

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ I ASSESSORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

N74

SUBSTRATS PER A CULTIUS FORA DE SÒL EN HORTICULTURA

MATERIALS ALTERNATIUS PER A LA PREPARACIÓ DE SUBSTRATS

P03 Primeres matèries emprades en la preparació de substrats a Catalunya **P07** Dels materials clàssics als alternatius en la preparació de substrats **P17** Compostatge orientat a l'obtenció de substrats **P20** Caracterització de substrats alternatius i gestió de la fertilitat durant el cultiu **P24** Correcció de propietats de materials utilitzats en la preparació de substrats alternatius amb propietats limitadores **P27** Higienització i supressivitat dels materials alternatius per a la preparació de substrats **P30** Substrats aptes per a la producció ecològica. **P32** L'Entrevista

Novembre 2014



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural

www.ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura, Ramaderia,
Pesca, Alimentació i Medi Natural**
www.gencat.cat/agricultura



PRESENTACIÓ



Marià Morera Goberna
Director dels Serveis Territorials a Barcelona

L'evolució de l'agricultura intensiva ha comportat la utilització en l'activitat agrària, tant ecològica com convencional, de nous mitjans com són els substrats de cultiu, amb llarga tradició a nivell d'investigació i recerca i amb casos d'èxit a Catalunya.

Aquests mitjans de producció han resultat bàsics per al desenvolupament d'activitats com planters, vivers, horticultura intensiva protegida, etc. Així mateix, hi ha altres usos per als quals són igualment importants, com la jardineria (tant l'horitzontal com la vertical) i el paisatgisme. Els substrats de cultiu, com a substitutius del sòl tradicional, permeten la fixació i el creixement adequat del sistema radicular de la planta. Poden o no col·laborar en la nutrició de les plantes.

Els substrats de cultiu, com a substitutius del sòl tradicional, permeten l'ancoratge i el creixement adequat del sistema radicular de la planta. Segons el tipus de substrat, pot també intervenir o no en la seva alimentació. De totes les funcions que poden dur a terme, se'n desprèn la importància de definir les característiques físiques, químiques i biològiques dels substrats de cultiu.

El nombre de materials que poden ser utilitzats com a diferents mitjans de cultiu és molt variat i ampli. Hi ha molts residus o subproductes derivats d'explotacions agràries, ramaderes o

instal·lacions industrials que, mitjançant un adequat tractament i barreja, poden ser utilitzats com a substrats. S'ha evolucionat molt des de les primeres matèries que es van utilitzar com a substrats fins a l'actualitat. Molts materials que són subproductes d'escàs valor es poden reciclar i revaloritzar en aquest àmbit.

Per altra banda, hi ha un gran esforç per part dels sectors privat i públic per obtenir diferents fonts alternatives als substrats que ara s'estan utilitzant, mirant d'aconseguir substrats de bona qualitat amb diferents orígens, i de manera que cada vegada més l'activitat hortícola sigui una activitat al més sostenible possible. Cal posar en valor els recursos dels quals disposa Catalunya i així dependre cada cop menys de recursos exteriors.

S'ha de remarcar l'esforç que fan diferents institucions com són l'IRTA i la Universitat de Lleida, que entre els seus objectius tenen el de la investigació per obtenir substrats d'elevada qualitat, a cost raonable i mediambientalment sostenibles.

Aquest Dossier Tècnic recull diferents articles pel que fa als substrats de cultiu, tot fent un repàs a l'estat actual de la qüestió i apuntant les línies mestres de cap a on va la investigació. Atesa la puixança del sector de l'agricultura ecològica, es fa una especial menció al paper dels substrats en aquesta modalitat productiva.

Els autors són investigadors i professionals que desenvolupen la seva tasca en aquest camp i que tenen en la transferència del coneixement i de la innovació una de les seves prioritats. Vull agrair-los la seva col·laboració i dedicació en l'elaboració i redacció dels articles que componen aquest dossier.

Per últim, desitjar-vos que aquest Dossier Tècnic desperti el vostre interès i us sigui útil en la vostra tasca.

Dossier Tècnic. Núm. 74
"Substrats per a cultius fora de sòl en horticultura. Materials alternatius per a la preparació de substrats".
Novembre de 2014

Edició
Direcció General d'Alimentació,
Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

Consell de Redacció
Domènec Vila Navarra, Jaume Sió Torres, Joan Gòdia Tresanchez, Xavier Clopès Alemany, Ignasi Rodríguez Galindo, Joaquim Xifra Triadú, Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Montserrat Alomà Masana, Mireia Medina Sala, Àngela Seira Sanmartín, Joan S. Minguet Pla i Josep M. Masses Tarragó.

Coordinació
Josep Maria Masses Tarragó.

Producció
Teresa Boncompte Ribera, Josep Maria Masses Tarragó i Annabel Teixidó Martínez.

Correcció i assessorament lingüístic
Joan Ignasi Elias Cruz.
Lluís Piqueres Pla.
Núria Domènech Pont.

Grafisme i maquetació
Hands On

Impressió
Ediciones Gráficas Rey, S.L.
Paper 50% reciclat i 50% ecològic.

Dipòsit legal
B-16786-05
ISSN: 1699-5465

El contingut dels articles és responsabilitat dels autors. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autor.

DOSSIER TÈCNIC es distribueix gratuïtament. En podeu demanar més exemplars a l'adreça: dossier@ruralcat.net

Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta
08007 - Barcelona
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02
e-mail: dossier@ruralcat.net

Més recursos, enllaços i versió electrònica al web de RuralCat:
www.ruralcat.net

Foto portada:
Substrat alternatiu al convencional. Autora: Rafaela Cáceres

PRIMERES MATÈRIES EMPRADES EN LA PREPARACIÓ DE SUBSTRATS A CATALUNYA

PROCEDÈNCIA, EVOLUCIÓ DEL TIPUS DE SUBSTRATS A CATALUNYA, COMERCIALIZACIÓ I APLICACIONS



Foto: A: Cultiu de tomaquera en llana de roca. **B:** Maduixeres en fibra de coco. **C:** Substrat orgànic mineral per a coberta ecològica. **D:** Substrat de torba i perlita per a cultiu de planta en contenidor.
Autora: Silvia Burés.

01 Introducció

L'estudi dels substrats o medis de cultiu té una llarga tradició a Catalunya. Des del tombant de la dècada dels setanta del segle passat fins als nostres dies, hi ha hagut força grups de recerca i professionals que han innovat en la cerca de productes que tinguessin unes propietats òptimes per al cultiu. Tanmateix, l'evolució dels substrats està directament relacionada amb la puixança del sector de la producció hortícola. Val a dir que, a Catalunya, la superfície dedicada al cultiu de plantes ornamentals llenyoses no

havia deixat d'incrementar-se en els darrers temps, alhora que la jardineria experimentava un creixement substancial per la seva dependència de la construcció.

Fa una cinquantena d'anys, els viveristes i jardiniers solien preparar-se ells mateixos les barreges. En aquelles èpoques ho feien principalment barrejant terra de bosc o fens amb terra o sorra. Era ben sabut que els substrats s'havien de manufacturar a partir de materials diferents per tal que tinguessin prou retenció d'aigua i de nutrients per al cultiu.

A finals dels anys seixanta es va començar a professionalitzar el món dels substrats, amb l'aparició dels primers fabricants que empraven l'escorça de pi, provinent de la tinció a la indústria tèxtil. Més tard, amb la incorporació de nous coneixements provinents del centre d'Europa, es van començar a introduir altres materials, com la torba, i d'altres que ja en aquelles èpoques eren considerats alternatius a la torba, com les restes de l'esporga dels parcs i jardins.

Les plantes necessiten els substrats per tal de proveir-se d'aigua, nutrients, aire i alhora servir de suport per a les arrels. Així, que els

substrats siguin barreges de diferents materials té sentit, ja que difícilment un material sol té les propietats físiques i químiques adequades perquè les plantes hi visquin bé.

02 Primeres matèries que poden donar origen als substrats

02.01 Materials orgànics i inorgànics

El nombre de materials que poden ser utilitzats com a mitjans de cultiu és molt ampli. Hi ha molts residus o subproductes derivats d'explotacions agrícoles o industrials que mitjançant un procés de compostatge que estabilitzi les seves propietats poden ser emprats com a substrats. Així, molts materials que són subproductes d'escàs valor es poden revaloritzar d'aquesta manera.

Els substrats o els seus components se solen classificar en orgànics i inorgànics:

a) Materials orgànics. Hi ha materials orgànics d'origen natural i de síntesi. Els materials orgànics d'origen natural estan subjectes a descomposició biològica i, en general, poden ser utilitzats com a substrats després d'experimentar un seguit de processos biològics de transformació, per exemple, mitjançant el compostatge. N'hi ha d'altres que s'utilitzen directament, com la torba o la fibra de coco. Els materials orgànics de síntesi són polímers orgànics no biodegradables que se solen obtenir mitjançant processos químics, com el poliestirè o les escumes de poliuretà, que cada vegada tenen menys aplicacions en aquest camp.

b) Materials inorgànics. Són els materials no orgànics i, per tant, no estan subjectes a descomposició biològica. Es presenten en dues tipologies característiques, els materials d'ori-

gen natural en sentit estricte i els materials alterats. Els materials inorgànics s'obtenen a partir de roques o minerals de diferents orígens i inclouen els sòls naturals. Aquests materials poden modificar-se lleugerament, sense alterar l'estructura interna del material, garbellant-los o fragmentant-los, o bé poden transformar-se mitjançant processos físics (generalment tèrmics) o químics que modifiquen les propietats intrínseques del material original. Els processos desenvolupats per obtenir aquests darrers materials no provenen de l'àmbit dels substrats sinó que ho han fet en el sector de la construcció, i la seva aplicació en horticultura és una extensió d'usos, com és el cas de la llana de roca, la perlita o la vermiculita.

02.02 Origen dels materials

a) Materials orgànics. Els que s'empren una vegada compostats poden tenir orígens molt diferents: restes de cultius, incloent branques, pinyols o closques; la indústria del processament de la fusta, del paper o del suro; les restes d'animals i els seus excrements; restes de productes de la indústria agroalimentària; les restes de teixits provinents de la indústria tèxtil; restes d'esporga de parcs i jardins; fracció orgànica dels residus sòlids urbans, entre d'altres. S'han fet també intents de cultivar plantes per utilitzar-les com a material per fabricar substrats i, fins i tot, en algunes zones s'han emprat algues. Els materials provinents del compostatge se solen anomenar genèricament *compost*. La fibra de coco, que s'usa sense compostar, és un subproducte que s'obté de la closca dels cocos. També hi ha d'altres materials que s'empren sense compostar, com la torba, que s'obté de jaciments naturals.

b) Materials inorgànics. Solen provenir de jaciments naturals, tot i que molts d'aquests materials passen per un procés de transformació. Darrerament s'utilitzen també materials reciclats, com les restes de totxanes o d'enderrocs triturades.

03 Els tipus de substrats segons la seva aplicació

03.01 Substrats per a vivers (cultiu en test)

Els substrats per a vivers actualment solen estar fabricats a base de torbes. Sent el substrat un factor principal en la producció,

els viveristes no s'arrisquen a utilitzar productes de procedència dubtosa. Val a dir que la pressió de la indústria del processament de la torba, principalment provinent d'Alemanya, els països bàltics i escandinaus o d'Irlanda, així com una forta inversió en recerca i desenvolupament, han permès d'obtenir productes de torba de qualitat certificada a un preu raonable. La torba sol comercialitzar-se en bales premsades.

03.02 Substrats per a multiplicació de plantes

Els substrats per a la multiplicació són pràcticament només de dos tipus: de torba per a cultiu en alvèol i de llana de roca per a cultiu hidropònic, i aquests darrers tenen molt escassa presència a Catalunya. La torba es ven en bales premsades i la llana de roca, en tacs de diferents mides. Tots dos productes són d'importació.

03.03 Substrats per a cultiu hidropònic (cultiu en sac)

Tot i que fa una trentena d'anys hi va haver intents de produir verdures i flor tallada en sistemes hidropònics a Catalunya, aquesta producció s'ha traslladat a altres zones, per exemple a la d'Almeria per a la producció de plantes d'horta, i a l'Àfrica i Amèrica Central i del Sud per a la flor tallada. Els principals substrats utilitzats per al cultiu hidropònic són la llana de roca i la fibra de coco i, més residualment, la perlita i l'escorça de pi. Aquests substrats s'envasen en sacs de cultiu. La llana de roca prové principalment del centre d'Europa, la fibra de coco prové principalment de l'Índia o de Sri Lanka i la resta es solen fabricar localment.

03.04 Substrats per a jardineria exterior

Els substrats per a jardineria exterior (o terres de jardineria) són bàsicament barreges de compost amb sorra i terra de camp. Se solen comercialitzar a granel o bé en bosses de mig, un o dos metres cúbics (coneguts com a *big-bags*). Aquestes terres es produeixen molt localment, ja que el transport és car en comparació amb el preu del producte. Per aquesta raó, les matèries primeres que s'empren per fer el compost solen ser d'origen local, per exemple, l'escorça a les comarques gironines, les restes d'esporgues prop de les grans urbs o els fems a les comarques d'Osona. Tot i que els més



Hi ha molts residus o subproductes derivats d'explotacions agrícoles o industrials que mitjançant un procés de compostatge que estabilitzi les seves propietats poden ser emprats com a substrats.

puristes no consideren aquests materials com a substrats, perquè la majoria de les vegades s'utilitzen per posar a sobre del sòl natural, aquest és el principal mercat, juntament amb la jardineria amateur, per als substrats.

03.05 Substrats per a jardineria domèstica

La variació en els substrats per a jardineria domèstica (amateur, *hobby* o de bricolatge) és espectacular: substrat o terra universal; per a plantes d'exterior; per a plantes d'interior; per a balcons i terrasses; terra àcida, substrat de plantes acidòfiles o terra de castanyer; per a plantes de flor; per a plantes verdes; per a horts; per trasplantar; per fer planters; per a orquídiades; per a geranis; per a cactus; per a rosers; per a arbres; per a cítrics; per a plantes aquàtiques; per a bonsais o per als bulbs.

Tots aquests substrats són o bé barrejades de diferents matèries primeres que els donen unes propietats determinades i úniques, o bé torbes amb una fertilització concreta que s'adequa al cultiu de les diferents plantes o aplicacions. Es venen en sacs de diferents formats: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80 o 100 litres. D'aquests, n'hi ha de fabricats a Catalunya i d'altres que vénen generalment d'Alemanya. Aquests darrers són fets a base de torbes.

03.06 Substrats per a arquitectura vegetal

Els principals substrats per a arquitectura vegetal són els substrats per a cobertes ecològiques i els substrats per a jardineria vertical. Són medis de cultiu que tot just comencen a aparèixer al mercat.

Els substrats per a cobertes ecològiques solen consistir en compost barrejat amb gravetes volcàniques o restes de rajols triturats, mentre que els que són per a jardineria vertical solen ser a base de fibra de coco o bé de fibra d'esfagne. Es fabriquen localment i els comercialitzen moltes vegades les mateixes empreses que venen sistemes per a cobertes ecològiques o jardins verticals.

04 Canvis en els substrats en els darrers anys

Si bé la torba es considera un recurs no renovable i hi ha països on se n'està limitant l'ús per llei (Regne Unit), el cert és que no existeix cap material que hagi demostrat en la pràctica ser millor que la torba quant a característiques de

retenció d'aigua, aireig o capacitat de retenció i bescanvi de nutrients. Alhora, la torba és un material homogeni i estable, amb rigorosos controls de qualitat que fan que els viveristes professionals hi tinguin tota la confiança. Això –juntament amb el fet que l'economia de molts països depèn de l'extracció de torba i que hi ha forts grups de pressió formats per les empreses multinacionals que en produeixen– fa difícil que aquest material deixi de dominar el mercat, especialment en el cultiu de plantes en test i de planters. La fibra de coco, que és un material relativament nou en el món dels substrats, n'està substituïnt una bona part, tot i que encara no té ni de bon tros un desenvolupament tècnic i científic similar al de la torba.

L'ús del composts com a component dels substrats és majoritari en les anomenades terres de jardineria; ara bé, si no se'n garanteix l'homogeneïtat i la qualitat, que és francament difícil, costarà que faci el salt cap als substrats de producció vegetal. Tot i així tenen un mercat important en la jardineria que de ben segur tornarà a revifar-se en el futur.

Una de les tendències que es comencen a albirar és el consum de substrats ecològics. En aquest sentit encara hi ha molt a fer, ja que el cost de la certificació ecològica fa que els fabricants es facin enrere i, per altra banda, limita l'ús de molts materials compostables que es fan servir actualment en l'elaboració de substrats.

En els darrers anys s'han desenvolupat normes europees per a l'anàlisi de substrats, i en el cas de l'Estat espanyol es va publicar un Reial decret. Un dels principals avantatges per als consumidors és la unificació del sistema de mesurament del volum dels substrats en les transaccions comercials.

La gestió mediambiental correcta dels sistemes de cultiu que utilitzen substrats està guanyant importància, tot i que encara ens trobem a les beceroles. El control dels lixiviatos que contenen restes d'elements fertilitzants en els viviers s'està començant a desenvolupar, alhora que tota una tecnologia que permet l'estalvi d'aigua mitjançant sensors i aplicacions per a mòbils i tauletes. El desenvolupament dels substrats està agafant un caire més mediambiental i no es pot deslligar d'una correcta gestió dels cultius.

Finalment, a les propietats físiques i químiques que tradicionalment s'ha considerat que ha de



Actualment es comencen a considerar noves propietats dels substrats: capacitat d'aïllament tèrmic i acústic; integració en estructures constructives; control dels lixiviatos o l'obtenció d'energia durant el cultiu.

tenir un substrat (pH, contingut de nutrients, conductivitat, retenció d'aigua), se n'hi comencen a afegir d'altres que fins ara no s'han tingut en compte: capacitat d'aïllament tèrmic i acústic; la capacitat d'integrar-se en estructures constructives; la capacitat de controlar els propis lixiviatos o fins i tot la capacitat d'obtenir energia del mateix substrat durant el cultiu, sense oblidar el final del cicle de vida dels substrats i la seva petjada ecològica.

05 Bibliografia

Marfà, O., C. Cunill, L. Luján, L. Narváez, P. López, J.M. Pagès, R. Cáceres and S. Burés. 2013. Growing Media Used by Nurseries for Container-Grown Ornamental Plants in Girona (Catalonia): A Survey of 1996 and Today. *Acta Hort.* 1013: 153-158.

Burés, S. "Sustratos". 1997. Llibre. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid. 342 pp. ISBN 84-87480-75-6.

06 Agraïments

El treball a què fa referència aquest annex va ser finançat pel DAAM i per l'INIA (Ministerio de Ciencia e Innovación - Projectes RTA 2007-00034-00-00; RTA 2010-00112-00-00 i TRA2009-0274-).

