0,20	0,40-0,80	>1,50
Mg %	<0,10	0,20-0,40	>0,60
S %	<0,10	0,15-0,40	>0,70
Fe ppm	<20	40-250	>350
Mn ppm	<10	20-250	>350
Cu ppm	<2	4-20	>35
Zn ppm	<10	20-65	>90
B ppm	<2	4-25	>40

5. MACEIRA (*Malus domestica Borkn.*)**a) Parte da planta**

Follas da parte media dos brotes crecidos no ano sen froito.

b) Época da mostraxe

De 8 a 12 semanas despois da floración.

c) Intensidade da mostraxe

Escoller unha área uniforme de 2,5 ha máximo. Mostrar ao longo das dúas diagonais ou, se non é posible, mostrar unha árbore de cada 5 ou 10 de todo o bloque. Tomar 4 follas por árbore da parte media da copa das catro orientacións. A mostra final será de polo menos 100 follas de 25 a 50 árbores.

d) Táboas de referencia

Maceira “Roja de Benejama” (Zona de Villena-Alicante).

	Excelente	Alto	Normal	Moderado	Baixo
N %	>3,20	2,70-3,20	2,30-2,60	2,00-2,20	<2,00
P %	>0,42	0,31-0,42	0,23-0,30	0,17-0,22	<0,17
K %	>1,60	1,58-1,60	1,53-1,57	1,15-1,52	<1,15
Ca %	>2,05	1,66-2,05	1,40-1,65	0,92-1,39	<0,92
Mg %	>0,62	0,50-0,62	0,41-0,49	0,27-0,40	<0,27
Mn ppm	>127	106-127	98-105	70-97	<70
Fe ppm	>235	221-235	205-220	196-204	<196
Cu ppm	>2	24-28	12-23	7-11	<7
B ppm	>5	43-51	35-42	22-34	<22
Zn ppm	>53	40-53	27-39	15-26	<15

Maceira Golden

	Excelente	Alto	Normal	Moderado	Baixo
N %	>3,00	2,90-3,00	2,50-2,80	1,10-2,40	<1,10
P %	>0,23	0,20-0,23	0,16-0,19	0,10-0,17	<0,10
K %	>2,00	1,71-2,00	1,40-1,70	0,60-1,39	<0,60
Ca %	>2,50	2,10-2,50	1,70-2,00	0,55-1,69	<0,55
Mg %	>0,30	0,26-0,30	0,20-0,25	0,07-0,19	<0,07
Mn ppm	>115	91-115	30-90	6-19	<6
Fe ppm	>180	131-180	95-130	15-94	<15
Cu ppm	>15	13-15	10-12	4-9	<4
B ppm	>50	35-50	20-34	18-19	<18
Zn ppm	>45	31-45	26-30	8-25	<8

Maceira Starking

	Excelente	Alto	Normal	Moderado	Baixo
N %	>3,50	3,00-3,50	2,60-2,90	1,90-2,50	<1,90
P %	>0,25	0,22-0,25	0,19-0,21	0,13-0,18	<0,13
K %	>2,20	1,86-2,20	1,70-1,85	0,90-1,69	<0,90
Ca %	>2,60	2,30-2,60	1,95-2,20	0,65-1,94	<0,65
Mg %	>0,40	0,31-0,40	0,28-0,30	0,19-0,27	<0,19
Mn ppm	>126	100-126	96-99	70-95	<70
Fe ppm	>170	155-170	150-154	81-149	<81
Cu ppm	>17	14-17	11-13	6-10	<6
B ppm	>48	45-48	36-44	24-35	<24
Zn ppm	>50	31-50	27-30	15-26	<15

Niveis de nutrientes de follas con pecíolo completamente formadas, pertencentes ás pólas novas ou que están na base dos brotes no ano, durante o verán.

	Baixo	Normal	Alto
N %	<2,00	2,01-2,50	>2,51
P %	<0,20	0,21-0,40	>0,41
K %	<1,20	1,21-1,60	>1,61
Ca %	<1,00	1,01-1,50	>1,51
Mg %	<0,25	0,26-0,40	>0,41
Fe ppm	<50	50-250	>251
Mn ppm	<25	25-150	>151
Cu ppm	<10	10-20	>21
Zn ppm	<20	20-50	>51
B ppm	<30	30-60	>61

Contidos medios dos principais elementos nutritivos que definen o nivel de nutrición en froiteiras de pebida.

	Deficiente	Satisfactorio	Elevado
N %	<2,20	2,40-2,80	>2,80
P %	<0,10	0,14-0,22	>0,22
K %	<0,85	1,10-1,50	>1,70
Mg %	<0,10	0,20-0,30	>2,20
Mn ppm	<25	25-100	-----
Zn ppm	<15	15	-----
Cu ppm	<3,5	3,6-20	-----
B ppm	<25	26-180	-----

6. PATACA (*Solanum tuberosum* L.)**a) Parte da planta**

Follas tomadas na parte central do talo.

b) Época da mostraxe

Antes da floración.

c) Intensidade da mostraxe

Seleccionar unha porción do terreo que representa as condicións medias da plantación como área de mostraxe permanente. Tomar unha folla de non menos dun 5-10 por cento de todas as plantas.

d) Táboa de referencia

	Normal		Deficiente	
	Palogan	Turia	Palogan	Turia
N %	4,65	5,40	2,00	3,10
P %	0,36	0,70	0,09	0,36
K %	5,40	6,00	3,00	2,20
Ca %	3,35	1,50	0,70	0,55
Mg %	0,48	0,48	0,20	0,20
Mn ppm	40	120	7	30
Fe ppm	88	135	40	75
Cu ppm	5	18	3	6
B ppm	35	35	20	9
Zn ppm	40	50	15	15

e) Observacións

Contidos de nitróxeno inferiores ao 3% provocan depresión da colleita.

7. PEREIRA (*Pyrus communis* L.)

a) Parte da planta

Follas medias dos brotes crecidos no ano.

b) Época da mostraxe

De 8 -12 semanas despois da floración.

c) Intensidade da mostraxe

Escoller unha área uniforme de 2,5 ha máximo. Mostrar ao longo das dúas diagonais ou, se non é posible, mostrar unha árbore de cada 5 ou 10 de todo o bloque. Tomar 4 follas por árbore.

A mostra final estará composta de 100 follas como mínimo.

d) Táboas de referencia

	Normal	Baixo
N %	2,50	1,30
P %	0,24	0,15
K %	3,00	0,80
Ca %	3,00	1,18
Mg %	0,40	0,26
Mn ppm	53	22
Fe ppm	140	49
Cu ppm	20	4,5
B ppm	23	9
Zn ppm	38	24

Niveis de nutrientes de follas completamente formadas con pecíolo, pertencentes ás pólas novas ou situadas na base dos brotes do ano, durante o verán.

	Alto	Normal	Baixo
N %	>2,81	2,21-2,80	<2,20
P %	>0,41	0,21-0,40	<0,20
K %	>1,81	0,81-1,80	<0,80
Ca %	>2,01	1,01-2,00	<1,00
Mg %	>0,51	0,26-0,50	<0,25
Fe ppm	>151	31-150	<30
Mn ppm	>151	31-150	<30
Cu ppm	>101	6-100	<5
Zn ppm	>41	17-40	<16
B ppm	>51	31-50	<30

e) Observacións

Valores para pereiras de verán: Castell, Tendral e blanquilla. Tamén para Mantecosa de Aremberg e Flor de Inverno.

8. PEMENTO (*Capsicum annuum* L.)

a) Parte da planta

Folla enteira máis nova totalmente madura.

b) Época da mostraxe

Dende a floración.

c) Intensidade da mostraxe

Seleccionar unha porción de terreo que represente as condicións medias da plantación, como área de mostraxe permanente. Tomar unha folla co pecíolo de non menos dun 5-10% de todas as plantas. Deben mostrarse un mínimo de 100 plantas.

d) Táboa de referencia

	Alto	Normal	Baixo
N %	>5,10	4,00-5,00	<3,00
P %	>0,71	0,30-0,70	<0,20
K %	>5,60	4,50-5,50	<3,50
Ca %	>4,10	2,00-4,00	<0,50
Mg %	>1,80	1,00-1,70	<0,50
Mn ppm	>201	90-200	<40
Fe ppm	>201	80-200	<60
Cu ppm	>21	10-20	<4
B ppm	>61	20-60	<13
Zn ppm	>61	25-60	<15

9. VIDE (*Vitis vinifera*)

1. Limbos

a) Parte da planta

1. Tomar o limbo das follas opostas ao acio basal.
2. Tomar o limbo das follas opostas ao segundo acio se o houbese, e se non, o das follas situadas no terzo medio das vides con froito.

b) Época da mostraxe

Se se toma o 1º momento da mostraxe é o callado do froito.

Se se toma o 2º, mostrarase ao comezo da maduración (envero).

c) Intensidade da mostraxe

Cada mostra debe ser recollida dun mínimo de 20-30 plantas, homoxéneas, representativas da unidade de mostraxe.

c) Táboas de referencia

Niveis de nutrientes de limbos das follas opostas ao acio basal no callado do froito

	Alto	Normal	Baixo
N %	>2,60	2,40-2,60	<2,00
P %	>0,24	0,20-0,24	<0,15
K %	>1,40	1,20-1,40	<1,00
Mg %	>0,30	0,23-0,27	<0,20
Ca %	>3,50	2,50-3,50	<2,00
B ppm	>40	25-40	<15
Fe ppm	>250	100-250	<50
Mn ppm	>200	30-200	<20
Zn ppm	>150	30-150	<20
Cu ppm	>20	5-20	<4
Mo ppm	---	0,5-10	<0,1
Co ppm	---	0,5-10	<0,1

Contidos medios orientativos dos principais elementos nutritivos obtidos na análise foliar da viña.

	Deficiente	Satisfactorio	Excesivo
N %	<2,00	2,40-2,60	>2,80
P %	<0,15	0,20-0,25	>0,26
K %	<1,00	1,20-1,40	>1,60
Ca %	<2,00	2,50-3,50	>3,70
Mg %	<0,20	0,20-0,30	>0,30

	Deficiente	Satisfactorio	Excesivo
Fe ppm	<100	100-250	>300
Mn ppm	<30	30-200	>500
Zn ppm	<20	30-150	>450
Cu ppm	<5	5-20	>40
B ppm	<20	25-40	>60

2. Pecíolos

a) Parte da planta

Os pecíolos das follas son un tecido ideal para a determinación do estado nutricional das vides. Os pecíolos manéxanse doadamente xa que cobren un gran número nun volume pequeno (permiten facer unha mostra representativa con pouco esforzo), e apenas son necesario lavalos.

b) Época da mostraxe

Ao final do período de floración se se toman follas situadas na proximidade dos acios ou, para o K, 60-70 días despois da floración, sobre as follas máis novas chegadas á madurez.

c) Intensidade da mostraxe

Tomar de 80 a 100 pecíolos das plantas distribuídas ao chou nunha parcela escollida como sector da mostraxe.

d) Táboa de referencia

Niveis de nutrientes dos pecíolos das follas situadas ao lado dos acios durante a floración.

