



GUIA D'INTERPRETACIÓ D'ANÀLISIS DE SÒLS I PLANTES

Pere Villar Mir i Miquel Arán Mayoral



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Alimentació i Acció Rural

Consell Català de la
Producció Integrada



GUIA D'INTERPRETACIÓ D'ANÀLISIS DE SÒLS I PLANTES

GUIA D'INTERPRETACIÓ D'ANÀLISIS DE SÒLS I PLANTES

Aplicació a la fertilització dels cultius arboris
en producció integrada

Pere Villar Mir, doctor enginyer agrònom,
laboratori Agroambiental (LAF) Applus+

Miquel Arán Mayoral, enginyer agrònom. Msc,
laboratori Agroambiental (LAF) Applus+



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Alimentació i Acció Rural**

**Consell Català de la
Producció Integrada**



Applus⁺
Agroalimentario

Març de 2008

© dels textos i les imatges: Pere Villar Mir i Miquel Arán Mayoral
© d'aquesta edició: Consell Català de la Producció Integrada
Complex la Caparrella, 97 · 25192 Lleida · www.producciointegrada.cat

Primera edició: maig de 2008
Dipòsit legal: L-639-2008
Imprès a Arts Gràfiques Bobalà, SL
Sant Salvador, 8 · 25005 Lleida · bobala@cambrescat.es

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	7
2. ANÀLISIS DE SÒLS. CRITERIS D'INTERPRETACIÓ	11
2.1. Interpretació i objectius de les anàlisis de sòls	11
2.2. El coneixement del sòl mitjançant les anàlisis de sòls	14
2.3. Obtenció de la mostra	16
2.4. Anàlisis de sòl. Interpretació	19
3. ANÀLISIS DE FULLES. CRITERIS D'INTERPRETACIÓ	39
3.1. Obtenció de la mostra	39
3.2. Les anàlisis de laboratori i la seva interpretació	40
3.3. L'anàlisi de fruita	45
4. BASES PER A LA FERTILITZACIÓ DELS FRUITERS	47
4.1. Els nitrats i la fertilització nitrogenada	47
4.2. El fòsfor i la fertilització fosfòrica	50
4.3. El potassi i la fertilització potàssica	51
4.4. Les extraccions dels fruiters	54
5. RESULTATS ANALÍTICS OBTINGUTS EN PARCEL·LES DE FRUITERS DE PRODUCCIÓ INTEGRADA	59
5.1. Resultats anàlisis de sòls	59
5.2. Resultats analítics de fulles. Exemple campanya 2006 (micronutrients)	61
6. CONCLUSIONS	65
ANNEX. NOTES TÈCNIQUES	66
ANNEX. TAULES	69

1. INTRODUCCIÓ

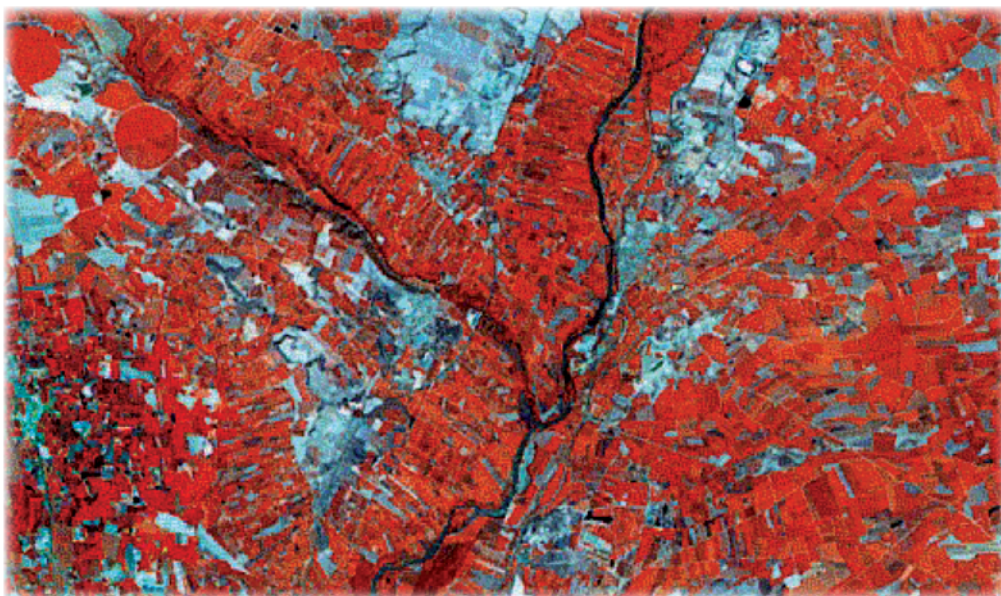
Necessitats d'informació

L'evolució que s'ha produït en la producció agrícola en els darrers decennis i més concret en els inicis del segle XXI apunta cap a un clar reforçament de la importància dels temes vinculats a la nutrició de les plantes cultivades. La necessitat de produir més i millors aliments amb demandes a l'alça i recursos limitats, focalitza un renovat interès per obtenir produccions que permetin la trobada dels criteris de viabilitat econòmica, sostenibilitat agronòmica i demandes socials d'ampli i variat espectre (fotografia 1a).

L'anàlisi de sòls i de plantes és una eina de gran interès en el coneixement dels sòls i de la gestió de la nutrició de les plantes. Aquesta demanda d'informació pot tenir finalitats diverses, com ara el coneixement de les propietats edafològiques dels sòls, l'estat de les reserves de nutrients, la caracterització de les propietats bàsiques o l'estat de la composició mineral de les plantes com a eina de diagnòstic nutricional.

En la perspectiva de l'agronomia actual, les anàlisis de sòls i plantes són considerades tècniques que subministren una informació objectiva sobre l'estat dels sòls i les plantes amb una perspectiva d'utilització àmplia. Els utilitzadors de la informació són diversos: agricultors, centres de recerca, tècnics d'àmbits vinculats a la gestió del territori, gestors d'empreses agroalimentàries, ramaders, administració pública, universitats, etc. En tots els casos els usuaris de la informació esperen obtenir informació objectiva que permeti fer seguiments, diagnosticar, confirmar, dictaminar i efectuar accions orientades i raonades a la gestió del sistema sòl-planta.

L'objectiu de la guia que es desenvolupa se centra en facilitar als usuaris de la informació analítica una síntesi de criteris que els permeti obtenir el màxim rendiment amb la informació generada pels laboratoris d'anàlisi de sòls i plantes.



Fotografia 1a. Informació satel·litària de l'àrea de Lleida. S'observa la disposició i la forma del parcel·lari en l'aiguabarreig de la Noguera Ribagorçana i el Segre. Les terrasses formades per aquests dos rius contenen sòls excel·lents per al desenvolupament dels arbres fruiters (foto cedida per LAF).

Necessitat d'establir criteris de fertilització

La fertilització és un capítol important en el maneig de les explotacions fructícoles. Això no obstant, no és l'únic factor perquè la nutrició de la planta funcioni correctament. L'equilibri vegetatiu i productiu, un correcte estat sanitari de la plantació, un sòl ben drenat, un desenvolupament radicular adient i unes condicions hídriques òptimes són factors necessaris per a l'equilibri nutricional.

La fertilització ha de tenir també l'objectiu de procurar a llarg termini el manteniment de la fertilitat dels sòls. D'altra banda, el programa d'aplicació dels fertilitzants (dosi i moment) és un dels factors relacionats amb la qualitat del fruit. La presència de salinitat, asfíxia radicular i compactació de sòls i d'altres, cal tractar-los de forma específica en el marc del coneixement de les característiques edafològiques de la parcel·la.

Per què hi ha la necessitat d'establir criteris de fertilització?

1. Per millorar l'equilibri vegetatiu i productiu.
2. Per minimitzar l'impacte ambiental que es deriva de l'excés del desequilibri dels adobs aplicats.
3. Per millorar la rendibilitat de les explotacions en optimitzar l'ús dels fertilitzants.
4. Per minimitzar les pèrdues produïdes per la minva de qualitat del fruit i millorar la capacitat de conservació.

Utilitats de les anàlisis de sòls i plantes

És interessant recordar les diverses utilitats que conté la informació generada a partir de les anàlisis de sòls i plantes.

- Anàlisis de sòls per a l'avaluació de les reserves del sòl en macronutrients i l'estimació de les dosis de fertilitzant orgànic o mineral a aplicar.
- Anàlisis de sòls per a l'avaluació i la mesura de les propietats dels horitzons edàfics, amb finalitats de diagnòstic, de les propietats físiques i químiques dels sòls per objectius de cartografies, prospecció, classificació, estudis d'aptitud de cultius, etc.
- Anàlisis de sòls per a la presa de decisions sobre futurs cultius a implantar en el sòl estudiat: noves plantacions, nous cultius, transformacions en reg, etc.
- Anàlisis de sòls per diagnosticar l'estat físic i químic del sòl amb finalitats de seguiment de la qualitat mediambiental, reflectida en la composició dels sòls.
- Anàlisis de sòls com a requisit de protocols de producció que exigeixen informació directa i objectiva dels sòls com a condició d'una gestió sostenible del sistema sòl-planta.
- Anàlisis de sòls amb la finalitat de seguiment dels continguts de macro i micro-nutrients i l'evolució dels saldos de nutrients com a conseqüència del complex d'entrades i sortides que es generen en el perfil de sòl.
- Anàlisis de sòls amb la finalitat de gestió dels sòls com a elements de reintegració dels residus orgànics d'origen ramader, agroindustrial i urbà amb finalitats d'incorporació de matèria orgànica i nutrients imprescindibles per a les plantes.
- Anàlisis de sòls amb finalitats normatives, obligatòries, en compliment de reglaments i disposicions en l'àmbit de la gestió dels residus orgànics, gestió de la fertilització nitrogenada, control de metalls pesants, etc.
- Anàlisis de la composició mineral de les plantes amb la finalitat d'ajustar la nutrició dels cultius a efectes de macro i micronutrients.
- Anàlisis minerals de plantes com a requisit de protocols de producció que exigeixen informació directa i objectiva de l'estat nutricional de les plantes per justificar els tractaments de nutrició de plantes.

En tots els casos les anàlisis de sòls i plantes s'han de realitzar en laboratoris de sòls i plantes que compleixin protocols d'anàlisis estandarditzats sota diverses formes, mitjançant controls de qualitat estrictes i sotmesos a control d'organismes externs. Aquestes condicions de producció analítica permeten donar un fort component de qualitat i objectivitat a la informació analítica generada (fotografia 1b).



Fotografia 1b. Detall d'un equip ICP. L'espectrofotometria d'emissió per plasma (ICP) ha permès augmentar de forma considerable la capacitat de treball dels laboratoris a efectes d'elements analitzats i rang de treball (foto cedida per LAF).

2. ANÀLISIS DE SÒLS. CRITERIS D'INTERPRETACIÓ

2.1. Interpretació i objectius de les anàlisis de sòls

Un dels factors que, si més no parcialment, limita la utilitat immediata de les anàlisis de sòls i plantes és la necessitat d'una interpretació de les dades obtingudes. Justament l'objectiu d'aquesta publicació és la reducció d'aquest obstacle "interpretatiu".

Però l'obtenció d'una informació directa o simplificada no és evident per a un usuari de la informació analítica no experimentat. Les dificultats interpretatives, en una primera fase, poden ser tals com les que s'exposen en la taula núm. 2.1.1.

Taula núm. 2.1.1

Dificultats inicials a la interpretació de les anàlisis de sòls

QÜESTIÓ QUE ES CONSIDERA	RESPOSTA
1. Ha estat la mostra correctament obtinguda?	Tant en el cas de l'anàlisi de sòls com de planta la presa de mostres de forma correcta és un primer pas ineludible i obligatori. Amb freqüència les problemàtiques generades en la interpretació analítica tenen el seu origen en la presa de mostres en el camp. S'han de considerar aspectes com la intensitat de mostratge, eines utilitzades, localització, moment de la presa de mostra, condicionament del transport, nombre de submostres, etc. Solució: aplicar correctament els criteris i protocols reconeguts de presa de mostres.
2. Quins mètodes d'anàlisi s'han utilitzat?	El laboratori ha d'informar del mètode d'anàlisi utilitzat. Normalment utilitzarà Mètodes Oficials d'Anàlisi o normatives d'àmbit nacional o internacional reconegudes. Les taules d'interpretació fan sempre referència a un mètode en concret. Solució: conèixer el mètode d'anàlisi utilitzat.

QÜESTIÓ QUE ES CONSIDERA	RESPOSTA
3. Quines unitats d'anàlisi s'han utilitzat?	L'expressió dels resultats analítics pot tenir diverses presentacions segons les unitats emprades en referència a volums, pesos, mostra en fresc, mostra en sec, etc. Normalment cada laboratori ajusta les unitats amb relació a la utilització d'una taula que permeti la interpretació dels resultats de forma immediata. Altrament caldrà aplicar un factor de transformació. Solució: verificar les unitats utilitzades en la mesura dels resultats analítics i la seva equivalència amb les taules d'interpretació.

En la immensa majoria dels casos l'assegurament de les observacions relatives a la qualitat del mostratge, mètodes d'anàlisi i comprovació de les unitats de mesura elimina bona part dels dubtes sorgits en una primera avaluació dels resultats.

Superada aquesta fase de "control del resultat" es procedeix a la interpretació del resultat, que pot tenir diferents finalitats i condicionar l'avaluació de les dades. Aquestes finalitats interpretatives, que es vinculen als objectius de l'anàlisi, poden ser les que s'indiquen a la taula 2.1.2.

12

Taula núm. 2.1.2

Objectius de les anàlisis de sòls i ajustament de la interpretació

LES ANÀLISIS TENEN COM A OBJECTIU...	CRITERI D'INTERPRETACIÓ
Mesurar les propietats dels horitzons del sòl per a la classificació i la taxonomia.	Interpretació dels resultats en el marc de la definició particular de les classificacions de sòls, horitzons de diagnòstic, etc.
Mesurar les principals propietats del sòl per a decisions que afecten treballs de caire agronòmic.	Interpretació global dels resultats, cal considerar les relacions entre diferents propietats dels sòls.
Mesurar les reserves de macronutrients del sòl.	Utilització de taules que interpreten els resultats a efectes de l'estat de la reserva de nutrients.

LES ANÀLISIS TENEN COM A OBJECTIU...	CRITERI D'INTERPRETACIÓ
Mesurar algunes propietats específiques del sòl a efectes de diagnòstic.	Utilització de taules específiques amb la salvetat de la limitació tècnica de diagnòstics excessivament basats en una única propietat.
Mesurar algunes propietats a efectes de seguiment temporal.	L'anàlisi és un mecanisme de seguiment en el temps de certes propietats en resposta a determinats assaigs o tractaments.
Mesurar certes propietats obligatòries en base a un protocol de producció.	L'objectiu final pel qual s'exigeix l'anàlisi és degut a la seva relació amb la gestió dels sòls i la nutrició de plantes en un context d'equilibri productiu i ambiental.
Mesurar certes propietats obligatòries en base a reglaments de control d'origen principalment ambiental.	Existeixen taules vinculades als propis reglaments que indiquen el compliment o no compliment.
Mesurar certes propietats en base a la detecció d'una problemàtica.	La informació obtinguda, combinada amb informació "in situ" i enquesta agronòmica, permet el diagnòstic d'una problemàtica.



Fotografia 2.1a. Mostres de terra preparades per ser analitzades. L'estandardització dels procediments de preparació de la mostra i anàlisi permet la comparativa dels resultats en base a les taules i treballs de referència.

2.2. El coneixement del sòl mitjançant les anàlisis de sòls

Des d'un punt de vista agronòmic es considera com a sòl el medi en el qual es desenvolupen les arrels de les plantes cultivades.

Els sòls tenen un conjunt de propietats descriptibles que permeten diferenciar-ne els diferents tipus. Els sòls són classificables segons el seu origen, materials constituents i els diferents processos soferts al llarg del temps. En un altre nivell els sòls esdevenen paisatges que poden ser estudiats o identificats segons la seva geomorfologia i els processos de formació (fotografia 2.2a). Segons l'escala d'observació podem tenir enfocaments molt diferents.

El sòl és un sistema constituït per tres fases: sòlida, líquida i gasosa. La fase sòlida està formada per components orgànics i inorgànics que deixen un conjunt d'espais

buits que omplen la fase líquida i gasosa. El conjunt de constituents minerals i la matèria orgànica determinaran les propietats del sòl i la resposta a la producció agrícola.

Aquests components minerals i orgànics del sòl estan sotmesos a tot un seguit de processos de precipitació-solubilització, composició-mineralització, oxidació-reducció, adsorció-desorció. Aquests processos fan del sòl un medi reactor de gran complexitat.

Les propietats físiques —granulometria, estructura, densitat, porositat, contingut d'aigua, compacitat, temperatura i color— són factors que afecten directament sobre els usos i les característiques del sòl. Aquestes propietats determinen la disponibilitat d'oxigen, la mobilitat i disponibilitat de l'aigua, el desenvolupament i exploració radicular, etc. En la majoria de casos no es poden modificar fàcilment les propietats físiques, però el seu coneixement permet un millor maneig dels sòls.

L'anàlisi de terres permet mesurar les propietats permanents de les terres com ara la granulometria, el pH, el carbonat càlcic... també altres propietats com la presència i intensitat de la salinitat, el nivell de matèria orgànica, etc. Aquestes propietats són mesurades horitzo a horitzo.

L'anàlisi de sòls és també la metodologia més utilitzada per determinar la disponibilitat de nutrients en el sòl. Conèixer el nivell de nutrients és important per:

- Indicar dèficits o excessos importants per als cultius.
- Programar, mesurar, de forma objectiva, l'estat real de les reserves.

Per aquests motius les anàlisis de sòls són la metodologia més utilitzada a escala mundial per a la presa de decisions en la nutrició de les plantes i en l'ús dels fertilitzants. La validesa d'aquest mètode s'ha demostrat àmpliament en l'àmbit experimental i operatiu.



Fotografia 2.2a. Detall dels diferents horitzons d'un perfil del sòl. El color fosc s'associa a la presència de matèria orgànica. Es tracta d'un sòl amb material d'origen fluvial amb domini de les granulometries grosses o més sorrenques.

2.3. Obtenció de la mostra

2.3.1. Representativitat de la mostra. Definició de la zona de mostreig

L'obtenció de la mostra té l'objectiu de facilitar informació representativa d'una parcel·la. Les mostres són representatives de tota la parcel·la on, previsiblement, les pràctiques de fertilització i cultiu han estat homogènies.