07 Autora



Silvia Burés
BURESINNOVA SA
sbures@buresinnova.com

El cas dels viveristes de l'Associació de Viveristes de Girona

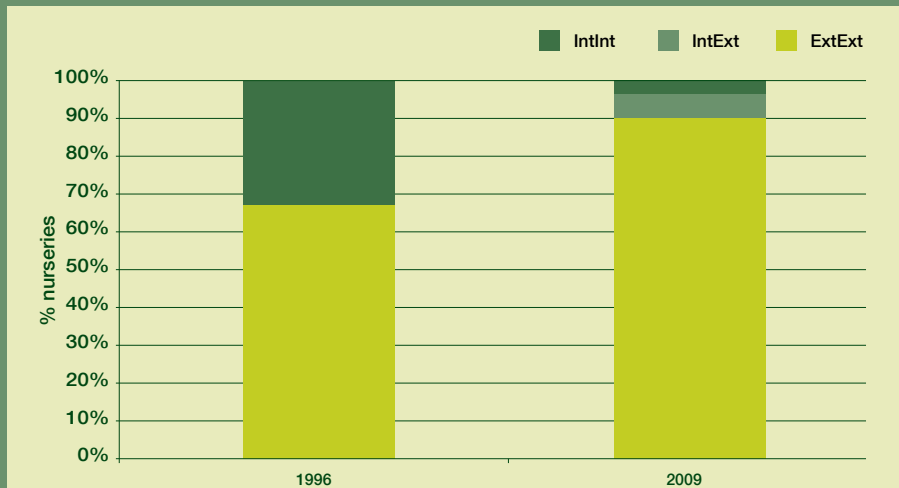
Per tal d'il·lustrar els canvis de tendències en l'ús de substrats a Catalunya en els darrers anys, vull fer esment d'un treball realitzat per l'IRTA que va començar l'any 1996 i va acabar el 2009. En aquest treball es van estudiar els substrats utilitzats pels viveristes que pertanyen a l'Associació de Viveristes de Girona. Aquesta associació actualment compta amb 36 associats, amb un total de més de 1.600 hectàrees cultivades.

Durant els quinze anys que va durar el projecte els substrats van canviar tant en els materials que els conformen com en les seves propietats. Per exemple, l'any 1996 se solia emprar barreges de terra de bosc i sorra. L'any 2009, els substrats eren formats per barreges de torba i escorça de pi majoritàriament, si bé aquests materials se solien complementar amb fibra de coco i compost.

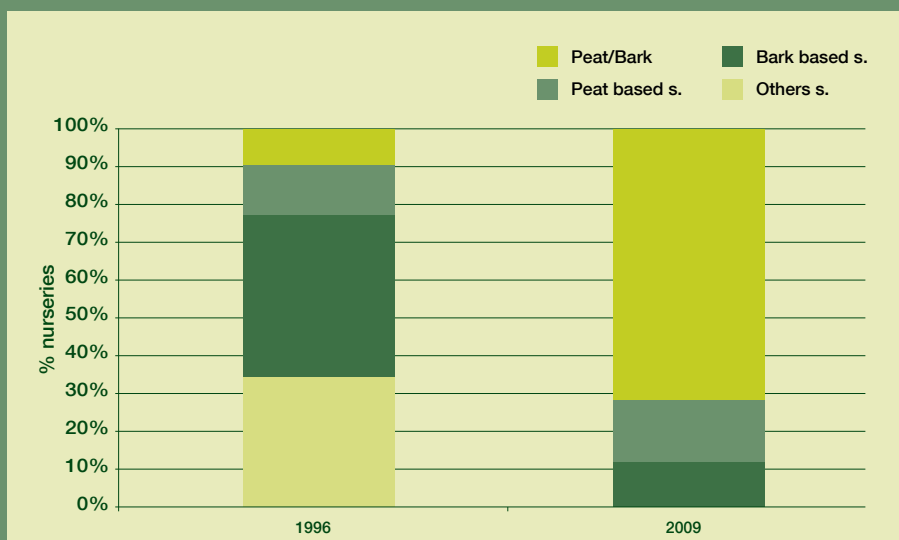
L'any 1996 els viveristes se solien fer les seves pròpies barreges, mentre que a l'any 2009 adquirien substrats preparats per grans empreses fabricants de substrats específics. Això ha portat a una homogeneïtzació dels substrats i de les seves propietats, la qual cosa és bona per al cultiu; ara bé, per altra banda, el mercat dels substrats per a viviers és principalment d'importació. Respecte de les seves propietats físiques, cal destacar que els substrats del 2009 tenen més porositat i més aireació que els del 1996, i alhora tenen una menor densitat i hi ha menys dispersió entres les anàlisis fetes a diferents viviers.

→

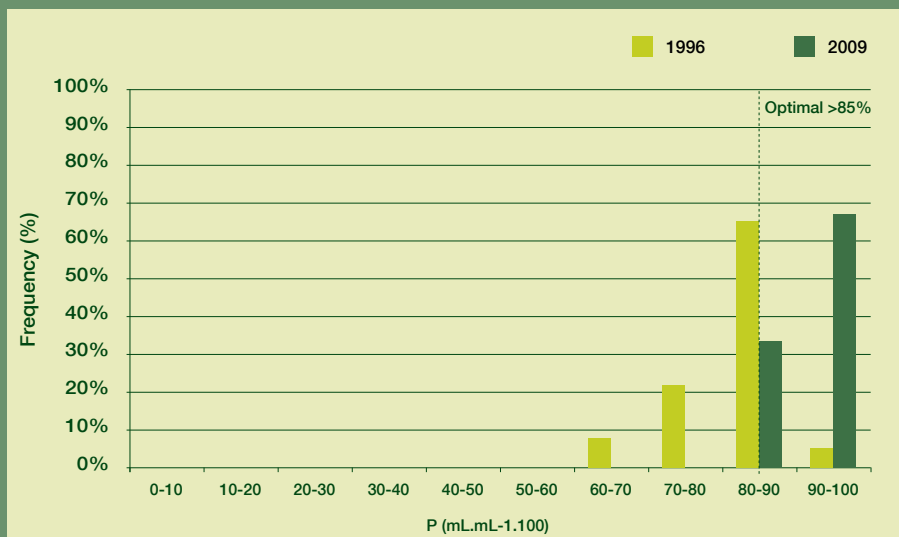
Els substrats emprats l'any 2009 per l'Associació de Viveristes de Girona són més homogenis, més porosos i airejats i menys densos que a l'any 1996. Ara bé, cada vegada es tendeix més a adquirir substrats d'importació.



1. Origen dels substrats (IntInt: fabricats exclusivament pel mateix viverista; ExtExt: fabricats per un productor de substrats; IntExt: les dues opcions anteriors; nurseries: viveristes.)



2. Composició dels substrats (peat/bark: barreja de torba i compost d'escorça; peat based: a base de torba; bark based: a base de compost d'escorça; others: altres)



3. Distribució de freqüències de la Porositat (P) dels substrats.

DELS MATERIALS CLÀSSICS ALS ALTERNATIUS EN LA PREPARACIÓ DE SUBSTRATS

MOTIVACIONS DE LA SUBSTITUCIÓ, TENDÈNCIES, DISPONIBILITAT I CARACTERÍSTIQUES



Foto 1. Extracció de torba a Estonia. Autora: S. Burés.

01 Substrats i propietats

En el context hortícola, el terme *substrat* s'aplica a qualsevol material sòlid, diferent del sòl *in situ*, natural o artificial, pur o en barreja, que col·locat en un contenidor i sotmès a un programa específic de gestió (principalment reg i fertilització) permet l'establiment de l'aparell radicular amb un grau d'aeració satisfactori, possibilita una adequada nutrició hídrica i mineral i actua com a suport de la planta. El Comitè Tècnic 223 del Comitè Europeu de Normalització sobre milloradors del sòl i substrats de cultiu (CEN/TC 223 *Soil Improvers and Growing Media*), i també el RD 865/2010, de 2 de juliol, que regula l'àmbit dels substrats de cultiu a l'Estat espanyol, fan una definició molt més concisa però igualment vàlida de *substrat de*

cultiu: material sòlid distint de sòls *in situ* on es cultiven les plantes. El fet que s'hi cultivin plantes pressuposa que el material compleix els requisits recollits en la definició anterior. Aquest Real decret inclou també altres definicions d'interès en aquest camp: 1) component de *substrat de cultiu*: material que és adequat per a ser utilitzat com a ingredient d'un substrat de cultiu; 2) substrat de cultiu simple: el que s'obté a partir d'un únic component, i 3) substrat de cultiu de mescla o barreja: el que s'obté mitjançant la mescla de diversos components, orgànics o minerals, de síntesi o de les seves mescles. L'annex I del RD classifica els productes en 5 grups i indica de cadascun la denominació del tipus de producte. L'annex II conté les normes d'identificació i etiquetatge. El III, els mètodes d'anàlisi dels substrats de

cultiu i els seus components. El IV, els marges de tolerància dels mètodes anteriors. El V, la llista de residus biodegradables. El VI, els límits màxims de microorganismes i metalls pesants en els substrats de cultiu, i el VII les instruccions per a la inclusió d'un nou tipus en la relació de substrats de cultiu i els seus components.

El medi ambient en què les arrels de les plantes desenvolupen les seves funcions és determinat per les propietats físiques, químiques i biològiques del substrat i per la interacció entre l'aparell radicular i les fases sòlida, líquida i gasosa del substrat. Tot i que totes les propietats són importants, en el cultiu en substrats tenen més rellevància les propietats físiques que les químiques, ja que una vegada establert el cultiu no es poden corregir les limitacions físiques inici-

Taula 1. Definició d'algunes de les propietats físiques més rellevants.

Densitat aparent (DA):	relació entre la massa del material sòlid sec (105° C) i el volum que ocupa en unes condicions determinades, incloent la totalitat de l'espai porós existent. S'expressa en kg m ⁻³ .
Porositat o Espai porós total (P o EPT):	volum del substrat ocupat pels porus. S'expressa com a percentatge de volum respecte del volum aparent del substrat (% v/v).
Capacitat d'aire (CA):	és la diferència entre la porositat del substrat i el percentatge volumètric d'aigua retinguda pel substrat a 1 kPa de tensió, prèvia la seva saturació. Correspon al volum d'aire que hi ha en el substrat en aquestes condicions. S'expressa com a % v/v.
Aigua fàcilment disponible (AFD):	volum d'aigua alliberat pel substrat quan la tensió augmenta d'1 a 5 kPa. S'expressa com a % v/v.
Aigua de reserva (AR):	volum d'aigua alliberat pel substrat quan la tensió augmenta de 5 a 10 kPa. S'expressa com a % v/v.
Aigua disponible (AD):	la suma dels dos paràmetres anteriors (AFD+AR). S'expressa com a % v/v.
Aigua difícilment disponible (ADD):	volum d'aigua retingut pel substrat a 10 kPa de tensió. S'expressa com a % v/v.

als, mentre que hi ha la possibilitat de modificar les químiques, sempre que no siguin molt restrictives.

Les principals **propietats físiques** són la distribució de la mida de les partícules, la densitat

→
El medi ambient en què les arrels de les plantes desenvolupen les seves funcions és determinat per les propietats físiques, químiques i biològiques del substrat i per la interacció entre l'aparell radicular i les fases sòlida, líquida i gasosa del substrat. En el cultiu en substrats tenen més rellevància les propietats físiques que les químiques, ja que una vegada establert el cultiu no es poden corregir les limitacions físiques inicials, mentre que hi ha possibilitat de modificar les químiques sempre que no siguin molt restrictives.

aparent, la porositat o espai porós total i les relacions aire/aigua, de les quals deriven diversos paràmetres: Capacitat d'aire (CA), Aigua fàcilment disponible (AFD), Aigua de reserva (AR), Aigua disponible (AD) i Aigua difícilment disponible (ADD). La taula 1 mostra la definició de les propietats físiques més rellevants.

Les principals **propietats químiques** dels substrats són el pH, la capacitat tampó de pH, la capacitat d'intercanvi catiónic (CIC), la capacitat de retenció de fòsfor, el contingut total i disponible de nutrients, la relació C/N en substrats orgànics, el contingut total i disponible en metalls pesants i la salinitat.

Pel que fa a les **propietats biològiques**, cal destacar la bioestabilitat, l'activitat reguladora del creixement, la immobilització de nitrogen, la fitotoxicitat i l'activitat supressora de patògens. Les propietats supressores determinen el grau d'inhibició del desenvolupament de determinats agents fitopatògens (fongs, bacteris i també alguns nematodes) a causa de l'antagonisme biològic entre els microorganismes o els biocides naturals presents en el substrat i els organismes patògens.

Pel seu ús en els sistemes de cultiu fora del sòl, els substrats es poden classificar segons el grau **d'activitat o inactivitat física i química**. Un substrat físicament actiu és el que reté una quantitat apreciable d'aigua disponible i, per tant, pot estar subjecte a un programa de reg intermitent,

amb l'objectiu d'esgotar parcialment o totalment l'aigua disponible entre reg i reg; contràriament, un substrat físicament inert no reté una quantitat apreciable d'aigua disponible, i, per tant, requereix reg continu o una reserva d'aigua a la base del contenidor. Complementàriament, un substrat químicament actiu és el que presenta Capacitat d'Intercanvi Catiónic (CIC) apreciable, és a dir, que és capaç de retenir i bescanviar cations, per la qual cosa pot admetre un programa de fertilització discontinua, amb moltes variants i tipus d'adobs. Contràriament, un substrat químicament inactiu, en no presentar CIC apreciable, requereix un programa de fertilització amb solució nutritiva completa. En aquest escenari, es poden apreciar 3 variants bàsiques de cultiu en substrats:

- **Substrats inactius físicament i química:** en no tenir cap capacitat de retenció d'aigua ni de nutrients, requereixen disposar permanentment d'una solució nutritiva completa (SNC). El cultiu en esfèrules d'argila expandida n'és l'exemple principal.

- **Substrats físicament actius i químicament inactius:** en retenir aigua disponible però no nutrients, requeriran l'administració intermitent de SNC, que aporti conjuntament l'aigua i els nutrients. Els exponents principals d'aquesta variant són el cultiu en perlita, llana de roca, sorra, grava volcàniques i fibra de fusta.

- **Substrats actius físicament i química:** en retenir aigua i nutrients, admeten moltes combinacions de reg i fertilització discontinus, cosa que permet desvincular el reg de la fertilització i emprar molt diverses tècniques de fertilització (adobatge de base i/o adobatge de cobertura) i d'adobs (solubles, d'alliberament lent o controlat, solucions fertilitzants, etc.). Aquesta variant inclou el cultiu en torba, fibra de coco, escorces envellides o compostades, molt diferents tipus de composts (vegetal, de fens, de fracció orgànica de residus municipals procedents de recollida selectiva, de fangs d'estacions depuradores d'aigües residuals o de residus agroindustrials, vermicompost, etc.) i barreges entre els anteriors (tots orgànics) o d'aquests amb components inorgànics (perlita, sorra, gravetes volcàniques, etc.).

L'elecció d'un determinat sistema de cultiu en substrats, entre d'altres criteris i condicionaments, haurà de tenir sempre en compte la finalitat de la producció vegetal. Quan es tracta de posar en el mercat plantes senceres que hauran de continuar desenvolupant-se en el lloc de destinació (planters, esqueixos arrelats, plantes

Taula 2. Nivells desitjables de les principals propietats d'un substrat de gestió fàcil (adaptat d'Abad i col., 2004)

Propietats físiques	
Mida de partícules (mm)	0,25-2,5
Densitat aparent (kg/m ³)	< 300
Espai porós total (% volum)	>85
Capacitat d'aire (% volum)	20-30
Aigua fàcilment disponible (% volum)	20-30
Aigua de reserva (% volum)	4-10
Aigua disponible (% volum)	24-40
Propietats químiques	
pH en aigua (lleugerament variable segons el mètode de determinació)	4,5 - 5,0 (espècies acidòfiles) 5,5 - 6,5 (espècies neutròfiles)
Conductivitat elèctrica (molt variable segons el mètode de determinació)	Molt baixa o baixa (per a substrats no adobats)
Capacitat d'Intercanvi Catiònic (meq/L)	>50
Contingut en nutrients assimilables (molt variable segons el mètode de determinació)	Òptim o adequat segons el mètode i adaptat a l'exigència nutritiva del cultiu. Situació normalment assolida amb l'aplicació d'un programa de fertilització
Contingut en metalls pesants (mg/kg de matèria seca)	Pertinença a la Classe A (sense restriccions) o a la Classe B (no aplicable a cultius hortícoles comestibles) que estableix el RD 865/2010, sobre substrats de cultiu
Altres propietats	
Estabilitat (física, química i biològica) durant el període de cultiu	Elevada
Presència de llavors i propàguls de males herbes, nematodes i altres patògens	Exempt
Presència de substàncies fitotòxiques	Lliure

en contenidor per a jardineria interior o exterior, paisatgisme, restauració de sòls, fructicultura, etc.), sigui en el contenidor mateix o després de ser trasplantades, els substrats han de permetre una gestió senzilla del reg i la fertilització postvenda, per la qual cosa s'hauran d'emprar substrats actius físicament i química. Quan es tracti de comercialitzar una fracció o part del cultiu (horticultura comestible i flor tallada principalment), es podran emprar totes les variants abans descrites, especialment la segona i tercera. En aquest cas, també hi ha l'alternativa del cultiu sense substrat mitjançant tecnologies diverses com la tècnica de la làmina nutritiva (*Nutrient Film Technique, NFT*), el cultiu aeropònic, el cultiu hidropònic, etc.

En relació amb les característiques i propietats dels materials, cal indicar que no existeix el **substrat ideal** per cultivar plantes. Tret dels materials de característiques molt restrictives,

la major part es pot emprar per al cultiu en substrat sempre que es condicionin, esmenin o barregin amb altres materials abans del seu ús, i/o s'apliquin les tècniques culturals apropiades (principalment reg i fertilització) durant el cultiu. En qualsevol cas, el concepte clàssic de substrat ideal correspon més pròpiament al **substrat de gestió fàcil**, tant en condicions de viver com en postvenda, que està representat pels substrats actius físicament i química. La taula 2 presenta els valors desitjables dels principals paràmetres d'un substrat de gestió fàcil.

02 La torba àcida d'esfagne en els substrats hortícoles

Centrant-nos en els substrats actius físicament i química, el material més emprat és la **torba àcida d'esfagne**, amb diferents graus de

descomposició i granulometria, que s'extreu de torberes oligotròfiques. El rang de variació d'aquestes propietats és ample, atenent tant el grau de descomposició de les torbes com també la seva granulometria. Pel que fa el grau de descomposició i d'acord amb l'escala de Von Post, les torbes es poden classificar en rosses (H1 a H3), brunes (H4 a H6) i negres (H7 a H10). A mesura que incrementa el grau de descomposició de la torba (taula 3), les partícules són més petites, i s'observa disminució de la porositat total, augment de la densitat aparent, disminució de la capacitat d'aire, augment de la retenció d'aigua total, però sovint amb disminució de la disponible, i augment progressiu de la capacitat d'intercanvi catiònic. Per garantir una aeració suficient i evitar el risc d'asfíxia radicular, en els cultius en torba no s'utilitzen normalment les torbes negres i no es depassa el grau H5 de les brunes. Complementàriament, i per a un determinat tipus de torba, les empreses productores elaboren diferents granulometries, en les quals es compleix el patró que en disminuir la mida de les fibres disminueix la capacitat d'aeració i augmenta la retenció d'aigua.

Globalment, les **torbes rosses**, i en menor mesura les brunes, presenten unes propietats físiques i químiques (taula 3) molt adequades per usar-les com a substrat: densitat aparent baixa, molt alta porositat, capacitat d'aire satisfactòria i elevat contingut en aigua disponible, conductivitat elèctrica molt baixa i elevada capacitat d'intercanvi catiònic; el pH és molt àcid, per la qual cosa requereixen encalçament.

En qualsevol cas, les torbes tenen una fertilitat química molt baixa que requereix l'establiment de programes de fertilització sigui quin sigui l'objectiu de la producció hortícola, tret de l'arrelament d'esqueixos. Les torbes tenen algunes substàncies fungistàtiques, però en general es considera que no tenen activitat supressora de fitopatògens, i són, per tant, conductores de malalties.

Els substrats hortícoles a base de torba es formulen a partir de torba rossa i/o bruna sola (de diferents graus de descomposició i granulometria) o bé de barreges d'aquestes torbes amb altres materials inorgànics (perlita, sorra, vermiculita, graveta volcànica) o orgànics.