	Alto	Normal	Baixo
N-NO₃ ppm	>2450	600-1200	<300
P (Total) %	-	0,30-0,60	<0,15
K (Total) %	>3,00	1,50-2,50	<1,00
Mg (Total) %	>1,00	0,50-0,80	<0,30
Ca (Total) %	>0,50	0,05-0,15	-
Fe ppm	>100	30-50	<20
Mn ppm	>250	31-150	<24
Cu ppm	>30	11-15	<7
Zn ppm	>75	25-50	<15
B ppm	>300	30-60	<20

FERTILIZACIÓN

> ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

As plantas absorben maioritariamente os nutrientes polas súas raíces, pero tamén os poden absorber a través das follas se se lles aplica en solución. Os nutrientes penetran nas raíces das plantas en forma de ións, partículas sumamente pequenas e ultramicroscópicas que levan cargas eléctricas. A maior parte da absorción de auga e sales minerais prodúcese preto dos meristemas apicais das raíces, en raiciñas laterais microscópicas coñecidas como pelos radicais. A cantidade de pelos radicais que teña un sistema radicular parece constituír o índice máis importante de eficacia na obtención de auga e sales minerais do solo.

A solución do solo comprende auga e substancias disoltas retidas nos poros do solo. A súa composición varía considerablemente dun solo a outro, dependendo sobre todo da natureza do material de orixe do solo e da vexetación.

A absorción iónica polas raíces pode describirse como activa ou pasiva. A absorción pasiva prodúcese cando os nutrientes se moven de rexións de alta concentración a outras en que esta é baixa, sen que a planta realice gastos de enerxía.

No entanto, os ións dos nutrientes tamén poden desprazarse contra un gradiente de concentración (é dicir, dende a solución do solo a unha zona de maior concentración iónica dentro da planta) mediante un proceso activo que comprende o gasto de enerxía, que se coñece como absorción activa.

> NIVEL DE FERTILIDADE E CARACTERÍSTICAS DO SOLO

A nutrición vexetal, factor básico para un óptimo desenvolvemento dos cultivos, depende da capacidade do solo para subministrar todos e cada un dos elementos nutritivos, na forma, cantidade e momento axeitados ás súas esixencias. Só unha pequena fracción do nutriente presente no solo está directamente dispoñible para a planta, a que está na solución do solo.

A situación do solo en relación con esta capacidade de fornecer as necesidades das plantas nos diferentes elementos nutritivos é o que se denomina

fertilidade do solo. Segundo o grao en que se cumpra esta función cualifícase de alta ou rica, baixa ou pobre e os diversos niveis intermedios en relación con cada un dos elementos nutritivos. É un dato fundamental para o establecemento da dose de fertilización.

Historicamente, o estudo da fertilidade do solo centrouse no manexo do estatus de nutrientes no solo para crear as condicións óptimas para o crecemento da planta. Outros dous principios fundamentais están implicados no estudo da fertilidade do solo.

O primeiro é o recoñecemento de que só o estatus óptimo de nutrientes non garante a produtividade do solo. Outros factores, tales como a humidade e a temperatura, condicións físicas, acidez e salinidade, tensións bióticas (enfermidades, insectos, malas herbas), poden reducir a produtividade dos solos, aínda dos máis fértiles.

O segundo principio é que a realización das modernas prácticas de fertilización do solo debe protexer de tensións o medio tanto como a produtividade da agricultura.

Na determinación da fertilidade do solo en relación a calquera elemento nutritivo existen tres conceptos ou parámetros da máxima importancia: capacidade, intensidade e velocidade.

A capacidade de nutriente (Q) é a cantidade do elemento nas diversas fraccións do solo (adsorbido, fixado, precipitado, etc.). Está en equilibrio coa cantidade do elemento presente na solución do solo. Cando este equilibrio rompe pola absorción do mencionado nutriente pola planta de novo, restablécese pasando máis elemento á solución do solo, sempre que exista capacidade para iso.

A intensidade de nutriente (I) é a concentración do elemento na solución do solo. Determina en gran parte a súa absorción pola planta, pois reflicte a cantidade de elemento presente en forma directamente soluble.

A velocidade ou mobilidade do nutriente no sistema é a medida en que se repón a súa concentración na solución do solo pola liberación deste da fracción sólida.

A relación entre a capacidade e a intensidade (Q/I) é unha característica que determina o poder amortecedor do solo. Para unha mesma cantidade de elemento absorbido da solución, o descenso da concentración será tanto maior canto menor sexa o poder amortecedor. Comprobouse que o nivel crítico da concentración na solución (factor intensidade) depende deste poder amortecedor do solo, sendo menor o nivel crítico canto maior é o devandito poder.

Para cultivos de campo, a determinación da capacidade de nutrientes é máis significativa que a determinación da intensidade, xa que representa unha estimación das reservas do solo que poden chegar a estar dispoñibles durante o período de crecemento. Na práctica, esta determinación realízase pola extracción do solo co axente apropiado. Non obstante, para cultivos vexetais intensivos onde unha intensidade alta permanente de nutrientes é requirida, interesa máis coñecer o factor de intensidade.

O estado de fertilidade do solo determínase utilizando os medios de diagnóstico correspondentes á análise de solos (tamén se utiliza a análise de plantas). É condición indispensable que os datos obtidos destas análises estean en correspondencia co crecemento dos cultivos, é dicir, que se conseguira unha elevada correlación entre os valores de elemento asimilable, obtidos por un determinado método, e a resposta vexetal (ben pola absorción do nutriente pola planta ou polo rendemento obtido). doutro modo, non terían ningunha utilidade.

A interpretación das análises dos solos é moi complexa, malia a grande sinxeleza do seu principio básico, que é a correlación entre os resultados analíticos que se acaban de avaliar e as necesidades dos cultivos. A principal complicación nace debido a que o contido en nutrientes dos solos non é o único factor do que depende o rendemento e a calidade do produto final.

En relación coa importancia que reviste a análise de solos pódese afirmar que a análise non o é todo, nin moito menos; é un instrumento de gran importancia, pero só iso. É unha acumulación de información que hai que saber manexar e que hai que saber para que serve, por exemplo, o rendemento dun cultivo é función de multitude de parámetros tanto edáficos como climáticos. A análise dos solos o único que pode pretender é describir fielmente un deses parámetros: o estado de fertilidade do solo nun momento dado.

> FACTORES DE CRECIMENTO QUE INFLÚEN NO RENDEMENTO

Non hai que esquecer que ademais da dispoñibilidade de nutrientes (como N, P, K), hai outros factores que inflúen no desenvolvemento e o rendemento final do cultivo, e que se deben ter presente á hora de formular as recomendacións de fertilización. Entre estes factores pódense destacar os seguintes:

Factores edafolóxicos: ademais dos contidos dos principais nutrientes vexetais no solo (N, P, K), poden influír o pH encalado, a salinidade, a capacidade de intercambio catiónico (CIC), os carbonatos libres, a textura, a estrutura, o contido de materia orgánica, minerais arxilosos e o subsolo.

Factores climatolóxicos: auga, temperatura, luz, xeadas e néboas.

Factores de explotación: antecedentes agrícolas (cultivos anteriores e rendementos que proporcionaron e aplicacións de fertilizantes, emendas orgánicas e de todo tipo recibidas polo terreo nas tempadas precedentes). Especie ou especies que se queren cultivar, densidade de poboación vexetal que se desexa, competencia das malas herbas. Subministración de auga dispoñible (no caso de regadíos). Rendemento que espera ou se pretende. Dificultades habidas no establecemento e mantemento do cultivo. Coñecementos técnicos e experiencia do agricultor.

> ESIXENCIAS ESPECÍFICAS DE NUTRIENTES DOS CULTIVOS

Debe concretarse claramente o fin que se persegue na explotación en relación con cada un dos cultivos. En efecto, hai que considerar se o ciclo vexetativo do cultivo vai ser completo ou só se require unha parte deste (cultivos forraxeiros, cultivos bianuais, cultivos en verde, cultivos para flor, etc.); se se trata de cultivos forzados ou cultivos nos que se persegue a calidade, como os industriais, etc. As esixencias de nutrientes polos cultivos varían considerablemente de uns casos a outros, tanto en tipo de nutrientes como en cantidade, como na época ou forma de aplicación.

Coñecido o obxectivo e a variedade máis adecuada a esta e ás condicións climatolóxicas e edafolóxicas da explotación, estase en condicións de realizar unha estimación das necesidades totais dos principais nutrientes, así como a súa distribución ao longo do cultivo. Este último aspecto é de máxima importancia, tanto para procurar un rendemento óptimo dos fertilizantes como para ter ben definidos os períodos críticos do cultivo.

A determinación das necesidades totais de nutrientes en cada cultivo realízase en función da produción ou colleita total estimada e a extracción media de nutrientes por unidade de colleita nuns casos ou a exportación neta noutros. Aínda que para a maioría dos cultivos tradicionais existen táboas de extraccións medias de elementos nutritivos, hai que ter en conta que as cifras obtidas por diferentes autores son bastante variables ao corresponder a condicións e variedades moi diversas.

Resulta necesario facer o máximo esforzo para mellorar as previsións dos obxectivos que se establecen sobre a produción ou rendemento dos cultivos, os cales dependen da evolución do clima, isto extrema a dificultade. En xeral, realízanse estimacións prácticas ou ben medidas das producións históricas máis elevadas ou ben utilízanse modelos informáticos baseados nas experiencias prácticas e datos específicos da zona.

> CÁLCULO DA FERTILIZACIÓN NA PRÁCTICA

A utilización das análises dos solos para formular recomendacións relativas aos fertilizantes baséase no principio: o rendemento dos cultivos depende da cantidade de nutrientes vexetais dispoñibles no terreo. O nivel de nutrientes presente no solo determínase mediante as correspondentes análises.

Aínda que esta dependencia (nutrientes vexetais > rendemento), sen ningunha dúbida, existe, danse ademais moitas influencias que tenden a restar claridade a tal relación. O sistema clima-solo-planta presenta unha complicada interacción de variables que determina, a fin de contas, a forma de desenvolverse a planta e o maior ou menor rendemento do cultivo.

A determinación da dose de fertilización é o problema básico da fertilización e comprende en si mesma non soamente o cálculo estrito da dose óptima económica senón que tamén leva implícita a forma máis axeitada e época de aplicación.

A interpretación das análises de solos é un procedemento bastante complexo, malia a grande sinxeleza do seu principio básico, que é a correlación entre os resultados analíticos e as respostas do cultivo. A principal complicación é que o contido de nutrientes no solo non é o único factor do que depende o rendemento, senón un entre moitos outros.

