
ÚS DEL COMPOST: MILLORA DELS SÒLS O GESTIÓ DE RESIDUS ORGÀNICS?

**Montserrat Soliva, Òscar Huerta, Francesc Xavier Martínez,
Marga López**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

RESUM

La utilització de matèria orgànica, i en particular del compost, presenta molts avantatges per a la millora dels sòls, però cal conèixer i controlar bé les característiques dels materials a aportar i les necessitats de sòls i vegetals per decidir les aplicacions.

Existeix certa confusió en considerar si utilitzar certs tipus de matèria orgànica es fa tan sols per trobar destí a un material o si realment es realitza amb uns objectius clars i planificant bé les aportacions. Es troba a faltar informació clara, objectiva i coordinada en el reciclatge de materials orgànics a través del sòl i els vegetals.

En l'article es parla d'aquests aspectes, insistint a què s'ha d'anomenar *compost* i que no tots els materials amb aquesta denominació s'ha de considerar que presenten les mateixes característiques ni comportaments.

PARAULES CLAU: sòl, matèria orgànica, residus orgànics, compost, fertilització, mineralització.

USO DEL COMPOST: ¿MEJORA DE LOS SUELOS O GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS?

RESUMEN

El uso de materia orgánica, en particular el compost, presenta muchas ventajas para la mejora de suelos, pero es necesario conocer y controlar bien las características de los materiales a aportar, así como las necesidades de suelos y vegetales.

Correspondència: Marga López. C. Esteve Terrades, 8. Campus del Baix Llobregat. Universitat Politècnica de Catalunya. 08860 Castelldefels. A/e: sapalomera@gmail.com.

Existe cierta confusión en considerar si el uso de ciertos tipos de materia orgánica se hace para hallar un destino a un material o si realmente se realiza con unos objetivos claros y planificando bien las aportaciones. Se echa de menos información clara, objetiva y coordinada en el reciclaje de materiales orgánicos a través del suelo y los vegetales.

En el artículo se comentan estos aspectos, insistiendo sobre qué productos pueden considerarse compost y que no todos los composts presentan las mismas características ni comportamientos.

PALABRAS CLAVE: suelo, materia orgánica, residuos orgánicos, compost, fertilización, mineralización.

USE OF COMPOST: SOIL IMPROVEMENT OR ORGANIC MATTER MANAGEMENT?

ABSTRACT

The use of organic matter, particularly compost, delivers many advantages as a soil improver, but the characteristics of the different materials, as well as soil and vegetable needs, must also be known and monitored.

It is not always clear whether certain types of organic materials are used to find a quick solution or whether there is a plan in place with well-defined objectives and dosages. Moreover, it is difficult to find clear and organised information about the recycling of organic matter through soil and plants.

This article addresses all these aspects and highlights the range of materials that can be considered as compost, as well as the characteristics and performance of each one.

KEYWORDS: soil, organic matter, organics waste, compost, fertilization, mineralization.

1. INTRODUCCIÓ

En el món agrícola hi ha temes que són recurrents i que, tot i parlar-ne molt i treballar-hi, fa la sensació que estan encallats, i per més esforços que aparentment s'hi esmercen no s'avança. Així, estem donant voltes al tipus de gestió a aplicar a les dejeccions ramaderes sòlides o líquides, a les necessitats o no de matèria orgànica (MO) dels nostres sòls, als balanços de nitrogen (N), a la competència entre residus orgànics (RO) de diferents procedències, etc.

En aquest article es parla del compost, dels diferents orígens i de les diverses característiques que pot tenir i dels seus possibles usos. Es parla de les possibles aplicacions deixant clar que si s'aplica compost és perquè al sòl i als vegetals que en ell es desenvolupen els aportarà beneficis.

En parlar de compost ens referirem a diferents tipus de producte, però sempre considerant que té aquelles característiques mínimes per ser d'utilitat i per complir amb les condicions de protecció de la salut i el medi ambient. Cal deixar clar que pot tenir unes característiques molt variades i, per tant, els usos poden ser diferents, però que no considerarem mai que la seva aplicació és tan sols per desfer-se d'un residu o d'un subproducte. Això no treu que el seu ús, a la vegada, beneficia la gestió dels residus.

Si el compostatge és una opció en la gestió dels residus orgànics, cal tant assegurar que el compost que surti de les plantes de tractament tingui la qualitat adequada com que aquesta qualitat i els beneficis que es derivin d'aquest tractament siguin coneguts i valorats.

2. COMPOSTATGE

Compostar és la transformació biològica, aeròbica, controlada i, per tant, termòfila dels RO. D'aquesta transformació s'obté un material orgànic estabilitzat i higienitzat (compost) (Saña i Soliva, 1987). Que això s'aconsegueixi amb una tecnologia senzilla o complexa dependrà de les quantitats de residus a tractar, de la disponibilitat d'espai i temps i, evidentment, del pressupost.

Les innovacions i noves tendències en el camp del compostatge no han de referir-se solament a les tecnològiques (sense oblidar-les), perquè aquestes, en una societat en canvi com la nostra, ja es poden donar per segures. El que ha de ser nou ha de ser aplicar-les quan calgui i de manera adequada. Ser innovadors no vol dir copiar, aplicar simplement la tecnologia «més nova», o deixar en mans de determinades empreses el destí dels residus del nostre entorn; pot ser que calgui compostar o no, que calgui agafar una tecnologia senzilla o molt avançada. Cal informació, innovació i imaginació per adequar l'elecció a les necessitats, de manera que se n'obtingui el major rendiment, amb el mínim cost i amb la mínima afectació al medi.

2.1. Materials que es poden compostar - matèries primeres del compostatge

Les matèries primeres del procés de compostatge poden ser d'orígens diversos, però sempre han de tenir un nivell elevat de MO i han de presentar (per si soles o en barreges adients) les característiques que afavoreixin i

facilitin el procés perquè es pugui dur a terme en les millors condicions (energètiques, econòmiques, ambientals i socials) possibles (Haug, 1993; Soliva, 2001; Soliva *et al.*, 2006). Els materials que es compostin, a la vegada, no han d'aportar un nivell de contaminants (físics, químics o biològics) que perjudiquin la qualitat del compost. Les barreges han de permetre complementar les característiques dels productes inicials i diversificar els finals, però no s'haurien d'utilitzar mai per «diluir» els possibles efectes contaminants d'algun dels components.

Els materials compostables es poden classificar per grups segons que aportin: estructura, aigua, carboni, nitrogen o algun altre nutrient. Els diferents RO poden considerar-se compostables, compatibles, inadequats o perjudicials pel procés o per les característiques del producte final.

3. COMPOST

Segons Haug (1993), el *compost* és: «matèria orgànica estabilitzada, que està lliure de patògens i de llavors de males herbes, que no atrau insectes o vectors; que pot ser emmagatzemada i utilitzada sense ocasionar molèsties, i *que és beneficiosa per al sòl i per al creixement de les plantes*». La definició de compost no inclou la fracció sòlida del digerit de les instal·lacions de digestió anaeròbia que necessitaria ser estabilitzat per tenir la mateixa denominació.

El compost és multifuncional i, segons les característiques, pot ser considerat esmena orgànica, adob orgànic o component de substrats, i ser utilitzat tant en agricultura (extensiva i intensiva), com en jardineria i també en restauració de paisatge i de zones degradades.

L'aplicació de compost en les condicions i dosis adequades millora les propietats físiques i químiques del sòl, així com la seva activitat biològica, però si el producte que s'aplica no es coneix suficientment i/o se'n fa un mal ús, pot no produir els efectes esperats; ans al contrari, pot provocar algun problema (Saña i Soliva, 1985; Soliva, 1992). Els efectes del compost depenen de les seves característiques i de les del sòl, de la climatologia, del tipus de pràctiques agrícoles i del conreu. Malauradament, sovint tots aquests aspectes no es tenen suficientment en compte, i es duen a terme aplicacions descontrolades quant a quantitats i època de l'any, que poden malmetre el sòl, afectar els cultius i les aigües convertint la utilització de compost en un inconvenient més que un benefici.