Els diferents usos de la torba com a combustible (calor i energia), agricultura general i substrat de cultiu s'han posat en qüestió en

Taula 3. Principals propietats de les torbes d'esfagne

Material	DA kg m ⁻³	EPT %v/v	CA %v/v	AFD %v/v	AR %v/v	AD %v/v	ADD %v/v	pH	CE dS m ⁻¹ E. Sat.	CIC meq/100g	CIC meq/L
Torba rossa 1	70	96	41	25	6	31	24	3,7	0,20	90	63
Torba rossa 2	75	93,3	29	33,5	6,5	40	25,3	3,8	0,29	101	76
Torba rossa 3	115	92,1	27,6	28,7	4,8	33,5	30,9	3,9	0,23		
Torba bruna	139	90,4	17	28,4	5,2	33,6	39,8	4,2	0,40	124	172
Torba negra	214	85,4	7,6	24	4,7	28,7	47,3	4,6	0,68	150	321

els darrers decennis per diverses raons, amb una actitud més decidida en els països no productors de torba, per raons òbvies. En el context general, cal destacar que **la torba és un recurs no renovable a curt i a mitjà termini** vinculat a ecosistemes d'alt valor que tenen una distribució geogràfica molt concreta, l'explotació dels quals és molt complexa i que en la major part dels països productors està sota estricta vigilància i control.

Les torberes es localitzen principalment en latituds elevades de l'hemisferi nord. Els majors dipòsits són al Canadà, el nord dels Estats Units, Rússia, els països bàltics, Noruega, Finlàndia, Irlanda, Polònia, el Regne Unit, etc. En latituds més baixes, es troben torberes en llocs alts, però els dipòsits són molt més petits, com ara Galícia, Astúries i Cantàbria a l'Estat espanyol. Les torberes s'han anat desenvolupant a partir de la darrera glaciació ara fa uns 12.000 anys, en retrocedir els glaciers i donar lloc a zones humides amb aigües de molt baixa salinitat, molt

pobres en nutrients i de pH àcid que van possibilitar l'establiment d'espècies oligotròfiques, principalment molses del gènere *Sphagnum*. L'acumulació dels residus d'aquesta vegetació en condicions anaeròbies per hidromorfisme fa que la descomposició microbiana sigui molt lenta i l'acumulació sigui molt més alta que la mineralització, cosa que dóna lloc a la formació de les torberes que són els sòls orgànics o histosòls. Les torberes actualment ocupen una superfície mundial de 4 milions de km² (3% dels sòls) i contenen 1/3 del carboni orgànic del sòl i el 10% de les reserves d'aigua dolça. Els ecosistemes de torberes són molt fràgils, amb una gran biodiversitat que configura hàbitats molt específics de flora i fauna i un freàtic molt vulnerable. A escala global, les torberes són grans embornals de CO₂ i emmagatzemen/segresten una gran quantitat de carboni orgànic que s'ha anat acumulant durant molt de temps. L'explotació de les torberes fa que esdevinguin fonts de carboni, cosa que afecta el canvi global en retornar a l'atmosfera carboni segrestat durant milers d'anys; altrament, l'explotació afecta greument també la flora i la fauna associades i la qualitat del freàtic. És clar que la torba és un recurs no renovable ni a curt ni a mitjà termini, la qual cosa va fer que la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic (CMCC; *United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) promogut per les Nacions Unides declarés que és un combustible fòssil (*fossil fuel*), és a dir, un recurs d'energia no renovable. No obstant, el Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (GIECC; *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) classifica la torba com a combustible de renovació lenta (*slow-renewable fuel*).

Complementàriament als aspectes mediambientals, la torba és un material car, molt especialment per als països no productors, tot i que les empreses productores de torba per a horticultura han desenvolupat productes d'alta

qualitat a preus acceptables, ateses les bones prestacions que donen. La taula 4 presenta el resum de les principals característiques de les torbes rosses d'esfagne.

03 Materials alternatius a la torba: la fibra/pols de coco

Per les raons anteriorment exposades, la investigació en aquest camp s'ha centrat en la cerca de materials orgànics de naturalesa renovable que poguessin ser una alternativa total o parcial a la torba. La major part dels materials estudiats amb aquesta finalitat són residus o subproductes orgànics de diferent naturalesa i procedència. Aquesta recerca a escala mundial ha posat al mercat a partir dels anys vuitanta del segle passat un material de gran interès, **la fibra/pols de coco**. Es tracta d'un subproducte/residu agrícola, i, per tant, un **recurs renovable** que és una alternativa molt important a la torba i, per les seves característiques, pot arribar a substituir-la totalment. Tot i això, cal tenir present que es tracta d'un material procedent d'un cultiu tropical, el coco (*Cocos nucifera*), que es produeix en zones geogràfiques molt limitades i molt allunyades de les zones de màxim consum de substrats. Els països productors principals són Sri Lanka i l'Índia (90% del total), però també hi ha producció a Mèxic, Costa Rica, Tailàndia, les Filipines, etc. Els materials emprats com a substrats es generen com a residu del processament del mesocarpí fibrós del coco que té com a finalitat l'obtenció de les fibres més llargues que s'utilitzen per a fer cordes, raspalls, estores, etc. Aquest tractament produeix grans quantitats de fibres curtes i pols que és el material que es fa servir com a substrat o component de substrat.

La fibra/pols de coco presenta una àmplia variabilitat en les seves propietats que depèn, d'una banda, de la proporció entre fibres i

Taula 4. Resum de les principals característiques de les torbes d'esfagne rosses

Propietats físiques excel·lents (variables segons el grau de descomposició i la mida de les fibres)
Molt baixa fertilitat química
pH extremadament baix (requereixen encalcinament)
CE molt baixa
Elevada CIC
Disponibilitat molt localitzada
Cost elevat (especialment per als països no productors)
Recurs no renovable a curt i mitjà termini
Gran embornal de C / font de C en explotar la torbera
Ecosistema molt fràgil (biodiversitat, hàbitat especial, qualitat del freàtic)
Conductora de malalties

Taula 5. Principals propietats de la fibra/pols de coco

Material	DA	EPT	CA	AFD	AR	AD	ADD	pH	CE dS/m E. Sat.	CIC meq/100 g	CIC meq/L
Fibra de coco	63	95,8	40,3	21,1	2,6	23,7	31,8	5,9	0,5	52	33
Fibra de coco+pols	81	95	35,1	23,5	0,8	24,3	35,6	5,4	1,12	60	49
Pols+fibra de coco	79,8	95,1	22,3	29,4	1,2	30,6	42,2	5,8	2,54	74	59
Pols de coco	80,4	94,3	13,5	35,5	1,8	37,3	43,5	6,1	3,55	88	70

pols i també de la longitud de les fibres i de la mida de les partícules de la pols (taula 5). D'altra banda, també hi influeix la varietat de coco cultivada, l'estat de maduració del fruit, l'escenari edafoclimàtic d'origen, el procés industrial d'obtenció de la fibra i l'edat o grau d'envelliment del residu. Els materials derivats del coco presenten una DA molt baixa i una Porositat molt alta; ambdós paràmetres són similars als de les torbes rosses. La CA és funció de la proporció de fibres curtes/pols i presenta valors molt superiors als de la torba rossa quan la proporció és baixa, mentre que disminueix quan incrementa la proporció de pols. Complementàriament, els continguts en AFD i AD augmenten amb la presència de pols i assolixen valors similars als de la torba rossa quan tota la fracció és pols. L'ADD també augmenta amb la fracció de pols. La major part de productes comercials de fibra/pols de coco tenen una CA superior a la de la torba rossa i un contingut en AFD i AD inferior.

El pH és mitjanament o lleugerament àcid, adequat per als cultius i no requereix encalçat com passa amb les torbes. La CE és mitjana o alta, normalment superior a la de la

torba, i és menor en els productes amb més fibra. Aquest paràmetre pot ser molt limitant en alguns casos, especialment quan el procés de producció no hi ha aplicat un programa de rentat adequat. La CIC és inferior a la de les torbes i incrementa amb la proporció de pols, i també amb el temps d'envelliment/emmagatzematge, on es produeix una transformació aeròbica similar al compostatge i, per tant, un procés d'humificació. Pel que fa al contingut de nutrients, presenta nivells alts de les torbes rosses, que tenen una fertilitat potàssica i fosfòrica molt baixa. Els nivells de potassi van acompanyats també de continguts elevats de clorur i de sodi, que globalment són els principals responsables del valor de la CE. La relació C/N és generalment alta (70 a 190), molt més que en les torbes rosses (40-50), la qual cosa comporta un risc d'immobilització de nitrogen que es pot corregir amb un suplement de l'adobatge nitrogenat. Com en el cas de la torba, la fibra/pols de coco no té activitat supressora de patògens, i és, per tant, conductora. La taula 6 presenta el resum de les principals característiques de la fibra/pols de coco.

Taula 6. Resum de les principals característiques de la fibra/pols de coco

Propietats físiques relativament similars a la torba rossa (variables segons la proporció de fibra curta i pols i altres condicionants)
pH lleugerament àcid
CE mitjana però sota control pel risc de ser elevada
CIC mitjana
Baixa fertilitat nitrogenada, però nivells alts de K i P
Cert risc d'immobilització de nitrogen
Disponibilitat molt localitzada
Cost elevat (especialment per als països no productors)
Recurs renovable (residu agrícola)
Conductora de malalties

04 Materials alternatius a la torba: l'escorça de pi

Les escorces d'arbres van ser el material alternatiu a la torba que es va introduir més aviat en el sector hortícol del cultiu en contenidor a escala mundial. En les dècades dels anys 70 i 80 del segle XX, diversos investigadors dels Estats Units i d'Europa van posar a punt sistemes de cultiu en escorça pura o barrejada amb torba que es van transferir al sector productiu. A Catalunya, el seu ús s'inicia als anys 60 amb l'escorça de pi, però sense anar acompanyat de programes de recerca.

Les escorces d'arbre són un subproducte/residu de les indústries de la fusta, principalment de les de primera transformació, en el procés de decorticació dels troncs; són, per tant, un recurs renovable. Després d'aquest procés, normalment les escorces es trituren i s'apila el material. Atenent el tipus d'arbre, es poden distingir dues menes d'escorça: la procedent de coníferes, que s'anomena de fusta tova, i la procedent d'arbres dicotiledonis, o de fusta dura. L'ús de les escorces crues d'arbres en la formulació de substrats hortícoles pot presentar tres problemàtiques diferents, que tindran major o menor incidència en els cultius: 1) **deficiència de nitrogen**, induïda principalment per la descomposició *in situ* de components orgànics biodegradables com la cel·lulosa i l'hemicel·lulosa que comporta immobilització del nitrogen disponible procedent de l'adobatge; aquesta restricció és molt acusada en les escorces de fusta dura, que tenen un contingut elevat de cel·lulosa i baix de lignina, mentre que es manifesta més dèbilment en les de fusta tova, que tenen molta lignina i poca cel·lulosa; 2) **fitotoxicitat**, perquè les escorces dels arbres contenen substàncies fitotòxiques, principalment orgàniques (substàncies fenòliques, terpens i resines), però també n'hi pot haver de naturalesa inorgànica (manganès); aquesta fitotoxicitat orgànica és un dels principals factors restrictius de l'ús de les escorces fresques o crues en el cultiu en substrats, i 3) **gran dificultat de rehumectació en assecar-se** a causa de l'aparició d'hidrofòbia, que en redueix l'amarabilitat posterior i disminueix la capacitat de retenció d'aigua. Aquest aspecte té importància en la disponibilitat hídrica del substrat tant en iniciar el cultiu amb escorces molt seques com durant el cultiu si s'ha deixat assecar massa entre reg i reg. Les tres problemàtiques anteriors es poden eliminar o reduir molt mitjançant el compostatge de les escorces crues. D'una banda, aquest procés promourà la descomposició d'una bona part de la cel·lulosa i l'estabilització de la matèria orgànica, i evitarà la immobilització de nitro-



Foto 2a. Escorça sense compostar. Autors M. López & X. Martínez.



Foto 2b. Escorça compostada. Autors M. López & X. Martínez.

gen. Complementàriament, en el decurs del compostatge es produeix el catabolisme de les substàncies orgàniques fitotòxiques i es millora l'amarabilitat del material. L'envelliment del material apilat, sempre que disposi d'una certa humitat i aeració, també resulta efectiu per resoldre els problemes anteriors, però requereix molt de temps. Per les raons anteriors, la major part de les escorces (fusta dura o fusta tova) destinades a l'horticultura se sotmeten al procés de compostatge.

En l'àmbit espanyol, el material més disponible per a aquest ús és l'escorça de pi (*Pinus spp.*), que conforma la major part del material que tracten les indústries serradores estatals. Segons el bosc de procedència, s'obtenen escorces de diferents espècies: *Pinus canariensis*, *P. halepensis*, *P. insignis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. sylvestris* i *P. uncinata*, principalment. El residu de la decorticació i trituració posterior de les serradores generalment és una barreja de diferents espècies de pi i pot contenir també escorces d'altres coníferes. Les propietats de les escorces de pi crues presenten variació segons l'espècie de pi predominant i l'escenari edafoclimàtic d'on procedeixen, però també hi

Taula 7. Principals propietats físiques de les escorces de pi crues o compostades

Material	DA	EPT	CA	AFD	AR	AD	ADD
Escorça de pi crua 1	121	92,5	56,8	6,2	1,1	7,3	28,4
Escorça de pi crua 2	133	90,9	60,5	3,3	0,5	3,8	26,6
Escorça de pi crua (10 - 30)	125	92	67,2	0,9	0,4	1,3	23,5
Escorça de pi crua (5 - 10)	150	90,2	62,8	1,2	0,5	1,7	25,7
Escorça de pi crua (10 mm)	173	89	54,9	2,3	0,9	3,2	24
Escorça de pi crua (0 - 5)	210	87,2	40,5	7,3	1,5	8,8	37,9
Escorça de pi compostada (0 - 5)	240	85,7	27	20,3	1,6	21,9	36,7
Escorça de pi compostada 3	190	80,6	28,4	12,7	2,6	15,3	36,9
Escorça de pi compostada 4	134	91	34,5	15,3	5,4	20,7	35,8
Escorça de pi compostada 5	222	86,8	25	21,8	3,8	25,6	17,8
Escorça de pi compostada 6	250	85,1	42	15	4,6	19,6	23,6
Escorça de pi compostada 7	236	84	36,7	11,2	1,3	12,5	34,8

Taula 8. Resum de les principals característiques de les escorces de pi

Crues	Compostades
<ul style="list-style-type: none"> • CA molt alta i contingut en AD molt baix • pH àcid • CE baixa/mitjana però sota control pel risc de ser elevada • CIC baixa • Cert risc d'immobilització de nitrogen • Cert risc de fitotoxicitat per Mn • Disponibilitat alta • Cost mitjà • Recurs renovable (residu forestal) • Conductores de malalties 	<ul style="list-style-type: none"> • CA alt o mitjà i AD mitjana/baixa (variable segons les matèries primeres i el procés) • pH lleugerament àcid o neutre • CE mitjana • CIC mitjana • Fertilitat química baixa però superior a la torba rossa (P i K) • Disponibilitat alta • Cost acceptable • Recurs renovable (residu forestal) • Activitat supressora de malalties

influença el procés de tractament a les indústries serradores, especialment la mida de les seves partícules. Les escorces compostades presenten notables diferències respecte de les crues, però també mostren variabilitat entre si, derivada tant de l'origen del material com del procés específic de compostatge.

Les propietats físiques de les escorces de pi no compostades (taula 7) indiquen que es tracta d'un material lleuger i molt porós, però amb DA superior i EPT inferior a la torba rossa i la fibra de coco, i amb una CA molt alta. El contingut en AD és molt baix i inferior al dels materials anteriors. Quan les escorces de pi es composten, s'observa una important variació d'aquestes propietats a causa de la disminució de la mida de les partícules i de la seva hidrofo-

bicitat. El compostatge comporta un increment de la DA, amb disminució de l'EPT i la CA i, complementàriament, un augment notori en el contingut d'AD. Les característiques dels composts mostren també variabilitat, atribuïble tant a les matèries primeres com al procés de compostatge, i determinats materials poden assolir valors de CA i AD molt similars als de la fibra/pols de coco i als de la torba rossa.

Pel que fa a les principals propietats químiques, les escorces de pi crues presenten un pH àcid (4,2 - 5,6) que augmenta cap a la neutralitat (6 - 7) amb el compostatge. La CE és baixa o mitjana i també incrementa en compostar-les. Similarmet, la CIC de les crues és baixa/mitjana (20 - 60 meq/100g) i augmenta en les compostades (70 - 90

meq/100g). La fertilitat química és generalment baixa, superior a la de la torba rossa en P i K i normalment C, però inferior a la fibra de coco en K i P. Quan els sòls de procedència dels arbres són àcids, les escorces acumulen manganès i el seu ús en cru pot provocar toxicitat en els cultius. Aquesta risc disminueix quan l'escorça es composta i no es presenta en sòls neutres o calcaris. Les escorces compostades, no pas les crues, presenten activitat supressora de diversos fongs i bacteris fitopatògens, i també de nematodes. Aquesta característica representa un valor afegit en relació amb la torba i la fibra de coco, que són materials conductors de fitopatògens. La taula 8 presenta el resum de les principals característiques de les escorces de pi crues i compostades.

05 Materials alternatius a la torba: els composts

En la major part dels països, i especialment en els que no disposen ni de torba ni de coco, s'han esmerçat notables esforços d'investigació i transferència per obtenir materials alternatius a partir d'un elevat nombre de residus orgànics d'alta disponibilitat local, que es generen en diverses activitats agrícoles, ramaderes, forestals, urbanes i de la indústria agroalimentària. Aquestes accions tenen un doble objectiu: **valoritzar residus orgànics com a recursos i disminuir el consum/dependència de torba i la fibra de coco**, i, per tant, reduir els costos de

producció hortícola. El compostatge d'aquells residus orgànics és l'eina general necessària per poder obtenir un producte útil com a substrat o com a component de substrat de cultiu, i ha de permetre l'estabilització de la seva matèria orgànica, la higienització, i l'eliminació de la possible fitotoxicitat orgànica i de llavors de males herbes i altres propàguls vegetals. Per aconseguir-ho, caldrà establir un control específic de les matèries primeres i del procés. El procés de compostatge es tractarà, com ja s'ha comentat anteriorment, en el capítol posterior d'aquest dossier tècnic.

Els composts obtinguts en les plantes de compostatge presenten unes característiques molt variables, atenent en primer lloc les matèries primeres emprades i la granulometria final, però també la tecnologia i el control del procés i la durada total i de les seves fases. En aquest context, cal tenir en compte que la major part dels composts de residus orgànics que es produeixen a les plantes de compostatge de Catalunya i d'arreu és, de fet, el resultat del compostatge conjunt (cocompostatge) del residu principal, del qual pren el nom el compost, amb un o diversos residus complementaris. Aquest tractament conjunt té com a objectiu equilibrar la matèria primera en relació amb el procés de compostatge a fi d'equilibrar la seva relació C/N, donar-li porositat d'aeració o reduir/aumentar la seva humitat, entre d'altres finalitats. Complementàriament, el cocompostatge permet gestionar més d'un residu. El compost d'escorça de pi, atesa la seva alta C/N, requereix la incor-



Allà on no es disposa ni de torba ni de coco s'han esmerçat esforços d'investigació i transferència per obtenir materials alternatius a partir de residus orgànics disponibles per tal de valoritzar-los i disminuir el consum/dependència de la torba i la fibra de coco.



Els composts tenen característiques variables ja sigui per les matèries primeres emprades, però també per la tecnologia, el procés i la durada de les diferents fases del compostatge. La major part dels composts que s'obtenen són el resultat del compostatge conjunt del subproducte principal, del qual pren el nom el compost, amb altres subproductes complementaris.