En todos os sistemas agronómicos, algúns dos outros factores de crecemento (chamados variables) exercen fortes influencias sobre os rendementos do solo e sobre os efectos dos fertilizantes. En consecuencia, non resultan tan claras e significativas como sería de desexar as correlacións entre as respostas do cultivo á chegada de fertilizantes e os datos resultantes das análises.

O ideal sería determinar para cada caso en particular unha fertilización “a medida”, que tivese en conta de xeito rigoroso as necesidades do cultivo considerado e as posibilidades de subministración de elementos fertilizantes a partir das reservas do solo.

Pero esta solución ideal é puramente teórica, xa que non se coñece de todo, senón só dunha forma aproximada os tres datos fundamentais do problema:

- > As necesidades reais da planta, que non se deben confundir coas extraccións totais de elementos nutritivos.
- > O ritmo de subministración dos elementos nutritivos procedentes das reservas do solo.
- > A forma na que utilizarán os fertilizantes que se acheguen para complementar a subministración do solo.

Non se pode determinar, pois, máis que a orde de magnitude da fertilización conveniente, tendo presente que poden concorrer circunstancias alleas á vontade do agricultor (sobre todo a climatoloxía do ano) que convertan a devandita fertilización en insuficiente ou excesiva.

As análises periódicas -por exemplo, cada tres ou catro anos- permiten vixiar a evolución do solo neste aspecto. Se o agricultor comproba que o contido en P-K se mantén a nivel satisfactorio, abondaralle mantelo continuando coas mesmas doses. Se descende lixeiramente, deberá forzar a fertilización fosfo-potásico anual. Se as análises revelan un descenso sensible no nivel P-K, hai que facer unha corrección inmediatamente aplicando unha fertilización de fondo intensa. Finalmente, se se comproba que o solo se enriquece en P-K por enriba dun determinado nivel, custoso de manter, o agricultor deberá diminuír as súas fertilizacións anuais durante algúns anos.

FERTILIZACIÓN DE CORRECCIÓN

46

A fertilización de corrección é a que ten por obxecto corrixir a pobreza do solo en elementos nutritivos mediante a súa achega regular e repetitiva ao longo de varios anos.

A fertilización de enriquecemento é a que ten por obxecto emendar a pobreza dun solo en elementos fertilizantes P e K, achegándoos nunha soa vez, xeralmente aproveitando un labor profundo.

> NECESIDADES DE CAL EN SOLOS ÁCIDOS

Os resultados dos ensaios de campo realizados polo CIAM suxiren que as recomendacións de encalado han de estar baseadas na porcentaxe de saturación por acidez do complexo de cambio. A produción dunha pradeira mixta (gramínea leguminosa) redúcese notablemente cando a saturación por acidez é superior ao 40%. A soia non soporta porcentaxes superiores ao 24%, mentres que a alfalfa require que practicamente sexa cero.

A continuación recóllese o ábaco obtido polo CIAM para calcular as necesidades de cal dun solo en función do tanto por cento actual de acidez e o tanto por cento desexado de acidez.

De acordo co ábaco exposto e tendo en conta a porcentaxe de saturación por acidez obtida no laboratorio, as necesidades de cal dun solo para chegar a ter unha saturación por acidez do complexo de cambio do 10% son as seguintes:

Vacid. camb.	Dose de cal en Kg/ha de CO_3Ca
5	< 500
10	1000
15	1200
20	1400
25	1800
30	2200
35	2600
40	3000
45	3400
50	3800
55	4200
60	4600

Non é recomendable achegar máis de 3000 kg/ha dunha soa vez (nun ano), polo cal se as necesidades de emenda superan ese valor, débese programar ao longo de varios anos a achega total das cantidades recomendadas.

Deben realizarse controis analíticos periódicos (cada tres ou catro anos) para seguir a evolución do grao de saturación por acidez do complexo de cambio.

> FÓSFORO

A fórmula para calcular a cantidade de fósforo que se vai achegar ao solo en función do seu nivel actual nunha hectárea de terreo é a seguinte:

$$\text{P}_2\text{O}_5 =$$

$$(P_2 - P_1) \times \frac{1}{1000000} \times 2,29 \times 10000 \times h \times da \times 1000 = 22,9 \times (P_2 - P_1) \times h \times da$$

P₂O₅: Kg de P₂O₅ por ha que cómpre achegar

P₂: nivel de fósforo desexado no solo en mgkg⁻¹

P₁: nivel de fósforo actual no solo en mgkg⁻¹

2,29: factor de conversión de P en P₂O₅

h: profundidade á que se realiza a fertilización en metros

d_a: densidade aparente do solo en tm⁻³

O nivel mínimo desexable de P no solo é de 25 mgkg⁻¹ (método OLSEN). A continuación indícanse as cantidades de fósforo que se van achegar para levar un solo a ese nivel, en función do nivel actual e supoñendo unha profundidade de fertilización de 25 cm e unha densidade aparente de 1,35 tm⁻³. Os valores resultantes agrupáronse por tramos medios, dado que, como xa se comentou, a precisión na realización da fertilización non depende só das cantidades achegadas senón que tamén é función doutra serie de factores.

Nivel actual de P en mgkg ⁻¹	Fertilización necesaria en kg/ha de P ₂ O ₅
0 - 5	175
6 - 10	130
11 - 15	90
16 - 20	50
21 - 24	20
> 25	0

> POTASIO

A fórmula para calcular a cantidade que se vai achegar de potasio ao solo en función do nivel actual nunha hectárea de terreo é a seguinte:

K₂O =

$$(K_2 - K_1) \times \frac{1}{1000000} \times 1.20 \times 10000 \times h \times da \times 1000 = 12 \times (K_2 - K_1) \times h \times da$$

K₂O: Kg de K₂O por ha que cómpre achegar

K₂: nivel de potasio desexado no solo en mgkg⁻¹

K₁: nivel de potasio actual no solo en mgkg⁻¹

1,2: factor de conversión de K en K₂O

h: Profundidade á que se realiza a fertilización en metros

d_a: Densidade aparente do solo en tm⁻³

O nivel mínimo desexable de potasio no solo é de 125 mgkg⁻¹ (determinado por medio dunha extracción con acetato amónico N a pH 7). A continuación indícanse as cantidades de potasio que se deben achegar para levar un solo a ese nivel, en función do contido actual e supoñendo unha profundidade de fertilización de 25 cm e unha densidade aparente de 1,35 tm⁻³.

Nivel actual de K en mgkg ⁻¹	Fertilización necesaria en kg/ha de K ₂ O
0 - 20	460
21 - 40	380
41 - 60	300
61 - 80	220
81 - 100	140
101 - 115	70
116 - 124	40
> 125	0

> MAGNESIO

A fórmula para calcular a cantidade de magnesio que se vai achegar ao solo en función do seu nivel actual nunha hectárea de terreo é a seguinte:

MgO=

$$(Mg_2 - Mg_1) \times 121.5 \times \frac{1}{1000000} \times 1.7 \times 10000 \times h \times da \times 1000 = 2065 \times (Mg_2 - Mg_1) \times h \times da$$

MgO: Kg de MgO por ha que cómpre achegar

Mg₂: nivel de magnesio desexado no solo en meq100g⁻¹

Mg₁: nivel de magnesio actual no solo en meq100g⁻¹
1 meq/100g é igual a 1 cmol+/kg

121,5: 1 cmol+/kg é igual a 121,5 mg/kg

1,7: factor de conversión de Mg en MgO

h: profundidade á que se realiza a fertilización en metros

d_a: densidade aparente do solo en tm⁻³

O nivel mínimo desexable de magnesio no solo é de 0,7 meq100g⁻¹ ou 0,7 cmol+/kg (determinado por medio dunha extracción con acetato amónico N a pH 7). Tamén se debe ter presente á hora da recomendación da fertilización con magnesio, a importancia que reviste a relación K/Mg, que debe estar comprendida entre 0,3 e 0,8 (sempre que os datos estean expresados en meq100g⁻¹). Así mesmo, cando se realizan emendas para a redución da acidez do solo, pódense empregar emendas dolomíticas que teñen magnesio na súa composición, como, por exemplo, 52% de CO₃Ca e 42% de CO₃Mg, o que supón un 20% de MgO.

A continuación indícanse as cantidades que se van achegar ao solo para levar o nivel de magnesio ao valor mínimo desexable de 0,7 meq100g⁻¹, en función do contido actual e supoñendo unha profundidade de fertilización de 25 cm e unha densidade de 1,35 tm⁻³.

Nivel actual de Mg en cmol+/kg	Fertilización necesaria en kg/ha de MgO
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

> XOFRE

Os cultivos absorben o xofre como ión sulfato da solución do solo. Está considerado como un macronutriente de grande importancia na formación das proteínas. As plantas absórbeno en cantidades similares aos do fósforo.

A presenza de xofre no solo é normalmente suficiente para cubrir as necesidades dos cultivos. As achegas proveñen de:

- A mineralización da materia orgánica que achega entre 1 e 3 g de xofre por cada 100 g de materia orgánica mineralizada.
- A auga de chuvia, xa que o xofre que leva en disolución se libera da fracción inorgánica do solo.
- Fertilizar con fertilizantes ricos neste elemento: superfosfato e sulfatos potásicos e amónicos.

FERTILIZACIÓN DE MANTEMENTO

> EXTRACCIÓN DE ELEMENTOS NUTRITIVOS POR CULTIVOS

A continuación recóllese información sobre as extraccións de elementos nutritivos por parte dalgúns cultivos. Estes datos obtivéronse tendo como termo medio os citados por varios autores e, como se pode comprender facilmente, son resultados medios e expóñense a título indicativo.