La mostra s'obté en una àrea homogènia, sense mesclar zones amb diferències texturals, geològiques, morfològiques, de color i d'ús.

La mida de les parcel·les és també un element clau a considerar. Quan les parcel·les són grans, les mostres han de donar la informació necessària per obtenir un diagnòstic fiable. Ajustar el nombre de mostres al sistema de cultiu, cada dues hectàrees, per exemple, facilita la presa de decisions per programar la fertilització amb més seguretat. Quan s'obté més d'una mostra per parcel·la, és important identificar la zona en un croquis o bé amb una descripció identificativa.

Exemple: una parcel·la de 10 ha de superfície on una anàlisi mostra un nivell alt de potassi pot no donar suficient informació per suprimir o disminuir la fertilització potàssica. La presa de decisions està subjecta a la representativitat de les mostres de terra analitzades. Si en aquesta mateixa finca disposem, per exemple, de 5 analítiques distribuïdes per quadrants, i totes mostren resultats elevats en potassi, podem proposar suprimir o disminuir la fertilització potàssica temporalment amb major fiabilitat.

La distribució de les mostres es pot fer de manera equidistant, insertant una mena de xarxa imaginària, bé sobre un croquis, bé amb un programa informàtic. Sobreposar unitats de maneig, segons el reg, l'època de plantació, el material vegetal, facilita la definició de la zona de mostreig.

Les mostres també es poden distribuir a partir d'una subdivisió geomorfologia. Separar les zones altes dels vessants i els fons i estimar la superfície de cada unitat pot ajudar a distribuir les mostres.

Per a parcel·les de mida inferior a les 2 ha amb homogeneïtat de cultiu i geomorfologia, una mostra per parcel·la es pot considerar representativa d'aquesta unitat homogènia de cultiu.

2.3.2. Presa de mostres per a l'avaluació de la fertilitat

Normalment la majoria de mostres de parcel·les d'arbres fruiters que obtenen els agricultors o els laboratoris són per realitzar analítiques tenint en compte un seguit de consideracions:

- Generalment es tracta de mostres superficials, fins a 25 i 30 cm de profunditat.
- En alguns casos pot ser aconsellable agafar una mostra subsuperficial, entre 25 i 50 cm de profunditat per diagnòstic de problemes o avaluació de les característiques del sòl més enllà dels nivells de nutrients de l'horitzó superficial.
- El nombre de submostres per obtenir una mostra es pot fixar entre 10 i 15, preses de forma aleatòria, en ziga-zaga o en cercle.
- En el cas de sistemes de fertirrigació la mostra s'obté dins del bulb humit.
- En cultius on la superfície del sòl està llaurada (generalment fruits secs, vinya i olivera) la mostra s'obté per sota de la zona llaurada, on hi ha desenvolupament radicular.
- Quan la fertilització es realitza d'una forma localitzada, per exemple en línies o injectada, la mostra s'obté en aquesta zona.
- En aplicacions superficials, per exemple amb distribuïdora d'adobs o bé aplicacions de fems, la mostra s'obté dins de l'àrea d'aplicació fins uns 75 cm del tronc.
- Per a treballs específics cal definir les condicions per a l'extracció de la mostra.

El nombre de submostres a realitzar per cada mostra té l'objectiu de disminuir possibles errors atribuïbles a la distribució dels nutrients en el sòl, augmentant així la repetibilitat dels resultats en repetir el procés d'extracció.

Les submostres s'obtidran com a mínim (sempre que sigui possible) a més de 30 m de qualsevol camí o marge. La distribució de les extraccions es realitza en una zona homogènia dins de l'àrea representativa de mostreig. Generalment les extraccions es realitzen dins d'una superfície inferior als 1.000 m², no essent necessària la distribució dels punts d'extracció per tota la parcel·la.



Fotografia 2.3.2a. Detall de la barrina en el moment de l'obtenció de la mostra. Les barrines tipus Edelmann presenten una excel·lent ergonomia per a l'obtenció de la mostra.

És aconsellable obtenir les mostres amb la barrina tipus Edelman o bé amb l'anomenada barrina de fertilitat. En el cas de no disposar de barrina es pot extreure amb utilitatge que agafi la mateixa quantitat de terra de tota la secció vertical de l'horitzó superficial.

Un cop s'obtenen les submostres s'homogeneïtzen en un recipient net per obtenir la mostra final.

La mostra de terra definitiva, de mig quilo aproximadament, s'introdueix en una bossa de plàstic en la qual s'escriurà la referència de la mostra amb un retolador de tipus permanent (resistent a l'aigua).

2.3.3. Moment de l'obtenció de la mostra

Com a norma general s'aconsella obtenir les mostres abans d'iniciar la fertilització de la campanya. En el cas d'haver iniciat l'aplicació de fertilitzants és aconsellable deixar un període de 2-3 setmanes. Per fer una avaluació més fiable dels resultats és important conèixer les dosis i formes d'aplicació de fertilitzants anteriors a la presa de mostres.

2.3.4. Freqüència analítica i paràmetres a determinar

La freqüència de l'anàlisi depèn entre altres factors de la intensitat de la plantació, del sistema de fertilització i del grau d'incertesa.

El primer any d'anàlisi s'aconsella realitzar una analítica de caracterització del sòl que contingui com a mínim els següents paràmetres: pH, conductivitat elèctrica, matèria orgànica, carbonats, textura, nitrats, fòsfor, potassi, magnesi, calci i sodi.

En el seguiment de la plantació és necessari avaluar anualment el nivell de nitrats i cada tres anys els nivells de fòsfor i potassi. També pot ser aconsellable mesurar el nivell de matèria orgànica i controlar la salinitat mitjançant l'anàlisi de la conductivitat elèctrica o bé el nivell de sodi.

2.4. Anàlisis de sòl. Interpretació

2.4.1. Preparació de la mostra i càlcul de la humitat residual

Un cop arriba la mostra al laboratori es procedeix al seu registre i preparació. La preparació consisteix en:

- Assecatge a no més de 40° C
- Tamisat per obtenir la fracció inferior a 2 mm

La fase d'assecatge inclou una primera destrucció, manual, dels agregats, i assecatge en un recipient de fons pla a la temperatura de 35-40° C.

El tamisat és una destrucció, mecànica, de tots els agregats i la separació de la **terra fina de grandària inferior a 2 mm**. Aquest serà el material objecte de l'anàlisi **física i química**. Els elements que no passen pel tamís de pas de 2 mm són el total d'elements grossos, determinació eventualment interessant en certs estudis.

Finalment es procedeix al càlcul de la humitat de la mostra seca a l'aire.

Aquesta humitat es refereix a la pèrdua de pes de la mostra assecada a l'aire (P_{hum}) i el pes de la mostra després de l'assecatge a 105° C (P_{105}), en relació al pes de la terra fina assecada a 105° C (P_{105}).

$$\% \text{ humitat} = \frac{P_{\text{hum}} - P_{105}}{P_{105}}$$

Totes les anàlisis es refereixen al pes de terra seca a 105° C i per tant el valor de la humitat de la mostra seca a 105° C és un factor de correcció del resultat

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura de la humitat de la mostra seca a 105°

- i). Si aquesta analítica no té una interpretació directa a efectes agronòmics, per què es posa en els butlletins d'anàlisi?

19

La inclusió d'aquesta determinació en els butlletins d'anàlisi indica que la mostra ha estat efectivament preparada i assecada a 105° C i s'ha utilitzat com a factor de correcció en els càlculs, que es refereixen sempre al pes de mostra seca a 105° C.

- ii). Algunes mostres presenten valors relativament elevats d'humitat residual a 105° C, a què són deguts aquests valors?

Els valors anormals poden ser deguts a la presència de sòls amb continguts importants de guix, que perd la seva aigua de constitució en superar els 60-70° C, originant així un fals efecte d'humitat residual.

2.4.2. Granulometria

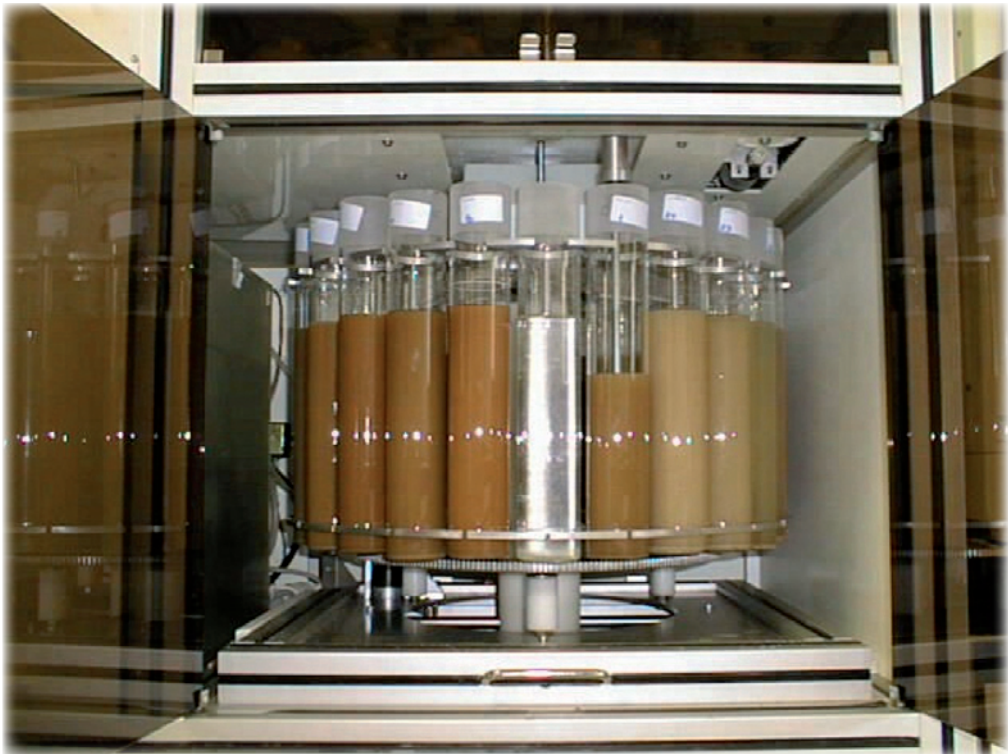
Els sòls estan constituïts per partícules de diferent grandària. Els diferents grups de partícules s'agrupen en el que s'anomenen fraccions granulomètriques: arena, llims i argiles. La proporció de cada una d'aquestes fraccions granulomètriques en un sòl en determina la granulometria i la classe textural.

La classe textural indica la proporció d'arenes, llims i argiles sobre la "terra fina", inferior a 2 mm. Aquesta relació de diferents fraccions granulomètriques té una incidència directa amb el contingut d'aigua, la infiltració, disponibilitat d'origen, penetració

de les arrels i altres propietats químiques característiques del sòl. Conèixer la granulometria d'un horitzó permet inferir altres propietats i característiques relacionades directament amb l'ús i el comportament del sòl.

La determinació de la granulometria s'efectua mitjançant el mètode de la sedimentació discontinua (fotografia 2.4.2.a)

En aquesta propietat s'han de considerar els límits de les fraccions granulomètriques i les **classes texturals** resultants (p.ex. classificació USDA).



Fotografia 2.4.2.a Vista del granulòmetre de sedimentació contínua utilitzat per a la determinació de les textures. L'automatització d'aquesta determinació analítica augmenta la capacitat productiva i millora el rendiment qualitatiu del procés (foto cedida per LAF).

A la taula número 2.4.2a es classifiquen les diferents partícules del sòl en funció del seu diàmetre i segons els llindars de la classificació de l'USDA, una de les més utilitzades.

Taula núm. 2.4.2a
Fraccions granulomètriques USDA

DENOMINACIÓ	DIÀMETRE APARENT µM
Arena	50<Ø<2000
Llim	2<Ø50
Argila	Ø<2

El límit de 50 micres entre els llims i la sorra correspon al llindar que utilitza la classificació USDA. D'altres classificacions utilitzen com a límit el llindar de 20 micres (ISS) o 63 micres (FAO). Els resultats analítics han d'indicar els límits de fraccions considerats i la classificació utilitzada.

Amb freqüència els laboratoris faciliten el fraccionament de llim (llim fi i llim gruixut) i de sorres (sorra fina i sorra gruixuda). En el cas de la classificació USDA les divisions són:

- llim fi: grandària entre 0,002 mm i 0,02 mm
- llim gruixut: grandària entre 0,02 mm i 0,05 mm
- sorra fina: grandària entre 0,05 i 0,5 mm
- sorra gruixuda: grandària entre 0,5 mm i 2 mm

L'argila sempre es considera la fracció inferior a 0,002 mm

En l'obtenció de les classes texturals es consideren les fraccions argila, llim i sorra.

Les classes texturals i interpretació de la classificació USDA són les següents:

CLASSE TEXTURAL	INTERPRETACIÓ
argilosa	Fina
argil·lollimosa	Fina
francoargilosa	Moderadament fina
francoargil·lollimosa	Moderadament fina
franca	Mitjana
francollimosa	Mitjana
llimosa	Mitjana
argil·loarenosa	Fina
francoargil·loarenosa	Moderadament fina
francoarenosa	Moderadament gruixuda
arenofranca	Gruixuda
arenosa	Gruixuda

Cadascuna d'aquestes classes texturals està acotada en els seus continguts d'argila, llim i sorra (triangle textural).

Els continguts d'argila, llim i sorra de les classes texturals USDA són els següents:

CLASSE TEXTURAL	% SORRA	% LLIM	% ARGILA
Argilosa	0 - 45	0 - 40	0 > 40
Argil·lollimosa	40 - 60	> 40	0 > 40
Francoargilosa	0 - 45	0 - 53	27 - 40
Francoargil·lollimosa	0 - 20	> 40	27 - 40
Franca	0 - 52	0 - 50	7 - 27
Francollimosa	0 - 20	50 - 88	0 - 27
Llimosa	0 - 20	> 80	0 - 12
Argil·loarenosa	> 45	0 - 20	35 - 55
Francoargil·loarenosa	> 45	0 - 28	20 - 35
Francoarenosa	43 - 85	0 - 50	0 - 20
Arenofranca	70 - 90	0 - 30	0 - 15
Arenosa	> 85	0 - 20	0 - 10

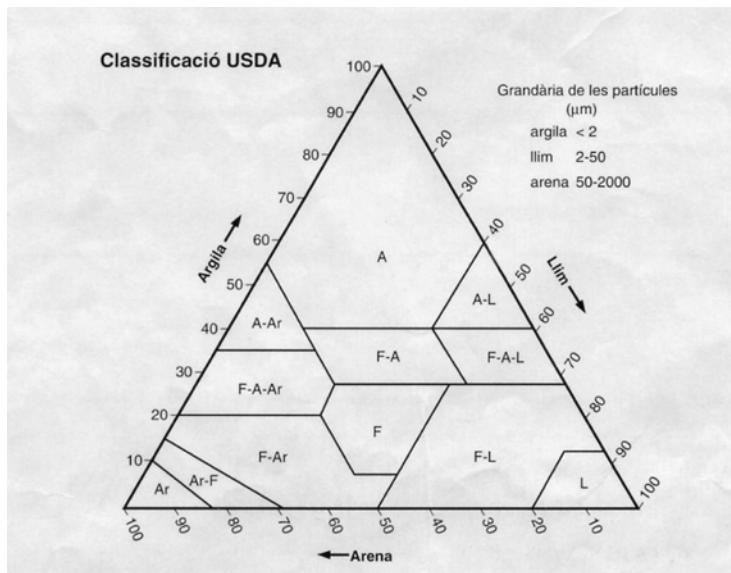
22

Propietats i característiques relacionades amb la granulometria:

- Capacitat de retenció d'aigua disponible per a les plantes (CRAD)
- Facilitat per a la circulació de l'aigua
- Facilitat per al treball del sòl
- Risc d'encrostament superficial
- Risc d'erosió
- Capacitat per emmagatzemar nutrients

Per representar les diferents classes texturals s'han construït els triangles de textura.

Diagrama de classes texturals segons USDA



L'avaluació d'una textura es realitza segons l'ús del sòl i pot establir unes pautes o criteris de maneig que resultaran determinants. És imprescindible conèixer la presència de pedregositat o elements grossos i els possibles canvis texturals que es poden donar en el perfil del sòl.

23

L'avaluació de la granulometria es pot completar amb l'ajut de diversos índexs com ara l'índex d'estabilitat estructural (IEE) o el sumatori de partícules de diàmetre inferior a 0,02 mm:

▪ Índex d' Estabilitat Estructural (IEE)

Aquest índex avalua el risc de pèrdua d'estructura en el cas de treball en condicions d'humitat. Aquest índex pondera el percentatge de llims amb relació a l'argila i matèria orgànica, partícules amb capacitat de formació d'agregats. Cal tenir en compte que aquest índex no s'utilitza en sòls de textures moderadament gruixudes i gruixudes.

$$I.E.E. = \frac{1,25 * L_{fi}(\%) + 0,75 * L_{gr}(\%)}{Ag(\%) + 10 * MO(\%)}$$

Els resultats obtinguts aplicant aquest índex ens permeten interpretar el risc de pèrdua d'estructura (taula 2.4.2b).

Classificació de l'índex d'estabilitat estructural

IEE	RISC DE PÈRDUA D'ESTRUCTURA
>2	Elevat
1,5 - 2	Moderat
1 - 1,5	Lleu
<1	Baix

▪ **Sumatori de partícules de diàmetre inferior a 0,02 mm**

La suma d'aquests elements dóna una idea de la porositat del sòl i permet avaluar riscos com l'asfíxia radicular o bé el drenatge deficient del sòl. La taula 2.4.2c permet inferir el risc d'asfíxia radicular.

Classificació del risc d'asfíxia radicular segons el % de partícules de diàmetre inferior a 0,02 mm

Σ PARTÍCULES DE DIÀMETRE (%) < 0.02 MM	RISC
> 80	Molt alt
70-80	Alt
60-70	Moderat
50-60	Lleu
<50	Baix

Cal tenir en compte que la interpretació dels resultats ha d'estar relacionada amb els cultius i el maneig de l'explotació. Hi ha cultius molt sensibles al risc d'asfíxia radicular, ni que sigui en condicions temporals.

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la determinació de la granulometria

i). Com es pot modificar la granulometria del sòl?

A efectes pràctics la granulometria del sòl no pot modificar-se. És una propietat permanent del sòl.

ii). Quina és la millor classe textural per als fruiters?

