



L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme i els seus efectes en la fertilitat dels sòls



Albert Molins Diez

Sara Puértolas Gracia

Tutor: Xavier Martínez Farré

Enginyeria Tècnica Agrícola

Hortofructicultura i Jardineria

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

ESAB-UPC

Juliol 2010

L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme i els seus efectes en la fertilitat dels sòls

Albert Molins Diez

Sara Puértolas Gracia

Tutor: Xavier Martínez Farré

Enginyeria Tècnica Agrícola

Hortofructicultura i Jardineria

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

ESAB-UPC

Juliol 2010

L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme i els seus efectes en la fertilitat dels sòls.

Autors: Puértolas Gracia, Sara

Molins Diez, Albert

Tutor: Martínez Farré, Xavier

Aquest treball està constituït per dues parts. La primera part, anomenada *L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme*, recull documentació sobre el compostatge i els usos del compost en l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme a partir de bibliografia especialitzada. Es tracten els usos com a esmena orgànica (general o específica), aportació d'enceball en gespes, encoixinament i jaç protector orgànics, control de l'erosió i restauració de sòls degradats. Globalment, cal destacar que l'utilització de compost millora les propietats del sòl, afavorint el creixement i el desenvolupament de la vegetació i contribuint a la gestió sostenible dels residus orgànics, preservant i millorant el medi ambient i el paisatge.

La segona part, de caràcter experimental i titulada *Efectes de l'aplicació de compost de FORM en un sòl de la comarca del Maresme*, analitza els efectes de l'aplicació de compost en la fertilització del sòl en una rotació hortícola.

Aquesta part, s'emmarca en el projecte "*Aplicación de Compost de Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Municipales en la fertilización de cultivos hortícolas en la comarca del Maresme*" subvencionat pel "Ministerio de Medio Ambiente".

L'assaig es va fer a Santa Susanna (a la comarca del Maresme, zona vulnerable) on usualment es practica horticultura intensiva amb fertirrigació. El projecte planteja la possibilitat de substituir total o parcialment la fertirrigació per una fertilització amb compost en una rotació hortícola, estudiant els efectes sobre les propietats del sòl.

A l'inici de l'assaig es van establir tres tractaments de fertilització: completament orgànic (C), mitjançant l'aplicació de compost de Fracció Orgànica de Residus Municipals (FORM) amb dosi de 78,4 t/ha a l'inici de la rotació; mixta (CM), aplicant la meitat de la dosi de compost de C (39,2 t/ha) i fertirrigació i mineral (M), amb un programa de fertirrigació usual a la zona.

Aquest treball es centra en estudiar les propietats químiques del sòl després de l'aplicació de compost. L'assaig consta de 6 mostres (dies 0, 8, 156, 322, 468 i 563) en tres profunditats diferents (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, > 40 cm) on s'analitzen principalment les següents propietats: MO, Norg, Nitrats, P assimilable, K assimilable, humitat, pH i CE.

L'aplicació de compost comporta un increment molt rellevant en el contingut de MO i Norg en el sòl, proporcional a la dosi aplicada en cada tractament. Aquest efecte es detecta de forma notòria a la capa superior (0 – 20 cm) i mitjana (20 – 40 cm). L'incidència a la capa inferior (> 40 cm) és més petita.

Per als altres paràmetres analitzats, l'aplicació de compost no ha tingut un efecte destacable respecte al tractament mineral (M), excepte en l'humitat, que, en valors absoluts, és més gran en la capa superior i mitjana del sòl en relació al tractament on s'aplica només fertirrigació (M).

Paraules clau: Compost, fertirrigació, propietats químiques del sòl.

El uso del compost en Jardinería y Paisajismo y sus efectos en la fertilidad de los suelos.