Cultivo extraccións (kg por unidade de produción)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Alcachofa (para 10 t)	78	33	155
Alfalfa feo (por t)	31	7	23
Algodón fibra (t)	175	75	150
Arroz (t)	18	8	19
Avea (t)	29	12	29
Batata (10 t)	43	17	75
Cana de azucre (10 t)	16	7	29
Cebada (t)	26	20	28
Cebola (10 t)	33	13	33
Centeo (t)	25	10	15
Cenoria (10 t)	40	11	60
Cítricos (10 t)	28	13	38
Coliflor (10 t)	43	15	63
Chícharos (t)	62	14	36
Espárrago (t)	24	8	28
Espinaca (10 t)	55	15	75
Fabas (t)	60	17	50
Falso abeto (por ha)	15	3	8
Feixóns (t)	47	14	36
Froiteiras de óso (10 t)	35	13	48
Froiteiras de pebida (10 t)	30	10	40
Garavanzos (t)	50	10	40
Leituga (10 t)	35	15	70
Lentellas (t)	50	20	40
Millo gran (t)	28	12	26
Millo forraxeiro (10 t)	30	12	33
Matogueira con pasto (ha)	45	40	80

Cultivo extraccións (kg por unidade de produción)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Masa forestal, na plantación (ha)	45	48	125
Masa forestal, 3 ou 4 anos antes do corte (ha)	40	20	80
Oliveira (tm)	11	5	16
Pataca (10 tm)	45	18	70
Pradeiras artificiais para feo (t)	18	8	22
Prados naturais (ha)	125	35	110
Remolacha (10 t)	43	16	60
Remolacha forraxeira (10 t)	40	11	65
Soia (t)	62	16	45
Sorgo (t)	31	12	20
Tabaco follas (t)	55	9	80
Tomate (10 t)	35	10	48
Trevo para feo (t)	41	8	23
Trigo (t)	29	14	28
Vide (t)	9	4	13
Xirasol (t)	45	19	95

> DOSE DE FERTILIZACIÓN DE MANTEMENTO POR CULTIVO

Neste apartado recóllense as doses de fertilización por cultivo segundo a produción esperada. Na súa aplicación débese ter en conta o estado inicial de fertilidade do solo. Para iso pódense seguir dous criterios:

A. Primeiro criterio. Os niveis de fósforo e de potasio clasifícanse nos catro grupos que se indican a continuación:

Fósforo (P en mgkg⁻¹):

Grupo 0: < 25; Grupo 1: 25-40; Grupo 2: 41-60; Grupo 3: >60

Potasio (K en mgkg⁻¹):

Grupo 0: < 125; Grupo 1: 125-200; Grupo 2: 201-260; Grupo 3: >260

Os solos pertencentes ao grupo 0 recibirán como dose de fertilización a suma da fertilización de mantemento do cultivo de que se trate máis as cantidades correspondentes á fertilización de corrección ou de enriquecemento.

Os solos pertencentes ao grupo 1 recibirán como dose de fertilización a fertilización de mantemento.

Os solos pertencentes ao grupo 2 recibirán como dose de fertilización a fertilización de mantemento corrixido por un factor de 0,6 no concernente ao fósforo e de 0,7 en relación ao potasio.

Os solos pertencentes ao grupo 3 recibirán como dose de fertilización a fertilización de mantemento corrixido por un factor de 0,4 no concernente ao fósforo e de 0,5 en relación ao potasio.

B. Segundo criterio. Aplícanse uns factores de corrección ás necesidades de cada planta en elementos fertilizantes (fósforo, potasio e magnesio) de acordo co nivel de fertilidade e o tipo de solo.

Nivel de fertilidade	Tipo de solo		
	Areoso	Franco	Arxiloso
Moi baixo	1.6	1.8	2.0
Baixo	1.3	1.4	1.5
Normal	1.0	1.0	1.0
Alto	0.7	0.6	0.5
Moi alto	0.0	0.0	0.0

No que respecta ao nitróxeno que se vai achegar nun cultivo vén dado pola seguinte ecuación:

$$F = \frac{Px E}{C} - (Nm + Nr + Ne - Np)$$

onde:

F: cantidade total de nitróxeno que é necesario aplicar.

P: produción estimada do cultivo.

E: extraccións de nitróxeno por unidade de produción.

C: coeficiente de eficacia do tipo de cultivo.

Nm: nitróxeno mineralizado da materia orgánica estable (humus).

Nr: nitróxeno mineralizado de residuos da colleita anterior.

Ne: nitróxeno derivado das emendas orgánicas aplicadas anteriormente ao cultivo.

Np: nitróxeno que se perde por lavado ou desnitrificación.

Suponse que o nitróxeno dado pola análise (tipo Kjeldahl) corresponde á suma de *Nm* + *Nr* + *Ne*.

1. Millo

Produción esperada. En Galicia, nun ano normal, poden obterse en secaño rendementos entre 5.000 e 6.000 kg ha⁻¹ de millo gran e 35 a 40 t ha⁻¹ de millo forraxeiro, sempre que se sementen as variedades de millos híbridos axeitadas.

Para obter estas producións é recomendable a aplicación de 125 kg ha⁻¹ de nitróxeno (N). O millo é un cultivo que responde positivamente á aplicación de nitróxeno. As doses recomendadas han de estar baseadas nos rendementos esperados de millo e no prezo do nitróxeno en relación co prezo do millo.

O 70 por cento do nitróxeno debe incorporarse ao solo inmediatamente antes da sementeira e o 30 por cento restante debe incorporarse cun pase de cultivador cando as plantas teñan 25 cm de altura.

En parcelas onde se obteñan producións superiores será necesario aplicar un suplemento de 25 kg ha⁻¹ de nitróxeno por cada 1000 kg ha⁻¹ de incremento en gran ou por cada 7 t ha⁻¹ de incremento en forraxe.

Necesidades anuais de fósforo	
Nivel de P en mgkg ⁻¹	Necesidades de P ₂ O ₅ en kg ha ⁻¹
0 - 4	155
5 - 10	120
11 - 17	80
18 - 25	55
26 - 35	30
Mayor de 35	0

Estas doses deben ser aumentadas ou diminuídas segundo os rendementos sexan superiores ou inferiores aos que se indicaron como referencia. A unha variación no rendimento de 1000 kg ha⁻¹ de millo gran ou 7 t ha⁻¹ de millo forraxeiro corresponde unha variación na dose de fertilización de 7 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Necesidades anuais de potasio	
Nivel de K en mgkg ⁻¹	Necesidades de K ₂ O en kgha ⁻¹
0 - 30	350
30- 70	275
70 -120	175
120 - 180	100
180 - 300	50
Mayor de 300	0

A unha variación no rendemento de 2000 kgha⁻¹ de millo gran ou de 5 tha⁻¹ de millo forraxeiro corresponde unha variación na dose de fertilización de 12 kgha⁻¹ de K₂O.

Tanto no caso do fósforo como no do potasio as necesidades corresponden a un cultivo de millo forraxeiro ou de millo gran no que se retiran as canas do campo.

Toda a información referente ao cultivo do millo foi tomada da folla divulgadora nº 6/82 HD do Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación (*Cultivo do millo nas zonas húmidas de España*. J. Moreno González e J.J. García González).

2. Caravel

Tolera mal os solos compactos, prefire os areosos. O pH axeitado está comprendido entre 6,5 e 7,0.

As extraccións que realiza o caravel nun ano, expresadas en g/m², nunha plantación cunha densidade de 32 plantas por m² son:

Nitróxeno N	150
Fósforo P ₂ O ₅	80
Potasio K ₂ O	175
Magnesio MgO	25
Calcio CaO	85

O fósforo débese achegar na fertilización de fondo se fose necesario, xa que engadir fósforo polo goiteiro é unha complicación e ademais moi caro. Por outro lado, pódese fixar na superficie e é unha pena desperdiciar a oportunidade de engadilo na fertilización de fondo e poder colocalo en profundidade cun desfonde.

Agás que o laboratorio indique outra cousa, 250 g/m² de superfosfato do 20% proverán do suficiente fósforo e xofre para todo o ciclo do cultivo. Estes fertilizantes entérranse a 30 cm de profundidade.

O nivel de magnesio contrólase co cultivo xa establecido. Se fose baixo, 50 g/m² de sulfato de magnesio corríxen a deficiencia. Esta cantidade achégase dunha soa vez mediante a rega por goteo e non son necesarias novas aplicacións ata que a análise mostre unha diminución. Non é preciso dosificar continuamente este elemento.

Como se ve, fóxese dos fertilizantes de fondo. Estes, lonxe de favorecer o cultivo, case sempre crean unha salinidade excesiva. O mellor é empezar o cultivo coa menor cantidade posible de sales. Antes da plantación só se debe achegar turba e, en todo caso, fósforo. Coa rega, se todo foi ben, aplícase nitróxeno, potasio e eventualmente magnesio, boro e algún quelato de ferro.

No entanto, outros autores recomendan que se realice unha fertilización de fondo en función do estado de fertilidade do solo, despois de facer un desfonde a 50 cm de profundidade. Para un solo de fertilidade media recomendan a seguinte fertilización de fondo:

Superfosfato	100 a 200 g/m ² (20 a 40 g de P ₂ O ₅ por m ²)
Sulfato de potasa	20 a 50 g/m ² (10 a 25 g de K ₂ O por m ²)
Sulfato de magnesio	100 a 150 g/m ² (40 a 60 g de MgO por m ²)

Fertilización de mantemento

Os equilibrios aconsellados para a fertilización de mantemento, en función das estacións, son os seguintes:

Setembro a marzo	1	0,4	1,3
Abril a agosto	1	0,3	0,9

A fertilización de mantemento faise baseándose nas análises do solo e as follas. A análise foliar non ten en conta o nivel de sales do solo e a de solo non visualiza o realmente asimilado pola planta. Por iso, as dúas son importantes e complementáanse entre si.

Os efectos dun alto contido en sales nótanse por unha parada do crecemento con follas estreitas, duras e rectas. Máis tarde poden aparecer queimaduras nas marxes.

A fertilización de mantemento débese realizar con fertilizantes solubles.

Por cada 1000 l de auga, a solución levará 400 g de nitrato amónico, 400 g de fosfato amónico e 1200 g de nitrato de potasa. A concentración en sales desta solución é do 2 por mil.

Esta solución aplicárase a razón de 10 l por m² ou 1000 l/área, unha vez ao mes no inverno e catro veces ao mes no período de forte produción.

Pódense achegar tamén os complexos solubles que existen á venda no comercio. Por exemplo, pódese facer unha fertirrigación con fertilizante de 19-8-16 en verán e de 19-5-28 en inverno e unha dose de 15 g/10 l de auga e m² (concentración 1,5 g/l).

As aplicacións complementarias de nitrato de potasa poderían ser recomendables no período invernal en función das análises do solo e da calidade das flores.

Cada achega de fertilizante será seguida dunha rega con auga pura co fin de non superar a concentración de sales solubles do 2 ao 3 por mil.

A aplicación por vía foliar é moi útil para os microelementos, menos o ferro, e é unha forma rápida de asimilación. A súa eficacia é máis dubidosa para os macroelementos e é mellor achegar estes ao solo.

O caravel resiste moi ben as carencias de manganeso, cobre e cinc, pero de todas formas estes elementos adóitanse aplicar cos funxicidas normais, xa que o mancozeb e o oxiclورو de cobre forman parte dos produtos máis comúns en toda a explotación.

O boro adoita presentar algún problema, sobre todo nas variedades de cor rosa. Non hai que permitir que aparezan síntomas de deficiencia (flores mal conformadas e con poucos pétalos). Se o nivel foliar baixa de 30 mg/kg, achégase unha soa vez 2-3 g de bórax por m², ben no solo, ben por vía foliar (100 g/hl).

Outro nutriente moi tóxico é o amonio. Pódese acumular se se fertiliza con amoniacaís, sobre todo en inverno. O resultado é que a flor non abre ben e as variedades de cor vermella denégranse na cámara. Por esta razón, prefírese para o caravel os fertilizantes nítricos.

A deficiencia de ferro é moi común sobre todo nas variedades amarelas e laranxas, pero corríxese moi facilmente con quelatos tipo secuestrante, como o produto comercial Sequestrene.