La textura és una propietat del sòl que té una relació immediata amb propietats com l'aireació, el risc de compactació, el drenatge i el moviment d'aigua del sòl. Els fruiters o cultius arbustius com la pomera, la perera, el préssec, l'avellaner, la vi-

nya i d'altres presenten, amb major o menor intensitat, una sensibilitat important a les condicions de mal drenatge, sòls compactats, sòls amb circulació d'aigua dificultosa, etc. Per aquest motiu les classe texturals mitjanes o fins i tot una mica gruixudes són preferibles a les classes texturals argiloses. No obstant això, els portaempelts de certes espècies presenten una major resistència que d'altres a les condicions més desfavorables de certes textures.

2.4.3. Reacció del sòl (pH)

El pH consisteix en la mesura en condicions determinades de la concentració en ions H^+ d'una suspensió aquosa de la mostra de sòl, en concret una suspensió sòl:aigua amb una ràtio de masses 1:2,5. També s'utilitza de vegades la mesura en una solució de KCl 1 M. A la taula 2.4.3a es faciliten els intervals d'interpretació del pH.

La reacció del sòl és un indicador de l'acidesa o basicitat del sòl. L'escala de mesura va de 0 a 14. L'interval de pH 6,5-7,3 és el neutre. Per a pH inferiors a 6,5 parlarem de sòls àcids i per a pH superiors a 7,3 parlarem de sòls bàsics.

El valor de pH ens aporta informació sobre altres propietats dels sòls. El pH afecta la solubilitat dels diferents minerals. Els sòls molt àcids presenten en molts casos concentracions altes d'elements fitotòxics com l'alumini i el manganès. La majoria de minerals són més solubles en sòls molt àcids que en solucions del sòl bàsiques o neutres. Els pH bàsics redueixen en part la solubilitat dels micronutrients (ferro, zinc, coure i manganès).

Les condicions de pH del sòl també poden influir sobre el creixement de les plantes per l'efecte que poden tenir sobre els microorganismes del sòl.

Els intervals més freqüents en els sòls agrícoles se situen entre 6,0 i 8,4. En condicions de presència de carbonat càlcic en el material original constituent del sòl els pH es concentren en l'interval 7,9-8,4.

Taula núm. 2.4.3a

Interpretació dels resultats de pH a l'aigua en extracte 1:2.5

RESULTAT	INTERPRETACIÓ
<4,5	Extremadament àcid
4,5-5,0	Molt fortament àcid
5,0-5,5	Fortament àcid
5,5-6,0	Mitjanament àcid
6,0-6,5	Lleugerament àcid
6,5-7,3	Neutre
7,3-7,8	Mitjanament bàsic
7,8-8,4	Moderadament bàsic
8,4-9,0	Lleugerament alcalí
9,1-10	Alcalí
>10	Fortament alcalí

Els pH extrems, extremadament àcids (<4,5) i alcalins (>8,7) poden presentar limitacions a la producció de cultius.

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura del pH

i). Són preocupants valors de pH bàsics, de l'ordre de 8,3?

No, són valors normals en sòls calcaris. Un valor de 8,3 respon a la presència de carbonat càlcic en el material original del sòl i en si mateix no és un factor limitant excepte en el cas de plantes específicament sensibles a alts valors de pH.

ii). Què implica que el pH del sòl sigui lleugerament alcalí o alcalí?

Aquests valors indiquen amb major o menor intensitat situacions de sodicitat, alcalinitat i poden indicar la presència de factors limitants per a moltes espècies agrícoles.

iii). Hi ha possibilitat de modificar el pH del sòl?

En cas de pH bàsics, no, ja que el pH es relaciona amb la quantitat de carbonat càlcic present en el sòl analitzat i els continguts suposen una important proporció en la composició del sòl. En cas de sòls àcids les aportacions de carbonat càlcic poden fer augmentar el pH del sòl, i és una pràctica que s'utilitza en aquest tipus de sòls.

26

2.4.4. Conductivitat elèctrica (per salinitat del sòl)

La mesura de la conductivitat elèctrica és un indicador de la quantitat de sals solubles presents en la solució del sòl. L'anomenada **prova prèvia de salinitat** s'efectua en els laboratoris de sòls com una operació de diagnòstic ràpid de la presència de sals en un extracte de sòl:aigua en la relació 1:5.

En cas d'estudi específic de la salinitat per a la quantificació i tipificació de les sals es procedeix a realitzar un anomenat **extracte de pasta saturada**. En aquest procediment es porta la mostra de sòl a saturació amb aigua destil·lada, amb una dosi d'aigua variable segons la granulometria del sòl. La conductivitat elèctrica es mesura en l'extracte de la pasta saturada. Els resultats s'estandarditzen a la temperatura de 25° C per evitar l'efecte de la temperatura de la suspensió.

La conductivitat elèctrica de les solucions s'expressa en siemen per metre (S/m) sigui en **1 decisiemen/m (dS/m)** equivalent **1 millisiemen/cm (mS/cm)**.

A la taula 2.4.4a es faciliten els intervals d'interpretació de la conductivitat elèctrica en extractes de pasta saturada.

Taula núm.2.4.4a

Intervals d'interpretació de la conductivitat elèctrica en extractes de pasta saturada. Richards (1954), FAO (1973)

NIVELL DE SALINITAT dS/m A 25° C EN EXTRACTE DE PASTA SATURADA	EFFECTES SOBRE EL RENDIMENT DELS CULTIUS EN SÒLS DE GRANULOMETRIA MITJANA I FINA
0 - 2	Generalment mínims
2 - 4	Limitacions en el rendiment de plantes sensibles a la salinitat
4 - 8	Limitacions en el rendiment de les plantes sensibles
8 - 16	Només les plantes tolerants a la salinitat produeixen satisfactòriament
> 16	Poques plantes, molt tolerants a la salinitat, produeixen satisfactòriament

El problema d'aquesta interpretació és que exigeix la determinació de l'extracte de pasta saturada, realitzat normalment amb una orientació específica envers l'estudi i la caracterització de la salinitat.

Si el que es pretén és una primera i ràpida valoració del contingut total de sals a partir dels resultats de la prova prèvia, es pot utilitzar la taula núm. 2.4.4b.

Taula núm. 2.4.4b

Intervals d'interpretació de la conductivitat elèctrica a partir dels resultats de la prova prèvia (1:5)

NIVELL DE SALINITAT dS/m A 25° C EN EXTRACTE DE SÒL: AIGUA 1:5	INTERPRETACIÓ
< 0,5	No limitant
0,5 - 1	Lleugerament alta
1,0 - 2,5	Alta
> 2,5	Molt alta

Els sòls que presenten guix poden mostrar valors relativament elevats de conductivitat elèctrica en la prova prèvia sense presència de problemes associats a salinitat. La determinació de la composició de sals en l'extracte de pasta saturada permetrà llavors el diagnòstic precís.

La quantitat o tipologia de les sals presents en els sòls constitueix una característica distintiva de molts sòls de zones amb clima àrid.

La caracterització de les sals es fa mitjançant una extracció dels cations i anions solubles a partir de l'**extracte de pasta saturada**. La mesura d'ambdós (cations i anions) juntament amb el pH i la conductivitat de l'extracte de pasta permet l'assignació de sòl a la categoria salina, salinosòdica o alcalina.

Alguns factors a considerar en el nivell de salinitat són:

- Variabilitat de la salinitat (espacial i temporal)
- La relació d'adsorció de sodi (SAR)
- L'efecte específic del guix
- La correcció de la salinitat
- Reacció específica dels cultius a la salinitat

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura de la conductivitat elèctrica

- i). Quin pot ser l'origen de la salinitat quan la interpretació del resultat analític de la prova prèvia de salinitat dóna *lleugerament alta*?

28

Cal veure si l'entorn de la zona que ha estat objecte de mostratge i anàlisi presenta problemes de salinitat o no. En cas de resposta afirmativa, el sòl presenta un contingut una mica elevat de salinitat vinculat a les característiques dels sòls de la zona. Si es tracta d'un valor no vinculat a un entorn edafològic salí, pot haver-hi un problema de salinitat, encara lleu o incipient, vinculat a: qualitat de l'aigua de reg, aportacions de fertilitzants orgànics o minerals en quantitats elevades, condicions locals de drenatge, etc. L'afectació dependrà de la sensibilitat del cultiu.

- ii). Quan cal realitzar una anàlisi d'extracte de pasta saturada?

Quan es detecta un valor alt en el resultat de la prova prèvia es fa necessari un coneixement detallat de la composició de les sals a efectes de diagnòstic, origen de les sals i avaluació de la problemàtica. La mesura de la tipologia i quantitat de sals permet en el seu cas l'establiment de mesures de drenatge, correcció i control.

2.4.5. Matèria orgànica

L'anàlisi de la matèria orgànica, realitzada de forma rutinària en els laboratoris d'anàlisi de sòls, fa referència al contingut de la mostra en carboni oxidable mitjançant diferents procediments (via seca o via humida). Cal diferenciar aquesta fracció de carboni del carboni total i del carboni mineral.

El contingut que s'obté es mesura en percentatge (%) sobre sòl sec.

A la taula 2.4.5a es mostren els intervals i la interpretació dels resultats de la matèria orgànica (o matèria orgànica oxidable) del sòl.

La interpretació dels continguts de matèria orgànica del sòl depèn del tipus de sòls, sistema productiu, emplaçament, etc.

Taula núm. 2.4.5a

Interpretació dels nivells de matèria orgànica en sòls agrícoles de l'àmbit mediterrani

CONTINGUT % DE MATÈRIA ORGÀNICA OXIDABLE (*)	INTERPRETACIÓ
< 0,9	Molt baix
0,9 - 1,4	Baix
1,4 - 1,9	Mitjà-baix
1,9 - 2,4	Mitjà
2,4 - 2,9	Mitjà-alt
2,9 - 3,9	Alt
> 3,9	Molt alt

(*) Mètode d'anàlisi: Walkley-Black

El sòl està format per elements minerals i altres elements de naturalesa orgànica. La majoria de sòls cultivats contenen de l'ordre de l'1 al 5% de matèria orgànica, bàsicament en els primers 25 cm del perfil. Aquesta quantitat és suficient per modificar les propietats físiques i químiques d'aquests sòls. La matèria orgànica del sòl, que prové de residus de plantes i de vegades de l'aplicació de residus de diferent origen, és una de les parts més importants i amb major activitat dins el sòl. La matèria orgànica és una reserva de cessió lenta de nitrogen; protegeix el sòl de l'erosió, afavoreix la formació d'agregats i millora l'aeració i circulació de l'aigua. La **matèria orgànica** del sòl té una acció física, química i biològica. L'acció física es relaciona amb els efectes de millora de l'estructura. Els efectes de tipus químic es manifesten en l'augment de la capacitat d'intercanvi i de reserva de nutrients. L'acció biològica inclou una activació de la vida microbiana del sòl.

La matèria orgànica oxidable del sòl constitueix la fracció més degradada, descomposta dels residus d'origen orgànic del sòl; això significa que la matèria orgànica del sòl no són restes vegetals visibles, sinó que es tracta de components orgànics microscòpics anomenats substàncies húmiques.

Un sòl amb un nivell baix de matèria orgànica, de l'ordre de l'1%, conté 45.000 kg/ha de matèria orgànica (MO). Millorar el nivell de MO d'un sòl és una tasca difícil a curt termini utilitzant criteris agronòmics sostenibles amb l'entorn.

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura de la matèria orgànica

- i). Quina diferència hi ha entre els continguts de carboni orgànic i la matèria orgànica?

La conversió del carboni orgànic a matèria orgànica es realitza mitjançant el factor 1,72, aplicable en el cas de sòls agrícoles llaurats. Els resultats s'expressen en percentatges de matèria orgànica sobre terra fina assecada a l'aire.

- ii). Quin és el nivell aconsellable de matèria orgànica?

A efectes pràctics cal evitar les desviacions molt a la baixa o a l'alça. Nivells baixos, inferiors a 0,9%, indiquen problemes d'erosió, moviments de terres i són possible causa de problemes com manca d'estructura, risc de compactació, etc. Nivells molts alts, superiors a 3,9% o fins i tot 2,9% són menys freqüents en sòls agrícoles. En aquests darrers casos cal tenir molt en compte l'alliberament de nitrogen que pot influir en la qualitat de certes produccions (vinya, fruiter...).

2.4.6. Carbonat càlcic i calcari actiu

La determinació del carbonat càlcic i més concretament la determinació del carbonat càlcic equivalent és un indicador del contingut de carbonats totals, en termes ponderals, de la mostra de sòl. La seva determinació pot realitzar-se mitjançant diferents mètodes: els més freqüents són els realitzats per volumetria (calcímetre de Bernard) o acidimetria.

El contingut s'expressa en **percentatge de carbonat càlcic equivalent**, referit, com totes les altres analítiques, a la terra fina de grandària inferior a 2 mm. Els intervals de contingut que es consideren per a la interpretació s'expressen en la taula núm. 2.4.6a.

Taula núm. 2.4.6a

Interpretació dels continguts de carbonat càlcic equivalent segons intervals

CONTINGUT DE CARBONAT CÀLCIC EQUIVALENT (%)	INTERPRETACIÓ
< 4	Inapreciable
4 - 6	Molt poc calcari
6 - 16	Poc calcari
16 - 26	Calcari
26 - 41	Molt calcari
> 41	Extremadament calcari

Una altra determinació que es realitza amb freqüència pel seu interès en certs cultius (especialment en vinya) és la determinació del calcari actiu. El calcari actiu és

una fracció del total de carbonats que presenta una reactivitat química alta i que pot tenir una importància en els fenòmens de clorosi fèrrica, d'aquí la denominació de calcari "actiu".

A la taula 2.4.6b s'indica la classificació en intervals a efectes de la classificació dels continguts de calcari actiu.

Taula núm. 2.4.6b

Interpretació dels continguts de calcari actiu segons intervals

CONTINGUT DE CALCARI ACTIU (%)	INTERPRETACIÓ
< 2	Inapreciable
2 - 5	Baix, poc clorosant
5 - 7	Mitjà, lleugerament clorosant
7 - 10	Mitjà, clorosant
10 - 12	Alt, clorosant
12 - 15	Alt, molt clorosant
15 - 20	Molt alt, molt clorosant
> 20	Molt alt, extremadament clorosant

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura del carbonat càlcic i calcari actiu

31

i). Són preocupants valors alts en els continguts de carbonat càlcic?

Continguts de fins al 30 i 40% són freqüents en moltes zones de cultiu de la zona mediterrània. No són especialment preocupants en plantes adaptades a aquest tipus de sòls. En tot cas és una propietat intrínseca del tipus de sòls i amb caràcter permanent. Per nivells molt superiors, l'alt percentatge de carbonats implica textures amb elevats percentatges de llims, que dificulten les propietats físiques del sòl.

ii). Pot indicar el calcari actiu l'origen de la clorosi?

El contingut alt de calcari actiu és un indicador del risc de clorosi fèrrica en espècies o portaempelts sensibles. No és però l'únic indicador. Hi ha d'altres factors que poden provocar clorosi en fulla: condicions de drenatge, asfíxia radicular, salinitat...

L'anàlisi del ferro extraïble amb EDTA millora al diagnòstic de risc de clorosi fèrrica.

2.4.7. El nitrogen

El nitrogen està present en els horitzons de sòls agrícoles en diferents formes químiques:

- **Nitrogen total:** conjunt de totes de les formes de nitrogen mineral i orgànic presents en una mostra de sòl (amb l'excepció del nitrogen gasós).
- **Nitrogen nítric:** nitrogen present en la forma de nitrats (NO_3^-). Forma química fàcilment absorbible per les arrels i molt soluble, amb alt potencial de lixiviació en profunditat en el perfil del sòl.
- **Nitrogen amoniacal:** nitrogen present en la forma de l'ió amoni (NH_4^+). Aquests ions es poden fixar amb les argiles i el complex adsorbent. També es poden presentar en formes no canviabls. Pot assimilar-se parcialment per les arrels de les plantes però normalment passa a la forma nítrica.
- **Nitrogen orgànic:** nitrogen integrat en molècules orgàniques d'origen vegetal, animal o microbià. Contingut estable en el sòl, no assimilable per les plantes. Constitueix el 95% del nitrogen del sòl.
- **Nitrogen mineral:** inclou normalment la suma del nitrogen nítric i l'amoniacal.

Els laboratoris d'anàlisis de sòls faciliten normalment els resultats analítics del nitrogen orgànic, nitrogen nítric i nitrogen amoniacal.

Nitrogen total

Per a la determinació del nitrogen total s'utilitza el mètode Kjeldhal, que consisteix en la transformació del nitrogen en ió amoni amb destil·lació i valoració posterior. Mitjançant aquest mètode no es té en compte la fracció, normalment molt minoritària, però agronòmicament molt important, dels nitrats. El nitrogen total també es pot analitzar per anàlisi elemental mitjançant el mètode Dumas. Les quantitats de nitrogen "total" que es presenten en sòls agrícoles oscil·len entre 0,05% i 0,2% (taula 2.4.7a).

Taula núm. 2.4.7a

Taula d'interpretació de nitrogen total al sòl

CONTINGUT DE NITROGEN KJELDHAL AL SÒL (%)	INTERPRETACIÓ
< 0,05	Molt baix
0,05 - 0,07	Baix
0,07 - 0,095	Mitjà-baix
0,095 - 0,120	Mitjà
0,120 - 0,145	Mitjà-alt
0,145 - 0,195	Alt
> 0,195	Molt alt

Nitrogen nítric i amoniacal

Són les fraccions que inclouen el nitrogen mineral. La seva obtenció es realitza mitjançant una extracció amb diferents solucions extractants, febles (aigua desmineralitzada, o bé amb KCl 0,1 N). Normalment la part corresponent a la fracció nítrica és la

quantitativament més important. A efectes agronòmics la determinació del nitrogen nítric en el sòl té un gran interès en la gestió de la fertilització nitrogenada. Les quantitats d'aquest ió en el sòl oscil·len principalment entre 5 i 80 mg N-NO_3^- /kg de sòl sec.

Els continguts de nitrogen nítric en el sòl, ió fàcilment disponible per les plantes, depenen en un moment concret de diversos factors: residus de la collita anterior, mineralització de les matèries orgàniques, ions originats en les aportacions d'adobs minerals i orgànics no consumits ni lixiviats, aportacions de les aigües de reg o pluja, etc. La seva estimació per mètodes indirectes és complexa. L'anàlisi de sòls permet una estimació fiable envers la planificació de la fertilització nitrogenada (taula 2.4.7b).