Els productors de compost acostumen a tenir problemes en la comercialització, ja sigui per no haver tingut la suficient cura del procés i del producte, o per desconèixer les necessitats dels sectors potencialment consumidors (Giménez *et al.*, 2005). La informació sobre la composició, el màrqueting i

l'assessorament no sempre es troba a l'alçada d'altres productes comercials en competència. Les empreses de fertilitzants minerals, malgrat l'important mercat que ja tenen, continuen fabricant nous productes, divulgant les seves característiques i fins i tot mostrant interès per la cura del medi ambient, per les noves legislacions i aconsellant bones pràctiques d'aplicació i/o avaluant els costos ambientals de la seva producció (Jenssen i Kongshaug, 2003). Contràriament, les polítiques de comercialització de compost són pràcticament inexistentes; en moltes de les instal·lacions encara no s'avaluen mínimament aquells aspectes que influeixen en la composició i rendiment del compost. No obstant això, acostuma a trobar-se que les plantes millor valorades pel seu producte són les que a la vegada tenen un millor control del procés, i que també coincideix que disposen de personal format i informat per fer promoció i assessorament sobre l'ús del compost (Huerta *et al.*, 2010b).

D'altra banda, entre els usuaris es pot trobar una barreja de desconfiança vers els productes obtinguts de residus, oblidant que molts dels altres productes orgànics comercials que hi ha al mercat tenen la mateixa procedència. A més, en el sector es tendeix a cercar preus molt baixos per poder mantenir unes explotacions i negocis molt maltractats pel mercat i la crisi. La gestió dels residus orgànics mitjançant el compostatge no arribarà a assegurar la seva viabilitat si no s'aconsegueix un mercat ben establert pel compost.

Tant les matèries primeres com el control del procés contribueixen a la qualitat del compost en relació amb l'estabilitat/maduresa aconseguida (Soliva *et al.*, 2006; Huerta *et al.*, 2010a). La història d'experiències negatives en l'aplicació del compost, tant degudes a la poca qualitat com a l'ús incorrecte, així com els efectes sobre la producció, ha creat una percepció de risc econòmic en els usuaris. Molts veuen la necessitat que el compost tingui bona qualitat, però és difícil definir la qualitat i, sobretot, especificar-ne els usos més adients.

3.1. Què ha de complir i què cal que sapiguem del compost?

Considerant que la finalitat del compostatge és obtenir compost que ha de ser aplicat al sòl, les restriccions han de ser més rigoroses que si simplement s'apliqués aquest tipus de procés per reduir pes, volum i problemàtica dels materials, és a dir, amb l'única voluntat de tractar residus i no la finalitat d'obtenir un producte. Què cal conèixer? Quines determinacions ens faciliten el coneixement del producte i l'establiment de les dosis d'aplicació adequades? De què ens serveix una anàlisi molt completa, si no la sabem interpretar o la informació que ens dóna no ens serveix per calcular les dosis, a més d'evitar determinats problemes? (Huerta *et al.*, 2010a).

D'una manera general, es pot dir que per assegurar la qualitat del compost cal aconseguir que presenti les següents característiques: aspecte i olor

TAULA I. *Característiques exigides als diferents tipus de compost segons el RD 824/2005*

Compost	Compost vegetal	Compost de fems	Vermicompost
% H: 30-40	% H: 30-40	% H: 30-40	% H: 30-40
C/N < 20	C/N < 15	C/N < 20	C/N < 20
MOT > 35 % en massa	MOT > 40 % en massa	MOT > 35 % en massa	MOT > 40 % en massa
Granulometria: < 5 % de pedres i graves amb Ø > 5 mm < 3 % impureses amb Ø > 2 mm 90 % partícules amb Ø < 25 mm	Absència d'impureses	Absència d'impureses	Granulometria: 90 % amb partícules Ø < 25 mm

Contingut en metalls			
Límits de concentració (mg/kg de matèria seca)			
	sms		
	Classe A	Classe B	Classe C
Zn	200	500	1.000
Cu	70	300	400
Cr	70	250	300
Ni	25	90	100
Pb	45	150	200
Cd	0,7	2	3

H: humitat; MOT: matèria orgànica total.

FONT: Elaboració pròpia a partir de les dades del Reial decret.

acceptables, higienització correcta, molt baix contingut d'impureses i contaminants, nivell conegut de components agronòmicament útils i certa constància en les característiques. Evidentment, també ha de complir el que exigeix la legislació (RD 824/2005), tot i que aquesta es refereix més als aspectes contaminants que als factors agronòmics (taula I).

La qualitat del compost ve determinada per la suma de diferents propietats i característiques (taula II). Les regulacions per l'ús de compost en el marc de la Unió Europea (UE) són diferents segons els països, tot i que majoritàriament estan relacionades amb la quantitat permesa de compost (expressada en tones de matèria seca) amb un màxim de metalls pesants que poden ser aplicades

TAULA II. Paràmetres que es poden determinar en mostres de compost i interès que tenen en la valoració dels processos de producció, comercialització i aplicació (marcats amb un punt) (Huerta et al., 2010a)

Influència en el procés productiu / Comercialització / Aplicació	Seguretat laboral a la planta	Maneig	Emmagatzematge	Transport	Acceptació	Possibles usos	Aplicació	Seguretat en l'aplicació	Efectes sobre la dosi de fertilització	Efectes sobre la producció
Físics	Densitat aparent		•	•	•		•	•		
	Coloració					•				
	Olor		•			•				
	Humitat	•	•	•	•	•	•	•		
	Granulometria	•	•		•	•	•	•		
	Impropis i impureses	•				•				
	pH						•			
Conductivitat elèctrica						•				
Químics	Matèria orgànica total				•	•			•	•
	Matèria orgànica resistent			•	•	•			•	•
	Nitrogen mineral					•			•	•
	Nitrogen orgànic total								•	•
	Nitrogen orgànic resistent								•	•
	Nitrogen fàcilment hidrolitzable								•	•
	Fòsfor i potassi								•	•
Metalls pesants								•	•	
Contaminants orgànics										
Biològics	Patògens indicadors	•			•			•		
	Test d'autoescalfament			•	•					•
	Índex de germinació						•			•
	Respirometries						•		•	•
	Mineralització						•		•	•
	Llavors de males herbes					•				•

FONT: Huerta et al. (2010a).

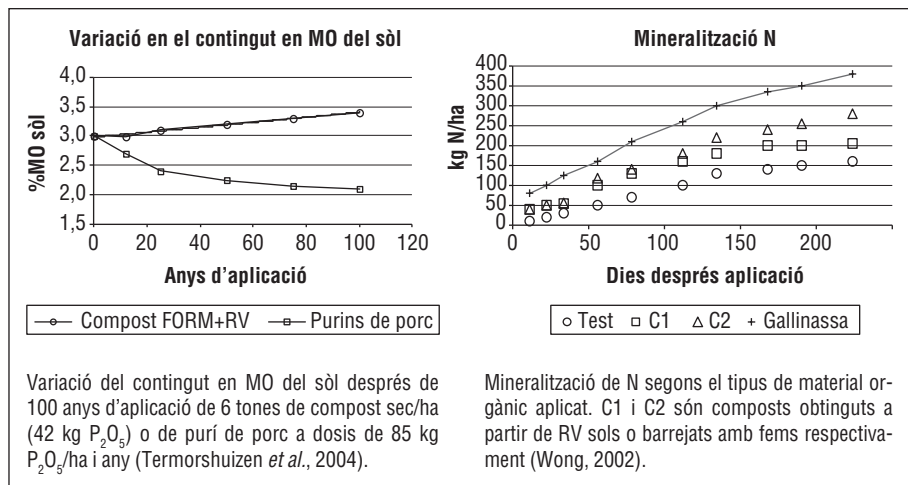
anualment o al llarg d'un període d'anys (entre 2 i 10 anys). Els sistemes de càlcul de les quantitats poden basar-se en la màxima quantitat permesa dels contaminants per hectàrea i any o bé, en relació amb bones pràctiques agrícoles, tenint en compte la quantitat de nitrogen (N) o fòsfor (P) que es pot aplicar.

3.2. Aspectes a considerar en aplicar compost

Per parlar de l'aplicació del compost, es parteix de la base que els materials i les barreges inicials han estat les adequades, que el procés s'ha controlat correctament, tot i que pot haver estat més llarg o més curt, i que el compost presenta unes característiques que es corresponen amb algun dels grups que estableix la legislació espanyola. A la vegada, al laboratori de caracterització de residus orgànics de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB) aconsellem que, per valorar la qualitat del compost, es tinguin en compte altres característiques com MO resistent (MOR), grau d'estabilitat (GE) i les diferents formes en què es troba el N (López *et al.*, 2010). Aquest article no entra en la discussió de com compostar o com reduir el contingut en contaminants i, per tant, no es consideren les aportacions de contaminants.