Taula 9. Principals propietats físiques i fisicoquímiques de diversos tipus de composts

Material	DA	EPT	CA	AFD	AR	AD	ADD	pH 1:2 v/v	CE dS/m 1:2 v/v
ESCORC	180	88,1	44,1	11,9	3,7	15,7	28,3	6,55	1,70
CECOR	230	86,7	41,9	13,5	3,8	17,4	26,9	7,30	2,79
CEDAR1	280	84,5	27	12,7	2,9	15,6	41,9	6,51	3,30
CEDAR2	310	82,4	39,8	12,8	2,9	15,7	26,9	8,03	3,90
CFEM1	230	87,3	43	13,6	3	16,6	27,6	8,92	4,28
CFEM2	280	84,9	40,6	14,8	1,4	16,2	28,2	9,43	10,88
CFORM1	240	86	57,7	8,8	1,4	10,2	18	8,27	7,44
CFORM2	200	88	61,9	7,4	1,8	9,1	16,9	8,24	8,23
CPU1	520	74,5	17,2	20,5	4,9	25,4	31,8	8,49	3,58
CPU2	380	80,3	34,6	11,7	3,8	15,5	30,7	8,30	3,86
CPU3	430	79,2	19,6	22,5	4,2	26,7	32,9	8,47	2,15
CHR	420	80	25,5	9,5	2	11,5	43	8,50	3,62
CVER	300	83,5	32,3	15,3	2,4	17,7	33,5	7,47	3,24

poració d'una font de nitrogen. Quan aquest requeriment es cobreix amb nitrogen inorgànic, principalment urea, es parla d'*escorça composta*, ja tractada a l'apartat 4; si s'usen residus orgànics rics en nitrogen, s'anomena *compost d'escorça*. Els fangs d'EDAR, per la seva baixa C/N, elevada humitat i manca d'aeració, requereixen materials vegetals rics en carboni, secs i grollers. Els fangs es poden compostar sols si contenen jaç de palla o fusta que ja equilibren la C/N i l'aeració i si no requereixen materials que els equilibrin. La FORM, en presentar característiques inicials similars a les descrites pels fangs, requereix residus vegetals, generalment residus de poda urbana triturats. Els composts de restes vegetals poden tenir diversos orígens, però



Foto 3. Compost de FORM (fracció orgànica de residus municipals). Autors M López & X Martínez.

Taula 10. Paràmetres de fitotoxicitat en diversos tipus de composts

Material	% de germinació	Long.radicular	Índex de germinació
ESCORC	100,1	120,5	120,6
CECOR	94,9	152,5	144,7
CEDAR1	97,7	107,3	105
CEDAR2	0	0	0
CFEM1	41,6	44,5	18,4
CFEM2	0	0	0
CFORM1	0	0	0
CFORM2	0	0	0
CPU1	31,3	59,8	17,7
CPU2	41,3	45,0	19,4
CPU3	100,1	106,3	106,2
CVER	101,2	109,2	110,6

Taula 11. Resum de les principals característiques dels composts de residus orgànics

• Propietats físiques, fisicoquímiques i químiques molt variables segons les matèries primeres i el procés de compostatge. En general:

- Baix contingut en AFD i alta CA
- pH alt
- CE alt
- CIC mitjana o alta
- Notable fertilitat química (macro i micronutrients), però mineralització variable

• Àmplia disponibilitat local

• Baix cost

• Propietats biològiques:

- Capacitat supressora de malalties i nematodes
- Fitotoxicidad
- Possible immobilització de N

els més usuals són els residus de poda i sega urbanes que normalment requereixen una font de nitrogen i els residus hortícoles que, atenent la seva C/N inicial, acostumen a tenir el mateix requeriment.

Com ja s'ha exposat, hi ha una multitud de composts residus orgànics, cosa que fa impossible fer-ne una descripció mitjanament extensiva, per la qual cosa es presentaran alguns representants de les principals tipologies. La taula 9 mostra els paràmetres físics i fisicoquímics principals d'una escorça de pi compostada (material ja tractat a l'apartat anterior) i d'un compost d'escorça (ESCORC i CESCOR); dos composts de fangs d'EDAR (CEDAR 1 i 2); dos composts de fems (CFEMS1 i 2); dos composts de Fracció Orgànica de Residu Municipal (CFORM 1 i 2); 3 composts de poda urbana (CPU 1, 2 i 3); un compost de residus hortícoles (CRH), i un vermicompost de fems (CVER). Comparant-los amb els materials que poden substituir (torba rossa i fibra/pols de coco), aquests composts presenten, en general, major DA, menor EPT, major CA i menors continguts en AFD i AD. Aquesta regla general, no obstant, mostra notables variacions, ja que s'observa que alguns composts vegetals (CPU 1 i 3) presenten continguts en AFD i AD similars als de la fibra/pols de coco, tot i que tenen menor CA. Els composts de FORM tenen continguts molt baixos d'AFD i AD i, complementàriament, CA molt elevada.

El pH dels composts és, en general, excessivament bàsic i molt superior al de la torba rossa i la fibra/pols de coco, amb valors superiors a 8, i, per tant, limitants en molts casos (taula 9). No obstant, alguns són lleugerament àcids (ESCORC i CEDAR 1) i adequats per usar-los com a substrat, o neutres (CESCOR i CVER). La CE d'aquests composts és molt superior a la dels materials a substituir, i, tret de l'escorça compostada i del CPU3, la major part presenta risc de salinització ($CE\ 1:2\ v/v > 2,5\ dS/m$); els valors màxims, els presenten els composts de fems i de FORM.

La CIC dels composts és variable segons les matèries primeres i el procés de compostatge (de 40 a 125 meq/100g); generalment, és inferior a la de la torba i similar o superior a la de la fibra/pols de coco. La fertilitat química dels composts és quasi sempre molt superior a la de la torba rossa i molt sovint a la de la fibra/pols de coco, cosa que és un valor afegit important en el marc de l'estalvi de nutrients en el cultiu en substrats, tant pel que fa al seu

contingut en nutrients solubles o fàcilment disponibles (nitrat, amoni, potassi, etc.) com en nutrients totals. Quan els composts són estables, el N orgànic que contenen actua com a adob d'alliberament lent, però si són immadurs poden provocar immobilització de nitrogen. Complementàriament, la mineralització progressiva proporciona també fòsfor i diversos micronutrients i permet una disminució de les dosis d'adobatge. Dissortadament, aquest efecte positiu, derivat del contingut en nutrients totals, depèn de la taxa de mineralització del compost, que molt sovint és poc coneguda. Un aspecte que pot arribar a ser molt limitant des del vessant químic és la possible presència de metalls pesants, regulada pel Reial decret 865/2010 comentat a l'apartat 1. Aquesta norma legal estableix que els substrats de classe A (els més baixos en metalls pesants) es poden emprar en tots els usos de cultiu, i que els de classe B no es poden emprar en l'horticultura comestible. El contingut en metalls pesants dels composts depèn de la seva presència en les matèries primeres, per la qual cosa, quan es volen produir composts per emprar-los en la formulació de substrats, cal utilitzar materials amb continguts baixos i tenir en compte que el procés de compostatge farà augmentar-ne el contingut en reduir la matèria orgànica.

La fitotoxicitat dels composts, que pot ser també un factor restrictiu a l'hora d'usar-los com a component de substrats de cultiu, és molt elevada en la majoria; s'hi observa una forta inhibició del % de germinació de les llavors, la longitud mitjana de les radícules i l'Índex Conjunt de Germinació. La màxima fitotoxicitat (IG=0) s'observa en els composts de FORM, CEDAR2 i CFEM2, i és també molt alta en els CFEM1 i CGEG 1 i 2 (IG<20%). No obstant, alguns no mostren fitotoxicitat (CEDAR 1 i CPU3) i d'altres mostren efectes estimulants de la germinació (ESCORC, CESCOR i CVER). L'elevada fitotoxicitat que presenten molts d'aquests composts es pot atribuir, en molt bona part, a la seva elevada CE (compostos de FORM i de fems) que actua com un potent inhibidor de la germinació.

Un aspecte que resulta d'interès notori en relació amb les propietats biològiques és que la major part dels composts mostra activitat supressora de malalties vegetals i d'alguns nematodes, fenomen que ja hem descrit en parlar de l'escorça compostada i que dona molt d'avantatge a aquests materials en rela-



Foto 4. Compost de restes verdes de jardineria. Autora: R. Cáceres.



Foto 5. Compost de fems de bovi i restes vegetal. Autora: R. Cáceres.

ció amb la torba i la fibra/pols de coco que en són conductores. Aquesta activitat positiva es manifesta principalment en relació amb moltes malalties d'arrel però també s'ha observat pel que fa a algunes de foliars, la qual cosa suggereix que alguns composts són capaços de posar en marxa processos de resistència sistèmica induïda. En qualsevol cas, aquesta capacitat supressora pot comportar una millora de l'estat sanitari dels cultius i reduir els costos dels tractaments fitosanitaris, cosa que millora la sostenibilitat dels cultius en substrats.

Atenent els fets anteriors, l'ús dels composts de residus orgànics com a substrats alterna-



L'ús de composts a partir de subproductes orgànics com a substrats alternatius als clàssics presenta limitacions. Però, segons siguin les matèries primeres emprades i la conducció del procés poden minimitzar-se.



Foto 6. Diferents materials per a la preparació de substrats alternatius. Autor: O Marfà.

Taula 12. Criteris bàsics per a la substitució de torba i fibra de coco per composts en cultiu en substrats

1. Disposar de les anàlisis del compost
2. En composts sense limitacions analítiques, es poden formular substrats amb composts 100%
3. Quan hi ha restriccions analítiques (especialment CE, pH i fitotoxicitat), cal formular barreges en volum que garanteixin valors adequats de substitució parcial (25%, 33%, 50%, 66% o 75% v/v, segons la qualitat del compost)
4. Els materials complementaris són normalment orgànics (torba, fibra/pols de coco, etc.), i poden incloure d'inorgànics (perllita, arena, grava volcànica, etc.)
5. Com que els composts presenten generalment continguts mitjans o baixos d'Aigua disponible (AFD+AR), en els substrats que els contenen caldrà disminuir la dosi de reg i augmentar-ne la freqüència.

tius a la torba o a la fibra/pols de coco presenta sovint fortes limitacions, a causa principalment dels elevats valors de CE i pH i a la possible fitotoxicitat, però també per raó del baix contingut d'aigua disponible. Aquestes limitacions augmenten o quasi desapareixen en determinats composts, segons tant les matèries primeres com el procés de compostatge aplicat. En general, els composts d'escorça de pi o l'escorça compostada, els composts de poda urbana i alguns de fangs d'EDAR tenen més aptitud que els de fens o de FORM. Complementàriament, els composts tenen com hem dit aspectes avantatjoso-

sos en relació amb els substrats convencionals, derivats de la seva fertilitat química i de l'activitat supressora.

Algunes de les restriccions dels composts per al seu ús com a substrats es poden intentar disminuir/eliminar modificant el procés de compostatge. La selecció adequada de matèries primeres i/o la millora del procés poden disminuir-hi la salinitat, el pH, la fitotoxicitat orgànica i la presència de metalls pesants, i també augmentar-hi el contingut en aigua disponible.

Atesos els condicionaments d'aptitud, una bona part dels composts només es poden utilitzar com a substituïts parcials de la torba rossa o de la fibra/pols de coco, per a la qual cosa es formulen substrats de barreja amb una proporció volumètrica que dependrà de la seva major o menor aptitud per a aquesta finalitat. En la major part dels casos, aquesta proporció no pot superar el 50%, i són freqüents les incorporacions del 25 o del 33%. No obstant, alguns composts, especialment fabricats per al seu ús com a substrat de cultiu, es poden utilitzar al 100%. La taula 12 mostra els criteris bàsics de substitució.

06 Autors



Xavier Martínez

Grup de Recerca Emergent ASQUAS
Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia (DEAB)
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
xavier.martinez-farre@upc.edu



Marga López

Grup de Recerca Emergent ASQUAS
Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia (DEAB)
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Marga.Lopez@upc.edu

COMPOSTATGE ORIENTAT A L'OBTENCIÓ DE SUBSTRATS



Foto 1. Pila de compost i màquina voltejadora. Autora: S Burés.

01 Introducció

El compostatge és un procés de transformació de primeres matèries riques en components orgànics fàcilment degradables (normalment subproductes orgànics) en un altre material, el compost, que potencialment es pot emprar com a substrat. No obstant això, la major part dels composts que es produeixen a Catalunya no presenten unes característiques òptimes per al seu ús com a substrat. Perquè aquesta aplicació sigui viable, fonamentalment cal que els composts siguin molt estables, que tinguin un pH relativament baix i salinitat baixa i també cal que posseïxin característiques físiques adequades per al cultiu en contenidor.

A Catalunya existeixen diferents plantes de compostatge que destinen el compost que generen a la fabricació de substrats. Tot i que, en aquest cas, la selecció de primeres matèries es realitza molt acuradament per tal d'obtenir composts d'alta qualitat, hi ha d'altres factors inherents al mateix procés de compostatge que s'haurien de tenir en consideració.

El compostatge també es caracteritza perquè és un procés microbiològic i la transformació de la matèria orgànica es fa en condicions aeròbiques i controlades. Així, les primeres matèries experimenten canvis, en funció de la seva composició inicial, però també en funció de les condicions en què es realitzi el procés. Per exemple, existeixen diverses metodologies i tècniques per conduir el compostatge. Una

de les tècniques de conducció del procés més generalitzada és forçar l'aireació o ventilació del material. L'adopció dels diferents sistemes d'aireació influeix en aspectes com ara:

- Els paràmetres que regulen el procés de descomposició com són la concentració d'oxigen intersticial i la temperatura.
- Les emissions que es produeixen durant el compostatge (amoníac, metà)
- La composició final del compost.

Per exemple, s'ha demostrat que es poden obtenir composts de diferents característiques en funció del maneig de compostatge en la fracció sòlida de purí de vaquí (FSPV) en emprar diversos mètodes d'aireació del material (Cáceres *et al.*, 2006; Brito *et al.*, 2008). És per aquesta raó que es pot plantejar que el compostatge pugui ser orientat a l'obtenció de substrats.

02 Mètodes per millorar l'aireació durant el compostatge i el compost final

Existeixen bàsicament dos mètodes per gestionar adequadament l'aireació durant el compostatge:

- Mètode dinàmic: l'aireació s'efectua mitjançant el volteig del material, que es pot portar a terme amb una voltejadora o bé traslladant el material amb una pala carregadora. Es tracta d'un mètode senzill i força emprat a

les plantes de compostatge de casa nostra. L'operació de volteig representa una de les tasques més destacables en aquestes instal·lacions ja que requereix d'una dedicació important del personal.

- Mètode estàtic. el material no es desplaça però l'aire es fa arribar al material en descomposició gràcies a l'acció d'un ventilador connectat a canonades col·locades en la part inferior del material acumulat. Com que millora l'oxigenació del material, aquest mètode sol escurçar el procés de compostatge. A més, es poden reduir els costos de producció ja que l'adopció de mètodes estàtics permet reduir significativament el nombre de volteigs a realitzar; només s'han de fer volteigs periòdics per homogeneïtzar el material i evitar que l'aire prengui vies preferents. S'han realitzat estudis en els quals es prova l'efecte de diferents ratios de ventilació sobre les característiques del compost, que influeixen en la seva estabilitat (Guo *et al.*, 2012).

Independentment dels dos mètodes descrits, l'addició d'un material estructurant (o *bulking*) també permet millorar l'aireació, ja que facilita la difusió de l'oxigen en la pila de compostatge. Aquests materials proporcionen un suport estructural i doten de porositat el material en descomposició (Ahn *et al.*, 2008). El tipus, la granulometria i la proporció de materials estructurants emprats en la barreja influïràn decisivament en l'aireació *passiva* de la pila. S'ha demostrat que diferents tipus o proporcions d'estructurants poden originar processos de

compostatge diferents i també diferents composts (Adhikari *et al.*, 2009; Nolan *et al.*, 2011). Els materials estructurants són, normalment, subproductes de naturalesa lignocel·lulòsica i la seva addició com a primera matèria millorarà l'estabilitat global del compost final.

En els darrers anys s'ha investigat sobre l'addició d'altres components, que, sense ser materials estructurants, poden incidir en el procés i en les característiques finals dels composts. Per exemple, s'han provat els canvis que experimenten les dejeccions de porcí quan s'utilitzen bentonites en diverses proporcions. S'han demostrat canvis significatius en paràmetres importants per a l'ús del compost com a substrat com ara: la salinitat, la humitat, el percentatge de matèria orgànica, el nitrogen total i els nitrats. L'addició de bentonita facilita la degradació de la matèria orgànica, incrementa el contingut de N total i, així, disminueix la relació C/N (Li *et al.*, 2012). A més, alguns autors han demostrat que, incrementant la proporció de bentonita, es pot reduir el contingut de metalls pesants extraïbles.

03 Exemple de compostatge orientat a la producció de substrats

03.01 Efecte de l'adopció de diferents tècniques d'aïreació

En aquest apartat s'exemplifica com l'adopció de determinats mètodes de compostatge i la composició de les barreges inicials poden donar lloc a composts amb diferents característiques que poden afavorir el seu ús com a substrat.

Es va plantejar el compostatge de la fracció sòlida del purí de vaquí (FSPV) que contenia palla com a material de llit del bestiar, en diferents piles de compostatge a escala semiindustrial (uns 6 m³). Dues piles es van compostar sense un material estructurant addicional: pila estàtica (aïreació forçada, EST) i pila dinàmica (aïreació per volteigs, DIN). A més, es va compostar la barreja del de FSPV amb restes d'esporga de pi com a material estructurant per comprovar si es podia millorar l'aïreació i disminuir la salinitat, atès que l'objectiu era obtenir un compost per a l'ús en barreges de substrats. Aquesta pila es va conduir mitjançant un mètode de compostatge dinàmic (DIN-PI). La composició dels materials (fracció sòlida i material estructurant) es mostra a la taula 1.

Primerament, es pot comprovar que els tres tractaments establerts van donar lloc a productes amb salinitat relativament baixa respecte als nivells que es poden assolir en el compostatge d'altres tipologies de fems (Figura 1). A més, els composts obtinguts van presentar nivells diferents de salinitat entre ells dels quals el més favorable va ser el corresponent al tractament DIN-PI, probablement per l'efecte de dilució que va produir l'addició de restes d'esporga de pi.

D'altra banda, es pot observar que els tractaments que contenien únicament FSPV, amb més proporció de N (EST i DIN), van experimentar un procés de nitrificació força accentuat al final del procés (Figura 2). La bibliografia refereix que, durant el compostatge de subproductes rics en N, disminueix la concentració de N en forma amoniacal i augmenta la concentració del N nítric (Brito *et al.*, 2008). S'ha demostrat que la nitrificació es produeix sobretot en la fase de maduració del compostatge (Zeng *et al.*, 2012), quan la tempe-

ratura del material en descomposició es manté propera a la temperatura ambient. El material DIN-PI va experimentar nitrificació, però en menor grau, suposadament perquè el contingut de N del material de partida era menor (Taula 1).

Aquesta nitrificació va comportar una disminució del pH que va ser més important quan el contingut de N era més alt (EST i DIN) i quan les condicions d'aïreació eren millors (pila EST).

Així, el tractament EST va permetre l'obtenció d'un compost amb pH relativament àcid i adequat (6.0) per al seu ús com a substrat (Figura 2). Els materials de les altres dues piles van presentar valors de pH relativament baixos o moderats. Per tant, la nitrificació durant el compostatge pot acidificar les primeres matèries inicials de manera natural, i aquesta circumstància seria explotable per obtenir composts amb pH apte per ser usat com a substrat.