Taula núm. 2.4.7b

Criteris d'interpretació dels nivells de nitrogen en forma de nitrats al sòl

CONTINGUT DE NITROGEN EN FORMA DE NITRATS (PPM)	INTERPRETACIÓ (*)
< 10	Baix
10 - 15	Mitjà
15 - 20	Mitjà-alt
20 - 25	Alt
> 25	Molt alt

33

(*) Interpretació per analítiques realitzades abans de realitzar la fertilització nitrogenada

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura del nitrogen

- i). Quina és la forma de nitrogen al sòl més emprada en la gestió de la fertilització nitrogenada?

El nitrogen nítric. La determinació d'aquest element en el sòl i el nivell de resposta a la fertilització nitrogenada per part de les plantes conreades ha estat objecte de nombrosos estudis amb l'objectiu d'afinar les recomanacions en funció dels sòls, règim de pluges previst, cultiu, orientació productiva, control de les aportacions de nitrats als nivells freàtics, etc. Per un sistema de cultiu concret, en unes condicions estàndard de sòls, sistema de reg, cultiu i orientació productiva, l'anàlisi de nitrats del sòl en l'horitzó més superficial suposa una mesura d'una gran fiabilitat en el diagnòstic de les reserves i el càlcul de la fertilització nitrogenada.

- ii). Quin valor temporal té el diagnòstic de l'estat del nivell de nitrogen mineral en el sòl?

La validesa es pot considerar a efectes de campanya o cicle anual en les condicions de l'agricultura mediterrània. Aportacions d'adobs minerals o orgànics i un règim

de pluges o regs intens poden modificar de forma important els continguts en el perfil radicular del contingut de nitrogen mineral. En les condicions que s'esmenten s'acon-sella l'anàlisi de forma prèvia a la planificació de la fertilització de fons o cobertura, segons el cultiu.

2.4.8. El fòsfor

El concepte de fòsfor assimilable es refereix a la quantitat de fòsfor que les plantes poden extreure de l'horitzó de sòl en el qual s'ha obtingut la mostra. El concepte de fòsfor assimilable és el d'aquell fòsfor que poden absorbir les arrels de les plantes i constitueix la reserva en aquest nutrient del sòl.

L'extracció de la forma "assimilable" del fòsfor ha estat objecte de molts estudis que han generat una diversitat de mètodes d'extracció i, per tant, de criteris interpretatius.

En els sòls de l'àmbit mediterrani s'utilitza el mètode d'extracció Olsen, que gaudeix d'un nivell d'acceptació molt considerable per una àmplia gamma de sòls, i en particular, però no de forma exclusiva, per sòls calcaris. L'extractant que utilitza aquest mètode és el bicarbonat de sodi. L'extracte es llegeix per espectrofotometria.

Els criteris d'interpretació s'adjunten en la taula 2.4.8 que té un ampli ventall d'utilització en la interpretació dels nivells de fòsfor assimilable (extracció amb mètode Olsen) del sòl.

34

Taula núm. 2.4.8
Criteris d'interpretació dels resultats de l'anàlisi de fòsfor en el sòl amb el mètode Olsen (adaptat de FAO)

NIVELLS DE P (Olsen) AL SÒL, EN PPM	INTERPRETACIÓ
< 6	Molt baix
6 - 12	Baix
12 - 18	Mitjà
18 - 24	Mitjà-alt
24 - 36	Alt
> 36	Molt alt

Els mètodes analítics d'extracció de fòsfor del sòl intenten simular la capacitat d'absorció de fòsfor dels vegetals. El fòsfor denominat extraïble és la fracció del fòsfor que es dissol amb un extractant determinat. L'objectiu és determinar la concentració suficient de fòsfor en el sòl per garantir una probabilitat alta que el sistema radicular intercepti les molècules de fòsfor assimilable. El manteniment d'uns nivells adequats de fòsfor en el sòl implica disposar d'una informació analítica de base, adaptada a les circumstàncies del parcel·lari, medi edàfic, etc. Per aquest motiu, l'anàlisi de sòls és una eina imprescindible a l'hora de determinar les necessitats del cultiu.

La interpretació d'un determinat nivell de fòsfor extraïble depèn de la representati-vitat de la mostra extreta. Es poden establir d'aquesta forma uns marges de seguretat

que garanteixin l'èxit de la fertilització. L'objectiu seria situar els nivells en el sòl entre 12 i 25 ppm de fòsfor (horitzó superficial). Els excessos de fòsfor en l'horitzó superficial del sòl suposen un risc d'impacte ambiental en cas d'erosió.

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura del fòsfor

i). Com s'interpreta un nivell de fòsfor molt elevat en el sòl (p.ex. 72 ppm)?

Tal com s'observa en la taula 3.7. nivells de fòsfor en el sòl superiors a 25 ppm poden implicar una suspensió, si més no temporal, de l'adobat fosfòric. Concentracions molt elevades, com en el cas de la qüestió, de l'ordre de 72 ppm, poden indicar acumulacions d'aquest nutrient per causes de sobrefertilització en aquest element concret. La causa més freqüent és l'aportació de subproductes d'origen ramader en quantitats no ajustades agronòmicament. Com a conseqüència d'aquesta alta concentració existeix un risc de contaminació ambiental per arrossegament del sòl (erosió) o fins i tot pel mateix moviment del fòsfor en el conjunt del perfil del sòl malgrat la seva escassa mobilitat.

ii). Quin grau de fiabilitat té l'anàlisi de fòsfor Olsen amb relació a la mesura del fòsfor disponible per a les plantes?

L'anàlisi del fòsfor per la via d'extracció Olsen presenta una gran capacitat de predicció de l'estat de les reserves del sòl en aquest element. El mètode funciona de forma robusta en l'interval de sòls lleugerament àcids, neutres, bàsics i moderadament bàsics. El fòsfor obtingut mitjançant aquesta anàlisi té una molt alta correlació amb el fòsfor disponible realment per les plantes, com ho demostren infinitat d'estudis realitzats sobre aquesta temàtica per infinitat de centres de recerca, instituts, laboratoris, empreses i diversos ens implicats en els estudis de fertilitat de sòls.

35

2.4.9. El potassi

Juntament amb el nitrogen i el fòsfor, el potassi constitueix un dels puntals de la fertilització en el marc dels anomenats macronutrients. El concepte de potassi "extraïble" fa referència al potassi que s'extreu d'una mostra de sòl mitjançant una solució d'extracció, en aquest cas mitjançant acetat amònic. Es tracta d'una metodologia d'extracció àmpliament utilitzada i amb resultats que presenten un fort grau de correlació amb els nivells de resposta a la fertilització potàssica per part de les plantes cultivades.

Les anàlisis de sòls mesuren el potassi extraïble amb una solució d'acetat amònic. La quantitat extreta és una part del potassi adsorbit i tot el dissolt. L'extracte es llegeix per absorció atòmica o per espectrofotometria d'emissió de plasma (tècnica ICP). L'experimentació realitzada amb aquest mètode d'extracció permet interpretar el nivell de suficiència.

El contingut de potassi extraïble en el sòl depèn del material originari del sòl, de la granulometria i principalment de les tècniques de gestió agrícola (aplicació de fertilitzants minerals i orgànics, maneig dels residus vegetals i treball del sòl). La resposta

dels cultius a la fertilització potàssica depèn del tipus de cultiu, l'objectiu productiu, el contingut de potassi en el sòl, les condicions del medi i la disponibilitat d'aigua. El potassi afecta no només el rendiment, sinó també la qualitat de la producció. Per aquest motiu s'ha de considerar tant els aspectes de necessitats de potassi com les condicions de l'excés, relacionat per exemple amb el bitter pit en poma. Un subministre adequat de potassi millora la producció i qualitat de molts cultius per les diverses funcions que realitza l'element en els cultius.

Taula núm. 2.4.9a

Interpretació dels nivells de potassi extret amb acetat amònic (adaptat de FAO per fruiters)

NIVELLS DE K (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 80	Molt baix
80 - 125	Baix
125 - 175	Normal
175 - 250	Normal-alt
> 250	Alt

Qüestions freqüents als resultats analítics obtinguts en la mesura del potassi

- i). Quin grau de fiabilitat té l'anàlisi de potassi extraïble amb acetat amònic amb relació a la mesura del potassi disponible per a les plantes?

L'anàlisi de potassi mitjançant l'extracció amb acetat amònic és un mètode d'àmplia i reconeguda vàlua i utilització a escala internacional. És un mètode robust i ben correlacionat amb la resposta esperable de les plantes a la fertilització potàssica. Co-breix perfectament el ventall de tipologies de sòls conreats amb finalitats agrícoles.

- ii). Pot haver-hi sòls que no necessitin fertilització potàssica?

Sí, almenys temporalment. És el cas de sòls que han estat sobreferilitzats en aquest element nutrent i que s'ha acumulat en el perfil del sòl. També hi ha sòls que, naturalment, pel seu origen a efectes de material original i processos de formació, presenten un alt contingut en reserves de potassi, amb nivells que no fan necessària la reposició d'aquest element. L'anàlisi rutinària de sòls detecta fàcilment l'estat de les reserves del sòl i així es pot procedir envers l'adequació de la fertilització potàssica.

2.4.10. El magnesi

L'origen del magnesi és degut en gran part a la composició mineral dels sòls. És un element nutrent que ocupa una posició secundària en les necessitats dels cultius, bàsicament per una àmplia disponibilitat en el sòl i una relativament baixa extracció per part del cultiu.

La forma en què aquest element es troba en el sòl i l'absorció pel cultiu són similars al potassi. El mètode d'anàlisi és el mateix: extracció amb acetat amònic i lectura per espectrofotometria.

La fertilització magnèsica actua amb el mateix criteri que la potàssica amb la diferència que en la majoria de sòls aquest element es troba en caràcter de suficiència d'una forma natural.

Algunes aigües de reg poden provocar un augment del nivell de magnesi en el sòl degut a l'aportació d'aquest element.

Taula núm. 2.4.10a

Interpretació dels nivells de magnesi extret amb acetat amònic

NIVELLS DE Mg (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 40	Molt baix
40 - 80	Baix
80 - 175	Normal
175 - 250	Normal-alt
>250	Alt

2.4.11. El calci

37

El calci és un element molt abundant en sòls calcaris, els quals són majoritaris en la fructicultura del nostre país. La disponibilitat d'aquest element és, per tant, elevada. A igual que el magnesi es tracta d'un element secundari en la fertilització. Es pot utilitzar, amb finalitat orientativa, la mesura del contingut de calci extret amb acetat amònic per tenir una estimació dels nivells de calci en el sòl, aprofitant l'extracció realitzada pel potassi i magnesi. No obstant això, la dissolució dels carbonats de calci en el procés d'extracció en fa una mesura que cal interpretar amb prudència.

Respecte a aquest catió s'observa que la falta de calci en el fruit és un problema freqüent. La falta de calci és conseqüència d'un o diversos factors com ara l'excés de potassi i magnesi en el sòl, les aplicacions tardanes de potassi, l'excés d'aigua disponible pel fruïter, l'excés de nitrogen i en general els desequilibris entre el sistema vegetatiu i els fruits.

Taula núm. 2.4.11a

Interpretació dels nivells de calci extret amb acetat amònic

NIVELLS DE Ca (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 700	Molt baix
700 - 2.000	Baix
2.000 - 4.000	Normal
>4.000	Alt

3. ANÀLISIS DE FULLES. CRITERIS D'INTERPRETACIÓ

La realització de diferents tipus d'anàlisi en planta té com a objectiu principal completar la informació de les anàlisis de sòls i la gestió de la fertilització dels cultius. Les anàlisis de fulla tenen una gran utilitat per ajustar els programes de fertilització i realitzar diagnòstics nutricionals de les plantacions de fruiters. L'ús d'aquestes anàlisis combinat amb la interpretació de les anàlisis de sòls permet millorar la fertilització sota una perspectiva productiva, de qualitat del fruit i de les millores agroambientals que se'n deriven.

3.1. Obtenció de la mostra

Per avaluar l'estat de nutrició dels cultius és necessari obtenir fulles en bon estat. El criteri general de selecció de les mostres es basa en l'obtenció de fulles de l'any plenament desenvolupades. Els requeriments de precisió dels resultats es basen més en el nombre d'individus mostrejats que en el nombre de fulles. Si per exemple una mostra està composta de 50 fulles que provenen de 25 arbres és més representativa que si les fulles provenen de 2 arbres. El nombre de fulles a obtenir depèn de la seva mida. Per exemple, 25 fulles d'olivera poden ser insuficients i 50 fulles de vinya donen un volum de material excessiu.

Cada mostra representa l'estat nutricional d'una unitat de gestió que coincideix amb la definida en el capítol de presa de mostres de terra.

El material vegetal i els períodes de presa de mostra s'estandarditzen per poder utilitzar unes determinades taules d'interpretació. Existeix variabilitat en els continguts de nutrients segons:

- Edat de la fulla (posició dins del brot)
- Posició de la fulla (respecte l'arbre)
- Proximitat a òrgans de fructificació
- Part de la fulla (limbe, pecíol)
- Portaempelt (expansió del sistema radicular)
- Varietat
- Moment de l'extracció de la fulla

La variabilitat observada segons aquests factors és inferior a la variabilitat entre diferents parcel·les. Per aquest motiu es donen les taules orientatives per a la interpretació de les anàlisis de fulles amb caràcter general per les diferents espècies (aplicables a la zona de Catalunya).

Els períodes de presa de mostres no poden ser molt restrictius, s'aconsella deixar un ventall suficientment ampli a criteri del prescriptor local. És aconsellable realitzar les analítiques anuals durant el mateix període vegetatiu per poder realitzar comparacions de resultats entre campanyes. Les pautes generals en la presa de mostres són:

- **Pomera, perera, presseguer i nectarina:** 50 fulles totalment desenvolupades de la part central dels brots situats en la part externa de l'arbre i a una altura entre 1,2-1,8 m. Període: final de primavera i estiu.
- **Cítrics:** 30 fulles plenament desenvolupades de brots vegetatius. Període: final de tardor i hivern.
- **Olivera:** 100 fulles de la part central del brot de l'any. Períodes:
 - Parada estival.
 - Parada hivernal.
- **Vinya:** 25 fulles oposades al primer raïm basal. Hi ha diverses opcions pel que fa als períodes:
 - Un mes a partir dels 20 dies de la floració (principis d'estiu).
 - Després del verolat (meitat a final d'estiu).
- **Ametllers:** 50 fulles totalment desenvolupades de la part central dels brots. Període: Final de primavera i estiu.
- **Noguers:** 25 fulles plenament desenvolupades de brots nous. Període: Estiu.
- **Avellaner:** 25 fulles de la part central del brot de l'any. Període: Estiu.

En cas de detecció de problemes s'aconsella buscar fulles amb aparició de símptomes sense arribar a estar malmeses del tot. No s'han d'utilitzar aquestes anàlisis per programar la fertilització; tenen una finalitat de diagnòstic de problemes.

3.2. Les anàlisis de laboratori i la seva interpretació

L'anàlisi foliar determina el contingut total d'uns determinats nutrients en un moment precís. L'ús de les taules d'interpretació d'aquestes anàlisis ens permet realitzar un diagnòstic de l'estat de la planta en el moment de la presa de mostres. Bàsicament les principals finalitats de les anàlisis de fulles són:

- **Diagnòstic de carències:** permet identificar carències de nutrients. En el cas de microelements és suficient per la prescripció de tractaments. En el cas dels macroelements la informació s'ha de completar amb les dades del sòl.
- **Diagnòstic de problemes:** alguns problemes físics del sòl es poden diagnosticar amb l'anàlisi foliar. Els nivells baixos o alts de determinats elements estan associats a problemes en el sòl.
- **Control d'alguns tractaments:** l'anàlisi foliar permet avaluar aplicacions excessives de metalls (per exemple coure i zinc) i poder així tornar a ajustar les dosis a aplicar en anys successius.

- **Control de la fertilització:** les aplicacions de nutrients en cobertora, sovint en sistemes de fertirrigació, poden ser avaluades a partir del contingut en macronutrients en l'anàlisi foliar, ajustant les dosis de fertilització d'una forma convenient.

- **Control dels microelements (zinc, manganès, bor):** es realitza d'una forma pràctica amb l'anàlisi foliar. En cas de detectar un nivell baix s'aconsella contrastar-lo amb l'estat de la plantació i actuar en conseqüència. Les aplicacions amb aquests microelements es poden realitzar per via aèria o menys freqüentment via sòl.

3.2.1. Preparació de la mostra

Un cop obtinguda la mostra de fulles la seva anàlisi es realitza sobre una mostra assecada en una primera fase a uns 70° C i els resultats es refereixen a una mostra assecada a 105° C.

Posteriorment es procedeix a una digestió àcida en un forn microones (a alta pressió) i en la solució líquida s'analitzen els diferents macronutrients i micronutrients. El nitrogen segueix la via d'anàlisi específica del mètode Kjeldhal. La mineralització també es pot fer amb la utilització d'un atac àcid a alta temperatura en forn mufla.

3.2.2. Anàlisi del nitrogen Kjeldhal

La mostra seca de fulla, un cop assecada, és digerida amb àcid sulfúric i amb presència del catalitzador de seleni, que permet la transformació del nitrogen en l'ió amoni. Posteriorment es destil·la en medi alcalí i es valora.

Aquest mètode permet avaluar el nitrogen orgànic i el de la fracció mineral, excepte el que es troba en forma de nitrat o nitrit (que representen una fracció molt petita del total).

Els criteris d'interpretació per algunes espècies s'exposen en les taules del punt 3.2.4.

3.2.3. Anàlisis d'altres macronutrients i micronutrients

A partir de la solució obtinguda en la digestió àcida de la mostra en un forn microones o bé per la via de la mineralització en forn mufla es passa a la lectura dels elements d'interès mitjançant absorció atòmica o més freqüentment mitjançant la tècnica d'espectrometria d'emissió per plasma. Aquesta darrera tècnica té major robustesa, cobreix un ventall més ampli i té una major productivitat a efectes analítics. Els elements analítics obtinguts es poden considerar, a efectes pràctics, els totals dels continguts en la mostra.

Els elements que inclou aquesta via analítica són:

- | | | |
|-----------|---------|------------|
| · fòsfor | · sofre | · manganès |
| · potassi | · sodi | · ferro |
| · calci | · zinc | · bor |
| · magnesi | · coure | |

Els criteris d'interpretació per algunes espècies s'exposen en les taules del punt 3.2.4.