Les pèrdues de MO en el sòl poden reduir-se per combinació de diferents vies, sistemes de treball del sòl, rotació de cultius, aplicació de MO, sistemes integrats de maneig de fertilització, etc. La recuperació de la MO del sòl per l'aportació de compost depèn de les seves característiques, de la mateixa di-

FIGURA 1. L'aplicació de materials orgànics al sòl influeix en el contingut en MO i en l'alliberació de nutrients

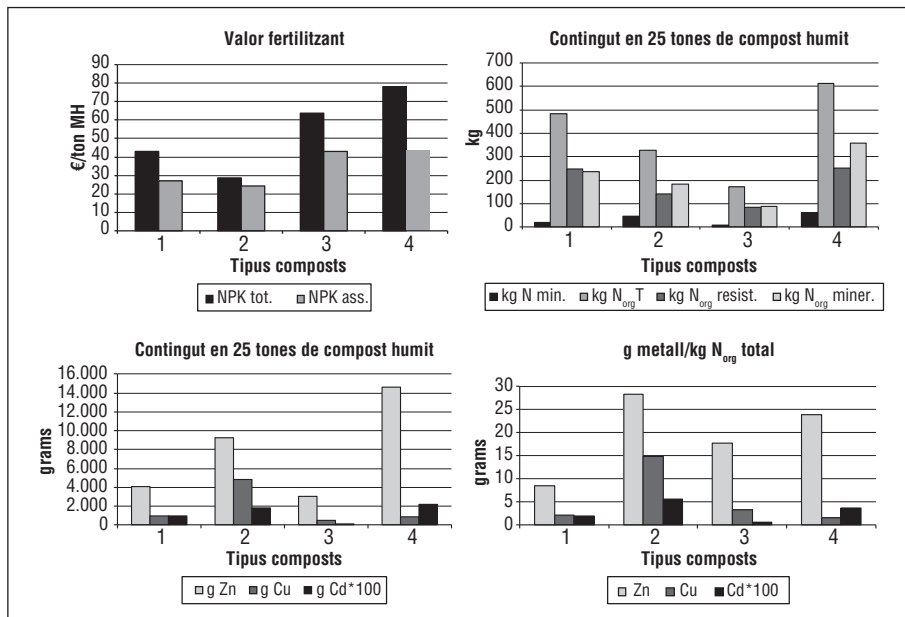


FORM: fracció orgànica de recollida selectiva de residu municipal; RV: restes vegetals.

nàmica de la MO del sòl i de les interaccions de la MO aplicada i de la del sòl que la rebí.

Quan s'aplica compost, cal establir per què es fa i quin objectiu es pretén: incrementar el contingut en MO i millorar així tot un seguit de característiques o únicament com a font de nutrients (figura 1)? Les característiques del compost es corresponen més a una esmena-adob orgànic que a un fertilitzant mineral; però no per això s'ha de menystenir la seva aportació de fitonutrients (taula III) i la seva assimilabilitat, aspecte a tenir en compte en l'establiment de les dosis d'adobament per evitar excessos i reduir el consum de fertilitzants minerals, amb la corresponent protecció mediambiental i l'estalvi econòmic per a l'usuari. En el cas de les aportacions de N, cal tenir en compte que són baixes a curt termini, ja que s'ha de produir la mineralització. Això pot ser un valor afegit, ja que pot permetre l'aplicació de quantitats elevades de compost prevenint l'excés puntual de formes de N solubles, i alhora pot ser una debilitat, si la taxa de mineralització de N és inferior a la d'absorció del cultiu. En planificar les quantitats a aplicar, així com els complements necessaris de fertilitzants minerals, cal fer-ho plantejant unes hipòtesis de treball, perquè serà la manera de facilitar la interpretació dels resul-

FIGURA 2. Diferents maneres de destacar i expressar les característiques dels composts de la taula III



NPK tot.: NPK total; NPK ass.: NPK assimilable; N min.: N mineral; N_{org} T: N orgànic total; N_{org} resist.: N orgànic resistent; N_{org} miner.: N orgànic mineralitzable.

tats i el progrés en l'establiment de condicions de l'ús del compost. En la figura 2 es presenten diferents maneres de destacar i expressar la composició del compost (taula III) i queda ben palesa la impossibilitat de generalitzar la composició i dosificació del compost de diferents orígens.

Si l'aplicació de compost es fa per incrementar el contingut en MO del sòl, interessarà aportar quantitats elevades no gaire freqüentment (per estalviar despeses en transport i aplicació) d'un material amb contingut elevat de MO molt estable i, a la vegada, el seu contingut en N hauria de ser majoritàriament en forma orgànica i molt resistent (Felipó i Soliva, 2003; López, 2010). Conèixer la quantitat de MO resistent que s'aporta en cada aplicació està relacionat amb la necessitat o no d'aplicacions freqüents i amb la capacitat de segrest de carboni.

TAULA III. *Característiques de quatre tipus de compost. Tots els valors, excepte el contingut en humitat, estan expressats sobre la mostra humida (dades pròpies)*

Composts	1	2	3	4
pH	7,88	7,82	8,93	6,40
CE, dS /m	6,39	11,4	6,03	5,89
%H	20,98	18,43	66,31	28,1
mg N-NH ₄ / kg	1.005	2.310	940	3.500
%MOT	67,53	50,3	50,97	64,3
%N _{org}	2,45	1,6	2,05	3,4
C/N	14	16	12,5	9
%MOR	28,07	15,5	25,35	28,8
%GE	41,53	31	49,73	45
%N _{org} resistent	1,25	0,7	1,01	1,4
%P	0,65	0,4	3,08	2,5
%K	1,03	0,6	4,99	0,4
%Na	0,57	0,8	0,2	0,2
%Ca	5,3	5,6	5,8	5,8
mg Zn / kg	206	452	363	813
mg Cu / kg	51	238	64	288
mg Cd / kg	0,48	0,9	0,1	1,2

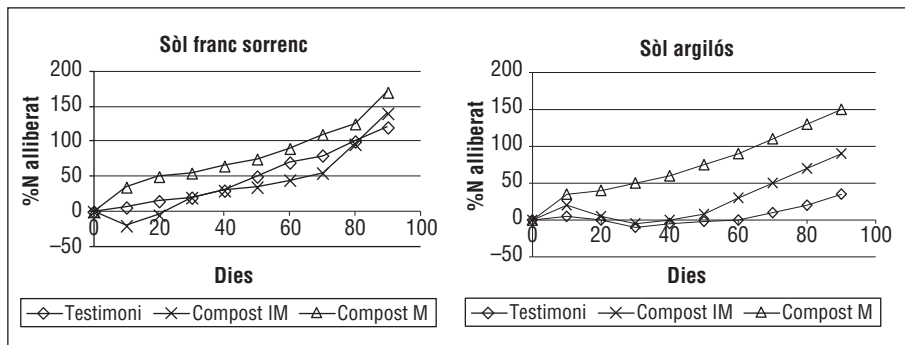
CE: conductivitat elèctrica; H: humitat; N-NH₄: nitrogen amoniacal; MOT: matèria orgànica total; N_{org}: nitrogen orgànic; MOR: matèria orgànica resistent; %GE (grau d'estabilitat) = %MOR / %MOT × 100.

Si la utilització del compost anés més dirigida a l'aportació de nutrients (N, per exemple), caldria vigilar les quantitats aplicades i tenir idea de la velocitat de mineralització per evitar tant els excessos com les mancances. És important diferenciar les formes i proporcions en què el N es pot trobar en el compost, ja que les formes minerals són assimilables immediatament i, en canvi, el N en forma orgànica ho serà a més llarg termini depenent, a més, de si és orgànic resistent o més làbil. La dinàmica d'alliberació depèn tant de l'estabilitat del compost com del tipus de sòl, de les condicions meteorològiques i de les del treball, i caldrà apropar-les a les necessitats dels cultius o de la vegetació implantada (figura 3).

Els beneficis que dona l'aplicació de MO i, en particular, de compost són difícils de quantificar i d'expressar en valor econòmic. Els beneficis són de diferents tipus i, a més a més, cadascun d'ells afecta els altres, van concatenats. Per exemple, si millorem el contingut en MO i millorem la capacitat de retenció d'aigua del sòl, els vegetals estaran menys exposats a la sequera i, com a resultat, seran menys susceptibles a presentar les patologies, fisiopaties i la disminució del creixement que específicament afecten les plantes sotmeses a condicions d'estrès hídric.

El compost té efectes supressius sobre certes patologies a causa d'una combinació de característiques físiques, químiques i biològiques, així com perquè els microorganismes beneficiosos que aporta competeixen amb els patògens pels nutrients i l'hàbitat (Noble i Coventry, 2005). Les vies de la supressió poden ser diverses: parasitisme, antibiosi, competència, resistència sistèmica induïda, millora de la nutrició vegetal i del vigor de les plantes que augmenta la resistència a malalties, etc. (Hoitink i Boehm, 1999; Nortcliff i Amlinger, 2001; Cotxarrera *et al.*, 2002).