Taula 1. Composició de la fracció sòlida del purí de vaquí (FSPV) i la seva barreja amb un material estructurant a base de restes d'esporga de pi (FSPV-RP, 2:1 v:v) (mitjanes ± DS). Font: Cáceres *et al.*, 2006.

Paràmetre	Unitats	FSPV	FSPV-RP
Humitat gravimètrica	g g ⁻¹ ·100 (p ^f)	82.0 (±0.12)	72.1 (±0.94)
Matèria orgànica	g g ⁻¹ ·100 (p ^s)	92.4 (±1.00)	95.5 (±3.24)
N _{org}	g g ⁻¹ ·100 (p ^f)	1.4 (±0.04)	1.1 (±0.14)
C/N _{org}	g g ⁻¹	39 (±1.23)	50 (±7.63)
pH ^c	-	7.7 (±0.18)	7.2 (±0.08)
Conductivitat elèctrica ^c	dS m ⁻¹ 25°C	0.80 (±0.12)	0.70 (±0.01)
Porositat total	mL mL ⁻¹ ·100	95.9	94.8
Humitat volumètrica	mL mL ⁻¹ ·100	31.9	21.9
Capacitat d'aïreació	mL mL ⁻¹ ·100	64.0	72.9

^a pf: pes fresc ^b ps: pes sec
org: orgànic
^c: extracte 1/5 (pes/pes)

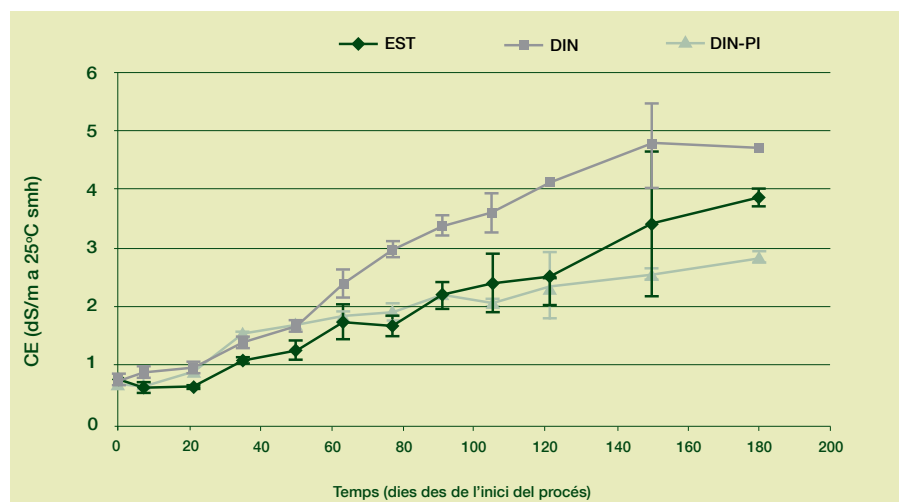


Figura 1. Evolució de la salinitat en termes de conductivitat elèctrica (CE) durant el compostatge de la fracció sòlida del purí de vaquí emprant mètode estàtic (EST), mètode dinàmic (DIN) i mètode dinàmic amb addició de material estructurant (DIN-PI). Font: Cáceres *et al.*, 2006.

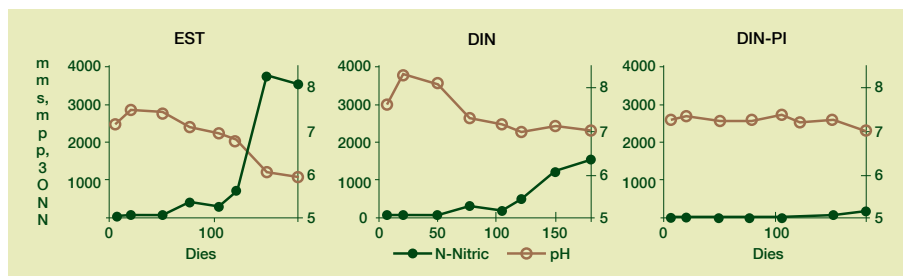


Figura 2. Evolució del N nítric i el pH en el compostatge de la fracció sòlida del purí de vaquí mitjançant mètode estàtic (EST), mètode dinàmic (DIN) i mètode dinàmic amb l'addició d'un material estructurant a base de restes d'esporga de pi (DIN-PI). Font: Cáceres et al., 2006.

03.02 Efecte de la maduració prolongada del compost i el seu garbellat

Sovint succeeix que el moment d'utilització dels composts no coincideix amb la data de finalització del procés de compostatge. Per aquesta raó, es produeix una etapa llarga de maduració. En l'exemple de l'apartat anterior, els materials de les piles es van analitzar als 6 i als 14 mesos de l'inici del compostatge, i també es va analitzar el compost de 6 mesos un cop va ser garbellat a 10 mm.

S'ha comprovat que les característiques fisicoquímiques poden canviar sensiblement en el transcurs d'un període de maduració llarg, com es mostra a la Taula 2. El pH pot continuar disminuint a causa de la nitrificació, la salinitat pot incrementar-se a causa de la disminució de la humitat i el percentatge de matèria orgànica pot romandre pràcticament invariable si la matèria orgànica ja ha experimentat una disminució prèviament en els primers mesos de procés (Taula 2).

Una operació que, normalment, es porta a terme després del compostatge de subproductes per a l'obtenció de substrats, quan s'empra un material estructurant, és el garbellament per descartar les fraccions granulomètriques més grosses del material estructurant. Aquesta operació afecta bàsicament les propietats físiques però també pot tenir alguna incidència sobre les propietats fisicoquímiques, com ara la salinitat, ja que la proporció de partícules de diàmetre relativament baix augmenten proporcionalment. Així, el material garbellat a 10 mm (DIN-PI_g) va presentar una salinitat més alta que el material sense garbellar (DIN-PI).

03.03 Conclusions

Els composts són materials orgànics estabilitzats que, potencialment, es poden fer servir com a substrat. No obstant això, aquesta aplicació agrícola és més exigent que no pas l'aplicació del compost al sòl com a esmena orgànica. Es pot orientar la fabricació de composts per al seu ús en barreges de substrats mitjançant:

- L'elecció adequada de primeres matèries
- El control i la conducció del compostatge amb els mètodes més adequats per obtenir propietats fisicoquímiques favorables
- L'extensió del període de maduració per garantir la seva estabilitat i la millora general de les seves característiques.

03.04 Bibliografia

Adhikari, B.K., Barrington, S., Martínez, J., King, S. 2009. Effectiveness of three *bulking* agents for food waste composting. *Waste Management* 29(2009):197-203.

Ahn, H.K., Richard, T.L., Glanville, T.D. 2008. Laboratory determination of compost physical parameters for modeling of airflow characteristics. *Waste Management* 28(2008):660-670.

Brito, L.M., Coutinho, J., Smith, S.R. 2008. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry. *Biore-source Technology* 99(2008): 8955-8960.

Cáceres, 2003. Compostatge de fems de boví i aprofitament del compost en la formulació de substrats per al cultiu en contenidor d'espècies arbustives. Tesi Doctoral. Universitat de Lleida.

Cáceres, R., Flotats, X., Marfà, O. 2006. Changes in the Chemicals and physico-chemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. *Waste Management* 26(2006):1081-1091.

Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., Shen, Y. 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Biore-source Technology* 112(2012):171-178.

Li, R., Wang, J.J., Zhang, Z., Shen, F., Zhang, G., Qin, R., Li, X. 2012. Nutrient transformations during composting of pig manure with bentonite. *Biore-source Technology* 121(2012):362-368.

Nolan, T., Troy, S.M., Healy, M.G., Kwapinski, W., Leahy, J.J. Lawlor, P.G. 2011. Characterization of compost produced from separated pig manure and a variety of bulking agents at low initial C/N ratios. *Biore-source Technology* 102(2011):7131-7138.

Zeng, Y., De Guardia, A., Ziebal, C., Junqueira De Macedo, F., Dabert, P. 2012. Nitrification and microbiological evolution during aerobic treatment of municipal solid wastes. *Biore-source Technology* 110(2012):144-152.

04 Autora



Rafaela Cáceres
 Investigadora
 GIRO-IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries)
 rafaela.caceres@irta.cat

Taula 2. Composició fisicoquímica del compost de la fracció sòlida del purí de vaquí (FSPV) als 6 i als 14 mesos de l'inici del procés de compostatge. Font: Cáceres, 2003.
C-EST: compost de FSPV amb mètode estàtic, C-DIN: compost de FSPV amb mètode dinàmic i C-DIN-PI: compost de FSPV amb l'addició d'un material estructurant a base de restes d'esporga de pi.

	pH		CE		MO		C/N _{org}	
	1/1.5 (v/v)		1/1.5 (v/v) dS·m ⁻¹		g·g ⁻¹ ·100 sms		g·g ⁻¹	
	6 M	14 M	6 M	14 M	6 M	14 M	6 M	14 M
C-EST	6.0 b	5.38 c	5.1 a	6.3 a	78.9 a	78.3 a	18 bc	15 b
C-DIN	7.19 a	5.99 b	5.1 a	6.1 a	77.4 b	77.1 ab	15 c	14 b
C-DIN-PI	7.26 a	6.70 a	2.3 c	3.7 b	77.8 b	76.3 b	21 a	17 a
C-DIN-PI_g	7.26 a	-	3.0 b	-	69.10 c	-	19 ab	-

CE: conductivitat elèctrica. MO: matèria orgànica. SMS: sobre matèria seca
 Valors en una mateixa columna seguits de lletres diferents són significativament diferents d'acord amb el test de Tukey (p≤0.05)

CARACTERITZACIÓ DE SUBSTRATS ALTERNATIUS I GESTIÓ DE LA FERTILITAT DURANT EL CULTIU

01 Introducció

Actualment hi ha una oferta creixent de materials diferents dels convencionals que podrien ser aptes per a la preparació de substrats hortícoles. Alguns, com el compost d'escorça de pi, s'utilitzen de forma habitual, altres menys freqüentment, com els composts de fens o de restes verdes de jardineria, i encara altres són objecte d'estudi per valorar la seva aptitud, com ara els subproductes de la fabricació d'olis i en concret la sansa d'oliva. En tots els casos cal caracteritzar els materials que s'incorporen en les barreges per fabricar un determinat substrat, valorar les característiques limitadores o excloents i, si és el cas, esmenar alguna o algunes propietats que no s'ajustin als requeriments exigibles per integrar-se en la formulació d'un substrat hortícol. Molts d'aquests materials alternatius presenten variabilitat ja sigui segons el lloc de procedència, segons l'època en què s'aconsegueixin o segons el procés (molturat, tractament expansiu, compostatge...) a què se'ls sotmet (Taula 1). Però, per a l'ús en la preparació d'un substrat hortícol, cal garantir l'homogeneïtat de les matèries que l'integren. D'aquí l'exigència de conèixer les seves característiques que es poden agrupar en:

Característiques físiques: estabilitat mecànica, granulometria, naturalesa de les partícules, presència de materials estranys, densitat aparent i real, porositat i altres.

Característiques hidrològiques: relacions aire/aigua, corba d'alliberament d'aigua, conductivitat hidràulica i altres.

Característiques químiques i fisicoquímiques: reacció àcid base, continguts iònics específics i de sals solubles, components orgànics o inorgànics fitotòxics i estabilitat de la matèria orgànica.

Característiques biològiques: presència de patògens per a les plantes i per a l'home, presència de males herbes.

Pel que fa a l'estabilitat mecànica de les partícules, els materials que es disgreguen fàcilment amb la manipulació no convenen, com tampoc convé que siguin abundants les partícules de mida inferior a 0,5 mm; no s'admet la presència de materials estranys com ara vidres, plàstics o metalls.

Si el pH és superior a 8,5 o inferior a 3,5 caldrà esmenar-lo. Si el contingut de sals és excessiu caldrà un rentat si és viable des del punt de

vista mediambiental; la presència de metalls pesants en concentracions superiors a les establertes per la legislació vigent és una restricció d'ús insalvable; la presència de fenols, polifenols, àcids orgànics i altres compostos orgànics que pugui donar lloc a efectes al·lelopàtics en les plantes caldrà fer-la desaparèixer, com sol ocórrer en diferents materials de naturalesa orgànica i que s'aconsegueix mitjançant compostatge; aquest és el cas del marro de cafè, de les escorces de certs arbres (pins, eucaliptus, acàcies, etc.), de la sansa d'oliva, etc. Els composts que experimenten alteració remarcable de les seves propietats (físiques o químiques) amb l'ús, o sigui que són poc bioestables, presenten restriccions d'ús; és el cas de la palla de cereals o dels fens (Taula 2). La presència de fitopatògens persistents, com ara *Fusarium*, fa que no es pugui utilitzar el material en qüestió com a substrat hortícol; també es considera no apte si conté patògens per als humans.

En el cas d'utilitzar matèries primeres, i en particular composts, en la formulació de substrats cal tenir presents els següents punts:

- Formular les barreges tenint en compte les exigències de cultiu o grup de cultius en els quals s'empraran

Taula 1. Variabilitat de les propietats d'un compost de residus verds segons el seu origen (1), l'època (2), la granulometria (3) i la durada del compostatge (4); m: mitjana; Max: màxim; Min: mínim

	(1)			(2)			(3) ²				(4)	
	m	Mín	Màx	m	Mín	Màx	<40 mm	<20	<8.5	<5	<3 mesos	>6 mesos
MO ¹	41	23	63	53	46	68	65	62	54	52	6.9	49
NT ¹	1.5	1.0	2.4	2.1	1.6	2.6	1.9	2.0	2.2	2.3	1.5	1.9
pH	7.5	7.0	8.0	8.4	7.7	8.9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C/N	15	28	9	14.8	10.6	9.6	17.2	16	13.4	12.6	28	15
P ₂ O ₅ total ¹	0.5	1.0	0.1	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	nd	nd
K ₂ O total ¹	1.0	3.0	0.2	0.9	1.2	0.5	1.1	1.2	1.2	1.7	nd	nd
CaO ¹	8.2	13.0	3.0	2.2	3.0	1.4	3.6	3.9	3.9	5.9	nd	nd
MgO ¹	0.5	0.8	0.2	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.7	nd	nd

Expressat en g·g⁻¹·100 (sms); 2) en mm; nd : no determinat

- Caracteritzar i interpretar adequadament els resultats analítics.
- Diagnosticar i dur a terme les esmenes que calgui d'alguna propietat que no s'adeqüi als estàndards exigibles.
- Establir i aplicar la fertilització de fons que convingui
- Conèixer la bioestabilitat del material i avaluar la idoneïtat amb relació a la durada del cultiu en el qual s'ha d'usar el substrat.
- Establir les pautes de fertirrigació per tal d'optimitzar l'eficiència en l'ús de l'aigua i els nutrients.

02 Seguiment i monitoratge de la fertilitat i implicacions medioambientals

El seguiment de la fertilitat durant el cultiu és una pràctica necessària que permet millorar l'eficiència en l'ús dels fertilitzants, reduir l'impacte ambiental derivat de la lixiviació de nutrients i sovint millorar el rendiment i la qualitat dels cultius.

Molts substrats alternatius, en particular els composts, solen tenir fertilitat pròpia i de vegades salinitat que cal gestionar convenientment; no existeix sovint gaire experiència relativa a aquest aspecte i tampoc pautes a l'abast dels cultivadors. Per això, com s'ha dit abans, cal conèixer les propietats físiques i hidrològiques per poder establir un règim

d'irrigació que minimitzi les pèrdues d'aigua i de nutrients; conèixer la fertilitat pròpia del substrat abans d'iniciar el cultiu per tal d'establir convenientment la fertilització de fons i el pla de fertilització; controlar periòdicament la fertilitat en el transcurs del cultiu per tal d'adequar la composició de les solucions nutritives o les aportacions periòdiques de fertilitzants.

Les condicions termoclimàtiques i la pluvimetria són determinants pel que fa a les pèrdues per lixiviació. Per exemple, emprar un mateix substrat en dues localitats de clima ben diferenciat –atlàntic o mediterrani– dona lloc a pèrdues per lixiviació diferents; també són diferents les pèrdues segons sigui el ritme d'extraccions de cada cultiu, l'estació de l'any, l'estratègia de fertilització –p.e. fertirrigació *versus* fertilitzants d'alliberament gradual (Narváez *et al.*, 2012)– o la composició de la solució nutritiva (Marfà *et al.*, 2002) (Taula 3).

No és pràctica generalitzada dels productors viveristes dur a terme un seguiment durant el cultiu de la fertilitat, entre d'altres raons perquè per fer-ho de la manera convencional cal una presa de mostres de substrat a partir de la qual, en un laboratori, s'obtenen mostres aquoses que tot seguit cal analitzar; per tant, cal prendre les mostres, remetre-les a un laboratori especialitzat i un cop rebuts els resultats prendre les mesures escaients; aquest procediment és relativament lent, car i destructiu (cal obtenir mostres de substrat de dins d'un contenidor amb una planta cultivada). Hi ha mètodes per al diagnòstic de la fertilitat d'un substrat durant el cultiu que estalvien la presa de mostres sòlides, com veurem tot seguit. En qualsevol cas, un mètode per al diagnòstic de la fertilitat en un cultiu en substrat cal que sigui senzill i de cost assequible, reproducible, representatiu de la part activa de la rizosfera, de fàcil obtenció de resultats, que permeti conèixer la concentració de nutrients en la solució aquosa del substrat i si és ser possible que no sigui destructiu. Per ob-

Taula 2. Índex de bioestabilitat de diferents primeres matèries orgàniques utilitzades en la formulació de substrats (segons Lémaire *et al.* 1998)

Denominació	Índex de bioestabilitat ⁽¹⁾ mg-mg-1-100
Torba d'esfagne	83.7
Compost d'escorça de pi	100.0
Compost de fem de vaquí	66.5
Compost de restes forestals	83.6
Compost de restes de jardineria	100.0
Fibra de coco	100.0

⁽¹⁾ Índex de bioestabilitat: quantitat de matèria seca, expressada en percentatge de la matèria seca inicial, que resta després de sis mesos d'incubació del substrat en un test de 2L de capacitat, mantingut amb un grau d'humiditat equivalent a la capacitat de contenidor, col·locat en un hivernacle i cobert amb un film plàstic microperforat.

Taula 3. Aportacions de N i P (A), quantitats lixiviables (L), i ràtios L/A, en el cultiu de dues espècies ornamentals autòctones, *Nerium oleander* L. (NO) (baladre) y *Viburnum tinus* L. (VT) (marful), utilitzant quatre substrats orgànics formulats amb els següents components: TOR, torba d'esfagne; ESC, compost d'escorça de pi; CFB, compost de fem de vaquí; PER, perlita; ECO, compost de restes d'esporga forestal

	A				L				L/A			
	N ⁽¹⁾		P ⁽¹⁾		N ⁽¹⁾		P ⁽¹⁾		N		P	
	VT	NO	VT	NO	VT	NO	VT	NO	VT	NO	VT	NO
TOR/ESC	76	100	18	24	47	70	12	18	0.62	0.70	0.67	0.75
CFB/PER	67	83	14	19	36	54	8	14	0.54	0.65	0.57	0.74
ECO/CFB	35	88	8	22	15	64	4	13	0.43	0.73	0.50	0.59
ECO/ESC	31	75	8	22	12	39	4	12	0.39	0.52	0.50	0.55

⁽¹⁾ Quantitats en grams d'element per m²

→
Cal caracteritzar els materials que s'incorporen en les barreges per fabricar un determinat substrat, valorar les que són limitadores o excloents i, si cal esmenar alguna propietat que no s'ajusti als requeriments exigibles.

tenir una mostra aquosa de la solució del substrat es pot fer de diferents maneres: la clàssica abans esmentada a partir d'un extracte aquós obtingut d'una mostra de substrat, per succió, per centrifugació d'una mostra de substrat, per pressió, per lixiviació o per desplaçament de la solució del substrat sense extraure una mostra del substrat de dins del contenidor; això darrer s'aconsegueix mitjançant l'efecte pistó; aquest darrer mètode s'anomena mètode *pour-through* o dels percolats provocats (en endavant MPP).