Autores: Puértolas Gracia, Sara

Molins Diez, Albert

Tutor: Martínez Farré, Xavier

Este trabajo está constituido por dos partes. La primera parte titulada *El uso del compost en Jardinería y Paisajismo*, recoge documentación sobre el compostaje y los usos del compost en el ámbito de la Jardinería y el Paisajismo a partir de bibliografía especializada. Se tratan los usos como enmienda orgánica (general o específica), aportación cebo en césped, mulching, control de la erosión y restauración de suelos degradados. Globalmente, cabe destacar que la utilización de compost mejora las propiedades del suelo, favoreciendo el crecimiento y el desarrollo de la vegetación y contribuyendo a la gestión sostenible de los residuos orgánicos, preservando y mejorando el medio ambiente y el paisaje.

La segunda parte, de carácter experimental y titulada *Efectos de la aplicación de compost de FORM en un suelo de la comarca del Maresme*, analiza los efectos de la aplicación de compost en la fertilización del suelo en una rotación hortícola.

Esta parte se enmarca en el proyecto *Aplicación de Compost de Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Municipales en la fertilización de cultivos hortícolas en la comarca del Maresme* subvencionado por el Ministerio de Medio Ambiente.

El ensayo se hizo en “Santa Susana” (en la comarca del Maresme, zona vulnerable) donde de forma usual se práctica horticultura intensiva con fertirrigación. El proyecto plantea la posibilidad de substituir total o parcialmente la fertirrigación por una fertilización con compost en una rotación hortícola, a la vez que se estudian los efectos sobre las propiedades del suelo.

En el inicio del ensayo, se establecieron tres tratamientos de fertilización: completamente orgánico (C), mediante la aplicación de compost de Fracción Orgánica de Residuos Municipales (FORM) con una dosis de 78,4 t/ha en el inicio de la rotación; mixta (CM), aplicando la mitad de la dosis de compost de C (39,2 t/ha) i fertirrigación mineral (M), con un programa de fertirrigación usual en la zona.

Este trabajo se centra en estudiar las propiedades químicas del suelo después de la aplicación de compost. El ensayo consta de 6 muestreos (días 0, 8, 156, 322, 468 y 563) en tres profundidades diferentes (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, > 40 cm) donde se analizan

principalmente las siguientes propiedades: MO, Norg, Nitratos, P asimilable, K asimilable, humedad, pH y CE.

La aplicación de compost comporta un incremento muy relevante en el contenido de MO y Norg en el suelo, proporcional a la dosis aplicada en cada tratamiento. Este efecto se detecta de forma notoria en la capa superior (0– 20 cm) y mediana (20 – 40 cm). La incidencia en la capa inferior (> 40 cm) es más pequeña.

Para los otros parámetros analizados, la aplicación de compost no ha tenido un efecto destacable respecto al tratamiento mineral (M), excepto la humedad, que, en valores absolutos, es más grande en la capa superior y mediana respecto el suelo en relación al tratamiento donde se aplica solo fertirrigación (M).

Palabras clave: Compost, fertirrigación i propiedades químicas del suelo.

The use of compost in gardening and landscaping and their effects on soil fertility.

Students: Puértolas Gracia, Sara

Molins Diez, Albert

Teacher: Martínez Farré, Xavier

This work consists of two parts. The first part entitled *The use of compost in gardening and landscaping*, includes information about composting and compost applications in the field of gardening and landscaping from literature. They are treated as organic amendment applications (general or specific), injection bait lawn, mulching, erosion control and restoration of degraded soils. Overall, it is noteworthy that the use of compost improves soil properties, promoting growth and development of vegetation and contributing to the sustainable management of organic waste, preserving and improving the environment and landscape.

The second part, experimental in nature and entitled *Effects of compost application on soil FORM of the Maresme region*, analyzes the effects and the application of compost on soil fertility in a horticultural rotation.

This work is a part of the project “*Aplicación de Compost de Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Municipales en la fertilización de cultivos hortícolas en la comarca del Maresme*” subsidized by the “Ministerio de Medio Ambiente”.

The test was conducted in “Santa Susanna” (as the Maresme region, a vulnerable area) as usual where intensive horticulture is practiced with irrigation fertilization. The project raises the possibility of replacing all or part of irrigation fertilization by fertilization with compost in a vegetable rotation, while we study the effects on soil properties.