FIGURA 3. Mineralització de N de compost mig madur i madur en dos tipus de sòls



FONT: Wong (2002).

Una diversa i activa microflora i fauna del sòl es considera avantatjosa per a la supressió de fitopatògens. La seva activitat depèn del carboni (C) i, si no hi ha aportacions externes, el C del qual puguin disposar serà, bàsicament, el que derivi de les restes dels conreus, que actualment acostumen a ser monocultius. Això fa que la microflora i fauna del sòl presentin poca diversitat i, conseqüentment, poca pluralitat de les funcions ecològiques del sòl. L'aplicació de compost pot contribuir a la diversificació d'aquests organismes heteròtrofs i la varietat dels substrats permet més mecanismes i diferents especificitats.

3.3. Valor agronòmic del compost

La valoració del compost podria fer-se tenint en compte el seu contingut en fitonutrients i la seva assimilabilitat, el seu valor com a esmena orgànica o per a la millora de la fertilitat del sòl i dels conreus i els beneficis ambientals a llarg termini. Molts d'aquests aspectes són difícils de valorar econòmicament i, a més, no s'hauria d'oblidar fer referència al cost d'obtenir-lo i al cost d'aplicar-lo per poder parlar de la competitivitat del compost.

En un informe d'ORBIT/ECN¹ (2008), s'estima el valor agronòmic del compost basant-se en el seu contingut en fitonutrients i en el preu dels fertilitzants. Així, per al compost mig madur generat a partir de fracció orgànica de recollida selectiva de residu municipal (FORM) i restes vegetals (RV), aquesta organització considera que té una relació d'1,40 de N, 0,60 de P₂O₅ i 1,02 de K₂O. Segons aquesta composició, li atorguen un valor de 8,49 €/t de material humit segons el contingut en fitonutrients, afegint-hi 3,28 euros pel seu valor com a esmena orgànica. És una manera de valorar-lo, tot i que caldria establir si s'ha de considerar el contingut en nutrients totals o els assimilables i que els fitonutrients (macro i micro) que conté es troben en unes determinades proporcions i que seran presents en una aportació independentment que es puguin o no necessitar. En la figura 4 s'ha fet una aproximació al valor en euros de quatre tipus de compost, segons el seu poder fertilitzant (taula III i figura 2).

Les informacions que es troben en la bibliografia no sempre són coincidents a valorar els efectes de l'aplicació de compost. Com a exemple, en un article de Weinfurtnner (2001), es fa referència a guanys o pèrdues en l'aplicació de compost (figura 5 i taula IV).

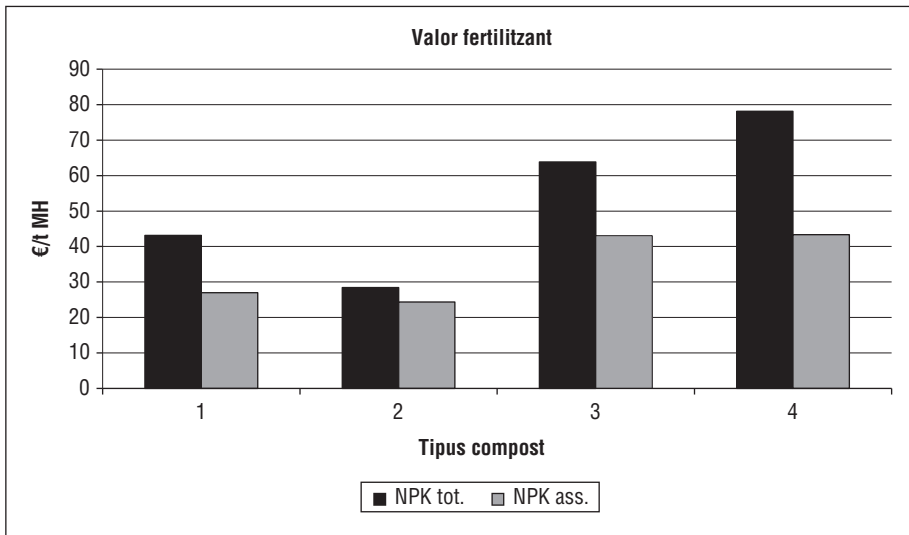
El N assimilable dels composts estables és més elevat el primer any després de l'aplicació, i les quantitats van disminuint en els anys següents. D'al-

1. Organic Resources and Biological Treatment / European Compost Network.

tra banda, la seva assimilabilitat varia amb el tipus de sòl, les condicions climatològiques i els sistemes de conreu. Quan s'aplica compost inestable, o immadur, a part de poder afectar la germinació i desenvolupament de les plantes (Zucconi *et al.*, 1981), es produeixen problemes d'immobilització de N (Navarro *et al.*, 1992; Kirchmann i Lundwall, 1993; Houot *et al.*, 2005), i també hi pot haver pèrdues de N en forma amoniacal.

Recuperar o incrementar els continguts en MO d'un sòl necessita no anys, sinó dècades. Té interès pels beneficis agronòmics que se'n deriven i perquè contribueix a la reducció de l'efecte hivernacle. En afegir compost al sòl, la part de la MO que és resistent a la descomposició quedarà segrestada durant

FIGURA 4. Valoració en euros del poder fertilitzant de quatre tipus de compost. (Per al càlcul del NPK assimilable s'ha considerat % (N min. + N_{org} miner.) pel N, 50 % del P total i 90 % del K total; el preu per unitat fertilitzant considerat ha estat de 0,71 €/kg N, 3,02 €/kg P, 1,63 €/kg K.)



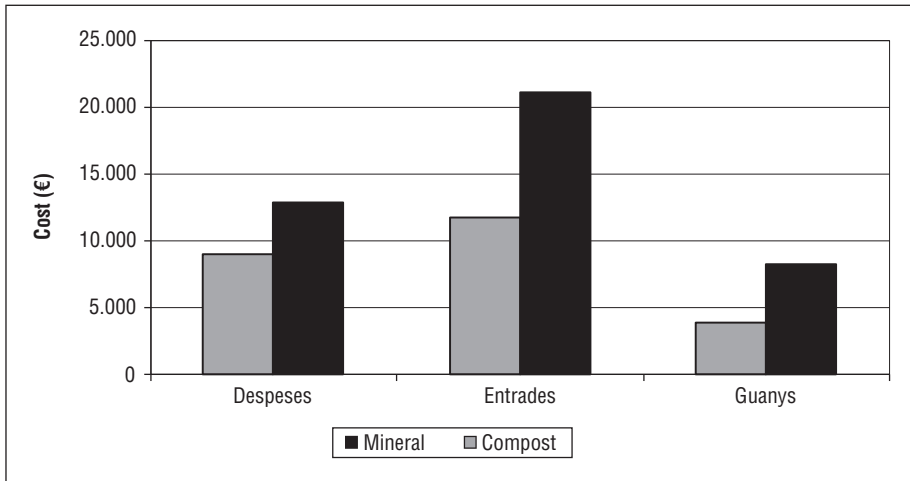
N min.: N mineral; N_{org} miner.: N_{org} mineralitzable; NPK ass.: NPK assimilable; NPK tot.: NPK total.

TAULA IV. Balanç econòmic (euros) de diferents tractaments

Tractament	Blat	Ordi	Colza
NPK	1.199	254	348
39 t compost + NPK	800	-53	112
117 t compost + P	-304	-534	-150
117 t compost + NK reduït	21	-444	-195

Font: Weinfurter (2001).

FIGURA 5. Despeses i guanys en un cultiu de tomàquet segons fertilització mineral o amb compost



Font: Steffen *et al.* (1994), a Weinfurthner (2001).