3.2.4. Taules d'interpretació de les anàlisis de fulles

Les taules que es proposen a continuació permeten caracteritzar l'estat nutricional de les plantacions per a mostres extretes durant els períodes recomanats.

S'inclouen les següents espècies:

- pomera
- olivera
- avellaner
- perera
- vinya
- ametller
- presseguer i nectarina

La font d'informació és la base de dades del laboratori agroambiental (LAF).



Fotografia 3.2a. Mostra de fulla amb símptomes visuals de clorosi (foto cedida per LAF).

Interpretació d'anàlisis foliars per cultius (macroelements)

	Interpre- tació	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Pomera	Baix	< 1.8	< 0.11	< 1.2	< 0.7	< 0.18	< 0.1
	Normal	1.8 - 2.35	0.11 - 0.2	1.2 - 2	0.7 - 1.8	0.18 - 0.40	0.1 - 0.25
	Alt	2.35 - 3.0	> 0.2	> 2.0	1.8 - 2.2	0.40 - 0.45	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 3.0			> 2.2	> 0.45	> 0.40
Perera	Baix	< 1.9	< 0.11	< 1.0	< 1.0	< 0.2	< 0.1
	Normal	1.9 - 2.5	0.11 - 0.2	1.0 - 1.8	1.0 - 2.2	0.2 - 0.4	0.1 - 0.25
	Alt	2.5 - 3	> 0.2	> 1.8	> 2.2	0.4 - 0.55	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 3				> 0.55	> 0.40
Presseguer i nectarina	Baix	< 2.0	< 0.12	< 1.8	< 1.5	< 0.3	< 0.1
	Normal	2.0 - 3.5	0.12 - 0.28	1.8 - 3.0	1.5 - 3.0	0.3 - 0.65	0.1 - 0.25
	Alt	3.5 - 4.0	> 0.28	3.0 - 4.0	3.0 - 4.0	0.65 - 1.1	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 4.0		> 4.0	> 4.0	> 1.1	> 0.40
Olivera	Baix	< 1,4	< 0,08	< 0,7	< 1,0	< 0,10	< 0,1
	Normal	1,4 - 2,0	0,08 - 0,3	0,7 - 1,2	1,0 - 2,5	0,10 - 0,50	0,1 - 0,25
	Alt	> 2,0	> 0,30	> 1,2	> 2,5	> 0,50	> 0,25
Vinya	Baix	< 1,8	< 0,11	< 0,8	< 1,3	< 0,18	< 0,1
	Normal	1,8 - 2,35	0,11 - 0,22	0,8 - 1,5	1,3 - 3	0,18 - 0,50	0,1 - 0,25
	Alt	2,35 - 3,0	> 0,22	1,5 - 2,1	> 3	0,50 - 0,70	0,25 - 0,40
	Molt alt	> 3,0		> 2,1		> 0,70	> 0,40
Avellaner	Baix	< 2,0	< 0,15	< 0,7	< 1,0	< 0,2	< 0,1
	Normal	2,0 - 2,5	0,15 - 0,5	0,7 - 1,2	1,0 - 2,5	0,2 - 0,5	0,1 - 0,25
	Alt	> 2,5	> 0,5	> 1,2	> 2,5	> 0,50	> 0,25
Ametller	Baix	< 1,5	< 0,07	< 0,4	< 0,9	< 0,1	< 0,08
	Normal	1,5 - 2,2	0,07 - 0,35	0,4 - 1,2	0,9 - 2,0	0,1 - 0,6	0,08 - 0,25
	Alt	> 2,2	> 0,35	> 1,2	> 2,0	> 0,60	> 0,25

(Font: base de dades del laboratori LAF)

Taula núm. 3.2.5b
 Interpretació d'anàlisis foliars per cultius (microelements)

	Interpre- tació	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	Na (ppm)
Pomera	Baix	< 12	< 20	< 5	< 40	< 15	
	Normal	12 - 50	20 - 50	5 - 20	40 - 125	15 - 30	< 500
	Alt	50 - 100	50 - 80	20 - 50	> 125	30 - 50	> 500
	Molt alt	100 - 200	80 - 200	50 - 100		> 50	
Perera	Baix	< 20	< 20	< 4	< 60	< 10	
	Normal	20 - 50	20 - 160	4 - 16	60 - 250	10 - 50	< 500
	Alt	50 - 70	160 - 400	16 - 50	> 250	50 - 80	> 500
	Molt alt	> 70	> 400	> 50		> 80	
Presseguer i nectarina	Baix	< 20	< 20	< 4	< 60	< 10	
	Normal	20 - 50	20 - 160	4 - 16	60 - 250	10 - 50	< 500
	Alt	50 - 70	160 - 400	16 - 50	> 250	50 - 80	> 500
	Molt alt	> 70	> 400	> 50		> 80	
Olivera	Baix	< 12	< 20	< 4	< 45	< 14	
	Normal	12 - 60	20 - 150	4 - 40	45 - 300	14 - 100	< 500
	Alt	> 60	> 150	> 40	> 300	> 100	> 500
Vinya	Baix	< 15	< 20	< 5	< 40	< 15	
	Normal	12 - 40	20 - 100	5 - 20	40 - 175	15 - 75	< 500
	Alt	40 - 100	100 - 200	20 - 100	> 175	75 - 125	> 500
	Molt alt	> 100	> 200	> 100		> 125	
Avellaner	Baix	< 15	> 20	< 4	< 50	< 14	
	Normal	15 - 150	20 - 150	4 - 40	50 - 300	14 - 100	< 500
	Alt	> 150	> 150	> 40	> 300	> 100	> 500
Ametller	Baix	< 30	< 20	< 5	< 50	< 12	
	Normal	30 - 100	20 - 50	5 - 30	50 - 125	12 - 50	< 500
	Alt	> 100	> 50	> 30	> 125	> 50	> 500

(Font: base de dades del laboratori LAF)

3. 3. L'anàlisi de fruita

Les analítiques de material vegetal com a eines de diagnòstic i control són complementàries a les anàlisis de sòls. L'anàlisi foliar és l'anàlisi de material vegetal que presenta una major quantitat d'estudis i seguiments amb més de quaranta anys d'història. Això no obstant, l'anàlisi de fruit comença igualment a ser utilitzada. Es tracta d'anàlisis que faciliten informació complementària a la de sòls i que per tant permeten millorar el maneig de la fertilització.

Aquesta anàlisi es realitza quan el fruit està totalment desenvolupat. Es tracta del producte acabat i per tant reflecteix el resultat final de les pràctiques de maneig realitzades durant la campanya de cultiu. Les principals utilitats d'aquesta analítica són:

- Permetre avaluar l'equilibri nutricional de la fruita un cop ha finalitzat la campanya. Aquest equilibri nutricional està relacionat amb les pràctiques culturals realitzades durant la campanya.
- Diagnòstic de la fertilització: l'excés de determinats nutrients pot estar relacionat amb la dosi i el moment d'aplicació dels fertilitzants, d'aquesta forma es pot ajustar el programa d'adobat de l'any següent.
- Avaluació de la capacitat de conservació: a partir de l'anàlisi de fruits es pot realitzar una avaluació de la capacitat de conservació del lot de fruita.

Taula núm. 3.3a

Nivells normals* en fruita per espècies (mg/100 g fruita fresca)

NUTRI- ENT	POMA	PERA	Préssec- Nectarina	CIRERA	RAÏM	OLIVA
N	40-55	40-60	70-115	80-180	100-140	200-350
P	9-11	10-13	15-25	15-25	15-25	18-25
K	80-110	80-130	150-200	120-0180	150-200	450-650
Ca	5-6	6-9	10-20	10-18	20-30	-
Mg	4-6	4-7	4-8	8-11	8-15	-

(*) En la taula es presenta l'interval normal dels nivells dels diferents nutrients en fruita.

Aquestes taules es podran refinar progressivament amb la consideració de més dades que podran contemplar un ventall de situacions més ampli.



Fotografia 3.3a. Aquests préssecs varen rebre excessos de fertilització. Els continguts de nitrogen i potassi van donar 180 i 360 mg/100 g respectivament.

4. BASES PER A LA FERTILITZACIÓ DELS FRUITERS

En aquest capítol es consideren els elements nitrogen, fòsfor i potassi com a macronutrients essencials en el programa de fertilització de les plantacions de fruiters. Es presenta per cadascun dels tres elements els trets fonamentals per al seu coneixement, facilitant d'aquesta forma les bases tècniques en les que es basa la fertilització.

4.1. Els nitrats i la fertilització nitrogenada

La forma de nitrogen disponible al sòl quantitativament més important és el nitrat. Per aquest motiu se centra el tema de la fertilització nitrogenada a la disponibilitat de nitrogen en forma de nitrat. Aquesta forma de nitrogen es caracteritza per l'elevada solubilitat, de l'ordre d'uns 1.300 g per litre d'aigua. Aquesta propietat condiciona l'estat del nitrat, dissolt en la solució del sòl i, per tant, sotmès als moviments de l'aigua en el perfil. La lixiviació del nitrat és un dels temes a considerar en el moment de realitzar la fertilització nitrogenada.

Les pèrdues de nitrat del sòl depenen dels següents factors:

- La disponibilitat de nitrogen
- La profunditat del sòl
- La granulometria del sòl
- El drenatge al final del perfil del sòl
- La dosi i intensitat d'aigua
- L'absorció d'aigua per al cultiu
- L'evaporació d'aigua del sòl

47

Respecte a les pèrdues de nitrat del sòl cal acotar-les en un context realista. Per exemple en un sòl profund on el front d'humectació per pluja o reg se situa dins del perfil, no hi ha pèrdues de nitrat per lixiviat. Per unes condicions percolants, les pèrdues de nitrat del sistema poden arribar a ser importants en una mateixa campanya. Cal tenir en compte:

- El nitrat segueix el flux de l'aigua, és a dir, pot ser tant descendent com ascendent.
- En parcel·les amb aigües freàtiques pròximes a la superfície o amb acumulació d'aigües de drenatge, hi ha un balanç positiu de nitrats degut a l'ascensió capil·lar de l'aigua.
- Són moltes les parcel·les que disposen de quantitats elevades de nitrat en finalitzar la campanya de cultiu, la qual cosa demostra la relativa capacitat de rentat a curt termini.

- Les pèrdues d'aigua produïdes per pas preferent com escletxes o entre els elements grossos no produeixen rentat de nitrats.
- Una dosi excedentària de nitrogen aplicat augmenta les pèrdues potencials del sistema.

i) L'absorció del cultiu

La planta consumeix els nitrats juntament amb el consum d'aigua del sòl (flux de massa). La concentració de nitrats a l'aigua és variable ja que depèn del nitrat dissolt i de la quantitat d'aigua disponible. La possibilitat d'haver-hi excés d'aquest nutrient suposaria un consum de luxe. Tal com s'indica en l'apartat de les extraccions dels fruiters, l'absorció majoritària de nitrogen es produeix durant la primavera, moment en el qual cal procurar amb ajut dels fertilitzants la disponibilitat d'aquest nutrient. Les necessitats de nitrogen durant l'estiu són restituïdes i poden ser suportades per l'aport del sòl (mineralització de la matèria orgànica) i el nitrogen no consumit durant la primavera.

En el cas dels cultius fruiters en condicions d'equilibri nutricional, el fruit extreu entre un 15 i un 20% del nitrogen total absorbit. La baixa proporció de nitrogen en fruit al final de campanya relativitza les extraccions totals en base a la producció. Diferències de producció significativament importants són menys representatives que els canvis en el sistema vegetatiu. Una plantació vigorosa amb baix rendiment extreu més nitrogen que una altra equilibrada amb major producció. Per aquest motiu s'ha de deslligar parcialment l'absorció nutricional de la producció.

En condicions de desenvolupament normal i sense forçar d'una forma artificial el consum de nutrients, el nitrogen s'absorbeix majoritàriament durant la primavera, coincidint amb el creixement vegetatiu. En finalitzar aquest període les fulles contenen una concentració de nitrogen alta. A partir de l'inici del creixement del fruit, la concentració de nitrogen en les fulles inicia la seva davallada per translocar-se al fruit i finalment als òrgans de reserva. Durant el període de creixement del fruit fins a senescència hi ha encara absorció de nitrogen procedent de la mineralització de la matèria orgànica i del nitrogen residual. En finalitzar el desenvolupament del fruit es constata una disminució del contingut de nitrogen en fulles.

ii) L'anàlisi de nitrats

Per mantenir una representativitat del nivell de nitrats en un parcel·la és important el procés d'extracció de la mostra representativa i la preparació del material abans de realitzar l'extracció dels nitrats (assecat, tamisat i homogeneïtzat, vegeu capítol 2).

Aquesta determinació analítica és actualment una metodologia objectiva i fiable per avaluar la disponibilitat de nitrogen per als cultius d'una forma generalitzada. Poder establir un nivell de suficiència del nivell de nitrats al sòl per cada cultiu en una zona edafoclimàtica s'anomena concentració crítica. Es considera concentració crítica aquella per sota la qual cal esperar una resposta positiva a l'aplicació de fertilitzant nitrogenat. Òbviament aquesta concentració crítica depèn del tipus de sòl, de la plantació i del maneig del reg i del sòl.

iii) La fertilització nitrogenada

En el cas dels fruiters, en general es considera una concentració crítica o de suficiència, i això vol dir que no cal afegir-hi més nitrogen, quan tenim entre 15 i 20 ppm de nitrogen-nitrats (equival a $65\text{--}90 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ per una densitat aparent de 1.5 t m^{-3} en l'horitzó de mostratge).

Els factors clau per a l'ús dels fertilitzants nitrogenats són:

- Estimació de les necessitats del cultiu.
- Estimació de les reserves del nitrogen disponible al sòl.

És molt freqüent la presència de nivells de nitrats en el sòl molt elevats (per diverses causes).

Les conseqüències més immediates de l'excés de nitrats en el sòl són:

- L'augment de massa vegetativa, que origina desequilibris nutricionals i augment de les necessitats hídriques.
- Increment en l'absorció d'altres nutrients com el potassi. Fet que pot ser contraproductiu per la qualitat de conservació.
- Excés d'hidratació de les cèl·lules del fruit, la qual cosa incrementa el risc de podridura per fongs.
- La pèrdua de nitrats del sòl cap a les aigües superficials i subsuperficials.
- Una despesa innecessària per part de l'agricultor.

49

Establir el moment òptim per a l'aplicació dels fertilitzants nitrogenats és conseqüència de les propietats d'aquest nutrient amb relació al medi (sòl) i del ritme d'extraccions per la planta. L'objectiu és deixar en el sòl tot el nitrogen necessari per al desenvolupament vegetatiu acumulat com un balanç entre les extraccions totals i el nitrat disponible en el sòl.

Criteris generals sobre l'ús dels fertilitzants nitrogenats:

- No hi ha fertilitzants nitrogenats millors o pitjors. L'important és l'adaptació als sistemes d'aplicació de cada explotació.
- El nitrogen és un element que s'aplica directament al sòl.
- El moment oportú d'aportació del fertilitzant nitrogenat depèn del nivell en el sòl, l'aportació de l'aigua de reg i/o freàtic i la mineralització de la matèria orgànica.
- Cal ser molt curós amb les aportacions de fertilitzants orgànics de composició no estàndard.

4.2. El fòsfor i la fertilització fosfòrica

El fòsfor és un nutrient que presenta formes complexes en el sòl. Es pot considerar que, a diferència del nitrat, aquest no es troba mai dissolt. Per simplificar tots els processos de transformació i reaccions dels compostos de fòsfor al sòl, es pot pensar en el fòsfor com en un precipitat, generalment de fòsfor i calci (en sòls calcaris), que es pot dissoldre per acció de la respiració de la flora i fauna del sòl (efecte de l'ió bicarbonat). Aquests processos de dissolució i precipitació alternats permeten la difusió del fòsfor en el sòl.

i) L'absorció del cultiu

L'absorció de fòsfor es realitza principalment al final de la primavera, l'estiu i principis de tardor, associada a l'augment de les temperatures. El fòsfor absorbit es distribueix principalment en els òrgans que permeten emmagatzemar el fòsfor en forma de substàncies de reserva (arrels, tronc i part de l'esquelet). Durant les primeres fases de desenvolupament del cultiu (primavera) l'arbre aprofita aquestes substàncies de reserva per a la formació de brots, botons florals i fulles.

El consum de fòsfor per part del fruit és d'aproximadament un 25% del total absorbit. Les fulles acumulen un percentatge equivalent, l'altre 50% restant es distribueix entre brots, branques, tronc i arrels. Part del fòsfor s'extreu amb la fusta de la poda i la resta del fòsfor acumulat l'utilitzarà la planta novament a l'inici de la propera campanya. El balanç final de fòsfor absorbit és de l'ordre d'uns pocs quilograms de P per hectàrea. No obstant això, la quantitat total de fòsfor que circula pel conjunt d'òrgans de la planta pot arribar als 25-30 kg P/ha.

El fòsfor acumulat en els fruits i òrgans de reserva tindrà un paper fonamental en la conservació dels fruits i en la floració de l'any següent.

El mecanisme d'absorció principal per part de les plantes està estretament associat als mecanismes de respiració dels sistema radicular. El fòsfor s'absorbeix en forma d'ió fosfat, i les formes monovalents són les més fàcilment disponibles. El moviment d'aquest element en el sòl es produeix per gradients de concentració, es tracta d'un moviment lent però que permet a llarg termini una distribució homogènia en la zona de màxima absorció del cultiu. La disponibilitat de fòsfor en el sòl és necessària per augmentar la probabilitat d'intercepció de les molècules de fosfat per les arrels.

ii) L'anàlisi del fòsfor

S'utilitza l'anàlisi de sòls com a mesura de les reserves de fòsfor disponible en el sòl (mètode Olsen, vegeu capítol 2).

iii) La fertilització fosfòrica

El programa de fertilització s'ajusta a la disponibilitat d'aquest nutrient segons els criteris d'interpretació de l'anàlisi de sòls pel mètode Olsen (taula 2.4.8).

Per a nivells baixos o molt baixos, la fertilització fosfòrica té un doble objectiu, el primer, subministrar al cultiu l'absorció necessària d'aquest nutrient i el segon, equilibrar els nivells del sòl. La fertilització en aquests casos és més complexa i es busca l'optimització en l'aprofitament del fòsfor aplicat. Utilitzar adobs més solubles, aplicats de forma fraccionada, permet augmentar l'eficiència d'aquests fertilitzants.