Para o que desexa evitar ao máximo todas as complicacións, suxírese que cada vez que regue disolva na auga unha cantidade pequena de fertilizantes. En verán, 400 mg/l de nitrato de potasa e 410 mg/l de nitrato amónico do 33% é unha dose media que case sempre é suficiente. En inverno hai que aumentar o nitrato potásico ata 650 -700 mg/l e baixar o nitrato amónico a 170 mg/l.

Estas cantidades refírense a miligramos por cada litro de auga de rega.

3. Pataca

Para unha produción esperada de 20.000 kg/ha, e sempre que o solo presente uns niveis medios de fertilidade, a dose de fertilización que se recomenda é de 100 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅ e 175 kg/ha de K₂O.

Ademais é conveniente achegar 130 kg/ha de óxido de calcio e 25 kg/ha de óxido de magnesio.

Tamén é recomendable engadir de 20.000 a 40.000 kg/ha de esterco pois a pataca agrádece moito. Se está pouco feito débese incorporar ao solo dous meses antes da sementeira, se pola contra está moi feito, cun mes de antelación é suficiente; procedendo en ambos os dous casos ao seu enterramento cun labor de arado.

Os fertilizantes fosforados e potásicos convén incorporalos ao solo 15 días antes da sementeira enterrándoos para que queden á profundidade á que van vexetar as raíces. O calcio convén botalo ao tempo que se incorpora o esterco, así como o magnesio.

A máxima absorción nutritiva ten lugar a partir da floración en que comeza o crecemento dos tubérculos.

A pataca é un cultivo moi esixente en potasio, principalmente por ser a chave da rusticidade e resistencia a accidentes e enfermidades. Débese coidar que o solo sempre estea ben dotado deste nutriente.

O exceso de cal pode ser prexudicial para o cultivo da pataca, especialmente porque contribúe á susceptibilidade da enfermidade da sarna.

Os fertilizantes nitroxenados repartíranse ao longo do ciclo vexetativo, especialmente se se utiliza nitrato, pois é arrastrado doadamente pola auga do solo, xa que é moi soluble. No momento da sementeira poden aplicarse uns 30 kg/ha; cando as patacas teñen 20 cm de altura outros 30 kg/ha, e ao cubrir as patacas aplícanse outros 30-40 kg/ha. Se se rega non fai falla enterrar o fertilizante nitroxenado, pero se non se rega convén tapalo cun pequeno labor superficial. Co fin de evitar queimaduras na planta aconséllase non botalo con orballo ou con gotas de augas nas follas, pois ao disolverse queima a planta.

Respecto ao modo de aplicar os fertilizantes pode ser "a manta" ou "localizado". Os dous métodos teñen vantaxes e inconvenientes.

Recoméndase aplicalos por todo o terreo ("a manta") cando se trata dunha terra pobre en elementos nutritivos, pois así as raíces ao estenderse teñen de onde extraer os nutrientes. Se se botan localizados nun terreo malo, as raíces quedan na zona onde está o fertilizante, non se desenvolven tanto e a colleita é menor.

En terreos ben fertilizados, aplicar os fertilizantes químicos de modo "localizado" ten vantaxes: as plantas nacen antes, pois ao principio, cando son poucas as raíces, atopan o alimento axiña e doadamente, desenvolvéndose máis. Pódese botar menos cantidade de fertilizante, xa que "a manta"

hai anacos de terreo nos que non hai raíces e si fertilizantes, mentres que no “localizado” se aproveita todo. Ao realizar a fertilización localizada hai que ter coidado de non poñer a pataca no momento de sementar en contacto cos fertilizantes, xa que se poden producir queimaduras no tubérculo.

Esta información foi recollida da publicación: *O cultivo da pataca na Limia*. Felipe Galán Mateos. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes.

4. Pradeiras de explotacións leiteiras

1. Implantación/renovación de pradeiras

Débase realizar unha fertilización de corrección ou de enriquecemento se os niveis de elementos fertilizantes presentes no solo son inferiores aos recomendados: 25 mg/kg de fósforo (método Olsen) e 125 mg/kg de potasio equivalentes a 0,7 meq/100 g (extracción con acetato amónico). Se os niveis son adecuados só é necesario realizar a fertilización de mantemento correspondente ao primeiro ano.

2. A fertilización de mantemento para 9-10 tha^{-1} de produción de materia seca (MS) en secaño.

> Pastoreo

- > Nitróxeno: 90 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 30 kg á saída do inverno (pódese prescindir desta fertilización se se achegou xurro), 30 kg en primavera e 30 kg en outono (opcional).
- > Fósforo: 55 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro.
- > Potasio: 90 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro. Se se engaden 25 m^3ha^{-1} ou máis de xurro pódese prescindir da fertilización potásica.

> Corte

- > Nitróxeno: 150-190 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 90 kg ao iniciarse o crecemento, 60 kg antes do segundo corte e 40 kg en outono (se hai terceiro corte).
- > Fósforo: 70 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro.
- > Potasio: 200 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 100 kg a mediados de xaneiro e 100 kg despois do primeiro corte.

3. A fertilización de mantemento para 12-13 tha^{-1} de MS en regadío.

> Pastoreo

- > Nitróxeno: 120 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 40 kg ao iniciarse o crecemento (pódese prescindir desta fertilización se se achegou xurro), 40 kg en primavera e 40 kg en outono (opcional).

> Fósforo: 75 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro.

> Potasio: 140 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro. Se se engaden 25 m^3 ou máis de xurro pódese prescindir da fertilización potásica.

> Corte

> Nitróxeno: 200-250 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 110 kg ao iniciarse o crecemento, 90 kg antes do segundo corte e 50 kg en outono (se hai terceiro corte).

> Fósforo: 100 $kgha^{-1}$ e ano, achegados a mediados de xaneiro.

> Potasio: 270 $kgha^{-1}$ e ano, distribuídos do xeito seguinte: 100 kg a mediados de xaneiro, 100 kg despois do primeiro corte e 70 kg en outono.

Destas necesidades de fertilización mineral débese restar as cantidades de nitróxeno, fósforo e potasio achegadas polo xurro.

4. Manexo de xurros

A continuación recóllense algúns datos de interese sobre a produción e o manexo de xurros nas explotacións gandeiras.

> Produción anual de xurro

- > Sen diluír: 1 vaca (450 kg) produce 15 m^3 e 1 becerro (300 kg) produce 10 m^3 .
- > Diluído ao 50%: 1 vaca (450 kg) produce 30 m^3 e 1 becerro (300 kg) produce 20 m^3 .

> Dimensionamento dunha fosa

Calcularase en función do número de vacas e becerros, multiplicado pola produción de xurro e tendo en conta a proporción do tempo que están estabuladas, e dividirse por 3 ou 4, que son as veces aconsellables que se debe baleirar a fosa ao ano.

> Consellos para o manexo do xurro

O xurro non se debe aplicar en terreos xeados ou encharcados.

Respecto a cando se aplica o xurro, a mellor época é en primavera, non obstante, dependendo do uso que se dea á parcela de cultivo, a época variará nas parcelas para silo ou nas de pastoreo entre mediados de xaneiro e mediados de febreiro. Nas parcelas de pastoreo un mes antes do pastoreo. Tamén se pode aplicar despois do primeiro corte nas parcelas dedicadas á obtención de silo (fertilízase con xurro para o segundo corte). Nas parcelas dedicadas a millo achégase o xurro antes da sementeira. Nos terreos onde se vai proceder á renovación da pradeira o xurro aplícase en outono.

É moi importante saber canto xurro se pode achegar aos distintos cultivos. Así, nas parcelas dedicadas a silo o valor máximo recomendable é de 30 m³ por aplicación. Nas parcelas dedicadas a pastoreo non se deben engadir máis de 25 m³ (un mes antes de entrar as vacas a pastorear).

No cultivo de millo o valor máximo está fixado en 50 m³ e na renovación de pradeiras tamén o valor máximo é de 50 m³. Todas as achegas están referidas a 1 ha.

A continuación recóllense uns datos sobre o valor fertilizante do xurro. Son valores medios que poden diferir bastante dunhas explotacións a outras, dependendo do tipo de manexo que se realice en cada explotación:

10 m ³ equivalen a: 30 kg de N, 6 kg de P ₂ O ₅ e 35 kg de K ₂ O	A eficacia do nitróxeno do xurro pódese estimar nun 50%	A información recollida neste punto foi subministrada polo CIAM
---	---	---

5. Prados naturais

A fertilización nitroxenada do prado natural permite aumentar a súa produción de herba. É maior o efecto na primavera e primeira parte do verán, e diminúe paulatinamente a medida que avanza a tempada de pastoreo, para chegar a ser practicamente nulo a finais de outono.

Sempre que o prezo do kg de nitróxeno non exceda dez veces o valor do kg de materia seca do pasto, sería economicamente aconsellable a aplicación de fertilizante nitroxenado ata a dose de 65 kg/ha de N en marzo (1^{eiro} pastoreo), 60 kg/ha a finais de abril (2^o pastoreo), 75 kg/ha a principios de xuño (3^{eiro} pastoreo) e 10 kg/ha a mediados de xuño (4^o pastoreo). Non se espera rendibilidade no emprego do fertilizante despois de mediados de outubro. Tamén se deben achegar da orde de 60 kg/ha de P₂O₅ e 80 kg/ha de K₂O como fertilización de mantemento á saída do inverno. Non se debe esquecer a realización do encalado correspondente se así o demanda o terreo, á vista dos resultados analíticos correspondentes.

Como consecuencia da fertilización, a composición botánica do céspede modifícase aumentando a proporción de especies máis valiosas de gramíneas (*Lolium perenne*, *Holcus lanatus*) en detrimento doutras gramíneas menos produtivas (*Agrostis sp.*, *Cynosurus cristatus*, *Anthoxanthum odoratum*), pero tamén en detrimento do trevo branco.

6. Faba granxa asturiana (*Phasecolus vulgaris* L.)

Tradicionalmente a faba granxa asturiana vense cultivando en asociación co millo. Non obstante, cando se propón como actividade produtiva para xerar recursos económicos na explotación, hai que conducir o cultivo necesariamente cara a sistemas entitorados con paus, cordas, mallas, varas ou outros materiais.

Entre as razóns técnicas que apoian a decisión do entitorado pódense citar:

- > Os sistemas de monocultivo entitorado poden duplicar a produción neta de gran.
- > Os cultivos entitorados poden alcanzar producións de 1.600 a 2.200 kg por ha, mentres que en asociación co millo, no mellor dos casos, non se superarán os 600-800 kg/ha.
- > Os sistemas entitorados manteñen erguido o cultivo ata o final do ciclo, polo que o risco de depreciarse a colleita por gran manchado é menor.
- > Permiten alcanzar as mesmas producións utilizando a metade da superficie que co cultivo asociado. A superficie restante pode utilizarse para outros cultivos de hortalizas ou forraxeiros en alternancia coa faba.
- > O gran obtido en monocultivo entitorado presenta o tamaño máis grande e a súa calidade é similar ao producido en asociación co millo.