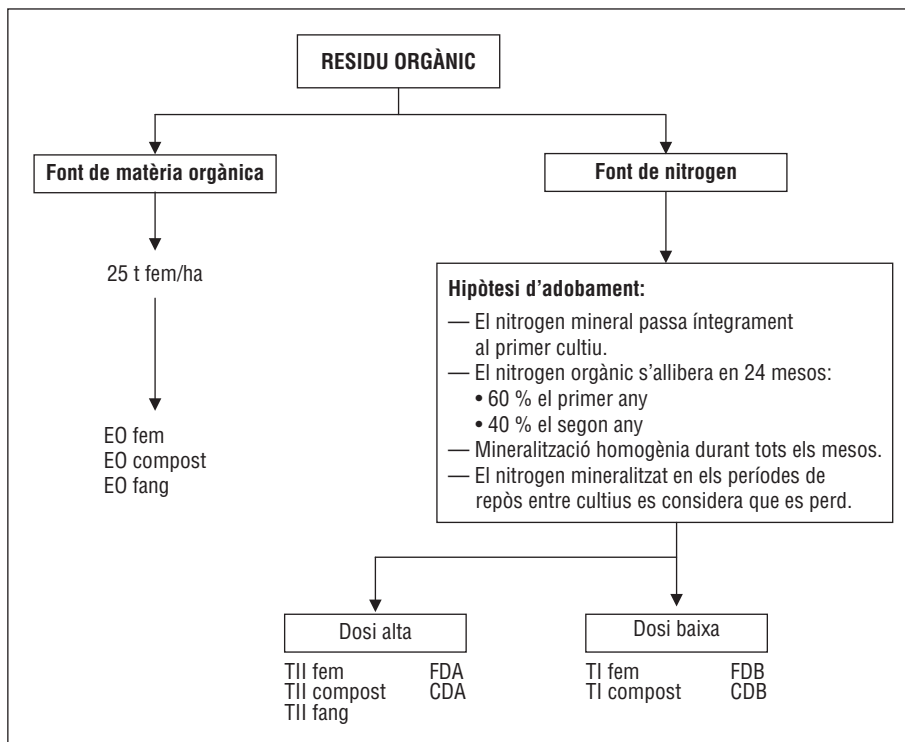
un llarg temps. Hi ha molts càlculs referents a la capacitat de segrest de C per l'aplicació de materials orgànics, però no sempre hi ha acord a com fer els càlculs. Per tant, segurament és més important valorar els avantatges agronòmics que es deriven de l'aplicació de compost (Nortcliff i Amlinger, 2001; Smith *et al.*, 2001).

3.4. Exemples d'aplicació de compost tenint en compte informació analítica i plantejant hipòtesis de treball

Aparellar, relacionar la qualitat del compost amb determinats usos segueix essent un repte per als usuaris i també per als productors. Com més atenció hi posin els usuaris i els productors, més es reduirà el risc de males aplicacions i milloraran els avantatges econòmics i ambientals.

A més dels paràmetres i intervals que apareixen a la legislació, hi ha altres paràmetres (CE, N-NH₄ i N-NO₃, MOR, GE, N_{org} resistent) que cal tenir molt en compte perquè, a la vegada que serveixen per qualificar el compost i el procés d'on s'ha obtingut, són d'utilitat per proposar les dosis d'aplicació adequades. Els continguts en les diferents formes de N informen tant de com s'ha dut a terme el procés com de les quantitats de N disponibles immediatament o a llarg termini (Huerta *et al.*, 2010a). El contingut en MOR i N_{org} resistent (López, 2010; Huerta *et al.*, 2010a; López *et al.*, 2010) informa de l'estabilitat del compost i de la quantitat de MO que quedarà segrestada al sòl. Aquesta informació, junt amb el contingut de N_{org} resistent, són de

FIGURA 6. *Hipòtesis de treball per a l'estudi del comportament de tres materials orgànics (compost de residus sòlids urbans (RSU), fang de depuradora i fem de boví) a dosis diferents² en una rotació de cultius extensius (blat de moro, ordi, colza i pèsol)³*



molta utilitat quan l'objectiu de l'aplicació de compost és incrementar els nivells de MO d'un sòl.

Una de les experiències realitzades per l'ESAB a Torre Marimon (Caldes de Montbui) comparava el comportament de diferents materials orgànics (taula v) en una rotació de cultius extensius. Malgrat que les característiques dels materials eren diferents i es preveien comportaments no coincidents, es van planificar les aportacions amb unes hipòtesis de comportament comunes (figura 6) per facilitar-ne la posterior interpretació.

2. EO: esmena orgànica; TI: dosi baixa; TII: dosi alta (segons la mineralització esperada).

3. Per aplicar com a esmena orgànica es va considerar aportar 25 t/ha de fem i, en el cas dels altres dos materials, es va aplicar la quantitat que aportava la mateixa quantitat de MO que els fems. La rotació i els temps d'implantació dels cultius no van poder ser sempre els previstos per problemes climatològics.

Va ser en el primer conreu quan es van aplicar les quantitats més elevades de materials orgànics (figura 7) per igualar la matèria orgànica aplicada (esmena orgànica (EO)) o les quantitats de N segons les necessitats del conreu (dosi baixa (TI) i dosi alta (TII), segons la mineralització esperada).⁴ Les quantitats de material orgànic aplicat van ser diferents segons el contingut en humitat i els diferents continguts en N; també ho van ser les aportacions complementàries de fertilitzants minerals. La figura 8 mostra els tipus de N aportat en cada tractament i la figura 9 compara la quantitat total de N aplicada i la quantitat estimada que li correspon segons hipòtesis que intentaven igualar l'aprofitament del N en tots els tractaments.

Al llarg de la rotació (blat de moro, ordi, colza i pèsol) es van afegir les quantitats de materials orgànics i fertilitzants minerals que, segons les previsions, calien; es van fer controls de la variació de les característiques del sòl i de la producció i composició dels conreus (Almansa *et al.*, 2000). En les anàlisis del sòl al llarg del primer conreu, com a més destacable, es van observar majors continguts de N soluble en el sòl en els tractaments amb fang

TAULA V. *Composició dels materials orgànics aplicats en una rotació de conreus extensius*^{5, 6}

	Compost de RSU	Fang depuradora urbana	Fems de boví
pH	6,50	6,85	7,95
CE dS/m	10,00	2,20	3,90
%H	43,62	83,42	45,05
ppm N-NH ₄ sol.	2.735	11.365	109
ppm N-NO ₃	88	70	947
%MOT	58,87	67,33	45,05
%N _{org}	1,47	5,32	2,05
C/N	20	6	11
%MOR	13,82	18,38	22,11
%GE	23,49	27,31	49,09
%N _{org} resistent	0,42	0,75	1,05
%P	0,34	2,47	1,36
%K	0,53	0,56	2,34

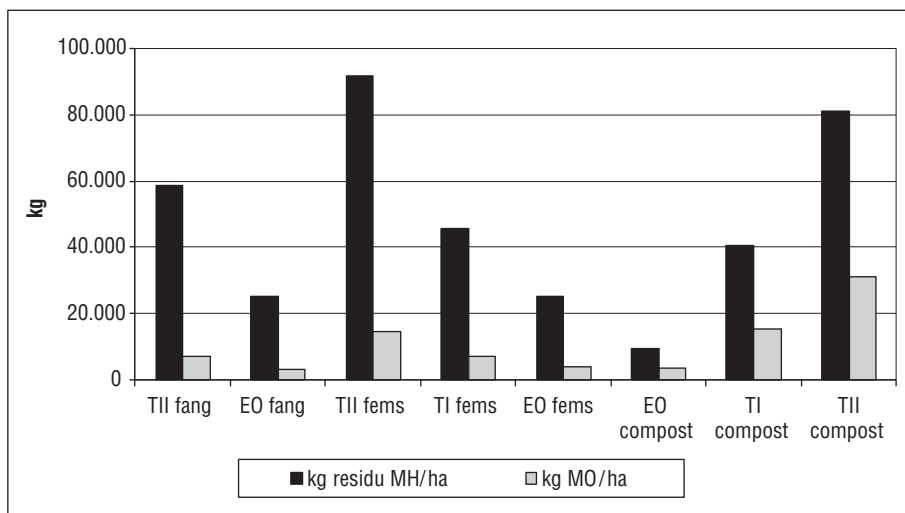
CE: conductivitat elèctrica; H: humitat; N-NH₄: nitrogen amoniacal; N-NO₃: nitrogen nítric; MOT: matèria orgànica total; N_{org}: nitrogen orgànic; MOR: matèria orgànica resistent; %GE (grau d'estabilitat) = %MOR / %MOT × 100.

4. Els càlculs de les aportacions es van fer sobre la base de les mitjanes de les anàlisis de què es disposava de cada material que van ser lleugerament diferents dels resultats obtinguts en els materials aplicats i que es van tenir en compte per als balanços utilitzats en la valoració final.

5. La composició dels materials orgànics aplicats va presentar algunes diferències sobre els valors utilitzats prèviament per als càlculs de les dosis a aportar.