Per a nivells mitjans o òptims s'aconsella aportar les exportacions de fruit per al manteniment de la fertilitat.

Si es disposa de nivells alts de fertilitat s'aconsella disminuir les aportacions del cultiu o suprimir-les segons el cas.

El moment d'aplicació dels fertilitzants fosfòrics és menys rellevant que en el cas dels adobs nitrogenats. És més, en el cas de disposar de nivells adequats en el sòl, aquests fertilitzants es poden aplicar amb caràcter plurianual.

La necessitat de fòsfor en determinats moments del desenvolupament és força reconeguda, per exemple la necessitat de fòsfor en el moment de la floració. Cal saber que la flor necessita aquest nutrient, però de forma metabolitzada, emmagatzemada en els òrgans de reserva. Aquestes formes de fòsfor han estat sintetitzades a partir del fòsfor mineral consumit durant la campanya anterior i transportades en forma de substàncies als òrgans florals corresponents.

Criteris generals d'ús i aplicació:

- El fòsfor és un element que s'aplica preferentment en el sòl.
- En cas de detectar carències de fòsfor a partir d'una anàlisi foliar, cal contrastar-ho amb el nivell al sòl i buscar la possible causa del problema (asfíxia radicular, fisiopaties, etc).
- En un adob el que interessa és saber el percentatge de fòsfor soluble al citrat amònic (segons els mètodes oficials d'anàlisi). Especialment en sòls bàsics.
- L'excés de fòsfor al sòl no ocasiona perjudicis a la plantació ni tampoc antagonismes amb altres elements, en les quantitats normalment observades.
- L'excés de fòsfor no millora el seu consum per la planta.
- L'excés de fòsfor al sòl no és compatible amb pràctiques d'agricultura sostenible, no és mediambientalment correcte i suposa un mal ús dels recursos no renovables.

Per calcular les unitats fertilitzants d'aquest nutrient és necessari aplicar un factor de correcció de 2,29 per passar de fòsfor P a P_2O_5 .

4.3 El potassi i la fertilització potàssica

El potassi disponible del sòl es troba majoritàriament en forma adsorbida en el complex argil-lohúmic. També hi ha una part important del potassi que es troba dissolt en la solució del sòl. A l'igual que en el cas del fòsfor hi ha altres formes de potassi en el sòl que, a la pràctica, tenen poca relació amb la disponibilitat immediata del nutrient.

El potassi aplicat al sòl es troba temporalment en forma d'ió potassi durant un període de temps relativament important dissolt en fase aquosa del sòl. Aquest catió cerca en l'anomenat complex argil-lohúmic els radicals necessaris per a la seva adsorció. El sòl manté un equilibri entre el potassi adsorbit i el disponible en la solució del sòl.

i) Absorció del cultiu

Quan l'arbre absorbeix l'aigua del sòl, aquest consumeix el potassi de la solució i el sòl deixa anar part del potassi adsorbit per mantenir l'equilibri.

Per a un nivell adequat de potassi en el sòl, la plantació consumeix d'una forma equilibrada tot el potassi necessari.

El potassi és un element important en la nutrició dels vegetals i per tant pel manteniment de les produccions, en quantitat i qualitat. En el cas concret de la fructicultura juga un paper interessant molt relacionat amb la qualitat del fruit. El potassi s'acumula en l'interior de les cèl·lules del fruit i contribueix a la seva hidratació. L'absorció de quantitats adequades de potassi contribueix a l'equilibri nutricional del fruit amb el manteniment d'un calibre correcte, mentre que la falta d'aquest element produeix fruits de menor calibre i qualitat.

El potassi s'absorbeix durant tot el període de desenvolupament del cultiu. Aquest element es transloca per l'interior del vegetal bàsicament en forma mineral. Durant el període de creixement del fruit hi ha una forta translocació de potassi de les fulles cap als fruits. Pel que fa al potassi, el 55% del potassi total consumit es realitza en el decurs de la formació del sistema vegetatiu i el 45% final és consumit en el decurs de la formació del fruit.

ii) L'anàlisi del potassi

S'utilitza l'anàlisi de sòls com una mesura de les reserves de potassi assimilable en el sòl (mètode de l'acetat amònic, vegeu capítol 2).

iii) La fertilització potàssica

La fertilització potàssica actua amb el mateix criteri que la fosfòrica, ajustant la disponibilitat d'aquest nutrient segons els criteris d'interpretació de l'anàlisi de sòls (taula 2.4.9). La utilització de les anàlisis permet ajustar el programa de fertilització cercant el nivell òptim de potassi al sòl. Evitar els nivells molt baixos i alts millora de forma substancial la qualitat del fruit final.

Els fertilitzants potàssics presenten una eficiència d'absorció molt elevada, per aquest motiu s'aconsella controlar les aplicacions de cobertera. L'objectiu de les aplicacions de cobertera és facilitar el complement de potassi que el cultiu no pot absorbir directament del sòl. Els casos més freqüents poden ser per nivells baixos al sòl, escàs desenvolupament radicular i elevades produccions.

Per tal que la plantació pugui respondre d'una forma correcta davant d'un nivell adequat de potassi al sòl cal que el sistema radicular de l'arbre no tingui limitacions importants com ara la compactació de sòls o la sequera.

Les aplicacions es poden realitzar abans de l'inici del creixement (tardor, hivern). D'aquesta forma el potassi aplicat no interfereix amb els mecanismes d'absorció i s'evita el consum de luxe.

Com a punts a recalcar en la fertilització potàssica:

- És un element essencial en la producció de fruita de qualitat. Les carències i els excessos són molt perjudicials.
- La dosi òptima s'ha de calcular a partir de les exportacions del fruit i del nivell de potassi al sòl.
- El moment òptim d'aplicació dels fertilitzants potàssics no ha de coincidir amb el moment de consum del cultiu per evitar induir consums de luxe.
- El potassi consumit en excés indueix carències de calci en fruit. El potassi és un element antagonista del calci en el moviment de translocació de nutrients.

Per calcular les unitats fertilitzants d'aquest nutrient és necessari aplicar un factor de correcció d'1,2 per passar de potassi K a K_2O .

iv) Interacció potassi-calci

53

Quan el sòl presenta nivells alts de potassi o bé s'han realitzat aportacions excessives de potassi durant el període de creixement vegetatiu, la plantació pot disposar de nivells molts alts de potassi en la solució del sòl. L'absorció d'aigua per al cultiu produirà un consum de luxe del potassi disponible. La quantitat de potassi absorbit per la plantació serà superior a les extraccions considerades adequades per al cultiu. Part de l'excés de potassi absorbit serà translocat a l'interior de les cèl·lules del fruit, per tal d'augmentar-ne la capacitat d'hidratació.

A aquest problema s'hi ha d'afegir la selecció que la planta efectua en el moment de translocació de nutrients des de les fulles al fruit en l'equilibri aniónic. Entre els diferents cations existeix una competència o antagonisme que pot afectar aquells elements que disposen de menys possibilitats per translocar-se. Un dels elements més desfavorits en el procés de translocació és el calci. Aquest àtom divalent presenta menor mobilitat en l'interior de la planta que el potassi.

Una de les funcions del calci en el fruit és el recobriment de les parets cel·lulars a les quals aporta resistència. L'excés de potassi acumulat en l'interior cel·lular i la conseqüent hidratació i la falta de calci recobrint les parets cel·lulars afavoreixen el trencat de cèl·lules i indueix fisiopaties de diferent consideració segons l'espècie i la varietat.



Fotografia 4.3a. Fruits amb excés de potassi (el resultat analític és de 280 mg/100 g de fruita fresca).

El *bitter pitt*, per exemple, és conseqüència de l'aïllament de la resta del fruit d'un grup de cèl·lules ocasionat per l'esclat o trencament de la membrana cel·lular.

En altres espècies, l'esclat de cèl·lules afavoreix la reproducció de fongs que s'alimenten del suc cel·lular i produeix podridures diverses.

54

Hi ha diferents varietats i espècies en què es produeix un esquerdat del fruit que s'anomena *cracking*.

Aquests fenòmens afecten una part de les cèl·lules del fruit. L'anàlisi del fruit pot ajudar a la diagnosi d'un possible problema nutricional.

4.4. Les extraccions dels fruiters

Per realitzar el càlcul de la fertilització de qualsevol cultiu és necessari establir a priori les extraccions del cultiu, diferenciant el concepte d'extracció de l'exportació. L'extracció fa referència a l'absorció total de nutrients del cultiu i l'exportació a la part del cultiu que surt de la parcel·la (fruit).

En la majoria de cultius les extraccions es calculen a partir de la concentració mitjana de nutrient per unitat de producció, sempre tenint en compte que la concentració pot augmentar juntament amb la producció (les concentracions de nutrients no són una constant). En el cas de la fructicultura no hi ha una relació directament proporcional entre la producció i les extraccions totals. Les diferències entre el creixement vegetatiu i la producció en són el principal motiu. Cal matisar les extraccions existents per cada nutrient segons els cultius.

I) Pomera, perera, presseguer, nectarina

En termes globals podem dir que les extraccions del cultiu en els fruiters de llavor són de l'ordre de 80 kg de nitrogen per hectàrea, 35 kg de fòsfor (P₂O₅) i 105 de potassi (K₂O). De les extraccions totals d'una plantació hi haurà una part que s'exportarà en forma de fruits, fusta de poda i pèrdues associades a les fulles. També en termes globals, les quantitats d'elements exportats en forma de fruit són 20 kg de nitrogen per hectàrea, 10 kg de fòsfor (P₂O₅) i 55 de potassi (K₂O).

Pel que fa als fruiters de pinyol, les extraccions de nitrogen i potassi poden ser de l'ordre d'un 20% més (excepte fruits de menor producció com els cirerers i albercoquers, on les extraccions són un 20% menors de les proposades orientativament per fruiters de llavor).

En les taules número 4.4a i 4.4b es presenta un exemple d'absorció de nutrients. Es quantifiquen els elements absorbits en el fruit i els totals per les dues espècies de fruita dolça.

Taula núm. 4.4a
Exemple d'absorció de nutrients. Plantació de pomera amb una producció de 40 t/ha

ELEMENT	FRUIT AL FINAL DEL DESENVOLUPAMENT	EXTRACCIONS TOTALS
N (kg/ha)	20	80
P ₂ O ₅ (kg/ha)	10	20
K ₂ O (kg/ha)	55	105

55

Taula núm. 4.4b
Exemple d'absorció de nutrients. Plantació de presseguers amb una producció de 40 t/ha

ELEMENT	FRUIT AL FINAL DEL DESENVOLUPAMENT	EXTRACCIONS TOTALS
N (kg/ha)	40	115
P ₂ O ₅ (kg/ha)	20	35
K ₂ O (kg/ha)	100	170

Consideracions de caràcter bàsic:

- La fertilització nitrogenada serà normalment inferior a les extraccions del cultiu (hi ha altres aportacions de nitrogen).
- En cas de nivells baixos de P i K al sòl, la fertilització serà superior a les extraccions de la plantació, amb l'objectiu de recuperar els nivells del sòl en un període de 3-4 anys.

- En el cas de nivells adequats de P i K al sòl:

A efectes de manteniment de la fertilitat P i K en el sòl només cal aportar les exportacions del fruit calculades a llarg termini. L'objectiu prioritari és el manteniment de l'equilibri nutricional al sòl.

- El sòl pot subministrar tot el P i K necessari i d'una forma equilibrada a partir de les reserves acumulades durant les diferents fases de desenvolupament de l'arbre i fruit.
- En cas de nivells alts al sòl, la fertilització serà inferior a les exportacions del cultiu, i a partir de nivells molt elevats se suprimeix la fertilització.



Fotografia 4.4a. Plantació de pomera en palmeta

II) Olivera

Les extraccions de l'olivera depenen en gran part de l'objectiu productiu, factor associat a la disponibilitat d'aigua. Si es considera l'exportació de nutrients es tenen en compte les sortides reals de la parcel·la segons diversos nivells de producció. Les concentracions de nutrients s'obtenen a partir de l'anàlisi dels fruits en el moment de

collita. Les necessitats de nutrients del cultiu amb el raonament esmentat de l'exportació de les collites s'explicita en la taula número 4.4c.

Taula núm. 4.4c

Càlcul orientatiu de les extraccions de l'olivera per diferents objectius productius

COLLITA (KG/HA)	N (KG/HA)		P ₂ O ₅ (KG/HA)		K ₂ O (KG/HA)	
	Fruit	Total	Fruit	Total	Fruit	Total
1.500	5	35	1	12,5	10	50
3.000	9	40	2	13,5	21	70
5.000	15	50	3,5	15	35	85

Els continguts de N-P₂O₅-K₂O de l'oliva són de l'ordre de 3-0,7-7 per mil.

Les extraccions més importants s'obtindrien en parcel·les d'alta densitat de plantació i en condicions de reg, on es podrien situar en xifres de l'ordre de 75-25-100.



Fotografia 4.4b. Oliveres en secà en vessant al Pla d'Urgell. En conjunt les exportacions de nutrients d'aquest sistema de cultius són relativament baixes.

III) vinya

A l'igual que en el cas de l'olivera el primer pas en el capítol de fertilització és avaluar el nivell d'extraccions del cultiu. A continuació es presenta en forma de taula les extraccions i exportacions. Distingim les extraccions totals de la planta de les exportacions del raïm.

Taula núm. 4.4c

Extraccions i exportacions orientatives per tona de raïm

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Exportacions (raïm)	0.8-1.3 (kg/t)	0.3-0.4(kg/t)	1.9-2.35(kg/t)
Extraccions estructura vegetativa (segons port i vigor)	30-60 (kg/ha)	5-10 (kg/ha)	20-40 (kg/ha)

Per exemple, una vinya amb un rendiment de 5.000 kg de raïm per hectàrea disposa d'unes exportacions mitjanes de 5 kg de nitrogen, 1,75 kg de fòsfor i 10 kg de potassi. Les extraccions totals de la planta serien per al mateix cas de 50 kg de nitrogen, 10 kg de fòsfor i 40 kg de potassi.

El càlcul de les extraccions d'un cultiu permet avaluar l'orientació de fertilització en un ordre de magnitud determinat. Les necessitats d'una vinya són unes altres. La reserva de nutrients del sòl juga un paper decisiu en la determinació del programa de fertilització.



Fotografia 4.4c. Vinyes de la D.O. Costers del Segre. Les extraccions de nutrients de la vinya són relativament baixes en relació a altres cultius.

5. RESULTATS ANALÍTICS OBTINGUTS EN PARCEL·LES DE FRUITERS DE PRODUCCIÓ INTEGRADA

5.1. Resultats anàlisis de sòls

A partir de la informació generada al laboratori agroambiental (LAF) es realitza una avaluació dels nivells de nutrients al sòl per intervals. El total de parcel·les considerades en l'anàlisi estadística ha estat superior a 1.000 unitats.

La freqüència es calcula a partir del percentatge d'anàlisis que hi ha dins de cada interval. A partir d'un determinat interval de nutrient en el sòl s'interpreta la possible resposta a la producció de fruits per l'aplicació d'un fertilitzant en concret. Una resposta alta vol dir que s'espera un increment de producció associat a l'ús de fertilitzants. La resposta probable s'interpreta com una possibilitat d'increment a la producció. Les probabilitats de resposta baixa i nul·la volen dir que pel fet d'aplicar fertilitzants no s'espera un increment productiu.

5.1.1. Nitrogen nítric

Es valora la situació del cultiu respecte al nivell de nitrats al sòl. El productor ha de conèixer la posició de les reserves del sòl en nitrogen mineral per ajustar el programa de fertilització nitrogenada.

En la taula número 5.1a es presenten els resultats de situació i la valoració corresponent. En conjunt s'adverteix de la situació de risc per excés en un 30% de les parcel·les analitzades.

Taula núm. 5.1a

Situació i valoració dels nivells al sòl de nitrogen en forma de nitrats en una mostra de parcel·les de fruiters de Catalunya

NITROGEN AL SÒL (ppm)	FREQÜÈNCIA (%)	RESPOSTA A LA FERTILITZACIÓ NITROGENADA	SITUACIÓ DEL CULTIU
< 10	22%	ALTA	ÒPTIMA
10-20	48%	PROBABLE	ACCEPTABLE
20-40	22%	BAIXA	ALERTA
> 40	8%	NO N'HI HA	RISC

Base de dades del laboratori Applus Agroambiental (LAF).

5.1.2. Fòsfor

Es valora la situació del cultiu respecte al nivell de fòsfor al sòl. Si hi ha nivells baixos la situació del cultiu és deficitària i s'aconsella utilitzar tècniques d'aplicació del fertilitzant fosforat d'alta eficiència. La situació òptima és aquella que permet al productor obtenir una absorció correcta independentment de l'aplicació de fertilitzants. S'aconsella en aquests casos mantenir una aplicació amb l'objectiu de no perdre fòsfor al sòl. Les situacions d'excés no impliquen una situació de risc clar per al cultiu. No obstant això, poden generar-se problemes mediambientals (arrossegament de fòsfor a les masses d'aigua).

En la taula número 5.2 es presenten els resultats de situació i la valoració corresponent. La mitjana és de 38 ppm, nivell considerat alt. Un 43% de les parcel·les presenten nivells alts i un 7% presenten nivells superiors a 80 ppm. També se'n destaca el 10% de parcel·les amb nivells de fòsfor baix.

Taula núm. 5.2

Situació i valoració dels nivells al sòl de fòsfor en una mostra de parcel·les de fruiters de Catalunya

FÒSFOR AL SÒL (ppm)	FREQÜÈNCIA (%)	RESPOSTA A LA FERTILITZACIÓ FOSFÒRICA	SITUACIÓ DEL CULTIU
< 12	10%	MOLT ALTA	DÈFICIT
12-25	25%	MITJANA	ÒPTIMA
25-40	22%	BAIXA	ACCEPTABLE
> 40	43%	NO N'HI HA	EXCÉS

Base de dades del laboratori Applus Agroambiental (LAF).

5.1.3. Potassi

Es valora la situació del cultiu respecte al nivell de potassi al sòl. Si hi ha nivells baixos la situació del cultiu és deficitària i s'aconsella utilitzar tècniques d'aplicació del fertilitzant potàssic. La situació òptima és aquella que permet al productor obtenir una absorció correcta independentment de l'aplicació de fertilitzants. En aquests casos és pràctic mantenir una aplicació amb l'objectiu de no perdre reserves del sòl. Les situacions d'alerta i risc impliquen una situació probablement compromesa per a la qualitat del fruit.