At the beginning of the trial, set three fertilization treatments: fully organic (C) by the application of Compost from Municipal Organic Waste with a dose of 78,4 t / ha at the beginning of the rotation; mixed (CM), applying half dose of compost of C (39.2 t / ha) and mineral irrigation fertilization (M), with a usual irrigation fertilization program in the area.

This work is to study the chemical properties of soil after compost application. The test consists of 5 samples (8, 156, 322, 468 and 563) in three different depths (0-20 cm, 20-40 cm, > 40 cm) which mainly discusses the following properties: MO, Norg, Nitrates, available P, K equivalent, moisture, pH and EC.

Compost application involves a very significant increase in OM content and Norg in the soil, proportional to the applied dose in each treatment. This effect was markedly detected in the upper layer (0-20 cm) and medium (20-40 cm). The impact on the bottom layer (> 40 cm) is smaller.

For the other parameters analyzed, the application of compost has not had a noticeable effect on the mineral processing (M), except moisture, which, in absolute values is larger in the upper and middle layer on the ground in relation to treatment applies only where fertigation (M).

Keywords: Compost, irrigation fertilization and chemical properties of the soil.

Agraïments

La realització d'aquest treball ha representat una oportunitat de participar en un projecte molt interessant, amb perspectives de futur d'una nova agricultura amb consonància amb el medi ambient i la gestió de residus.

Amb tot això, agraïm a la Marga, l'Oscar i la Eli, el seu suport tècnic en el laboratori i sobretot per tots aquells moments que els hem necessitat al llarg de tot l'any.

Per últim, volem agrair especialment en Xavier Martínez per la seva gran paciència, dedicació, aportacions, exigències, en definitiva, pel seu suport incondicional en totes les fases del treball i per acompanyar-nos al llarg d'aquest camí.

PART I: L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme

0. Presentació	7
1. Introducció	9
1.1. El sòl i les seves propietats	9
1.1.1. Perfil i horitzons d'un sòl	9
1.1.2. Granulometria i textura	10
1.1.3. Importància i necessitats de matèria orgànica en el sòl	11
1.1.4. Presa de mostres i anàlisi de terra	12
1.2. Propietats del sòl	13
1.3. Els sòls en Jardineria i Paisatgisme i l'ús del compost	21
2. El compostatge	28
2.1. Definicions	28
2.2. Objectius i funcions del compostatge	30
2.3. Variables del procés i la seva evolució al llarg del tractament	31
2.3.1. Equilibri aire i aigua	31
2.3.2. Balanç de nutrients: relació C/N	36
2.3.3. Població microbiana	38
2.3.4. pH	40
2.3.5. Temperatura	40
2.3.6. Fases del compostatge	44
2.3.7. Variació dels paràmetres i els components durant el procés	46
2.4. Materials a compostar	54
2.5. Sistemes de compostatge	57
2.6. Comercialització	66
3. Usos del compost en Jardineria i Paisatgisme i aplicació	67
3.1. Esmena orgànica segons els usos del sòl	67
3.1.1. Esmena orgànica general del sòl	67
3.1.2. Esmena orgànica de la terra vegetal d'obra	68
3.1.3. Esmena orgànica de plantació en clots i rases	71
3.1.4. Esmena orgànica d'implantació de parterres de flor	72
3.1.5. Esmena orgànica d'implantació de gespes	72
3.1.6. Aportació d'enceball	74
3.2. Encoixinament orgànic i jaç protector	75
3.2.1. Objectius i característiques de l'encoixinat	75
3.2.2. Objectius i característiques del jaç protector	77
3.2.3. Classificació i tipus d'encoixinat	78
3.2.4. Treballs d'encoixinament i de jaç protector: aplicació	80