A semente necesita bastante humidade e unha temperatura favorable no solo para ter unha boa nascencia. Cando hai moita humidade e temperaturas inferiores a 12-15°C, a xerminación atrasase e aparecen problemas de nacemento que repercutirán seriamente na rendibilidade do cultivo.

En condicións favorables, na primeira quincena de maio en zonas centro costeiras e a finais do devandito mes en zonas do interior, as sementes xerminan e nacen nun prazo de 8 a 12 días. As sementes entérranse a pouca profundidade (2-3 cm).

En superficies de cultivo importantes resulta imprescindible efectuar unha análise do solo para determinar o seu estado de fertilidade. A fertilización cumprirá dúas funcións: corrixir as deficiencias do solo e achegar as extraccións da colleita que espera.

Nun solo con niveis de nutrientes axeitados achegaranse as seguintes unidades fertilizantes :

72 kg por ha de P ₂ O ₅	240 kg por ha de K ₂ O
---	-----------------------------------

Estes fertilizantes incorporaranse antes da sementeira mediante un labor de grade ou fresadora.

No último labor de esmiuzado, que deberá realizarse con grade ou fresadora uns días antes de sementar, incorporase a fertilización nitroxenada a razón de 42 kg por ha de N (en forma amoniacal).

Cando as plantas teñan 3-4 follas trifoliadas (aos 20-30 días de nacer) complementase a fertilización nitroxenada mediante a distribución a voleo no cultivo de 26 kg/ha de N (en forma de nitrato amónico cálcico).

En solos ácidos (con pH inferior a 6,5) hai que achegar emendas cálcico-magnésicas en cantidades variables segundo o nivel de acidez e tipo de solo.

A achega da emenda hai que efectuala no outono, incorporándoa no labor de enterrado de restrollo que se realiza despois de obtela.

A achega de esterco deberá ser moi lixeira (30-40 t por ha) e pódese aplicar en anos alternativos cando os niveis de materia orgánica sexan altos. Incorporarase ao terreo no outono co restrollo ou co primeiro labor que se vai efectuar ao final do inverno.

Non incorporar xuntos o esterco e as emendas cálcico-magnésicas.

As sementes obtidas en parcelas fertilizadas con nitróxeno cocen lixeiramente máis rápido e poden romper na pota no caso de non o ter en conta.

Toda a información referente ao cultivo da faba granxa asturiana foi tomada da Folla Divulgativa 3/91 da Consejería do Medio Rural e Pesca do Principado de Asturias, *Fertilización de la faba granja asturiana*, que contén recomendacións extraídas da información técnica 3/91: influencia da fertilización nitroxenada na produción e calidade da faba granxa asturiana (*P. vulgaris* L.). Fueyo, M.A., Arrieta A. e Baranda, A. Instituto de Experimentación e Promoción Agraria. (Villaviciosa).

7. Froiteiras de pebida e de óso

Fertilización de fondo

Realízase antes de facer a plantación. O obxectivo desta fertilización é que o solo dispoña dunha reserva suficiente de elementos nutrientes para alimentar axeitadamente as árbores segundo vaian aumentando as súas necesidades durante o seu ciclo de vida produtiva. Non se aplicará nitróxeno nesta fertilización, e respecto ás necesidades de fósforo e potasio pódense cifrar en 250 e 350 kg ha⁻¹, respectivamente.

Se o solo non ten o nivel axeitado de fertilidade debe realizarse tamén unha fertilización de corrección ou enriquecemento.

A fertilización anual farase en función do estado de crecemento e desenvolvemento da plantación. Distínguense tres períodos na súa vida: sen produción, en plena produción e plantación en fase de decrepitude. A continuación recóllense os criterios para realizar a fertilización en cada unha destas fases.

Fertilización de plantacións que non entraron en produción

Non se necesita facer ningunha achega de fertilizantes fosfo-potásicos sempre que se fixera a correspondente fertilización de fondo.

En canto á fertilización nitroxenada recoméndase achegar 15 kg de nitróxeno por hectárea e ano de idade da plantación, repartindo esta cantidade en dúas ou tres veces, a partir de marzo-abril e ata xullo-agosto.

Fertilización de plantacións en plena produción

A fórmula e contía das fertilizacións son funcións do nivel de fertilidade do solo (coñecido polas análises de laboratorio) e do nivel de produción alcanzado.

Sempre que os niveis de fertilidade sexan normais e non haxa ningunha deficiencia acusada, pódense tomar como cifras indicativas as seguintes:

Froiteiras de pebida	1 - 0,6 -1,2 (N - P - K)
Froiteiras de óso	1 - 0,7 -1,8 (N - P - K)

En canto ás cantidades de fertilizante que se vai engadir ao solo pódense determinar a partir do nitróxeno, tomando como referencia o valor de 5 kg de nitróxeno por tonelada de froita producida, ata un máximo de 200 kg de nitróxeno por hectárea.

Respecto a valores de produción pódense estimar entre 20.000 e 25.000 kg de froita producida por hectárea.

Fertilización de plantacións envellecidas

A fertilización nitroxenada convén mantela a un alto nivel, mentres o rendemento da plantación o permita. Polo demais, as fórmulas de fertilización poden manterse.

En plantacións comerciais é moi frecuente fraccionar a fertilización total en tres achegas parciais, segundo o esquema seguinte:

- 1º Fertilización fosfo-potásica e 50% da nitroxenada: en zonas mornas e pouco chuviosas realízase entre os meses de novembro e decembro e nas zonas frías e húmidas entre febreiro e marzo.
- 2º Fertilización do 25% das necesidades nitroxenadas: realízase á caída dos pétalos, despois do callado do froito.
- 3º Fertilización do 25% das necesidades nitroxenadas: en plantacións de froiteiras temperás faise despois da colleita, e no resto non máis tarde de finais de xuño.

A achega invernal é obrigatoria facela de forma localizada, ben con fertilizadora de profundidade, ben enterrando o fertilizante cun labor de 15-20 cm. As outras dúas achegas nitroxenadas poden facerse mediante reparticións superficiais previas ás regas.

8. Vide (uva para vinificación)

Pódense distinguir tres tipos de fertilización:

Fertilización de corrección ou de enriquecemento

Destinada a satisfacer o solo de cultivo dun nivel axeitado de fertilidade. Nos apartados anteriores indicáronse os contidos medios de nutrientes desexables e o modo de cálculo se fose necesario achegar elementos fertilizantes ao solo para corrixir a súa deficiencia.

Este contido desexable de fertilidade debe ser mantido ao longo dos anos do cultivo evitando o empobrecemento do solo.

A fertilización de corrección pode ser aplicada de forma progresiva entre a preparación do terreo e os tres anos de formación.

En relación co contido de materia orgánica débese ter presente que un exceso de materia orgánica leva consigo unha grande diminución da calidade da uva, ademais dunha maior incidencia das pragas e enfermidades. Os valores de materia orgánica deben estar comprendidos entre o 2% e o 5%. Un solo con máis do 5% de materia orgánica non é apropiado para o cultivo de uvas de calidade.

Fertilización de formación

Destinado a satisfacer as necesidades das cepas durante o período de formación, isto é, antes da súa entrada en produción. Comprende tres anos. As necesidades desta fase fíxanse nas seguintes porcentaxes sobre as de plena produción, que despois se calcularán:

Primeiro ano	25% s/plena produción
Segundo ano	50% s/plena produción
Terceiro ano	75% s/plena produción
Cuarto ano	100% s/plena produción

Esta norma non será válida para o nitróxeno no segundo e terceiro ano de formación, nos que se achegarán o 100% das necesidades de plena produción, xa que neste período interesa favorecer, sobre todo, o vigor e o desenvolvemento das cepas.

Fertilización de restitución

Realízase anualmente durante o período produtivo. O cálculo das necesidades de restitución resulta difícil, tanto pola falta de estudos concretos en Galicia como pola cantidade de variedades e niveis de rendementos existentes. Non se deben confundir a este respecto as necesidades da cepa coas exportacións. Tamén se debe ter presente que non existe proporcionalidade entre os rendementos e as necesidades de nutrientes.

Feitas estas salvidades e dentro de certos límites, pódense dar como cifras orientativas as seguintes: 50 kgha⁻¹ de P₂O₅, 120 kgha⁻¹ de K₂O e 30 kgha⁻¹ de MgO, para unha produción previsible de 13 000 kg de uva/ha.

As importantes funcións que desenvolve o potasio dentro das cepas convérteno no factor clave da fertilización do viñado, polo que se debe sinalar que non se trata tanto do seu contido no solo como de que a planta poida alcanzar un ritmo suficiente de abastecemento diario.

Existen dous momentos claves no ciclo vexetativo das cepas nos que é vital dispoñer de potasio en cantidades abundas: a floración e a maduración dos acios. Se as necesidades da cepa no momento da floración non se cobren, baixará o rendemento e a graduación alcohólica do futuro viño. Pero ademais nesta época prodúcese a formación das xemas, aspecto de particular incidencia na colleita do ano seguinte, que quedaría comprometida se non se forman ben os rudimentos dos futuros acios dentro delas.

Na maduración das uvas existe unha forte migración do potasio en compañía dos azucres, os cales se deben distribuír entre os froitos e a base das vides (acumulación de reservas para o ano seguinte).

Finalmente, o potasio contribúe á cualificación do ácido tartárico reducindo a acidez dos viños. Posto que esta acidez xoga un importante papel na calidade, faise patente a necesidade de adaptar a fertilización potásica ás necesidades reais da cepa e non propiciar consumos de luxo que, ademais, resultarían custosos.

Para o nitróxeno e dentro de certos límites, unha estimación aproximada pode ser de 5,5 kgha⁻¹ de N por cada t de uva producida, de maneira que para o caso en estudo, as necesidades de nitróxeno serán de 72 kgha⁻¹ de N. As necesidades da vide son máximas no período de agromo-floración, e despois descenden paulatinamente ata a maduración.

A información deste apartado foi recollida da publicación, *A fertilización da vide en Galicia*, de J. L. Hernández Mañas, editada pola Fundación Caixa Galicia.

9. Kiwi

Densidade de plantación: mínimo de 200 plantas/ha e máximo de 400 plantas/ha.

Dose de fertilización:

Fertilización de implantación: 50 kg/ha de N, 300 kg/ha de P₂O₅ e 300 kg/ha de K₂O.

Fertilización de plantas adultas: 175 kg/ha de N, 45 kg/ha de P₂O₅ e 80 kg/ha de K₂O. Tamén se deben achegar 25 kgha⁻¹ de MgO.

Fertilización en plena produción: 300 kg/ha de N, 150 kg/ha de P₂O₅ e 240 kg/ha de K₂O. Tamén se deben achegar 40 kgha⁻¹ de MgO.

Os fertilizantes fosfo-potásicos incorpóranse durante a parada invernal e os fertilizantes nitroxenados fracciónanse ao longo do período comprendido entre os meses de abril a xuño.