En la taula número 5.3 es presenten els resultats de situació i la valoració corresponent. **En conjunt s'adverteix de la situació de risc per excés en un 34% de les parcel·les analitzades.**

Situació i valoració dels nivells al sòl de potassi en una mostra de parcel·les de fruiters de Catalunya

POTASSI AL SÒL (ppm)	FREQÜÈNCIA (%)	RESPOSTA A LA FERTILITZACIÓ POTÀSSICA	SITUACIÓ DEL CULTIU
< 80	5%	MOLT ALTA	DÈFICIT
80-125	14%	ALTA	ACCEPTABLE
125-175	23%	BAIXA	ÒPTIMA
175-250	24%	NO N'HI HA	ALERTA
> 250	34%	NO N'HI HA	RISC

Base de dades del laboratori Applus Agroambiental (LAF).

5.2. Resultats analítics de fulles. Exemple campanya 2006 [micronutrients]

L'àrea de la qual es presenten dades inclou la regió fructícola de Lleida en un sentit ampli. Inclou les dades de més de 2.500 mostres de fulla de la campanya 2006 en plantacions de les espècies pomera, perera, nectarina i presseguer. Anàlisis realitzades al laboratori Agroambiental (LAF). Són explotacions comercials sota protocol de producció integrada. Es consideren els micronutrients següents: ferro, manganès, coure, bor i zinc.

61

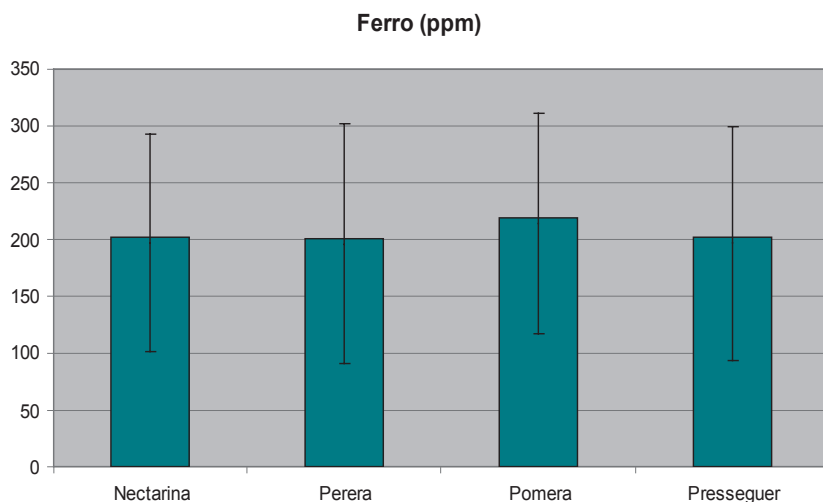
Cal esmentar la diferència entre un nivell baix i la visualització d'una carència. Per diagnosticar una carència han de coincidir el nivell baix i el símptoma o la resposta del cultiu.

5.2.1. Ferro

La mitjana de resultats se situa en les quatre espècies en valors propers a 200 ppm. La desviació estàndard dels resultats indica que els valors es presenten normalment per sobre dels valors considerats carencials. No obstant això, cal considerar amb una certa prudència el valor predictiu de ferro foliar, excepte en el cas de valors molt baixos (<50 ppm). Els tractaments preventius amb quelats de ferro són d'ús generalitzat i això pot suposar la presència de valors considerats "alts".

Taula núm. 5.2.1

Mitjana i desviacions típiques per les diferents espècies avaluades



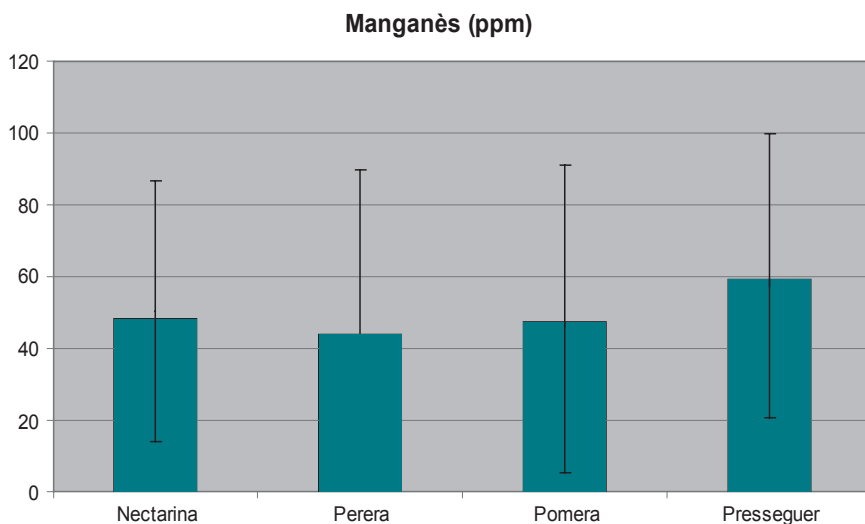
5.2.2. Manganès

La mitjana dels resultats se situa en 45 i 48 ppm per perera i pomera respectivament. Presenta un valor més elevat, 60 ppm, en el cas del presseguer. S'observen puntualment situacions carencials o de lleuger dèficit (<12 ppm) que poden afectar entre el 5-10% de les plantacions de pomera, nectarina i presseguer. En el cas de la perera poden assolir el 20% de les plantacions de fruiters de la zona.

Destaca la presència d'alts continguts de manganès en sòls que presenten condicions de lleugera reducció per compactació i entollament.

Taula núm. 5.2.2

Mitjana i desviacions típiques per les diferents espècies avaluades

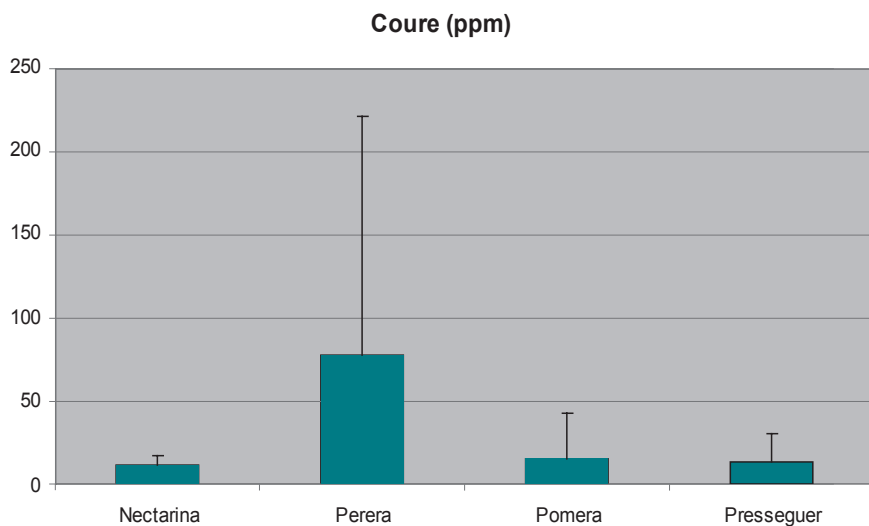


5.2.3 Coure

La mitjana de resultats se situa en 76 ppm en el cas de la perera, de 14 ppm en el cas de la pomera i de 13 ppm en el presseguer. Aquest interval de resultats és degut a l'estratègia de tractaments en perera: algunes varietats reben altes dosis de coure. Les situacions carencials en aquest element no s'han detectat a la zona.

Taula núm. 5.2.3

Mitjana i desviacions típiques per les diferents espècies avaluades



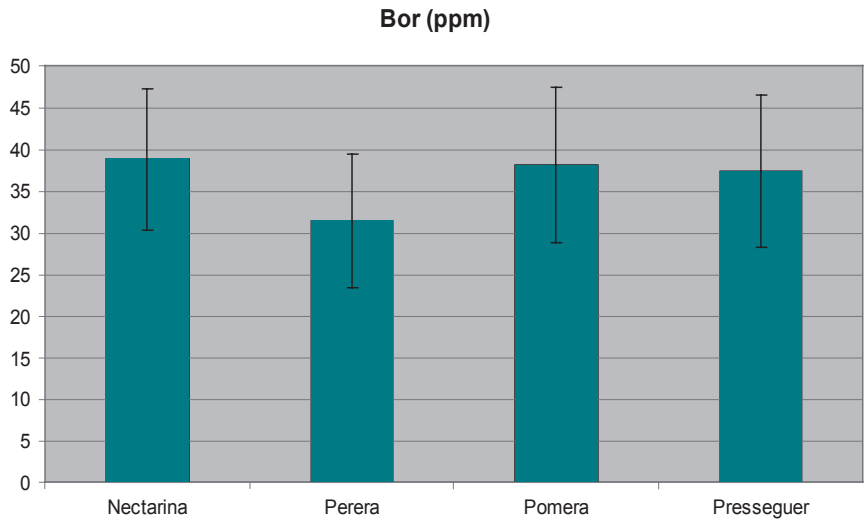
63

5.2.4. Bor

La mitjana de resultats per espècies se situa entre 31 i 39 ppm. Les desviacions sobre aquests valors són molt més baixes que en la resta de microelements. En vista d'això, sembla probable una baixa incidència de carències d'aquest element en els cultius esmentats.

Taula núm. 5.2.4

Mitjana i desviacions típiques per les diferents espècies avaluades

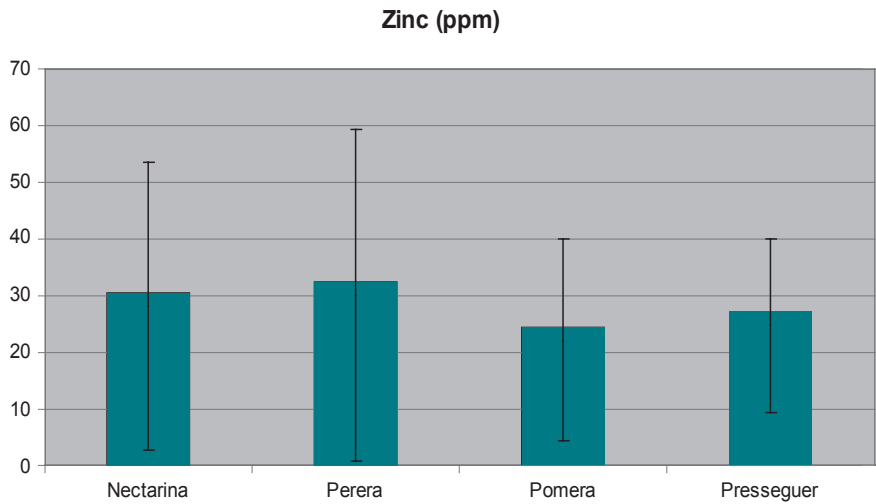


5.2.5. Zinc

La mitjana de resultats de zinc se situa en 30 ppm per a l'espècie perera, 23 per a l'espècie pomera i 25 per a l'espècie presseguer. En el cas del zinc i per als nivells crítics de 20 ppm en els fruiters de pinyol, el percentatge de deficiències en aquest nutrient seria del 30% de les parcel·les.

Taula núm. 5.2.5

Mitjana i desviacions típiques per les diferents espècies avaluades



6. CONCLUSIONS

La normativa de producció integrada inclou en el seu procediment la realització d'un conjunt de controls analítics en sòls, fulles, fruits, residus orgànics i aigües de reg. La finalitat d'aquestes anàlisis és la disponibilitat d'una informació de base, objectiva, que permeti disposar de dades molt aconsellables per a la realització d'una gestió integrada de la producció. Dificilment hom podrà elaborar un producte amb una tècnica agronòmica correcta, amb un criteri de sostenibilitat real i amb un reconeixement del mercat i fins i tot social, si el conjunt del procediment productiu no utilitza les millors tècniques disponibles. La caixa d'eines que inclou l'ampli ventall de tècniques analítiques està a la disposició dels agricultors per a les finalitats intrínseques de la producció integrada.

La present guia és un document que té com a objectiu sintetitzar les utilitats de les principals anàlisis de sòls i planta i ajudar a interpretar-les en la pràctica.

Amb aquest marc s'expliquen els procediments analítics principals i es faciliten taules i definicions dels principals paràmetres relacionats amb la fertilitat de sòls i la nutrició de plantes.

Els criteris d'interpretació emprats es basen en models àmpliament reconeguts i adaptats a les condicions de les zones fructícoles de Catalunya. En alguns casos s'han complementat amb la base de dades del laboratori agroambiental (LAF).

En condicions de treball estàndard, l'usuari d'aquest material ha de trobar una primera i concloent interpretació analítica dels resultats que li facilita el compliment normatiu. Eventualment problemes de diagnòstic més complexos requeriran intervencions i diagnòstic de camp i ampliacions analítiques en el seu cas.

En el cas de la fertilització dels cultius esmentem que les implicacions a efectes de la gestió són múltiples: econòmiques, productives, qualitatives i mediambientals. En un programa de fertilització raonat o integrat cal tenir dades objectives sobre les reserves de nutrients del sòl, l'estat nutricional de la planta, l'avaluació de les aportacions de les aigües de reg, les aportacions quantificades dels residus orgànics, l'estimació d'extraccions i exportacions i d'altres dades numèriques que l'anàlisi facilita de forma directa, objectiva i resolutiva. Molts dubtes queden eliminats davant l'evidència d'una dada mesurada amb una tècnica estàndard i interpretada amb una taula acceptada i reconeguda.

Amb aquesta publicació es pretén donar cobertura a moltes qüestions respecte les tècniques d'anàlisi i interpretació que el desenvolupament de la producció integrada ha posat de relleu.

ANNEX. NOTES TÈCNIQUES

NOTA 1. **Anàlisi de sòls:** envers les millors pràctiques de maneig de sòls i nutrició de plantes

La pràctica sistemàtica d'anàlisi de sòls en les parcel·les d'una explotació agrícola, acompanyada del registre sistemàtic de la informació analítica multitemporal, aportacions d'adobs minerals i orgànics i resultats de collita, constitueix una de les millors pràctiques de maneig per a la producció agrícola. Els beneficis es concreten:

A efectes de l'agricultor:

- Millora de collites en quantitat i qualitat, gràcies a una millor gestió dels nutrients necessaris al sistema sòl-cultiu.
- Millora de la uniformitat de la disponibilitat de nutrients en parcel·les que presenten una real variabilitat per causes naturals o de maneig.
- Ajustament precís del subministrament de nutrients (en diverses formes) amb els conseqüents efectes econòmics en la producció i el cost unitari de la collita final.

A efectes del medi ambient:

- Els beneficis mediambientals es basen en el fet que l'ajustament de les dosis d'adobat permet una major eficiència en l'ús dels nutrients en un context de recursos limitats.
- Els beneficis que s'obtenen en base a la reducció dels riscos de lixiviació i arrossegament de nutrients ja que l'anàlisi de sòls permet tenir l'indici de decisió d'aplicació ajustats a les necessitats dels cultius.
- La millora i optimització de la producció en les zones agrícoles permet la destinació de sòls menys favorables a l'agricultura a d'altres finalitats amb demanda ambiental i social.

NOTA 2. Llista de punts clau en fertilitat de sòls

- L'anàlisi de sòls és una eina tècnica de gestió de gran utilitat en la planificació de la nutrició de plantes.
- És molt recomanable avaluar la variació interna dels sòls de les parcel·les objecte de control mitjançant anàlisis.
- Cal ser rigorós en la tècnica de mostratge de sòls.
- Cal revisar la llista de les collites obtingudes en cada parcel·la per fixar uns objectius de producció raonables.
- Cal conèixer els factors limitants de la producció en cadascuna de les parcel·les objecte de control i seguiment.
- Fixar una intensitat de mostratge i control analític que s'ajusti amb la variabilitat de sòls de les parcel·les. Ajustar les pràctiques de fertilització a les variacions i els resultats analítics obtinguts.
- Considerar en primer lloc l'estat de les reserves dels macronutrients: nitrogen, fòsfor i potassi. En segon lloc l'estat de macronutrients de vegades importants com el magnesi. Finalment considerar la situació dels micronutrients.
- Avaluar la possibilitat d'existència de factors limitants en el sòl més vinculats a les seves propietats genètiques: granulometria, drenatge, risc de compactació, salinitat, etc. L'observació in situ i l'anàlisi de sòls permeten un diagnòstic i mesura d'aquests factors limitants.

NOTA 3. De la presa de mostres de sòls

1. L'anàlisi de sòls facilita una informació respecte la capacitat de subministrament de nutrients fonamentals a les plantes cultivades i sobre propietats intrínseques del tipus de sòl en la parcel·la considerada. La quantitat de sòl analitzada en el laboratori, uns pocs grams de sòls, ha de ser tècnicament representativa de l'horitzó de sòl objecte de control.

2. En condicions rigoroses de presa de la mostra de sòl, l'experiència de diverses dècades de treball analític indica que els resultats analítics obtinguts permeten una estimació correcta de l'estat de les reserves de nutrients en el sòl.

3. Procediment de presa de la mostra.

- Profunditat. En general s'opta per una mostra de 0-25 cm de profunditat com a representativa de l'horitzó de major activitat radicular i major reserva de nutrients. Altres opcions de mostratge poden ser la presa de mostres de 25-50 cm de profunditat, o fins i tot 50-75 i 75-100 cm, en casos concrets com els cultius permanents o mostres d'entre 0-10 cm de profunditat en pastures. Eventualment la presa de mostres es pot vincular als intervals que comprenen els horitzons edàfics (0-18 cm, 25-42 cm).

- Patró de distribució. Existeixen diverses opcions.

I). Mostra única en una parcel·la de grandària fins a 2 ha: a partir d'un punt representatiu localitzable ulteriorment (mapa, referència topogràfica o GPS) es procedeix a l'obtenció d'unes 10-15 submostres que homogeneïtzades donaran una única mostra de 0,5 kg-1 kg. A partir del punt representatiu s'obtenen les submostres en una circumferència d'uns 5 m de radi.

II). Mostres en parcel·les de grandària important per diagnòstic de variabilitat intraparcels·lària: es divideix la parcel·la en subparcel·les homogènies (e.g. 1 o 2 hectàrees) i s'obté una mostra composta de 6-8 submostres en cada punt representatiu i en un radi de 5 m.