3.2.4.1.	Encoixinat	80
3.2.4.2.	Jaç protector	82
3.2.4.3.	Èpoques d'aplicació d'encoixinats i del jaç protector	82
3.2.4.4.	Manteniment dels encoixinats	83
3.3.	Control de l'erosió	84
3.3.1.	Estructures per el control de l'erosió	85
3.3.2.	Mantes de compost (funcions, usos específics i aplicacions)	88
3.3.3.	Les bermes filtrants de compost(funcions, usos específics i aplicacions)	89
3.3.4.	Tubs filtrants de compost (funcions, usos específics i aplicacions)	90
3.4.	Recuperació de sòls degradats	92
3.5.	Aportació de component de substrats per a jardineres i contenidors	92
4.	La qualitat del compost	93
5.	Conclusions	101

PART II: Efectes de l'aplicació del compost de FORM en un sòl de la comarca del Maresme

1.	Descripció de l'assaig	103
1.1.	Objectius	103
1.2.	Disseny experimental, descripció dels tractaments	107
1.2.1.	Compost de FORM	107
1.2.2.	Tractament mineral	110
1.3.	Material i mètodes	112
1.4.	Càlcul i expressió dels resultats	115
1.5.	Anàlisi de sòls realitzats	115
2.	Característiques del sòl inicial	116
2.1.	Descripció del sòl inicial	116
2.2.	Descripció dels paràmetres analitzats del sòl inicial	118
3.	Efectes de l'aplicació del compost en les propietats del sòl	124
3.1.	Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (0 – 20 cm)	124
3.2.	Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (20 – 40 cm)	132
3.3.	Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (> 40 cm)	139
4.	Evolució de les propietats del sòl al llarg del temps	147
4.1.	Matèria orgànica	147
4.2.	Nitrogen orgànic	150

4.3. Nitrats	153
4.4. Fòsfor assimilable	156
4.5. Potassi assimilable	160
4.6. Humitat	163
4.7. pH	166
4.8. Conductivitat elèctrica	169
5. Conclusions	172
6. Bibliografia	174
7. Annex	178

0. Presentació

Aquest treball s'estructura en dues parts ben diferenciades. La primera part, anomenada *L'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme*, s'ha desenvolupat a partir de la lectura, síntesi i elaboració de documentació bibliogràfica sobre el compostatge i els usos del compost en diferents àmbits de la jardineria i el paisatgisme.

Les principals fonts consultades són les següents:

NTJ 05C: Composts: Qualitat i Aplicació en Espais Verds. Octubre 2006.

NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004.

NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005;

Compostatge i gestió de residus orgànics (Soliva.M, 2001); Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició i qualitat del tomàquet (Gómez. C, i Jané. M, 2008) ESAB [TFC]; Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició de la ceba (Borràs. A, 2010) ESAB [TFC] i Efectes del tipus d'adobat en la producció i composició mineral de l'api i en les propietats del sòl. (Catalan. S, 2010) ESAB [TFC].

L'objectiu d'aquesta part és posar a disposició dels estudiants i professionals de la Jardineria i el Paisatgisme, un document que relligui i unifiqui els criteris i la tecnologia del ús del compost en Jardineria i Paisatgisme.

La segona part, que porta com a títol *Efectes de l'aplicació de compost de FORM en un sòl de la comarca del Maresme*, té com a objectiu, posar de manifest els efectes de l'aplicació de compost en la fertilització dels sòls com aproximació al que succeeix quan s'aplica compost en l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme. En aquest cas, es tracta d'un treball eminentment experimental, basat en la caracterització d'un sòl d'un cultiu hortícol, abans i després de l'aplicació de compost, i en l'observació de l'evolució dels diferents paràmetres de fertilitat d'un període de 563 dies, incloent cinc mostreigs a tres profunditats diferents.

Aquesta part es desenvolupa en el marc d'un projecte d'investigació subvencionat pel "Ministerio de Medio Ambiente" anomenat, "Aplicación de compost de Fracción Orgànica de Residuos Sólidos Municipales" en la fertilización de cultivos hortícolas en la comarca del Maresme" dut a terme per tres entitats, L'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (UPC); l'Unitat de Tecnologia Hortícola de l'IRTA a Cabriels i l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (UAB).