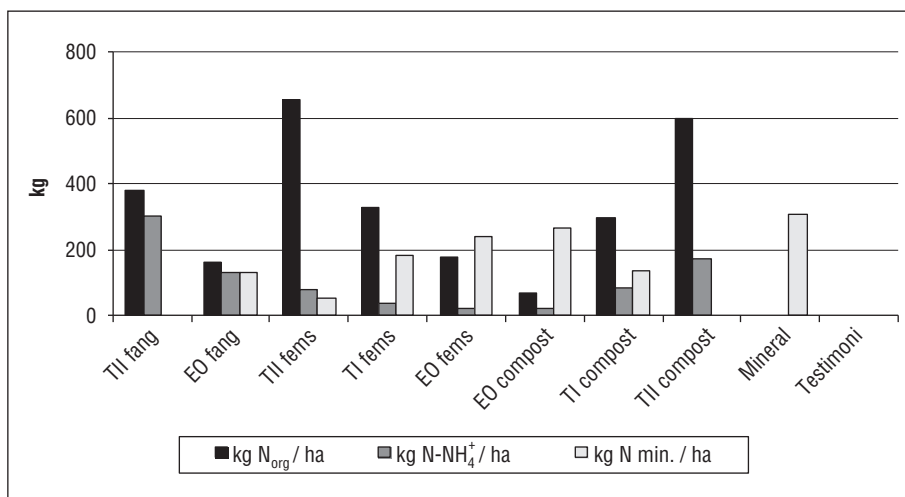
6. No es donen els continguts dels micronutrients i metalls perquè no es tracta aquest aspecte en l'article, però es poden consultar a Bernat *et al.* (2001).

FIGURA 7. *Quantitat de materials orgànics aplicats a l'inici de la rotació de cultius extensius amb la MOT corresponent*



MH: matèria humida.

FIGURA 8. *Quantitats aplicades de les diferents formes de N en els tractaments*



(mineralització més elevada de l'esperada en ser a la vegada molt ric en N i poc estable) i les quantitat més baixes en els tractaments amb compost (immobilització per manca d'estabilitat), que va coincidir amb la dinàmica de creixement del blat de moro en cada tractament. També va ser diferent el contingut en P assimilable determinat pel mètode Olsen en les mostres de

TAULA VI. Aspectes més destacats de diverses experiències d'aplicació de residus orgànics realitzades a l'ESAB

Tipus d'experiència	Materials assajats	Localització	Cultius	Durada	A destacar del plantejament	Controls principals	A destacar dels resultats	Bibliografia
CICYT AMB92-0577	Fems, fang i compost RSU	Camps Torre Marimón	Tomàquet, col, patata i faves	3 anys	Considerar la mateixa taxa de mineralització dels tres materials.	Paràmetres generals del sòl i contingut en metalls. Producció i composició dels vegetals i contingut en metalls.	Problemes amb el compost per salinitat i manca d'estabilitat. Es detecten diferències en la mineralització.	Lopera <i>et al.</i> , 2000 Diferents TFC Informe final projecte
CICYT AGF06-0966	Fems, fang i compost FORM + RV	Camps Torre Marimón	Col, espinacs, enciam	3 anys	Per la previsió de mineralització s'aplica per cada material la indicada per als continguts en MOR i N_{org} resistent. El compost és molt més estable i amb baix contingut en metalls. Problemes amb les condicions climàtiques.	Paràmetres generals del sòl i contingut en metalls. Producció i composició dels vegetals, a més de paràmetres de qualitat i contingut en metalls.	Mineralització del compost molt limitada per l'estabilitat. Millora en la humitat del sòl pels tractaments amb compost i fems. Interessants els resultats de qualitat.	Castro <i>et al.</i> , 2006 Diferents TFC Informe final projecte
CICYT AGF06-0966	Fems, fang i compost FORM + RV	Camps Torre Marimón	Ordi, colza, blat, sorgo	3 anys	Per la previsió de mineralització s'aplica per cada material la indicada per als continguts en MOR i N_{org} resistent. El compost és molt més estable i amb baix contingut en metalls. Problemes amb les condicions climàtiques.	Paràmetres generals del sòl, formes de N en el sòl i contingut en metalls. Producció i composició dels vegetals i contingut en metalls.	No s'acaba d'ajustar la mineralització del compost. Es treballen mínimament els costos de transport i aplicació dels materials.	Almansa <i>et al.</i> , 2007 Bernat <i>et al.</i> , 2001 Diferents TFC Informe final projecte
Aplicació de compost a la recuperació d'un talús	Compost Metrocompost (Fang-RV)	Torre Marimón	<i>Lotus creticus</i>	11 mesos	Col·laboració amb grup que estudia plantes resistents a condicions extremes (D. López).	Paràmetres generals del sòl i capacitat de cobriment i producció i composició dels vegetals.	Dificultat en l'aplicació del compost pel pendent de 35°. Millores molt acusades amb la vegetació.	Diferents TFC

Tipus d'experiència	Materials assajats	Localització	Cultius	Durada	A destacar del plantejament	Controls principals	A destacar dels resultats	Bibliografia
Estudi del comportament de compost de RSU en dos sòls amb diferents pH. Comportament del P i el K	Compost RSU Sòls del Maresme (àcid i bàsic)	Contenidors / ESAB-Urgell	<i>Lolium multiflorum</i>	10 mesos	Utilització de contenidors, relativament grans, i recollida i control de les aigües lixiviatades dels mateixos.	Variació de les característiques generals del sòl, producció i composició dels diferents dalls del cultiu i anàlisi dels continguts en P i N dels lixiviats.	Increment del pH en el sòl àcid. Més evidents els efectes de millora en el sòl bàsic. Aplicació de compost (ric en Ca) i disminueix el contingut en P soluble dels dos sòls. Estudi dels lixiviats dona informació útil per a l'estudi de la mineralització.	Santamaría <i>et al.</i> , 2009 TFC
Aplicació de compost a Menorca	Compost de RSU Planta de compostatge Menorca	Camps experimentals Centre de Capacitació i Experiències Agràries de Maó. Consell Insular de Menorca	<i>Lolium multiflorum</i>	3 anys	Experiència realitzada amb l'objectiu d'estudiar la mineralització del compost i els efectes de la combinació del seu ús amb fertilitzants minerals.	Control de la variació de les característiques generals del sòl i el contingut en metalls. Producció i composició dels diferents dalls del <i>lolium</i> .	Utilitat d'aquest tipus de cultiu per a l'estudi de la mineralització. Problemes d'immobilització del N a causa de manca d'estabilitat del compost. Increment del contingut en metalls a causa del compost aplicat.	Martínez <i>et al.</i> , 2008
Aplicació de diferents tipus de compost a cultius hortícoles del Maresme. Conveni CESPÀ-ESAB	Compost FORM-RV Metrocompost Compost de fangs i compost de RSU procedent de l'empresa CESPÀ	Mataró (Maresme)	Ceba, rave i pastanaga	20 mesos	Experiència realitzada amb l'objectiu d'estudiar el comportament de compost de diferents orígens en cultius hortícoles i en un tipus de sòl característic del Maresme.	Control de la variació de les característiques generals del sòl incident, particularment, en les formes de N soluble i en el contingut en metalls. Producció i composició dels diferents conreus.	Diferent mineralització dels composts evidenciada tant per anàlisi del sòl com dels cultius i per les diferències en la producció.	Diferents TFC Informe final projecte

sòls dels diferents tractaments, relacionat tant amb el contingut en P total dels materials com amb el nivell de P soluble.

No és l'objectiu d'aquest article detallar aquesta experiència, sinó destacar que com a punt de partida va servir per anar establint les condicions de treball

FIGURA 9. *Aportacions totals de N i aportacions estimades segons la hipòtesi de treball*