Taula 4. Rectes de regressió i coeficients de determinació (R) corresponents a la relació entre els valors mesurats en els extractes 1:1,5 (vol/vol) obtinguts a partir de mostres de substrat (eix x) i les mostres de solució obtingudes mitjançant el mètode dels percolats provocats (eix y)

Paràmetre	Recta de regressió	Coefficient R	Significació estadística
pH	$y=1.072 \cdot x - 0.5889$	0.7902	ns
CE	$y=3.2779 \cdot x - 0.3148$	0.9713	**
NO ₃ ⁻	$y=3.5031 \cdot x - 2.269$	0.9790	**
K ⁺	$y=1.757 \cdot x + 1.4627$	0.9656	**
H ₂ PO ₄ ⁻	$y=0.9079 \cdot x + 0.1645$	0.9553	**
Ca ²⁺	$y=2.2558 \cdot x - 2.3274$	0.9851	***
Mg ²⁺	$y=1.9002 \cdot x - 0.6357$	0.9700	**
SO ₄ ⁻²	$y=2.9264 \cdot x + 2.2267$	0.9746	**
Na ⁺	$y=0.7121 \cdot x + 2.4182$	0.9229	*

rament gradual) per la part superior del contenidor, per tal de desplaçar per efecte pistó la solució que en el moment del mostreig es troba en contacte amb la part activa de les arrels i així obtenir per la base del contenidor una mostra aquosa (entre 50 i 100 mL), que és la que s'analitzarà (Figures 1 i 2). La mesura del pH i de la CE es pot dur a terme en el mateix viver i també determinar *in situ* alguns ions

major, com ara nitrats i potassi, mitjançant elèctrodes específics per a ús en camp i de cost moderat. Existeixen taules d'interpretació dels resultats per al mètode MPP (LeBude i Bilderback, 2009) i s'ha provat que hi ha una bona correlació entre els valors obtinguts amb el mètode MPP i altres mètodes diagnòstic (Walden i Niemiera, 1997) (Taula 4).



Figura 1. Fases del modus operandi del mètode dels percolats provocats.

Detallem tot seguit en què consisteix el mètode MPP, perquè considerem que compleix tots els requeriments abans esmentats i pot ser implementat fàcilment en la majoria dels vivers de casa nostra. Per obtenir la mostra aquosa de la solució del substrat que envolta la part més activa del sistema radicular cal abocar lentament (durant uns dos minuts) un volum reduït (200 a 300 mL) de solució nutritiva (cas d'emprar fertirrigació) o d'aigua de reg (cas d'emprar fertilització amb adobs d'allibe-

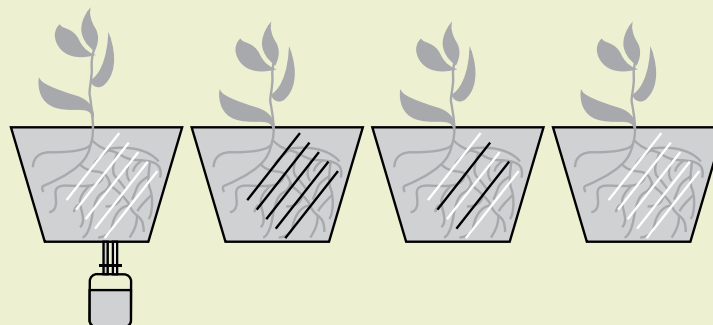


Figura 2. Esquema de les etapes per a la presa de mostra de solució del substrat en el mètode dels percolats provocats.

Taula 5. Interpretació dels valors de salinitat mitjançant diversos mètodes d'obtenció d'un extracte.
Font: Anònim, 1999.

Extracte aquòs 1:5	Extracte aquòs 1:5	EMS	PEP*	Diagnostic de la salinitat
0 a 0.12	0 a 0.25	0 a 0.75	0 a 0.9	Molt baixa. Els nivells nutritius poden ser insuficients per a sostenir un creixement ràpid.
0.12 a 0.35	0.26 a 0.75	0.76 a 2.0	1 a 2.6	Baixa. Adequat per a planter, plantes de parterres i plantes sensibles a la salinitat.
0.36 a 0.65	0.76 a 0.12	2.0 a 3.5	2.7 a 4.6	Normal. Rang estàndard per a la zona radicular de la major part de les plantes ja transplantades. límit superior per a plantes sensibles
0.66 a 0.89	1.26 a 1.75	3.5 a 5.0	4.7 a 6.5	Elevada. Pot reduir el vigor i el creixement, particularment durant estacions caluroses
0.90 a 1.10	1.76 a 2.25	5.0 a 6.0	6.6 a 7.8	Molt elevada. Pot causar danys degut a la dificultat en l'absorció d'aigua. Possible reducció del rati de creixement. Poden aparèixer cremades marginals i marcimtn a nivell de fulla.
>1.1	>2.25	>6.0	>7.8	Extrema. La majoria dels cultius partiran danys per excés de sals. S'ha de practicar un rentat de manera immediata.

EMS: Mètode de l'extracte del medi saturat

PEP: Mètode dels percolats provocats

*: portat a terme amb aigua destil·lada com a solució desplaçant.

03 Bibliografia

LeBude A.V. y T.E. Bilderback. 2009. The pour-through extension procedure: A nutrient management tool for nursery crops. North Caroline State Univ. and Cooperative Extension Pub. Pp 8. NC, USA.

Lemaire, F., Rivière, L.M., Stievenard, S., Marfà, O., Gschwander, S., Giuffrida, F. 1998. Consequences of organic matter biodegradability on the physical, chemical parameters of substrates. Acta Horticulturae 469:129-138.

Marfà, O., Lemaire, F., Cáceres, R., Giuffrida, F., y V. Guérin. 2002. Relationships between composition of root-media solution y peat substitute substrates used for growing ornamental shrubs. Scientia Horticulturae, 94:309-321.

Narváez, L., Cáceres, R. y O. Marfà. 2012. Effects of climate and fertilization strategy on nitrogen balance in an outdoor potted crop of *Viburnum tinus* L. Spanish Journal of Agricultural Research 10(2):471-481.

Walden, R.F. y A.X. Niemiera. 1997. Comparison of pour-through and ceramic cup methods of extracting nutrients from a pine bark substrate. HortScience, 32(3): 455.

04 Autors



Rafaela Cáceres

Investigadora
GIRO-IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries)
rafaela.caceres@irta.cat



Oriol Marfà

Director d'Investigació
GIRO-IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries)
oriol.marfa@irta.cat



Foto 2. Planta pilot compostatge amb piles de comp. Autor: O. Marfà.



El seguiment de la fertilitat durant el cultiu amb substrats és una pràctica necessària que permet millorar l'eficiència en l'ús dels fertilitzants, reduir l'impacte ambiental derivat de la lixiviació de nutrients i sovint millorar el rendiment i la qualitat dels cultius.



El mètode dels percolats provocats permet obtenir in situ de forma no destructiva una mosta aquosa de la solució del substrat amb la qual poder determinar els paràmetres bàsics (pH i salinitat) i els continguts de macroelements principals emprant elèctrodes específics per a ús en camp i de cost moderat.

CORRECCIÓ DE PROPIETATS DE MATERIALS UTILITZATS EN LA PREPARACIÓ DE SUBSTRATS ALTERNATIUS AMB PROPIETATS LIMITADORES

01 Introducció

Un substrat per a ús hortícola ha de complir certes especificacions pel que fa a les seves propietats físiques, químiques i biològiques (Taules 1, 2 i 3). Aquestes especificacions són més restrictives que no pas les requerides per a d'altres tipus d'usos, com pot ser una esmena orgànica. Per això, la transformació d'un subproducte en una matèria primera apta per a la preparació de substrats hortícoles requereix sovint algun tractament previ. Segons quines siguin les propietats inicials de la matèria primera, caldrà esmenar-la aplicant-hi algun dels procediments següents:

- Estabilitzar la matèria orgànica, mitjançant compostatge i posterior maduració.
- Millorar les propietats no adequades mitjançant: tamisat, trituració, tractament per modificar la humectabilitat, barreja amb d'altres materials, etc.
- Esmenar l'acidesa o la basicitat excessives.
- Rentat l'excés de sals solubles.
- Millorar la fertilitat intrínseca.
- Homogeneïtzar.
- Envasar i etiquetar.

A part del que s'ha dit, cal també assegurar l'homogeneïtat de les propietats de les diferents partides subministrades als clients al llarg del temps.

Les transformacions i esmenes citades s'han de valorar tot comparant el seu cost amb el preu de mercat dels substrats tradicionals, com ara la torba o la fibra de coco.

02 Tamisat

En els substrats, el diàmetre predominant dels porus ha d'estar entre 30 i 300 μm . Això fa que tinguin una adequada relació aire/aigua. A mesura que augmenta la mida de les partícules, augmenta la proporció de porus de mida més gran i per tant s'incrementa l'airejament en detriment de la retenció d'aigua. Les fraccions

granulomètriques inferiors a 1 mm tenen una importància decisiva en la retenció d'aigua i les partícules de mida inferior a 0,5 mm i sobretot les de mida inferior a 0,25 mm fan que l'airejament sigui baix i en conseqüència limitador per al cultiu (Orozco *et al.*, 1997). Es recomana que el diàmetre geomètric mitjà de les partícules d'un substrat estigui comprès entre 1,0 i 2,3 mm (Taula 1) (Marfà i Cáceres, 1998). La mida mitjana de les partícules de materials mecànicament fràgils, com ara les de la perlita o les de materials poc bioestables, com ara certs composts, disminueix amb la utilització dels substrats i d'això se'n deriva la variació sovint significativa de certes propietats relacionades amb la retenció d'aigua del substrat i el seu airejament. (Marfà *et al.*, 1999). Conèixer la magnitud d'aquesta variació temporal de la granulometria permet preveure en el procés de fabricació l'eliminació de les partícules més fines mitjançant un tamisat. En el cas de substrats orgànics, si presenten una bioestabilitat força elevada (major del 90%, segons la metodologia de Lemaire *et al.*, 1998), caldrà eliminar les fraccions inferior a 0,25 mm; però, si és inferior al 90% com sol passar en la majoria de composts, cal eliminar les fraccions inferiors a 0,5 mm en la preparació prèvia del material que volem incorporar en la formulació d'un substrat hortícola.

03 Esmena de la salinitat i del pH

03.01 Esmena de la salinitat

El tractament d'un substrat amb excés de sals que es vol utilitzar per a l'horticultura (Taula 2) s'aconsegueix, bé barrejant-lo amb un altre component de baixa salinitat, bé rentant-lo. Un exemple de rentat seria el d'un compost a base de fem de vaquí amb una conductivitat elèctrica (CE) alta de 12,9 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; si l'esmentat compost es renta, emprant un volum d'aigua igual al volum de compost a rentar, la CE disminueix a 3,9 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Si a més aquest compost rentat es barreja amb un compost d'escorça de pi amb una CE d'1,1 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ en una proporció 7:3 (vol/vol), la CE de la barreja serà de 2,7 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Marfà *et al.*, 1999). La tria d'un o altre procediment rentat o barreja o els dos alhora dependrà de la salinitat final que es desitgi i de la conveniència, per altres motius, d'incorporar un altre component en la barreja (en el cas de l'exemple, per millorar la bioestabilitat del substrat), també de raons mediambientals (abocament no desitjat al medi de sals contingudes en l'aigua de rentat). El rentat de sals d'un substrat depèn de les seves propietats físiques i químiques i de la quantitat d'aigua aplicada utilitzada (Kerr *et al.*, 1985).

Taula 1. Criteris per a l'avaluació de les propietats físiques d'un substrat hortícola

Propietat física	Denominació/unitats		Criteri d'avaluació
Humitat	CH	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 100$ smf	-
Densitat real	DR	$\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	-
Densitat aparent	DA	$\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	Convé menor de 0.4
Espai porós total	EPT	$\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot 100$	Convé major de 85%
Capacitat d'areació	CA	$\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot 100$	Interval òptim: 15-25%; <10% problemàtic
Aigua fàcilment disponible	AFD	$\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot 100$	Interval òptim: 20-30%
Aigua difícilment disponible	ADD	$\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot 100$	Interval òptim: 25-35%
Diàmetre geomètric	d_g	mm	Interval òptim: 1.0-2.3
Conductivitat saturada	K_{sat}	$\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$	Convé major de 5
Conductivitat no saturada a -5kPa	K_{nsat}	$\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$	Convé $\log K_{\text{nsat}} > -5$

Cal dur a terme proves a petita escala per a conèixer l'eficiència de rentat (IER), que es calcula de la manera següent:

$$IER = 100(1-x/x_0), \text{ essent,}$$

x: CE (dS.m-1) o contingut iònic (mg.L⁻¹ de material), mesurat en el material rentat

x₀: CE (dS.m-1) o contingut iònic (mg.L⁻¹ de material), mesurat en el material abans del ser rentat.

En la Figura 1, que fa referència a un compost de fem de vaquí, es mostren les corbes de rentat en termes d'IER per a diferents proporcions en volum compost/aigua. S'observa, en aquest cas, que una proporció 1:1 (compost/aigua) no augmenta significativament l'IER. Per tant, fora ineficient d'aplicar una dosi major d'aigua per rentar aquest compost. Cal tenir present que el rentat a més d'eliminar sals nocives per a les plantes també promou la pèrdua de ions fertilitzants.

03.02 Esmena del pH

La reacció àcid base d'un substrat determina la major o menor disponibilitat de nutrients per a les plantes cultivades. És important que un material que intervingui en la preparació d'un substrat tingui un pH que estigui dins l'interval recomanable (Taula 2). Diferents composts, que es solen emprar en la formulació de substrats, com ara composts de RSU, de fem, d'escorça de pi, de pinassa i restes forestals, etc., solen tenir pH superiors a 7 i en algunes ocasions propers a 8. És en aquests darrers casos quan és aconsellable de disminuir-lo. En un substrat amb elevat contingut de matèria orgànica, malgrat que la solució nutritiva aplicada tingui un pH baix (p.e., entre 5,5 i 6,0) la variació del pH durant el cultiu fins assolir valors semblants als de la solució nutritiva requereix un temps considerable, de vegades diversos mesos. Un exemple que ens refereix la bibliografia il·lustra el que s'ha comentat abans: així, un substrat a base de compost de fems de vaquí i perlita, en la proporció 2:3, vol/vol, el pH inicial del qual era de 8,0 i que es va fertirrigar de forma contínua amb una solució nutritiva de pH igual a 5,5 va tardar 8 mesos fins que el seu pH fos semblant al de la solució nutritiva emprada (Marfà i Cáceres, 1998). Vet aquí la conveniència d'esmenar el pH de certs materials abans del seu ús en cultiu.

Taula 2. Criteris per a l'avaluació de les propietats químiques i fisicoquímiques d'un substrat hortícola

Propietat	Denominació/unitat	Criteri d'avaluació	
Reactivitat àcid-base ¹	pH	-	Plantes acidòfiles: baix<5<normal<6<alt Plantes neutròfiles: baix<5.5<normal<6.5<elevat<7<molt alt
Conductivitat elèctrica ²	CE	dS·m ⁻¹	Molt baixa<0.42 0.42<baixa<0.63 0.63<normal<1.26 1.26<elevada<1.68 1.68<molt elevada
Elements solubles en extracte aquós ³			
Amoni	NH ₄₊	mg·L ⁻¹	73-150 ⁴
Nitrats	NO ₃₋	mg·L ⁻¹	220-450 ⁴
Fòsfor inorgànic	P _i	mg·L ⁻¹	40-80 ⁴
Potassi	K ⁺	mg·L ⁻¹	93-186 ⁴
Magnesi	Mg ²⁺	mg·L ⁻¹	30-60 ⁴
Sodi	Na ⁺	mg·L ⁻¹	normal<150 ⁴ <alt

¹pH en extracte aquós 1:1.5 v/v a 250C

²CE en extracte aquós 1:1.5 v/v a 250C

³Elements solubles en extracte aquós 1:1.5 v/v

⁴La concentració dels elements solubles es refereix a mg.L⁻¹ d'aigua de la solució del substrat a -1kPa de potencial matricial. Criteris corregits per a les diferències de densitat aparent dels diferents substrats (segons Lemaire *et al.* 2003).

Taula 3. Concentració màxima admissible de metalls pesants en un substrat utilitzat per al cultiu d'hortalisses comestibles o de plantes ornamentals (segons Verdonck *et al.* 1987)

Element	Concentració límit ¹	
	Hortalisses	Ornamentals
Zenc	1000	1500
Coure	100	500
Plom	600	1000
Crom	150	200
Níquel	50	100
Cobalt	50	50
Mercuri	5	5
Cadmi	5	5

¹Concentracions en ppm (sms)

En cas d'haver d'augmentar el pH d'un material a emprar en la preparació de substrats, es sol utilitzar una esmena càlcica magnèsica; el procediment per a dur a terme aquest tipus d'esmena ha estat àmpliament descrit en la bibliografia sobre substrats i a aquesta bibliografia referim al lector (Lemaire *et al.*, 2003). Per contra, per abaixar el pH, que sol ser el cas més freqüent en els composts, la informació disponible és menor (Martínez *et al.*, 1988; Marfà *et al.*, 1998; García *et al.*, 2007). Amb la finalitat abans esmentada, es sol emprar sofre micronitzat o en altres ocasions sulfat ferrós. Abans cal, però, determinar en laboratori la corba de neutralització del material que ens ocupa. La metodologia per obtenir l'esmen-

→
La transformació d'un subproducte en una matèria apta per a la preparació de substrats hortícoles requereix sovint un tractament previ. Les transformacions s'han de valorar tot comparant el seu cost amb el preu de mercat dels substrats clàssics, com ara la torba o la fibra de coco.

tada corba ha estat descrita en la bibliografia (Martínez *et al.*, 1988) i ha estat aplicada en treballs relacionats amb l'esmena del pH de composts (Marfà *et al.*, 1998; García *et al.*, 2007). Un cop es disposa de la corba de neutralització, cal establir una gamma de dosis de sofre que, barrejada amb el substrat prèviament humitejat i incubat un mínim de 4 setmanes, permet d'establir la relació entre la dosi de sofre (S) i el pH resultant (Figura 2). En l'exemple referit, per disminuir el pH del compost des del seu valor inicial de 8,0 a 6,0, cal una dosi de 6,5 grams de sofre per litre (gS.L⁻¹) i l'estabilització del pH s'assoleix al cap de 4 setmanes després d'afegir sofre al compost. La conveniència o no d'aplicar sofre per esmenar el pH abans de començar el compostatge és un tema que encara cal estudiar, perquè aquesta addició de sofre pot fer modificar la població microbiana que intervé en el procés de compostatge en un sentit no desitjable. (García *et al.*, 2007).

04 Bibliografia

GARCÍA DE LA FUENTE, R.; CARRIÓN, C.; BOTELLA, S.; FORNÉS, F.; NOGUERA, V.; ABAD, M. (2007). "Biological oxidation of elemental sulphur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes." *Bioresources Technology*, 98: 3561-3569.

KERR, G.P.; HANAN, J.J. (1985). "Leaching container media". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(4): 474:480.

LEMAIRE, F.; DARTIGUES, A.; RIVIÈRE, L.M.; CHARPENTIER, S.; MOREL, P. (2003). *Cultures en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications*. París: INRA Editions, 2a ed. ISBN : 2-7380-1030-X. Pp. 210.