Durante os dous primeiros anos é suficiente achegar só nitróxeno e en pequena cantidade se se realizou a fertilización de implantación.

BOAS PRÁCTICAS DE FERTILIZACIÓN E CONSERVACIÓN DO SOLO

A Política Agraria Común (PAC) foi incorporando progresivamente dende os anos 90 as novas demandas da sociedade europea. Neste sentido, o medio, a saúde pública, a sanidade e o benestar dos animais son algúns dos novos condicionantes da nova PAC aprobada no ano 2003.

A actual reforma da PAC acuñou un novo concepto, a condicionalidade, que inclúe non só as boas condicións ou prácticas agrarias e ambientais, senón tamén os denominados requisitos legais de xestión das explotacións agrarias.

Neste sentido, a condicionalidade defínese como o conxunto de requisitos legais de xestión e de boas condicións agrarias e ambientais que o agricultor e o gandeiro deben cumprir para poder recibir integramente o pagamento único da PAC.

Normativa básica aplicable

- > Regulamento CE nº 1782/2003 do Consello, do 29 de setembro de 2003, polo que se establecen disposicións comúns aplicables aos réximes de axuda directa no marco da política agrícola común. (DOUE L 270, do 21 de outubro de 2003).
- > Regulamento CE nº 796/2004 da Comisión, do 21 de abril de 2004, polo que se establecen disposicións para a aplicación da condicionalidade, a modulación e o sistema integrado de xestión e control previstos no Regulamento CE nº 1782/2003. (DOUE L 141, do 30 de abril de 2004).
- > Real decreto 2352/2004, do 23 de decembro, sobre a aplicación da condicionalidade en relación coas axudas directas no marco da política agrícola común. (BOE nº 309, do 24 de decembro de 2004).
- > Antes de realizar a fertilización dun cultivo deben terse en conta estas consideracións para que a fertilización renda o máximo posible e ademais contribúa á conservación do medio.
- > A continuación indícanse algunhas recomendacións que se van seguir, tomadas do *Código galego de boas prácticas agrarias* publicado pola Consellería de Agricultura, Gandaría e Política Agroalimentaria, da Xunta de Galicia. Neste código recóllense consellos prácticos para manexar a fertilización do solo sen provocar a súa contaminación, nin a da auga, e

tratando de conservar o solo sempre. É moi conveniente seguilos, pensando sempre no futuro, para deixar aos nosos descendentes un medio natural apto para que eles tamén poidan vivir.

- > *Código de boas prácticas*: conxunto de especificacións descritas polos órganos competentes das CC.AA. para a súa posta en práctica de xeito voluntario por parte dos agricultores, coa finalidade de reducir a contaminación producida polos nitratos de orixe agraria.
- > *Programa de actuación*: conxunto de especificacións descritas polos órganos competentes das CC.AA. para a súa posta en práctica de xeito obrigatorio por parte dos agricultores naquelas zonas designadas como vulnerables, co obxecto de prever e reducir a contaminación causada polos nitratos de orixe agraria.
- > *Zonas vulnerables*: superficies territoriais cuxa escorrenta ou filtración afecte ou poida afectar os encoros, lagos, charcas, esteiros e augas litorais, que se atopan baixo a contaminación por nitratos.

> PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN E PROTECCIÓN DO SOLO

O solo é un recurso vital que está sendo sometido a unha presión destrutiva cada vez maior. Para poder garantir un desenvolvemento sustentable é necesario protexelo.

A Unión Europea reconece a importancia deste problema e considera que a erosión e a diminución da fertilidade dos solos representan unha ameaza de primeira orde para o desenvolvemento sustentable, xa que mingúan a viabilidade das terras agrícolas.

Para evitar a desertización de certas zonas é necesario establecer, entre outras cuestións, prácticas de cultivo que diminúan o perigo de erosión das parcelas.

1. Para evitar a erosión

- a) En canto á adaptación da labra ás condicións da pendente:
 - > Na terra dedicada a cultivos herbáceos non labrar na dirección da pendente cando a pendente media exceda do 10%.

- > En cultivos de viñedo, oliveiral e froitos secos con pendentes iguais ou superiores ao 15%, non labrar a menos que se adopten formas de cultivo especiais, como socalcos, cultivos en faixas, se practique a labra de conservación ou se manteña unha cobertura de vexetación total do solo. Exceptúanse as parcelas de menos de unha hectárea ou de forma complexa.

b) En canto á cobertura mínima do solo:

- > En áreas con elevado risco de erosión deberase respectar as restricións e pautas de rotación dos cultivos, incluídas as emendas orgánicas, así como os tipos de cuberta vexetal que establezan as autoridades competentes para evitar a degradación e a perda do solo e de hábitats.
- > Evitar labores que afecten a estrutura dos noiros en caso da existencia de socalcos.
- > Realizar unha implantación do cultivo o máis axiña posible para evitar que o solo se vexa afectado pola erosión.
- > Non arrancar ningún pé nos cultivos leñosos asentados en parcelas de secaño con pendente igual ou superior ao 15%, naquelas zonas en que a autoridade competente así o estableza.

Ademais, naqueles oliveirais onde se manteña o solo nu nas áreas das oliveiras mediante herbicidas, manterase a cuberta vexetal nas rúas transversais á liña de máxima pendente.

- > As terras de barbeito e de retirada deberán manter mediante prácticas tradicionais de cultivo, mediante mínima labra ou mediante o establecemento dunha cuberta vexetal axeitada. O obxectivo destas medidas é minimizar a erosión, os incendios, as malas herbas e a aparición de pragas e enfermidades. A aplicación de herbicidas autorizados será efectuada con aqueles que non teñan efecto residual e sexan de baixa perigosidade.
- > As terras non cultivadas, non destinadas a pastoreo e polas que non se perciben dereitos de retirada, deben cumprir as mesmas condicións que as de barbeito, coa diferenza de que non se poderán aplicar herbicidas nelas, pero si realizar labores mecánicos para a eliminación das malas herbas e vexetación non desexada.
- > De forma alternativa ás prácticas anteriormente sinalas e con fins de fertilización, cando o solo posúa unha cuberta vexetal ou

estea prevista a súa inmediata implantación, poderase incorporar unha cantidade máxima de 20 t/ha de esterco ou 40 m³/ha de xurro nun período de 3 anos. En todo caso, haberá que cumprir o establecido en relación coa protección das augas contra a contaminación de nitratos procedentes de fontes agrarias.

c) En canto ao mantemento da estrutura da parcela:

- > Manter en bo estado de conservación as terrazas de retención, así como os ribazos e cabalóns existentes, para evitar aterramentos, derrubamentos e, moi especialmente, a aparición de cárcavas.

2. Para manter os niveis de materia orgánica e realizar unha xestión axeitada de restrolleiras e restos de poda

- Non se poderán queimar restrollos, a menos que por razóns fitosanitarias sexa promovido ou autorizado pola autoridade competente. En calquera caso, a queima estará suxeita ás normas establecidas en materia de prevención de incendios, en particular as relativas á anchura mínima da franxa perimetral cando os terreos linden coas masas forestais.
- A eliminación dos restos de colleita de cultivos herbáceos e os de poda de cultivos leñosos realizarase de acordo coa normativa local establecida.
- Conservar os refugallos de colleita sobre a superficie do solo durante períodos de chuvia ou ventos fortes.
- Aplicación de emendas orgánicas e residuos. Incorporar e enterrar materia orgánica ao solo en forma de refugallos gandeiros, industriais, de depuración de augas, urbanos ou doutro tipo, que pola súa cantidade e calidade cumpran coa normativa vixente e sexan adecuados ás características do solo, co obxectivo de conservar ou aumentar o contido de materia orgánica do solo, e que non teña consecuencias ambientais.

3. Para manter a estrutura do solo e evitar a compactación

- Non usar a maquinaria nin o gando cando os solos estean encharcados e mollados para evitar a súa compactación.
- Non realizar labra nin permitir o paso de vehículos sobre solos saturados, encharcados ou con neve, salvo en arrozais ou naqueles casos considerados necesarios pola autoridade competente. Estes casos estarán relacionados con operacións de recolección, fertilización de cobertura, tratamentos fitosanitarios ou manexo e subministración de alimentación ao gando, que coincidan

accidentalmente coas chuvias. A presenza de pegadas de rodadura de máis de 15 cm de profundidade non superará o 25% da superficie en caso de labores de recolección e o 10% para o resto das actividades referidas.

- c) Como norma xeral débese evitar a maquinaria e o gando ata tres días despois do encharcamento do solo das parcelas

4. Protección das augas contra a contaminación por nitratos

A utilización inadecuada dos diferentes fertilizantes nitroxenados, ben sexa por un emprego excesivo ou polo inadecuado momento de aplicación, causou en ocasións un aumento considerable destas substancias nas augas, superando os límites establecidos para a súa utilización como auga potable.

Para tratar de evitar este tipo de problemas, a Unión Europea establece unha serie de normas que regulan a aplicación de fertilizantes nitroxenados. Un dos aspectos máis relevantes desta normativa foi o establecemento de códigos de boas prácticas e de zonas vulnerables, definidos como aquelas superficies onde as escorrentas ou filtracións poidan contaminar a auga que alí se atopa.

Cumprir cos requisitos establecidos por esta normativa equivale a evitar que a contaminación se incremente naquelas zonas xa afectadas e que se contaminen aquelas outras que aínda non o están.

Que deben facer os agricultores e gandeiros?

1. Coñecer se a súa explotación se atopa dentro dunha zona cualificada como vulnerable pola súa Comunidade Autónoma.
2. No caso de que a súa explotación estea situada nunha zona vulnerable, cumprir obrigatoriamente o programa de actuación correspondente.
3. As medidas que se deberán cumprir en relación cos programas de actuación e os códigos de boas prácticas agrícolas son as seguintes:
 - > Respetar os períodos nos que se poden aplicar determinados tipos de fertilizantes sobre os solos.
 - > Cumprir coas normas sobre a aplicación de fertilizantes en terreos inclinados e escarpados.
 - > Non aplicar fertilizantes en terreos encharcados, anegados, xeados ou cubertos de neve.
 - > Respetar as distancias de aplicación de fertilizantes nas terras próximas a cursos de auga.
 - > Para cada zona agroclimática axustar as achegas de fertilizantes nitroxenados das diferentes fontes (incluída a mineralización

da fracción orgánica do solo) á demanda previsible de nitróxeno que vaian precisar os diferentes cultivos. Todo iso co obxecto de que o contido de nitróxeno nas augas estea a un nivel aceptable.