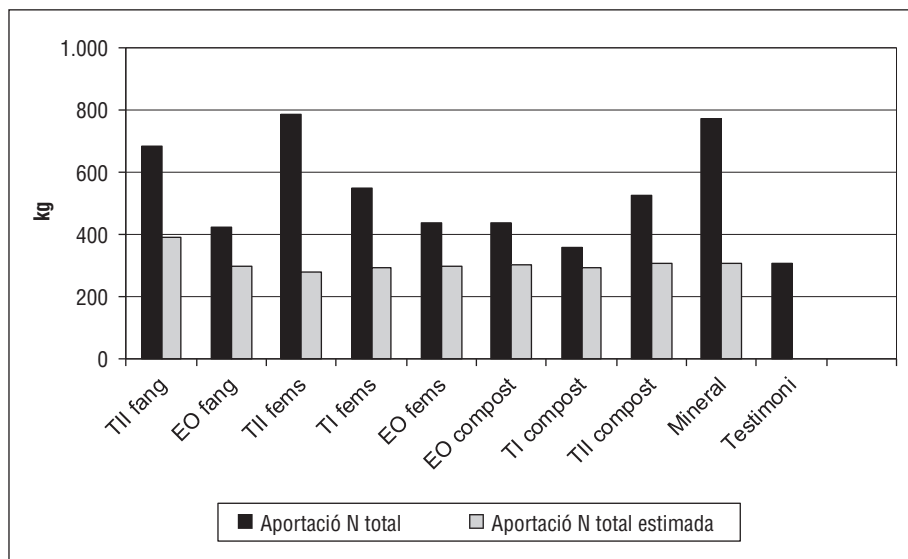
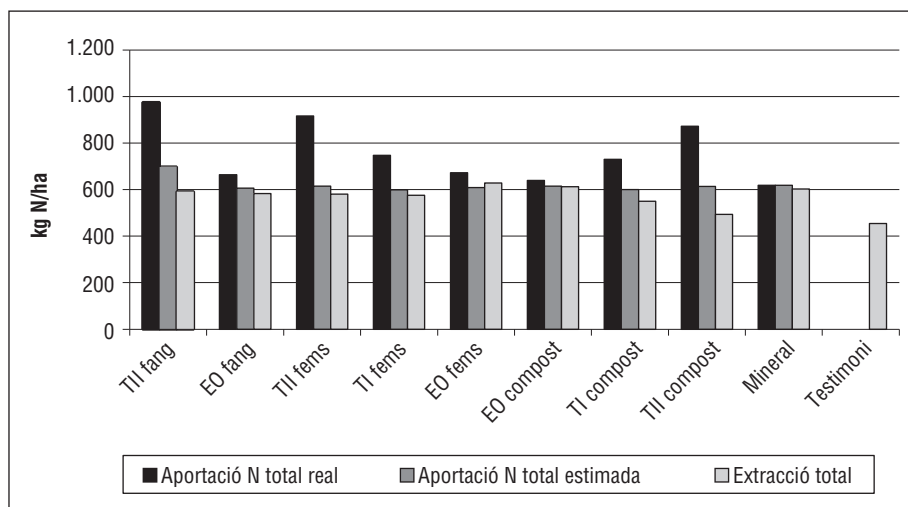


FIGURA 10. *Aportacions de N, reals i estimades, en la rotació completa*



en experiències posteriors. La figura 10 mostra el balanç global de N en la rotació complerta. Bona part de les diferències entre l'aportació total real i l'estimada tenen a veure amb les hipòtesis de pèrdua de N mineralitzat en les etapes intercultius (figura 6) que van resultar ser d'una durada superior a la prevista.

Posteriorment, es van fer altres experiències (Soliva, 2006; Soliva *et al.*, 2004), i en la taula vi se'n fa un resum d'algunes, destacant els aspectes més interessants de cadascuna a tenir en compte en l'aplicació de compost segons les seves característiques.

4. SUGGERIMENTS PER A LA UTILITZACIÓ DE COMPOST

4.1. Consideracions generals

— Caldria destacar que l'ús del compost està relacionat amb una bona gestió dels residus i subproductes, i que, per tant, la seva utilització es troba lligada a beneficis per al medi ambient.

— És imprescindible definir quins materials són realment compost, producte obtingut del tractament (estabilització de residus), respecte d'altres materials que poden ser utilitzats en agricultura però amb unes qualitats i propietats diferents.

— Un dels frens per a l'ús del compost es troba en la falta d'homogeneïtat de les seves característiques, així com en el seu desconeixement.

— Les dificultats a promoure el mercat de compost es troben tant en la manca de rigor en molts productors com en la desconfiança per desconeixement del compostatge i del compost per part dels usuaris.

— S'ha fet poca divulgació tècnica de quins tipus de compost es poden trobar, de com i quan utilitzar-los i dels avantatges de fer-ho.

4.2. Paràmetres d'interès

— S'ha de poder disposar de les característiques mitjanes del compost a aplicar per tal de determinar quina és la dosi adient per a la necessitat que es vol cobrir.

— Els paràmetres obligatoris són els que apareixen a la legislació (% humitat, C/N, %MOT, metalls i granulometria), però seria convenient també tenir informació sobre pH, salinitat, algun paràmetre d'estabilitat i el contingut en fitonutrients principals.

— El coneixement de l'estabilitat del compost és d'interès tant per la seguretat de l'aplicació com per la seva influència en la velocitat de mineralització de la MO i del N_{org} .

— Materials poc estables i amb un contingut en N relativament baix

acostumen a portar problemes de manca de N per immobilització. Materials molt estables poden alliberar massa lentament el N, motiu pel qual pot ser necessari complementar-los amb fertilitzants minerals.

4.3. Dosificació i freqüència d'aplicació

— Abans de fer una aplicació, cal conèixer les característiques del sòl i les necessitats dels conreus.

— Sobre la base del tipus de compost de què es disposi i els objectius de la seva aplicació, cal preveure el seu comportament per poder optimitzar la dinàmica de mineralització.

— Segons les anàlisis que normalment es realitzen al laboratori de l'ESAB, es considera que el N mineral present és absorbible/soluble en els primers dies d'aplicació i que, per tant, durant el primer any la quantitat disponible serà

$$Np_1 = \%N_{org} - \%N_{org} \text{ resistant} + N-NH_4 + N-NO_3$$

— Cal ajustar la dinàmica d'extracció de nutrients (en particular, del N) per part del conreu a la dinàmica de mineralització de la barreja sòl-compost.

— S'ha de planificar l'època i freqüència d'aplicació dins la rotació programada, així com la complementació amb fertilitzants minerals.

— En fer la previsió de les dosis a aplicar, cal determinar el contingut en fòsfor (P) i potassi (K) que s'aporta amb el compost per determinar si serà suficient per a les necessitats del conreu o si proporcionarà excedents; en aquest cas, caldrà revisar les dosis a aplicar.

— S'ha comprovat que alguns tipus de compost aporten quantitats elevades de calci (Ca) que afecten de manera important en el contingut en P soluble del sòl. Altres tipus poden fer efectes contraris.

4.4. Consideracions finals

— Els composts de fems de boví tenen un bon comportament com a esmena orgànica i, a la vegada, com a adobs nitrogenats d'alliberació lenta. Són molt adequats per a cultius extensius i també per a cultius hortícoles, tot i que en aquest cas acostumen a necessitar complementació mineral.

— El compost de FORM + RV ben estabilitzat s'ha comprovat que té un comportament semblant al de fems de boví, encara que la seva relació N-P-K no és la mateixa.

— Cal tenir informació sobre els tipus de compost disponibles en una zona i comparar i escollir segons les característiques i les necessitats. Si els composts disponibles compleixen amb la definició donada (Haug, 1993), no són materials en competència, sinó complementaris.

— Seria necessari posar-se d'acord en la manera de caracteritzar i valorar tots els materials orgànics disponibles en el mercat per facilitar la presa de decisions i evitar, a la vegada, l'ús de productes o dosis no convenients.

BIBLIOGRAFIA

- ALMANSA, M.; FERNÁNDEZ, M.; VALERO, J.; LÓPEZ, M.; SOLIVA, M. (2007). «Velocidad de mineralización del estiércol vacuno según su estabilidad». *Residuos*, núm. 96, p. 30-37.
- ALMANSA, M.; MARTÍNEZ, X.; LLEDÓ, M.; MARTORELL, C.; MUNS, G.; SEGUÍ, J.; RULL, J.; ORTIZ, D.; SOLIVA, M. (2000). «Balanz de nutrients en l'aplicació de residus orgànics en una rotació de cultius extensius». *IV Congrés de la ICEA. Tarragona, octubre 2000*. 7 p.
- BERNAT, C.; CASADO, D.; FERNANDO, C.; PAULET, S.; PUJOLÀ, M.; SOLIVA, M. (2001). «Compost, manure and sewage sludge applied to a crop rotation». A: SANGIORGI, F. (ed.). *Recycling of agricultural municipal and industrial residues in agriculture*. Milà: University of Milan, p. 231-236.
- CASTRO, O.; TURRÓ, J.; SABATÉ, J.; HUERTA, Ò.; SOLIVA, M.; ARAGAY, M. (2006). «Aplicaciones de residuos orgánicos de distintos orígenes a un cultivo de lechugas. Influencia sobre la producción y la calidad». *Residuos*, núm. 92, p. 46-54.
- COTXARRERA, L.; TRILLAS-GAY, M. I.; STEINBERG, C.; ALABOUVETTE, C. (2002). «Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress Fusarium wilt of tomato». *Soil Biology and Biochemistry*, núm. 34 (4), p. 467-476.
- FELIPÓ, M. T.; SOLIVA, M. (2003). «Organic wastes as a resource for Mediterranean soils». A: LANGENKAMP, H.; MARMO, L. (ed.). *Biological treatment of biodegradable wastes: Technical aspects*. Brussel·les: European Commission Joint Research Centre, p. 249-272.
- GIMÉNEZ, A.; GEA, V.; HUERTA, Ò.; LÓPEZ, M.; SOLIVA, M. (2005). «Aproximación a la situación actual en Cataluña del mercado del compost elaborado a partir de la fracción orgánica de residuos municipales recogida selectivamente». *II Congreso sobre residuos biodegradables y compost. Sevilla, 20-21 de octubre de 2005*. Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. [Publicació en format CD]
- HAUG, R. T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Boca Raton: Lewis Publishers. 717 p.
- HOITINK, H. A. J.; BOEHM, M. J. (1999). «Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate dependent phenomenon». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 37, p. 427-446.
- HOUOT, S.; BODINEAU, G.; RAMPON, J. N.; ANNABI, M.; FRANCOU, C.; POITRENAUD, M. (2005). «Agricultural use of different residual waste composts – current situation and experiences in France». *Conference "The future of residual waste management in Europe"*. 10 p.