MARFÀ, O.; CÁCERES, R. (1999). "Bioestabilitat i gestió de la fertirrigació en substrats orgànics per al cultiu de plantes en contenidor". En: *Tecnologia de sustratos: Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. Curso de especialización*, Universidad de Lleida, pp. 121-125, J.N. Pastor (Eds). ISBN: 84-8409-987-3.

MARFÀ, O.; CÁCERES, R.; GSCHWANDER, S.; GIUFFRIDA, F. (1999). "Conseqüències de la biodegradabilitat de la matèria orgànica en les propietats físiques i químiques dels substrats". *Quaderns ICEA* 24:5-19, 1999.

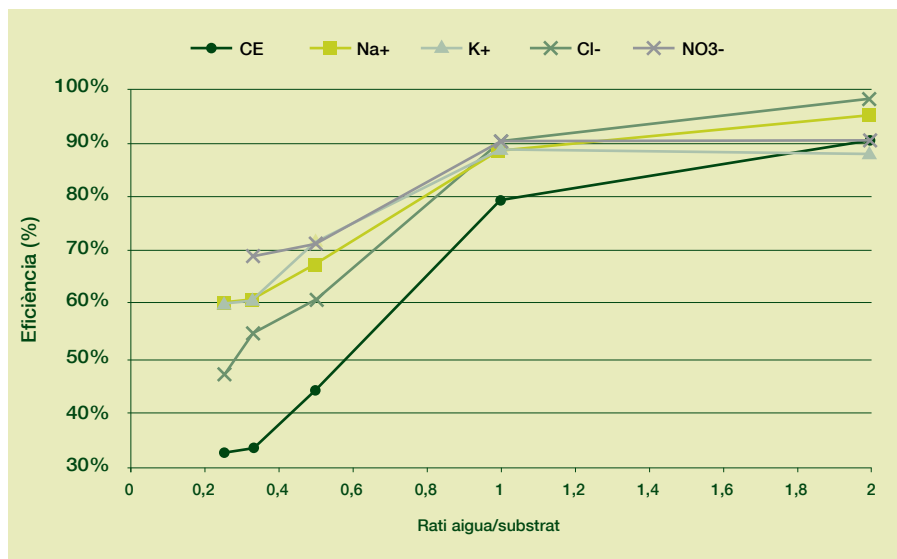


Figura 1. Eficiència del llixivat de sals d'un compost de fem de boví utilitzant diferents ratis (v/v) aigua/substrat, mesurada en termes de conductivitat elèctrica i dels ions solubles sodi, potassi, clorur i nitrat (n=3) (segons Marfà *et al.*, 1998).

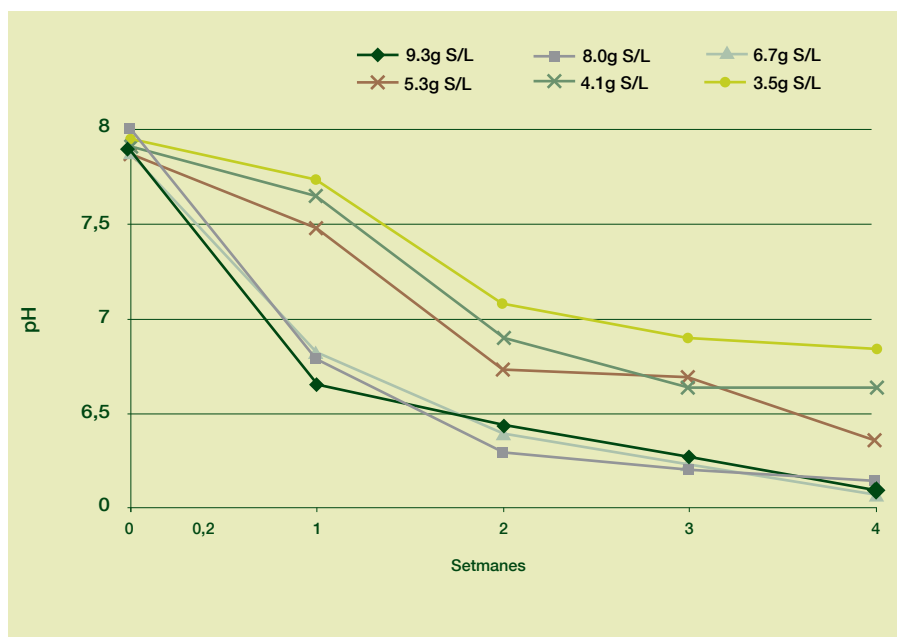


Figura 2. Variació en el temps del pH d'un compost de fem de boví esmenat amb diferents dosis de sofre elemental (S) micronitzat (n=3) (segons Marfà *et al.*, 1998).

MARFÀ, O.; TORT, J.M.; OLIVELLA, C.; CÁCERES, R.; MARTÍNEZ, F. X. (1998). "Cattle manure compost as substrate. II- Conditioning and formulation of growing media for cut flower cultures". *Acta Hort.* 469: 305-312

CAÑAMERAS, N. (1988). "Titration curves of different organic substrates". *Acta Hort.* 469: 305-312.

05 Autor

MARFÀ, O.; R. CÁCERES, R. (1998). "Valorització de residus orgànics com a substrats hortícoles". En: *Aprofitament agronòmic de residus orgànics*. Flotats, X.; Boixadera, J. (Eds). Universitat de Lleida, Lleida. Pp 259-276.

MARTÍNEZ, F. X.; CASASAYAS, R.; BURÉS, S.;



Oriol Marfà
 Director d'Investigació
 GIRO-IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia
 Agroalimentàries)
 oriol.marfa@irta.cat

HIGIENITZACIÓ I SUPRESSIVITAT DELS MATERIALS ALTERNATIUS PER A LA PREPARACIÓ DE SUBSTRATS

01 Higienització

Per higienització d'un material susceptible de ser utilitzat en la preparació de substrats s'entén tot aquell procediment que permeti eliminar completament patògens humans i vegetals. Durant la fase termòfila del procés de compostatge de residus orgànics s'assoleixen temperatures elevades i és important que aquestes estiguin en l'entorn dels 55°C durant un mínim de 3 dies, per tal d'assegurar-nos que s'eliminen patògens humans o vegetals segons l'origen del residu: fems d'animals, aigües contaminades, cultius hortícoles infectats, etc. (Déportes i col., 1995; Hassen i col., 2001; EPA, 2003; Noble i Roberts, 2004; Hakkou i col. 2011). Els microorganismes més recalcitrants serien els virus termoresistents i bacteris i fongs amb estructures de resistència (Noble i col. 2009). Després de la fase termòfila, molts d'aquests microorganismes perden viabilitat i una gran part desapareixen. La temperatura no és l'únic factor que incideix en la viabilitat dels microorganismes, la producció de compostos fenòlics, antibiòtics, enzims i també la competència entre els microorganismes pels nutrients. En general, es considera el procés de compostatge com un tractament suficientment potent per eliminar els agents patògens (Moreno i Mormeneo, 2008) i la higienització dels residus és un requeriment indispensable per al seu ús segur en agricultura i sense risc mediambiental sanitari (RD 506/2013). La higienització també és un pas previ a l'obtenció de composts i altres materials susceptibles d'utilitzar-se en la fabricació de substrats que presentin supressivitat natural davant d'alguns dels patògens més importants de les plantes.

02 Supressivitat

Composts preparats a partir de residus orgànics diversos i per mètodes de compostatge variables, que es poden fer servir com a substrat per al cultiu de plantes poden presentar una supressivitat natural

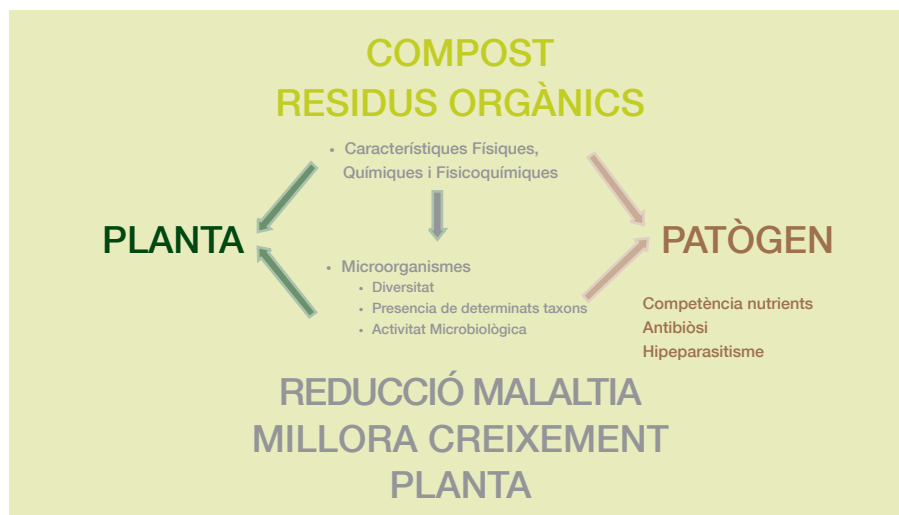


Figura 1. Influència del tipus de residu sobre els microorganismes que té lloc en el procés de compostatge i com tot això pot incidir de manera positiva sobre la planta i de forma negativa sobre els patògens que puguin afectar posteriorment la planta.

semblant a la dels sòls supressors (Cook i Baker, 1983), és a dir, un desenvolupament de la malaltia baix tot i la presència del patògen (virulent) i emprant varietats de plantes sensibles (Avilés i col., 2011). Els fenòmens de supressivitat s'han estudiat sobre tot envers malalties del sòl, com *Phytophthora* spp. (Hoitink i col., 1977; Kuter i col., 1988; Hoitink i Boehm, 1999); *Pythium* spp. (Chen i col., 1988; Inbar i col., 1991; Pascual i col., 2000); *Rhizoctonia* spp. (Daft i col., 1979; Nelson i Hoitink, 1982; Krause i col., 2001; Trillas i col., 2006); *Fusarium oxysporum* (Chef i col., 1983; Trillas i col., 1986; Serra-Wittling i col., 1996; Cotxarrera i col., 2002; Borrero i col. 2004, Suárez-Estrella i col., 2012. Més recentment i en menor mesura, també s'ha estudiat en malalties aèries com *Alternaria solani* (Mills i col., 2002), *Pseudomonas syringae* (Stone i col., 2003) o *Botrytis cinerea* (Horst i col., 2005; Segarra i col., 2007; Fernández i col., 2014).

La supressivitat natural dels composts s'atribueix en bona mesura a la diversitat i activitat de les poblacions microbianes presents en aquests residus i que és deguda en primer lloc a la composició de la matèria orgànica que es degrada, el sistema de compostatge, les condicions i l'ambient del procés que facilitaran la recolonització dels microorganismes després de la fase

termòfila i durant la fase de maduració del procés (Hoitink i Fahy, 1986; Hoitink i Boehm, 1999). Les característiques físiques i fisicoquímiques de certs materials com els composts també influeixen en la supressivitat natural (Hoitink i Fahy, 1986; Borrero i col., 2004 i 2009). Els fenòmens de supressivitat poden ser específics (vinculats a l'acció d'un o pocs microorganismes) o generals (no vinculats a la presència de determinats grups de microorganismes) associats a l'activitat microbiològica, com fungistasi o competència per nutrients i/o que són deguts a la presència de diversos composts antifúngics o inhibidors (Figura 1). Els dos tipus de supressivitat no són excloents i cada patògen o grup de patògens es pot associar a algun tipus de supressivitat. Els mecanismes de supressivitat associats a les malalties produïdes per fongs com *Pythium* spp. s'atribueixen a supressivitat general, mentre que la supressivitat específica seria per a patògens com *Rhizoctonia solani*, i una combinació entre general i específica per a *Fusarium oxysporum* (Avilés i col., 2011).

A la Taula 1 es presenta un resum dels residus amb els quals el nostre grup ha treballat principalment, com ara el compost del cultiu del xampinyó (és un residu industrial, RECOMSA) o el compost de recollida d'escombraries (METROCOMPOST), composts que s'han hagut de formular moltes vegades (es redueix la

Taula 1. Compost de residus amb supressivitat variable segons els tipus de patògens. S'han emprat varietats de plantes sensibles a cada malaltia. Els valors representen nivells de malaltia (%)

Tipus de Residu	Patògen vegetal				
	<i>Fusarium oxysporum</i> ^a	<i>Rhizoctonia solani</i> ^{1b}	<i>Rhizoctonia solani</i> ^{2b}	<i>Pythium Aphanidematum</i> ^c	<i>Botrytis cinerea</i> ^d
Fibra de coco	100%	-	-	60-70%	-
Torba	100%	80-90%	95%	20-40%	50-75%
Compost suro	40%	50-60%	3%	10%	<25%
Compost pinyolada de raïm	10%	85%	10%	5-10%	25%
Compost pinyolada d'oliva	20%	75%	30%	-	<25%
Compost residu xampinyó	35%	85%	30%	10%	<25%
Compost recollida selectiva escombraries formulat amb torba i vermiculita (2:1:1 v/v)	55%	-	-	10%	<25%

¹ Compost establitzat. ² Compost 1,5-2 anys de maduració.

^a Cobarrera i col. (2002) *Soil Biology & Biochemistry* 34, 467-476; Borrero i col. (2009) *European Journal of Plant Pathology* 123: 425-433.

^b Trillas i col. (2006) *Biological Control* 39: 32-38.

^c Trillas i col. Ponencia y Jornadas Red Española de Compostaje. Barcelona 6-9 Febrero 2.008.

^d Segarra i col. 2007. *European Journal of Plant Pathology* 117: 393-402.

capacitat supressiva), però són aptes per al cultiu en test. Cal remarcar que només algunes torbes roses són moderadament supressives a *Pythium* spp., però la majoria de torbes són conductores de malalties, semblantment ocorre amb la fibra de coco. La majoria de composts estudiats mostren supressivitat natural respecte de *Pythium* spp. El compost de restes de la indústria del suro, en particular, ha mostrat una supressivitat natural molt important respecte de *R. Solani*; en aquest cas, s'ha detectat la importància de la maduració dels composts quant al grau de supressivitat, mentre que per a d'altres patògens aquell fet no ha estat rellevant. Els compost de samsa i pinyolada i els residus d'escombraries barrejats amb restes de poda s'han mostrat força supressors de diverses *formae specialis* de *F. oxysporum*. Tots els compost, en comparació amb la torba, emprats com a substrats de cultiu han mostrat supressivitat natural davant la malaltia àeria causada per *Botrytis cinerea*, en plantes de tomàquet. Aquesta supressivitat s'ha correlacionat tant amb els nivells de Ca, K, Mo, i Si en fulles (Segarra i col. 2007), com també amb un millor creixement de les plantes i no es pot descartar la inducció de fenòmens de resistència en planta, tipus SAR (*systemic acquired resistance*) com els observats amb compost de samsa d'oliva i d'Arabidopsis contra el mateix patògen (Segarra i col., 2013 a i b).

La supressivitat natural és un fenomen força freqüent, amb materials compostats molt diversos i l'espectre de supressivitat es variable. La nostra experiència al llarg dels anys ens permet concloure que la supressivitat és constant per a cada tipus de compost sempre

que es composti amb uns mateixos criteris. Es a dir, diferents lots de composts industrials o obtinguts a petita escala i analitzats han mostrat un mateix espectre de supressivitat i una reducció semblant de la malaltia. No es possible, a priori, conèixer l'espectre i nivell de supressivitat d'un material compostat i això limita la seva posta en valor pel que fa al control de malalties dels plantes. Hi ha diversos estudis que per assegurar la supressivitat davant de cert(s) patògen(s) inoculen els composts amb agents de control biològic (ACB), alguns estudis han demostrat que el millor moment d'inoculació és després del màxim de temperatura de la fase termòfila que te lloc durant el compostatge. No obstant això, la nostra experiència ens ha demostrat que tant torbes, com fibra i pols de coco i composts són susceptibles de millorar significativament el control de les malalties si s'inoculen amb ACB (Trillas i col. 2006; Sant i col. 2010; Segarra i col. 2013c; Fernández i col., 2014).

03 Bibliografia

AVILÉS, M.; BORRERO, C.; TRILLAS, M.I. (2011). "Review on compost as inducer of disease suppression in plants grown in soilless culture". En: Ferrer, A.S. (Ed.). *Compost III. Dynamic Soil, Dynamic Plant 5 (Special Issue 2)*, 1-11. Global Science Books Ltd., Japan.

BORRERO, C.; TRILLAS, M.I.; ORDOVÁS, J.; TELLO, J.C.; AVILÉS, M. (2004). "Predictive factors for the suppression of *Fusarium* wilt of tomato in plant growth media". *Phytopathology* 94, 1094-1101.

BORRERO, C.; TRILLAS, M.I.; AVILÉS, M. (2009). "Carnation *Fusarium* wilt suppression in four composts". *European Journal of Plant Pathology* 123, 425-433.

CHEF, D.G.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. (1983). "Effects of organic components in container media on suppression of *Fusarium* wilt of chrysanthemum and flax". *Phytopathology* 73, 279-281.

CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; SCHMITTHENNER, A.F.; TUOVINEN, O.H. (1988). "The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*". *Phytopathology* 78, 314-322.

COTXARRERA, L.; TRILLAS, M.I.; STEINBERG, C.; ALABOUVETTE, C. (2002). "Use of sewage sludge compost and *Trichoderma* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato". *Soil Biology and Biochemistry* 34, 467-476.

COOK, R.J.; BAKER, K.F. (1983). "The nature and practice of biological control of plant pathogens". *The American Phytopathological Society*. St. Paul. Minnesota, USA.

DAFT, G.C.; POOLE, H.A.; HOITINK, H.A.J. (1979). "Composted hardwood bark. A substitute for steam sterilization and fungicide drenches for control of poinsettia crown and root rot". *HortScience* 142, 185-187.

DÉPORTES, I.; BENOIT-GUYOD, J.L.; ZMIROU, D. (1995). "Hazard to man and the environmental posed by use of urban waste compost: a review". *Science of the Total Environment* 172, 97-222.

EPA (Environmental Protection Agency, USA) (2003). "Environmental regulations and technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge". *EPA625-R-92-013*.

FERNÁNDEZ, E.; SEGARRA, G.; TRILLAS, M.I. (2014). "Physiological effects on the induction of resistance by compost or *Trichoderma asperellum*, strain T34 against *Botrytis cinerea* in tomato". DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.06.012>.

HAKKOU, A.; KHADIJA, C.; BOUAKKA, M.; SOUNA, F.; COTXARRERA, L.; TRILLAS, M.I. (2011). "Effect of nitrogen sources on the composting of date palm (*Phoenix dactylifera*) by-products infected by *Fusarium oxysporum* f.sp. *albbedinis*". *Advances in Environmental Biology*, 5, 1638-1646.