- Material d'obtenció de la mostra. Barrines Edelman de diferents diàmetres per adaptació a diferents tipus de sòls amb el diàmetre de 4 cm com a estàndard. Barrines de fertilitat per a mostres superficials en sòls de fàcil penetració de radi 1 cm. Equipament instal·lat en "quad" amb barrina muntada en braç hidràulic per a la presa de mostres en la profunditat de 0-90 cm.

Maneig de la variabilitat de sòls. Els treballs més recents s'orienten cap a una obtenció de mostres ajustada a la variabilitat del sòl, mitjançant un mostreig sistemàtic o un mostreig dirigit en funció d'un coneixement previ o intuïtiu de la variabilitat del sòl. La informació obtinguda per les mostres originades en diferents sectors és econòmicament rellevant a efectes d'un maneig adaptat in situ (agricultura de precisió).

ANNEX. TAULES

Taula núm. 2.4.2a
Fraccions granulomètriques USDA

DENOMINACIÓ	DIÀMETRE APARENT µM
Arena	50<Ø<2000
Llim	2<Ø50
Argila	Ø<2

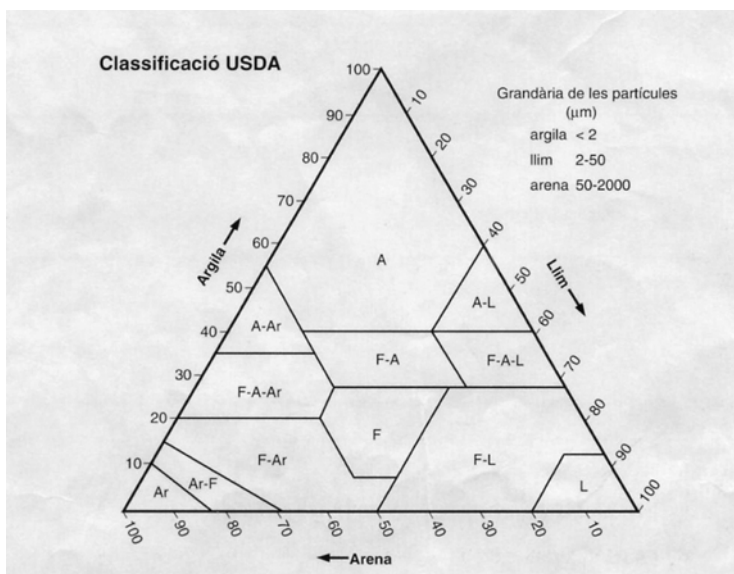
Les classes texturals i interpretació de la classificació USDA són les següents:

CLASSE TEXTURAL	INTERPRETACIÓ
argilosa	Fina
argil·lollimosa	Fina
francoargilosa	Moderadament fina
francoargil·lollimosa	Moderadament fina
franca	Mitjana
francollimosa	Mitjana
llimosa	Mitjana
argil·loarenosa	Fina
francoargil·loarenosa	Moderadament fina
francoarenosa	Moderadament gruixuda
arenofranca	Gruixuda
arenosa	Gruixuda

Els continguts d'argila, llim i sorra de les classes texturals USDA són els següents:

CLASSE TEXTURAL	% SORRA	% LLIM	% ARGILA
Argilosa	0 - 45	0 - 40	0 > 40
Argil·lollimosa	40 - 60	> 40	0 > 40
Francoargilosa	0 - 45	0 - 53	27 - 40
Francoargil·lollimosa	0 - 20	> 40	27 - 40
Franca	0 - 52	0 - 50	7 - 27
Francollimosa	0 - 20	50 - 88	0 - 27
Llimosa	0 - 20	> 80	0 - 12
Argil·loarenosa	> 45	0 - 20	35 - 55
Francoargil·loarenosa	> 45	0 - 28	20 - 35
Francoarenosa	43 - 85	0 - 50	0 - 20
Arenofranca	70 - 90	0 - 30	0 - 15
Arenosa	> 85	0 - 20	0 - 10

Diagrama de classes texturals segons USDA



- **Índex d' Estabilitat Estructural (IEE)**

$$I.E.E. = \frac{1,25 * L_{fi}(\%) + 0,75 * L_{gr}(\%)}{Ag(\%) + 10 * MO(\%)}$$

Taula núm. 2.4.2b

Classificació de l'índex d'estabilitat estructural

IEE	RISC DE PÈRDUA D'ESTRUCTURA
>2	Elevat
1,5 - 2	Moderat
1 - 1,5	Lleu
<1	Baix

Taula núm.2.4.2c

Classificació del risc d'asfíxia radicular segons el % de partícules de diàmetre inferior a 0,02 mm

Σ PARTÍCULES DE DIÀMETRE (%) < 0.02 MM	RISC
> 80	Molt alt
70-80	Alt
60-70	Moderat
50-60	Lleu
<50	Baix

71

Taula núm. 2.4.3a

Interpretació dels resultats de PH a l'aigua en extracte 1:2.5

RESULTAT	INTERPRETACIÓ
<4,5	Extremadament àcid
4,5-5,0	Molt fortament àcid
5,0-5,5	Fortament àcid
5,5-6,0	Mitjanament àcid
6,0-6,5	Lleugerament àcid
6,5-7,3	Neutre
7,3-7,8	Mitjanament bàsic
7,8-8,4	Moderadament bàsic
8,4-9,0	Lleugerament alcalí
9,1-10	Alcalí
>10	Fortament alcalí

Taula núm.2.4.4a

Intervals d'interpretació de la conductivitat elèctrica en extractes de pasta saturada. Richards (1954), FAO (1973)

NIVELL DE SALINITAT dS/m A 25° C EN EXTRACTE DE PASTA SATURADA	EFFECTES SOBRE EL RENDIMENT DELS CULTIUS EN SÒLS DE GRANULOMETRIA MITJANA I FINA
0 - 2	Generalment mínims
2 - 4	Limitacions en el rendiment de plantes sensibles a la salinitat
4 - 8	Limitacions en el rendiment de les plantes sensibles
8 - 16	Només les plantes tolerants a la salinitat produeixen satisfactòriament
> 16	Poques plantes, molt tolerants a la salini- tat, produeixen satisfactòriament

Taula núm. 2.4.4b

**Intervals d'interpretació de la conductivitat elèctrica a partir dels resultats de la prova prè-
via (1:5)**

NIVELL DE SALINITAT dS/m A 25° C EN EXTRACTE DE SÒL: AIGUA 1:5	INTERPRETACIÓ
< 0,5	No limitant
0,5 - 1	Lleugerament alta
1,0 - 2,5	Alta
> 2,5	Molt alta

Taula núm. 2.4.5a

Interpretació dels nivells de matèria orgànica en sòls agrícoles de l'àmbit mediterrani

CONTINGUT % DE MATÈRIA ORGÀNICA OXIDABLE (*)	INTERPRETACIÓ
< 0,9	Molt baix
0,9 - 1,4	Baix
1,4 - 1,9	Mitjà-baix
1.9 - 2,4	Mitjà
2,4 - 2,9	Mitjà-alt
2,9 - 3,9	Alt
> 3,9	Molt alt

(*) Mètode d'anàlisi: Walkley-Black

Taula núm. 2.4.6a

Interpretació dels continguts de carbonat càlcic equivalent segons intervals

CONTINGUT DE CARBONAT CÀLCIC EQUIVALENT (%)	INTERPRETACIÓ
< 4	Inapreciable
4 - 6	Molt poc calcari
6 - 16	Poc calcari
16 - 26	Calcari
26 - 41	Molt calcari
> 41	Extremadament calcari

Taula núm. 2.4.6b

Interpretació dels continguts de calcari actiu segons intervals

CONTINGUT DE CALCARI ACTIU (%)	INTERPRETACIÓ
< 2	Inapreciable
2 - 5	Baix, poc clorosant
5 - 7	Mitjà, lleugerament clorosant
7 - 10	Mitjà, clorosant
10 - 12	Alt, clorosant
12 - 15	Alt, molt clorosant
15 - 20	Molt alt, molt clorosant
> 20	Molt alt, extremadament clorosant

Taula núm. 2.4.7a

Taula d'interpretació de nitrogen total al sòl

CONTINGUT DE NITROGEN KJELDHAL AL SÒL (%)	INTERPRETACIÓ
< 0,05	Molt baix
0,05 - 0,07	Baix
0,07 - 0,095	Mitjà-baix
0,095 - 0,120	Mitjà
0,120 - 0,145	Mitjà-alt
0,145 - 0,195	Alt
> 0,195	Molt alt

Taula núm. 2.4.7b

Criteris d'interpretació dels nivells de nitrogen en forma de nitrats al sòl

CONTINGUT DE NITROGEN EN FORMA DE NITRATS (PPM)	INTERPRETACIÓ (*)
< 10	Baix
10 - 15	Mitjà
15 - 20	Mitjà-alt
20 - 25	Alt
> 25	Molt alt

(*) Interpretació per analítiques realitzades abans de realitzar la fertilització nitrogenada

Taula núm. 2.4.8

Criteris d'interpretació dels resultats de l'anàlisi de fòsfor en el sòl amb el mètode Olsen (adaptat de FAO)

NIVELLS DE P (Olsen) AL SÒL, EN PPM	INTERPRETACIÓ
< 6	Molt baix
6 - 12	Baix
12 - 18	Mitjà
18 - 24	Mitjà-alt
24 - 36	Alt
> 36	Molt alt

Taula núm. 2.4.9a

Interpretació dels nivells de potassi extret amb acetat amònic (adaptat de FAO per fruiters)

NIVELLS DE K (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 80	Molt baix
80 - 125	Baix
125 - 175	Normal
175 - 250	Normal-alt
250<	Alt

75

Taula núm. 2.4.10a

Interpretació dels nivells de magnesi extret amb acetat amònic

NIVELLS DE Mg (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 40	Molt baix
40 - 80	Baix
80 - 175	Normal
175 - 250	Normal-alt
>250	Alt

Taula núm. 2.4.11a

Interpretació dels nivells de calci extret amb acetat amònic

NIVELLS DE Ca (NH ₄ Oac) al sòl, en ppm (mg/kg)	INTERPRETACIÓ
< 700	Molt baix
700 - 2.000	Baix
2.000 - 4.000	Normal
>4.000	Alt

Interpretació d'anàlisis foliars per cultius (macroelements)

	Interpre- tació	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Pomera	Baix	< 1.8	< 0.11	< 1.2	< 0.7	< 0.18	< 0.1
	Normal	1.8 - 2.35	0.11 - 0.2	1.2 - 2	0.7 - 1.8	0.18 - 0.40	0.1 - 0.25
	Alt	2.35 - 3.0	> 0.2	> 2.0	1.8 - 2.2	0.40 - 0.45	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 3.0			> 2.2	> 0.45	> 0.40
Perera	Baix	< 1.9	< 0.11	< 1.0	< 1.0	< 0.2	< 0.1
	Normal	1.9 - 2.5	0.11 - 0.2	1.0 - 1.8	1.0 - 2.2	0.2 - 0.4	0.1 - 0.25
	Alt	2.5 - 3	> 0.2	> 1.8	> 2.2	0.4 - 0.55	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 3				> 0.55	> 0.40
Presseguer i nectarina	Baix	< 2.0	< 0.12	< 1.8	< 1.5	< 0.3	< 0.1
	Normal	2.0 - 3.5	0.12 - 0.28	1.8 - 3.0	1.5 - 3.0	0.3 - 0.65	0.1 - 0.25
	Alt	3.5 - 4.0	> 0.28	3.0 - 4.0	3.0 - 4.0	0.65 - 1.1	0.25 - 0.40
	Molt alt	> 4.0		> 4.0	> 4.0	> 1.1	> 0.40
Olivera	Baix	< 1,4	< 0,08	< 0,7	< 1,0	< 0,10	< 0,1
	Normal	1,4 - 2,0	0,08 - 0,3	0,7 - 1,2	1,0 - 2,5	0,10 - 0,50	0,1 - 0,25
	Alt	> 2,0	> 0,30	> 1,2	> 2,5	> 0,50	> 0,25
Vinya	Baix	< 1,8	< 0,11	< 0,8	< 1,3	< 0,18	< 0,1
	Normal	1,8 - 2,35	0,11 - 0,22	0,8 - 1,5	1,3 - 3	0,18 - 0,50	0,1 - 0,25
	Alt	2,35 - 3,0	> 0,22	1,5 - 2,1	> 3	0,50 - 0,70	0,25 - 0,40
	Molt alt	> 3,0		> 2,1		> 0,70	> 0,40
Avellaner	Baix	< 2,0	< 0,15	< 0,7	< 1,0	< 0,2	< 0,1
	Normal	2,0 - 2,5	0,15 - 0,5	0,7 - 1,2	1,0 - 2,5	0,2 - 0,5	0,1 - 0,25
	Alt	> 2,5	> 0,5	> 1,2	> 2,5	> 0,50	> 0,25
Ametller	Baix	< 1,5	< 0,07	< 0,4	< 0,9	< 0,1	< 0,08
	Normal	1,5 - 2,2	0,07 - 0,35	0,4 - 1,2	0,9 - 2,0	0,1 - 0,6	0,08 - 0,25
	Alt	> 2,2	> 0,35	> 1,2	> 2,0	> 0,60	> 0,25

(Font: base de dades del laboratori LAF)

Interpretació d'anàlisis foliars per cultius (microelements)

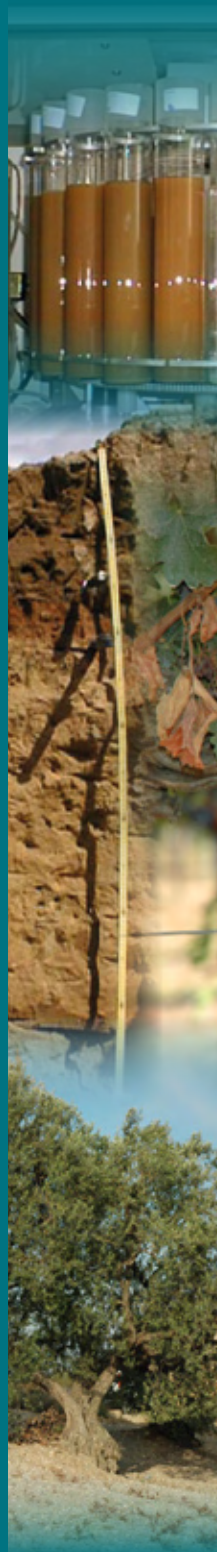
	Interpre- tació	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	Na (ppm)
Pomera	Baix	< 12	< 20	< 5	< 40	< 15	
	Normal	12 - 50	20 - 50	5 - 20	40 - 125	15 - 30	< 500
	Alt	50 - 100	50 - 80	20 - 50	> 125	30 - 50	> 500
	Molt alt	100 - 200	80 - 200	50 - 100		> 50	
Perera	Baix	< 20	< 20	< 4	< 60	< 10	
	Normal	20 - 50	20 - 160	4 - 16	60 - 250	10 - 50	< 500
	Alt	50 - 70	160 - 400	16 - 50	> 250	50 - 80	> 500
	Molt alt	> 70	> 400	> 50		> 80	
Presseguer i nectarina	Baix	< 20	< 20	< 4	< 60	< 10	
	Normal	20 - 50	20 - 160	4 - 16	60 - 250	10 - 50	< 500
	Alt	50 - 70	160 - 400	16 - 50	> 250	50 - 80	> 500
	Molt alt	> 70	> 400	> 50		> 80	
Olivera	Baix	< 12	< 20	< 4	< 45	< 14	
	Normal	12 - 60	20 - 150	4 - 40	45 - 300	14 - 100	< 500
	Alt	> 60	> 150	> 40	> 300	> 100	> 500
Vinya	Baix	< 15	< 20	< 5	< 40	< 15	
	Normal	12 - 40	20 - 100	5 - 20	40 - 175	15 - 75	< 500
	Alt	40 - 100	100 - 200	20 - 100	> 175	75 - 125	> 500
	Molt alt	> 100	> 200	> 100		> 125	
Avellaner	Baix	< 15	> 20	< 4	< 50	< 14	
	Normal	15 - 150	20 - 150	4 - 40	50 - 300	14 - 100	< 500
	Alt	> 150	> 150	> 40	> 300	> 100	> 500
Ametller	Baix	< 30	< 20	< 5	< 50	< 12	
	Normal	30 - 100	20 - 50	5 - 30	50 - 125	12 - 50	< 500
	Alt	> 100	> 50	> 30	> 125	> 50	> 500

(Font: base de dades del laboratori LAF)

Taula núm. 3.3a
Nivells normals* en fruita per espècies (mg/100 g fruita fresca)

NUTRI- ENT	POMA	PERA	Préssec- Nectarina	CIRERA	RAÏM	OLIVA
N	40-55	40-60	70-115	80-180	100-140	200-350
P	9-11	10-13	15-25	15-25	15-25	18-25
K	80-110	80-130	150-200	120-0180	150-200	450-650
Ca	5-6	6-9	10-20	10-18	20-30	-
Mg	4-6	4-7	4-8	8-11	8-15	-

(*) En la taula es presenta l'interval normal dels nivells dels diferents nutrients en fruita.



La producció integrada és un sistema productiu que aposta perquè totes les actuacions relatives al cultiu s'apliquin d'una manera racional per assegurar a llarg termini una agricultura sostenible.

Partint d'aquesta premissa, amb la fertilització, que és un procés clau en el maneig de les explotacions, s'ha d'aportar la quantia estrictament necessària de nutrients, amb la finalitat de limitar al màxim la contaminació i els costos productius.

Perquè la fertilització s'ajusti plenament a les necessitats del cultiu, cal conèixer l'estat nutritiu de la planta mitjançant les anàlisis de sòls i foliar, tal com exigeixen les normes tècniques de producció integrada vigents a Catalunya.

Ara bé, perquè siguin útils, els resultats de les anàlisis han de ser interpretats correctament. Per aconseguir aquest objectiu, el Consell Català de la Producció Integrada va encarregar a Applus Agroambiental, S.A (LAF) l'edició d'una guia per a la interpretació d'anàlisis de sòls i plantes, que ara publica el Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural.

Esperem que aquesta guia us resulti útil a l'hora d'obtenir les mostres i d'interpretar-les, i que això serveixi per limitar l'ús de fertilitzants i, en conseqüència, per respectar al màxim el nostre entorn.



GUIA D'INTERPRETACIÓ D'ANÀLISIS DE SÒLS I PLANTES

Pere Villar Mir i Miquel Arán Mayoral

GUIA D'INTERPRETACIÓ D'ANÀLISIS DE SÒLS I PLANTES