- HUERTA, Ò.; LÓPEZ, M.; SOLIVA, M. (2010a). *Procés de compostatge: Caracterització de mostres*. Barcelona: Diputació de Barcelona. 431 p.
- HUERTA, Ò.; LÓPEZ, M.; SOLIVA, M.; ZALOÑA, M. (2010b). *Compostatge de residus municipals: Control del procés, rendiment i qualitat del producte*. Barcelona: Agència de Residus de Catalunya. 328 p. ISBN 978-84-693-3037-1. Disponible en línia a: <<http://hdl.handle.net/2117/9087>> (versió catalana) i <<http://hdl.handle.net/2117/9086>> (versió castellana).
- JENSSEN, T. K.; KONGSHAUG, G. (2003). «Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production». International Fertiliser Society. Proceeding 509. 28 p. Disponible en línia a: <<http://www.fertiliser-society.org/Proceedings/US/Pr509.HTM>>
- KIRCHMANN, H.; LUNDEVALL, A. (1993). «Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry». *Biology and Fertility of Soils*, núm. 15 (3), p. 161-164.
- LOPERA, J. A.; CRESPO, D.; DÍAZ, S.; GUTIÉRREZ, Y.; JANER, P.; PÉREZ, X.; SEGOVIA, S.; SOLIVA, M.; VALERO, J.; ANDREU, N. (2000). «Contingut en metalls de cultius hortícoles als que s'ha aplicat residus orgànics en diferents dosis». *IV Congrés de la ICEA. Tarragona, octubre 2000*. 10 p.
- LÓPEZ, M. (2010). *Determinació i avaluació de l'estabilitat i la maduresa de materials orgànics i del compost*. Tesi doctoral. ESAB-DEAB-UPC. 267 p.
- LÓPEZ, M.; HUERTA-PUJOL, Ò.; MARTÍNEZ-FARRÉ, F. X.; SOLIVA, M. (2010). «Approaching compost stability from Klason lignin modified method: Chemical stability degree for OM and N quality assessment». *Resources, Conservation and Recycling*, núm. 55 (2), p. 171-181.
- MARTÍNEZ, F. X.; HUERTA, Ò.; LÓPEZ, M.; BUSTAMANTE, J.; ALLÉS, A. (2008). «Comportamiento del compost de RSU en un cultivo de "Lolium multiflorum" en Menorca». A: HUERTA, Ò.; LÓPEZ, M.; MARTÍNEZ, F. X. (coord). *Proceso y destino del compost, formación, información e interrelaciones entre los agentes del sector: Ponencias y comunicaciones de las I Jornadas de la Red Española de Compostaje: 6, 7, 8 y 9 de febrero de 2008*. Barcelona: Red Española de Compostaje, p. 262-266.
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (2005). «Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes». *Boletín Oficial del Estado* (19 juliol), núm. 171, p. 25592-25669.
- NAVARRO, M.; PUJOLÀ, M.; SOLIVA, M.; GARAU, M. A. (1992). «Nitrogen mineralization study in compost». *Acta Horticulturae 302: International Symposium on Compost Recycling of Wastes*.
- NOBLE, R.; COVENTRY, E. (2005). «Suppression of soil-borne plant diseases with compost: A review». *Biocontrol Science and Technology*, núm. 15 (1) [febrer], p. 3-20.
- NORTCLIFF, S.; AMLINGER, F. (2001). «N and C pools – what is their fate in compost amended systems?. Organic Matter – its importance in soil management». *Applying compost: Benefits and needs: Seminar Proceedings. Brussels, 22-23 november 2001*, p. 19-36.

- ORBIT/ECN (2008). «Compost production and use in the EU». Tender No. J02/35/2006. 182 p.
- SANTAMARIA, N. (1994). *Estudi sobre el procés de mineralització del nitrogen d'un compost madur de residus sòlids en condicions de cultiu*. Barcelona: Escola Superior d'Agricultura de Barcelona.
- SANTAMARIA, N.; CROS, P.; LÓPEZ, M.; HUERTA, Ò.; SOLIVA, M. (2009). «Comportamiento del nitrógeno y del fósforo de un compost de residuos sólidos urbanos aplicado a suelos con distinto pH en pruebas en contenedor». *Residuos*, núm. 112, p. 22-29.
- SAÑA, J.; SOLIVA, M. (1985). «Necessitat d'una caracterització dels adobs orgànics». *Quaderns Agraris*, núm. 6, p. 7-22.
- (1987). *El compostatge: Procés, sistemes i aplicacions*. Barcelona: Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.
- SMITH, A.; BROWN, K.; OGILVIE, S.; RUSHTON, K.; BATES, J. (2001). *Waste management options and climate change: Final report to the European Commission*. DG Environment. 224 p. Disponible en línia a: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf>.
- SOLIVA, M. (1992). «Control de la qualitat del compost». A: DIPUTACIÓ DE BARCELONA. *La gestió municipal dels residus sòlids urbans*. Barcelona: Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. (Estudis i Monografies; 16), p. 129-140.
- (2001). *Compostatge i gestió de residus orgànics*. Barcelona: Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 111 p. (Estudis i Monografies; 21)
- (2006). «Generació i gestió de residus orgànics: paper de l'agricultura com a generadora i receptora». *1er Congrés sobre agricultura, alimentació i medi ambient. 2-3 febrer, ESAB-UPC Campus de Castelldefels*.
- SOLIVA, M.; BERNAT, C.; GIL, E.; MARTÍNEZ, X.; PUJOL, M.; SABATÉ, J.; VALERO, J. (2007). «Education and research related to organic waste management at agricultural engineering schools». *International Journal of Sustainability in Higher Education*, núm. 8 (2), p. 224-233.
- SOLIVA, M.; LÓPEZ, M.; HUERTA, Ò. (2006). «Influencia de los materiales y la tipología de las plantas en la calidad del compost». A: MORAL, R.; BOLUDA, R.; ABAD, M.; MORMENEO, S. (ed.). *Aspectos normativos, tecnológicos y medioambientales del compostaje. Ponencias invitadas a la 2ª Reunión Nacional de la Red Española de Compostaje (REC), Valencia, 25-27 octubre 2006*, p. 109-121.
- STEFFEN, K. L.; DANN, M. S.; FAGER, K.; FLEISCHER, S. J.; HARPER, J. K. (1994). «Short-term and long-term impact of an initial large scale SMS soil amendment on vegetable crop productivity and resource use efficiency». *Compost Science & Utilization*, núm. 2 (4), p. 75-83.
- TERMORSHUIZEN, A. J.; MOOLENAAR, S. W.; VEEKEN, A. H. M.; BLOK, W. J. (2004). «The value of compost». *Reviews in Environmental Science & Bio/Technology*, núm. 3 (4), p. 343-347.
- WEINFURTNER, K. (2001). «Introduction. Plant Nutrition and Productivity. Is Compost a Competitive Fertiliser?». *Applying compost: Benefits and needs: Seminar Proceedings. Brussels, 22-23 november 2001*, p. 111-116.

- WONG, B. (ed.) (2002). *Compost maturity and nitrogen release characteristics in central coast vegetable production*. California Integrated Waste Management Board. California Environmental Protection Agency. 62 p. Disponible en línea a: <<http://www.ciwmb.ca.gov/Publications/>>.
- ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M.; BERTOLDI, M. (1981). «Evaluating toxicity of immature compost». *Biocycle*, núm. 22 (2), p. 54-57.