- HASSEN, A.; BELGUTH, K.; JEDIDI, N.; CHERIF, A.; CHERIF, M.; BOUDABOUS, A. (2001). "Microbial characterization during composting of municipal solid waste". *Bioresource Technology* 80, 217-225.
- HOITINK, H.A.J.; VANDOREN, D.M.; SCHMITTHENNER, A.F. (1977). "Suppression of *Pythophthora cinnamomi* in a composted hardwood bark potting medium". *Phytopathology* 67, 561-565.
- HOITINK, H.A.J.; FAHY, P.C. (1986). "Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts". *Annual Review of Phytopathology* 24, 93-114.
- HOITINK, H.A.J.; BOEHM, M.J. (1999). "Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon". *Annual Review of Phytopathology* 37, 427-446.
- HORST, L. E.; LOCKE, J.; KRAUSE, C.R.; McMAHON, R.W.; MADDEN, L.V. & HOITINK, H. A. J. (2005). "Suppression of Botrytis blight of begonia by *Trichoderma hamatum* 382 in peat and compost-amended potting mixes". *Plant Disease* 89, 1195-1200.
- INBAR, Y.; BOEHM, M.J.; HOITINK, H.A.J. (1991). "Hydrolysis of fluorescein diacetate in sphagnum peat container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*". *Soil Biology and Biochemistry* 23, 479-483.
- KRAUSE, S.M.; MADDEN, L.V.; HOITINK, H.A.J. (2001). "Effect of potting mix microbial carrying capacity on biological control of *Rhizoctonia* damping off of radish and *Rhizoctonia* crown and root rot of poinsettia". *Phytopathology* 91, 1116-1123.
- KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J.; CHEN, W. (1988). "Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Phytophthora* diseases". *Plant Disease* 72, 751-756.
- MILLS, D. J.; COFFMAN, C. B.; TEASDALE, J. R.; EVERTS, K. L.; ANDERSON, J. D. (2002). "Factors associated with foliar disease of staked fresh market tomatoes grown under differing bed strategies". *Plant Disease* 86, 356-361.
- MORENO, J.; MORMENEO, S. (2008). "Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje". En: Moreno, J., Moral, R. (Eds.). *Compostaje*, pp. 113-140. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- NOBLE, R.; ROBERTS, S.J. (2004). "Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review". *Plant Pathology* 53, 548-568.
- NOBLE, R.; ELPHINSTONE, J.G.; SANSFORD, C.E.; BUDGE, G.E.; HENRY, C.M. (2009). "Management of plant health risks associated with processing of plant-based wastes: A review". *Bioresource Technology* 100, 3431-3446.
- NELSON, E.B.; HOITINK, H.A.J. (1982). "Factors affecting suppression of *Rhizoctonia solani* in container media". *Phytopathology* 72, 275-279
- PASCUAL, J.A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; DE LEU, F.A.A.M.; LYNCH, J.M. (2000). "Long-term suppression of *Pythium ultimum* in arid soil using fresh and composted municipal wastes". *Biology and Fertility of Soils* 30, 478-484.
- SANT, D.; CASANOVA, E.; SEGARRA, G.; AVILÉS, M. REIS, M., TRILLAS, M.I. (2010). "Effect of *Trichoderma asperellum* strain T34 on *Fusarium* wilt and water usage in carnation grown on compost-based growth medium". *Biological Control* 53, 291-296.
- SEGARRA, G.; CASANOVA, E.; BORRERO, C.; AVILÉS M.; TRILLAS, M.I. (2007). "The suppressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants". *European Journal of Plant Pathology* 117, 393-402.
- SEGARRA, G.; ELENA, G.; TRILLAS, I. (2013a). "Systemic resistance against *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis* triggered by an olive marc compost substrate requires functional SA signaling". *Physiological and Molecular Plant Pathology* 82, 46-50.
- SEGARRA, G.; SANTPERE, G.; ELENA, G.; TRILLAS, I. (2013b). "Enhanced *Botrytis cinerea* resistance of *Arabidopsis* plants grown in compost may be explained by increased expression of defense-related genes, as revealed by microarray analysis." *Plos One* 8 (2), e56075.
- SEGARRA, G.; AVILÉS, M.; CASANOVA, E.; BORRERO, C.; TRILLAS, I. (2013c). "Effectiveness of biological control of *Phytophthora capsici* in pepper by *Trichoderma asperellum* strain T34". *Phytopathologia Mediterranea* 52, 77-83.
- SERRA-WITTLING, C.; HOUOT, S.; ALBOUVETTE, C. (1996). "Increased soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax after addition of municipal solid waste compost". *Soil Biology and Biochemistry* 28, 1207-1214.
- STONE, A.G.; VALLAD, G.E.; COOPERBAND, L.R.; ROTENBERG, D.; DARBY, H.M.; JAMES, R.V.; STEVENSON, W.R.; GOODMAN, R.M. (2003). "Effect of organic amendments on soilborne and foliar diseases in fieldgrown snap bean and cucumber". *Plant Disease* 87, 1037-1042.
- SUÁREZ-ESTRELLA, F.; BUSTAMANTE, M.A.; MORAL, R.; VARGAS-GARCÍA, M.C.; LÓPEZ, M.J.; MORENO, J. (2012). "In vitro control of *Fusarium* wilt using agroindustrial subproduct-based composts". *Journal of Plant Pathology* 94, 59-70.
- TRILLAS-GAY, M.I.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. (1986). "Nature of suppression of *Fusarium* wilt of radish in container medium amended with composted hardwood bark". *Plant Disease* 70, 1023-1027.
- TRILLAS, M.I.; CASANOVA, E.; COTXARRERA, L.; ORDOVÁS, J.; BORRERO, C.; AVILÉS, M. (2006). "Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T34 suppress *Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings". *Biological Control* 39, 32-38.

04 Autora



Maria Isabel Trillas
 Professora Titular d'Universitat. Fisiologia Vegetal.
 Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona
 mtrillas@ub.edu

SUBSTRATS APTES PER A LA PRODUCCIÓ ECOLÒGICA



Foto 1a. Fems de cavall amb encenalls de fusta matèria prima per a fer composts ecològic. Autor: O. Marfà.



Foto 1b. Restes d'esporga de pi pinyer per a fer compost ecològic. Autor: O. Marfà.

01 Substrats convencionals i per a la producció ecològica

Per al cultiu de plantes fora del sòl natural, cal utilitzar medis de cultiu que han de ser diferents del sòl natural perquè les propietats del sòl no s'adeqüen als requeriments del cultiu fora de sòl; aquests materials s'anomenen genèricament **substrats**. D'acord amb la normativa vigent sobre substrats, només poden ser-ne considerats aquells materials sòlids que compleixin els requisits següents:

- Que permetin el desenvolupament de les plantes de manera eficaç
- Que es disposi de mètodes adequats de presa de mostres, d'anàlisi i d'assaig per comprovar-ne les característiques i qualitats
- Que en condicions normals d'ús no produeixin efectes perjudicials per a la salut humana o el medi ambient
- Que no siguin portadors de plagues ni de patògens humans causants de malalties dels vegetals (taula 1)
- Que estiguin lliures de llavors i propàguls de males herbes.

D'altra banda, la producció *ecològica* és un sistema general de gestió agrícola i de producció que es caracteritza per fonamentar-se, integrar i combinar els factors següents:

- Les millors pràctiques ambientals
- Elevat nivell de biodiversitat
- Preservació dels recursos naturals
- Aplicació de normes exigents sobre benestar animal
- Ús de recursos renovables integrats en els sistemes agrícoles locals
- Reciclatge de residus i subproductes d'origen vegetal i animal per minimitzar l'ús de recursos no renovables.

Per tant, per a l'obtenció d'un substrat apte per agricultura ecològica s'hauria de procurar que les matèries primeres a partir de les quals es fabriqui i també el seu procés de preparació minimitzin l'ús de recursos no renovables en favor dels renovables, i, si és possible, que aquests recursos procedeixin de materials generats en un lloc no gaire allunyat del lloc de consum.

Actualment, la torba, recurs no renovable i que ha de ser transportat des de lluny, és el component majoritari de molts dels substrats comercials. Per tant, tot i que de moment la torba està permesa pel seu ús en la producció ecològica, és evident que per la seva naturalesa (recurs no renovable) i pel seu origen (llunyà respecte del lloc d'utilització, en la majoria de casos) no hauria de ser considerat un substrat apte per a l'agricultura ecològica. Entre els experts, és majoritària l'opinió que la torba, tard o d'hora, deixarà de ser un substrat autoritzat per a l'horticultura^(*) ecològica. Això fa que calgui desenvolupar substrats alternatius a la torba compatibles amb la producció ecològica. Substrats que caldrà preparar utilitzant matèries primeres disponibles en llocs propers als de consum i de naturalesa renovable.

02 Normativa aplicable

Quines són, doncs, les matèries primeres per preparar substrats aptes per a l'horticultura (jardineria, floricultura, arboricultura, viviers) ecològica diferents de la torba? En primer lloc, cal considerar la normativa legal que regula les característiques, els requisits, les limitacions i els grups de productes que poden ser considerats substrats i les **matèries primeres a partir de les quals es poden preparar substrats** (Reial decret 865/2010, de 2 de juliol, del BOE, que fa referència al llistat de residus de la Decisió 2001/118/CE, de 16 de gener de 2001). D'altra banda, cal tenir en compte els reglaments que regulen l'agricultura ecològica tot i que no hi ha normativa referent als substrats per aquest ús:

- **Reglament (CE) 834/2007** del Consell, sobre producció i etiquetatge dels productes ecològics europeus, que deroga el Reglament (CE) 2092/91 i les seves modificacions.
- **Reglament (CE) 889/2008** de la Comissió, pel qual s'estableixen disposicions d'aplicació del Reglament (CE) 834/2007 del Consell i les seves modificacions.
- **Quadern de Normes Tècniques de la Producció Agroalimentària Ecològica**

Taula 1. Nivells màxims admissibles de patògens humans en materials emprats en la preparació de substrats

Microorganisme	Nivell màxim	Observacions
<i>Salmonella</i>	Absent en 25 g de producte elaborat	
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absent en 1 g de matèria bruta	Únicament per a cultius que es consumeixen en cru
<i>Escherichia coli</i>	<1.000 NMP per gram de producte elaborat	NMP: Nombre més probable
<i>Enterococcaceae</i>	Entre 10 ⁴ i 10 ⁵ NMP per gram de producte elaborat	NMP: Nombre més probable
<i>Clostridium perfringens</i>	Entre 10 ² i 10 ³ NMP per gram de producte elaborat	NMP: Nombre més probable

* (jardineria, floricultura, arboricultura, viviers)

Taula 2. Continguts màxims admissibles de metalls pesants segons la tipologia dels substrats (A, B o FORM)

Metall pesant	Límits de concentració (mg/Kg de matèria seca)		
	Classe A	Classe B*	FORM
Cadmi	0.7	2	2
Coure	70	300	100
Níquel	25	90	50
Plom	45	150	100
Zinc	200	500	150
Mercuri	0.4	1.5	1
Crom (total)	70	250	150
Crom (VI)	0.5	0.5	-

(QNT) del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. (Aprovat per la RESOLUCIÓ AAM/951/2012, de 15 de maig, per la qual s'aprova el Quadern de Normes Tècniques de la producció agroalimentària ecològica).

- **Guia d'Interpretació de la Normativa Europea de Producció Agrària Ecològica** (Normes tècniques i criteris d'aplicació de la normativa europea de producció i etiquetatge dels productes ecològics) del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. (Establertes per la Resolució AAM/951/2012, de 15 de maig, i per la Resolució AAM/70/2013, de 18 de gener, per la qual s'aprova la Instrucció relativa als criteris d'aplicació de la normativa europea de producció i etiquetatge dels productes ecològics, respectivament).

Si creuem tots dos llistats (els dels materials susceptibles de ser emprats com a matèries primeres per a la producció de substrats i els dels productes admesos en la producció ecològica; concretament, els que són més adients per a la preparació de substrats són els del Grup 1 Productes orgànics), n'identifiquem subproductes d'origen agrícola, forestal i ramader, com ara:

- Escorces d'arbres (preferentment coníferes)
- Fibres de coco i d'altres fustes
- Pellofa d'arròs
- Vermicompost
- Compost de restes del cultiu de bolets comestibles
- Composts de fems no procedents de la ramaderia intensiva
- Composts vegetals procedents de poders, fulles, herba dallada i restes vegetals.
- Compost de FORM (fracció orgànica dels residus municipals)

que també poden ser utilitzats en producció ecològica productes d'origen mineral que procedeixin de dipòsits naturals i no hagin sofert cap procés químic (és a dir, minerals naturals inalterats o que hagin passat per algun procés físic). No obstant, com que en agricultura ecològica no és permès el cultiu hidropònic estricte (és a dir, el cultiu de plantes en un medi aquós amb una solució nutritiva) o el cultiu en medis inerts (s'entén que inerts químicament, és a dir, amb nul·la o molt baixa capacitat d'intercanvi catiònic, menor de 10 meq.L⁻¹), tampoc no es podria utilitzar substrats formats únicament per la perlita expandida o la llana de roca, dos materials d'origen mineral transformats mitjançant processos físics però inerts. I també caldria, en el cas de productes d'origen mineral, per les condicions generals de la producció ecològica, que llur extracció o transport no faltés a les condicions de preservació dels recursos naturals i sostenibilitat demanats en la producció ecològica o que per fabricar-los no calgués una despesa significativa d'energia. Per exemple, no seria acceptable emprar la greda volcànica com a substrat ecològic, cas que la seva extracció comportés malmetre paratges d'interès natural (com és el cas a Catalunya de les gredes volcàniques de la zona volcànica de la Garrotxa). Un altre exemple: l'ús de pumicitat -mineral porós d'origen volcànic procedent d'Islàndia- com a substrat apte en agricultura ecològica a Catalunya no fóra adient, entre altres coses perquè cal transportar-la a gran distància des del lloc d'extracció fins a les zones hortícoles de clima temperat.

Resumint, per a l'horticultura (jardineria, floricultura, arboricultura, vivers) ecològica fora del sòl natural, cal utilitzar medis de cultiu, anomenats substrats, que compleixin un conjunt de requisits que en part estableix la normativa vigent específica per als substrats, condicionats per les exigències i el *modus operandi* de la producció ecològica.

Són, per tant, aptes per a la producció ecològica, entre altres materials, la majoria de composts i llurs barreges, i també la incorporació en aquestes barreges de materials d'origen orgànic admesos en la producció ecològica que poden proveir el substrat de fertilitat pròpia (fems procedents de ramaderia no intensiva, farina de sang, pols de peül·la de banya o d'ossos, farina de peix, de carn o de ploma, etc.).

03 Conclusions

En un futur pròxim, caldrà emprar com a substrats materials procedents de matèries primeres renovables i disponibles en l'entorn on s'hagin d'utilitzar. Diversos subproductes de l'agricultura, la ramaderia, la jardineria o l'activitat forestal o agroalimentària poden ser susceptibles de ser transformats en materials per formular substrats aptes per a la producció ecològica. Però, en la majoria de casos, cal estabilitzar, higienitzar i adequar les matèries primeres mitjançant processos com ara el compostatge.

No tots els materials, compostats o no, resulten aptes o prou adequats per al cultiu de plantes. La caracterització i l'avaluació dels materials prèviament al seu ús permet esmenar algunes característiques que poden limitar d'obtenir bons resultats en el cultiu ecològic de plantes fora del sòl natural (només permès en viverisme), i plantejar la manera de gestionar la fertilització i la irrigació amb cada substrat utilitzat. En qualsevol cas, la preparació d'un bon substrat apte per a l'agricultura ecològica que pugui competir amb substrats convencionals no és cosa fàcil. En la majoria d'ocasions, cal la intervenció de professionals de la fabricació de substrats que en garanteixin la transformació correcta de les matèries primeres, l'esmena de certes característiques no adequades, les mesclades adients, l'estandardització dels processos de fabricació i la garantia de la qualitat i les característiques de cada substrat en cada partida subministrada a l'usuari final.

04 Autors



Laura Luján
Enginyera agrònoma
lauralujan@gmail.com



Oriol Marfà
Director d'Investigació
GIRO-IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries)
oriol.marfa@irta.cat



L'ENTREVISTA

Dolors Boix i Rovira
Consellera delegada d'Agroviver
Viver i Serrateix (Berguedà)

“CREC QUE EN EL FUTUR PODREM SUBSTITUIR LA TORBA PER ALTRES PRODUCTES CATALANS”

Extracte de l'entrevista publicada a www.ruralcat.net



Dolors Boix i Rovira va néixer a Puig-reig, en el si d'una família d'empresaris del ram de la fusta. És consellera delegada d'Agroviver i accionista des de la seva fundació, l'any 1988. Es tracta d'una empresa dedicada a la fabricació de terres vegetals i adobs orgànics i també a temes d'assessorament mediambiental.

En aquesta entrevista parlem amb Dolores Boix, sobre el sector dels substrats, les matèries primeres que s'utilitzen, les recerques i innovacions que es duen a terme, i la creixent i necessària professionalització d'aquest sector a casa nostra.

Detecta en els darrers anys un augment de matèries primeres en la formulació de substrats diferents de la torba i la fibra de coco?

Tot i que la torba i la fibra de coco continuen sent els materials més utilitzats, hi ha un augment en l'ús de compostos vegetals de diferents procedències, que poden oferir una estructura de qualitat i matèria orgànica suficient per a gairebé tots els cultius.

De fet, hi ha tot un corrent de recerca amb materials de proximitat que, per preu i qualitat, donen un grau superior de competitivitat al mercat. Són materials orgànics que sempre s'han utilitzat en el reciclatge, però ara es fila més prim sobre les quantitats, els procediments, les textures... per exemple, al

centre d'Espanya s'està treballant el substrat a partir del subproducte del xampinyó... Sigui com sigui, són coses molt puntuals, no hi ha gaires novetats en aquest sentit. De recerca realment innovadora, n'hi ha poca i, sovint, el resultat és un producte del qual es pot fabricar poca quantitat, i per tant no gaire significatiu.

En quin sector és més habitual l'ús de substrats alternatius als convencionals?

El sector ecològic té molta demanda i els seus productes criden més l'atenció de la societat i els mitjans. Nosaltres hi treballem des de fa anys, i tenim una línia d'investigació. Fruit de molt d'esforç hem aconseguit un substrat amb l'etiqueta ecològica de la Unió Europea i un humus de cuc de terra o llambric que està reconegut i molt ben valorat al sector ecològic, especialment a l'horta. Aquest últim és el nostre producte estrella. Gràcies al seu procediment d'elaboració està desinfectat de males herbes, té el pH neutre, és soluble en l'aigua i fàcil d'absorbir per la planta perquè és predigerit. Dóna a les fruites una mida més gran i una dolçor diferent. Cada any, quan ens vénen a visitar de l'Escola Agrària de Manresa, que és tot un referent en els temes ecològics, ens diuen que els agrada molt l'humus de llambric. En el mercat no és un producte fàcil de trobar perquè és força laboriós, es triga a fer ben bé un any i mig; això quan ja tens els cucs que produeixen.

Tampoc hi ha gaire investigació en aquest tema, però nosaltres cada any fem proves amb diferents tipus de fems i suports com la palla, les serradures o altres materials de les dues o tres granges amb les quals col·laborem. És la manera d'anar millorant un producte que creiem que té molt de futur, sobretot en horticultura.

“hi ha un augment de l'ús de compostos vegetals de diferents procedències, que poden oferir una estructura de qualitat i matèria orgànica suficient per a gairebé tots els cultius”

Ens podria parlar més d'aquests productes i investigacions?

Durant dos anys hem investigat amb fems de vaca i serradures d'uns arbres determinats, per trobar una alternativa a l'humus de vedella i palla. El resultat ha estat un producte que per analítiques és millor, es composta abans i d'una manera diferent i té una riquesa de microelements superior. Curiosament, té un color més clar, més ros, i a la gent li ha costat relacionar un humus de qualitat amb un producte que no fos del negre fosc habitual.

També vam investigar amb els llambrics i fangs de depuradora, però als cucs els costa molt, treballen poc, el resultat no és tan bo...

Quina producció en feu, d'humus?

Potser unes 5.000 tones a l'any. Som una empresa petita, venem només a Catalunya i ens hem dedicat a fer producte de qualitat i a mida. Així, el client només paga pel que necessita, cosa que amb la crisi ja va bé. A més, la gent sap que coneixem tota la traçabilitat dels fems, que en l'alimentació dels animals es controlen els metalls pesants i que els factors de creixement fa anys que han estat substituïts per enzims. També cobrim els fems perquè fermentin amb ells mateixos i no es rentin si plou... Tot plegat fa que tinguin molts més nutrients.