- > Ter suficiente capacidade de almacenaxe de esterco ou xurro para gardar estes fertilizantes durante o período máis longo, no cal non está permitida a súa aplicación aos solos, de acordo co regulado en cada zona vulnerable ou acreditar ante a autoridade competente que a cantidade que exceda a capacidade real de almacenaxe será eliminada de forma que non cause danos ao medio.
- > A cantidade máxima de esterco aplicada ao terreo nas zonas vulnerables será a que conteña 170 kg/ha de nitróxeno. Non obstante, durante os primeiros programas de actuación cuatrienais, poderase achegar unha cantidade de esterco que conteña ata 210 kg/ha de nitróxeno.

> CONSELLOS PRÁCTICOS PARA A APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

1. Períodos nos que é recomendable a aplicación dos fertilizantes á terra

Como principio xeral os fertilizantes deberán ser achegados cando se preveña a súa posible utilización polas plantas, é dicir, coa antelación suficiente para que a planta no seu desenvolvemento sexa capaz de aproveitalos. Por esta razón, debe terse en conta o tempo de transformación das distintas formas de nitróxeno en formas nítrica e amoniacal que son as máis asimilables.

- a) *Cereais*: non utilizar fertilizantes nitroxenados na sementeira e si no afillado (formas amoniacais e ureicas) e no encanado e espigado (formas nítricas e amoniacais). Débese prestar atención no encamado por exceso de nitróxeno.
- b) *Millo*: utilizar o xurro, corrixido en fósforo e potasio, na fertilización de fondo e polo tanto enterrado. Achegar nitróxeno en forma mineral cando a planta teña 40-50 cm, se é posible.
- c) *Pradeiras*: fertilización de fondo. Utilizar o xurro, corrixindo o de vacún con fósforo.

Para o corte de silo: utilizar o xurro 45-50 días antes do primeiro corte e inmediatamente despois deste para un segundo corte. No primeiro caso o equivalente a 50-60 UF de N₂, 60 m³/ha, a primeira vez que se bota, para ir diminuíndo ata os 30 m³/ha no quinto ano. No segundo corte achegar a metade. De non teren xurro, ou non ter as condicións idóneas de aplicación, utilizar formas minerais.

Para o pastoreo ou cortes para subministrar no comedeiro é suficiente a metade das cantidades anteriores inmediatamente despois do aproveitamento anterior e sempre en función da actividade vexetativa prevista da pradeira.

- a) *Pataca*: os fertilizantes orgánicos (xurro, esterco, etc.) deben ser achegados bastante antes da plantación, no inverno anterior e enterrados inmediatamente. Como fertilización de cobertoira poden incorporarse formas nítricas ou nítrico-amoniacaís uns 45-50 días despois da plantación (entre 7 e 9 follas). Máis tarde pode alongar a vexetación en detrimento dos tubérculos.
- b) *Horticultura intensiva*: aplicar as doses mínimas pero suficientes para o desenvolvemento do cultivo. De utilizar xurros facelo con bastante antelación e enterralos inmediatamente.
- c) *Plantacións leñosas*: o emprego de efluentes zootécnicos, composts e fontes orgánicas de nitróxeno debe realizarse ao inicio do outono para prever a brotación das xemas de froito para o ano seguinte.
- d) *Plantacións forestais*: o emprego de xurro ou doutros fertilizantes orgánicos pode facerse antes, durante ou despois da plantación empregando as formas máis idóneas de distribución en función das características e factores de plantación.

2. Aplicación dos fertilizantes aos terreos con pendente

En función do grao da pendente que teñan, da cuberta vexetal existente, pradeira permanente ou cultivos anuais, o tipo de terreo, areoso ou compacto, da forma da parcela e sentido do traballo, utilizarase ou non fertilizantes.

A aplicación de xurro debe facerse tendo en conta os períodos indicados no apartado anterior, cando non haxa perigo de chuvias fortes, sen ventos, secos e (ou) fortes, e se é posible con lixeiro orballo que fixe os gases o máis posible.

Procurar non utilizar xurro, nin tampouco fertilizantes minerais, cando se van aplicar regas fortes.

Despois dun incendio forestal sementar especies sen fertilizar.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAS. 1986. *Fertilizantes. Normas y recomendaciones para cultivos agrícolas y hortícolas. Traducido do inglés por Montañés, L.* ACRIBIA. ZARAGOZA. 173 p.
- CHAPMAN, H.O. E PRATT, P.F. 1973. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.* Trillas. México.
- DÍAZ-FIERROS-VIQUEIRA, F. *La ciencia del suelo. Historia, concepto y métodos.* ISBN 978-84-9887-811-0
- DOMÍNGUEZ, A. 1997. *Tratado de fertilización.* Mundi-Prensa. Madrid. 613 p.
- DUCHAUFOUR, P. 1970. *Précis de Pedologie.*
- FAO. 1970. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y de aguas.* Boletines de suelos, nº 10. Roma.
- FAO. 1972. *Los oligoelementos en el suelo y en la agricultura.* Boletines de suelos, nº 17. Roma. 71 p.
- FAO. 1977. *Guía para la descripción de perfiles de suelo.* 2ª edición. Roma.
- FAO. 1980. *Soil and plant testing and analysis.* Boletines de suelos, nº 38/1. Roma. 247 p.
- FAO. 1980. *Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations.* Boletines de suelos, nº 38/2. Roma. 100 p.
- FAO. 1980. *Interpretación de los boletines de suelos al formular recomendaciones sobre fertilizantes.* Boletines de suelos, nº 18. Roma. 75 p.
- FAO. 1986. *Guía de fertilizantes y nutrición vegetal.* Roma. 198 p.
- FAO. 1998. *Guidelines for quality management in soil and plant laboratories.* Boletines de suelos, nº 74. Roma. 143 p.
- FUENTES, J.L. 1997. *Manual práctico de manejo del suelo y de los fertilizantes.* Mundi-Prensa. Madrid.
- FUEYO, M.A., ARRIETA, A. E BARANDA, A. 1991. *Influencia del abonado nitrogenado en la producción y calidad de la faba granja asturiana.* Información técnica nº 3/91. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias. 7 p.
- GARRIDO, Mª S. 1993. *Interpretación de análisis de suelos.* Follas divulgadoras, nº. 5/93 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación. Madrid.
- GROS. 1981. *Abonos. Guía práctica de la fertilización.* Mundi-Prensa. Madrid. 559 p.
- GUERRERO, A. 1990. *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos.* Mundi-Prensa. Madrid. 206 p.
- HERNÁEZ, J. L. 1993. *El abonado de la vid en Galicia.* Fundación Caixa Galicia. 47 p.
- HOOD, T.M. E JONE, J.B. JR. 1997. *Soil and Plant Analysis in Sustainable Agriculture and Environment.* Marcel Dekker, Inc. New York.
- JACKSON, M.L. 1970. *Análisis químico de suelos.* Omega. Barcelona.
- JUNTA DE EXTREMADURA. 1992. *Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego.* Mundi-Prensa. Madrid. 280 p.
- LABORATORIO AGRARIO REXIONAL DE GALICIA. 1976. *Cursiño de actualización técnica sobre "Interpretación de análisis de suelos y normas de fertilización".* Departamento de Solos. Difusión restrinxida. A Coruña.
- LABORATORIO AGRARIO DO ESTADO NA CORUÑA. 1985. *Análisis e interpretación de resultados de materiales biológicos.* Departamento de Solos. Difusión restrinxida. A Coruña.
- LABORATORIO AGRARIO E FITOPATOLÓXICO DE GALICIA. 1995. *Toma de muestras y criterios para la interpretación de algunos resultados analíticos de: suelos, aguas para riego y plantas.* Departamento de Solos. Difusión restrinxida. Mabegondo (A Coruña).
- LABORATORIO AGRARIO E FITOPATOLÓXICO DE GALICIA. 1996. *Criterios para la realización de recomendaciones de abonado.* Departamento de Solos. Difusión restrinxida. Mabegondo (A Coruña).
- LABORATORIO AGRARIO E FITOPATOLÓXICO DE GALICIA. 2003. *Notas sobre interpretación de análisis y fertilización de suelos.* Departamento de Solos. Difusión restrinxida. Mabegondo (A Coruña).
- LABRADOR, J., GUIBERTEAU, A., LÓPEZ, L. E REYES, J.L. 1993. *La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización.* Follas divulgadoras, nº. 3/93 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación.
- LÓPEZ, J. E LÓPEZ J. 1978. *El diagnóstico de suelos y plantas.* 3ª ed. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- LÓPEZ, E. E MIÑANO, F. 1988. *Métodos rápidos de análisis de suelos.* Follas divulgadoras, nº. 18/88 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación. Madrid.
- MENGEL, K. E KIRBY, E.A. 2001. *Principles of plant nutrition.* Kluwer Academic Publishers. London. 849 p.
- MILLS, H.A. E JONES, J.B. JR. 1996. *Plant and analysis handbook ii.* Micro Macro. Georgia.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA E ALIMENTACIÓN. 1994. *Métodos Oficiales de Análisis*. Tomos II e III. Madrid.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA E ALIMENTACIÓN. 2005. *Guía de la Condicionalidad de la Política Agraria Común*. Secretaría Xeral Técnica. Centro de Publicacións. Madrid.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA E ALIMENTACIÓN. 2005. *Fichas de Difusión de la Condicionalidad*. Centro de Publicacións. Madrid.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. 1981. *Técnicas de análisis de suelos, vegetales y piensos*. Academia. León.

MORENO, J. E GARCÍA, J.J. 1982. *Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España*. Follas divulgadoras, nº 6/82 HD. Publicacións de Extensión Agraria. Madrid. 20 p.

PORTA, J., LÓPEZ-ACEVEDO, M. E ROQUERO DE LABURU, C. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid. 807 p.

SAÑA VILASECA, J., MORÉ RAMOS, J.C. E A. COHÍ RAMÓN, J.C. 1996. *La gestión de la fertilidad de los suelos*. Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación. Madrid.

SUMNER, M.E. (editor). 2000. *Handbook of Soil Science*. CRC Press. New York.

TROCME, S. E GRAS, R. 1972. *Suelo y fertilización en fruticultura*. Mundi-Prensa. Madrid. 366 p.

VILLALBI FORCADELL, I. E VIDAL PERICAS, M. E. 1988. *Análisis de suelos y foliares: interpretación y fertilización*. Fundación Caja de Pensiones. Barcelona.

WALINGA, I., VAN DER LEE, J.J., HOUBA, V.J.G., VAN VARK, W., NOVOZAMSKY, I. 1995. *Plant Analysis Manual*. Kluwer Academic Publishers. London.

YÁNEZ, J. 1989. Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura*, 49, pp. 75-89.

> PÁXINAS WEB DE INTERESE

<http://www.agroinformacion.com>

<http://www.bipea.org>

<http://edafologia.net/>

<http://ec.europa.eu/environment>

<http://www.fao.org>

<http://www.isric.org>

<http://www.iuss.org>

<http://www.mapa.es>

<http://mediorural.xunta.es>

<https://www.soils.org>

<http://soils.usda.gov>

<http://solos.medioambiente.xunta.es>

<http://www.wepal.nl>

<http://www.omafra.gov.on.ca/>

galicia