Els autors d'aquest Treball Final de Carrera, s'han encarregat de realitzar les anàlisis corresponents al potassi assimilable i han elaborat i discutit la resta de paràmetres descrits en aquest treball, que havien estat obtinguts per altres investigadors.

Dissortadament, no s'ha pogut dur a terme aquest estudi en un disseny experimental de Jardineria i Paisatgisme, ates l'envergadura econòmica que suposa una investigació d'aquest tipus, sinó que s'ha estudiat la variació de la fertilitat en una rotació hortícola amb els següents cultius: bleda, tomàquet, coliflor i ceba.

No obstant, els resultats obtinguts de manera global i especialment, els efectes inicials de l'aplicació del compost (dia 0 – dia 8) són extrapolables, a grans trets, al que succeiria en una actuació en Jardineria i Paisatgisme.

1. Introducció

1.1 El sòl i les seves propietats

El sòl és la fina capa superior de l'escorça terrestre, que ha anat conformant-se lentament, a través d'una acció combinada de processos geològics, climatològics i biològics. Es parla, d'un recurs no renovable a curt i mitjà termini, ja que els processos que el generen són extremadament lents i requereixen milers d'anys.

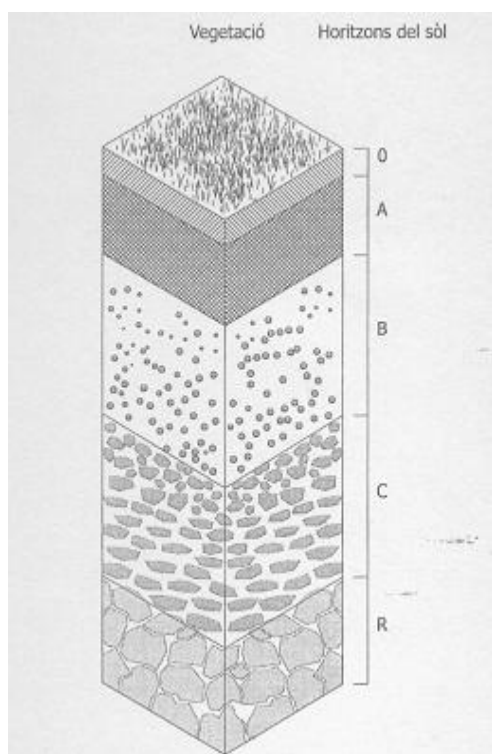
És per això, que cal protegir-lo, tot tenint en compte, que el sòl és un sistema en equilibri dinàmic d'elevada vulnerabilitat, susceptible d'alterar-se i de perdre el seu equilibri natural i que no és un sistema aïllat, sinó que té una interrelació directa amb altres compartiments ambientals, principalment, amb les aigües superficials i subterrànies i amb l'atmosfera.

1.1.1 Perfil i horitzons d'un sòl

El perfil d'un sòl és un tall vertical de terreny que permet estudiar el sòl en el seu conjunt des de la superfície fins el material original o roca mare. En un perfil es poden diferenciar diverses capes anomenades horitzons, cada horitzó té unes característiques i propietats diferents per a un mateix sòl.

A la figura 1 és presentada un esquema del perfil del sòl i els diferents horitzons que conté:

Figura 1. ESQUEMA DEL PERFIL D'UN SÒL (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)



Des de el punt de vista edafològic les terres vegetals estan incloses en els horitzons O i A i a vegades l'E i el B.

L'horitzó O és l'horitzó anomenat orgànic, és el més superficial del perfil del sòl. Està format per fullaraca i restes orgàniques vegetals i animals més o menys descompostes. Conté un 20% de carboni orgànic i és l'horitzó superficial típic de sòls de bosc.

L'horitzó A és un horitzó mineral enfosquit per la aportació de matèria orgànica (per fulles, arrels o altres parts de les plantes). Els horitzons afectats per conreu o pasturatge també es designen com a horitzons A.

L'horitzó E és un horitzó mineral empobrit per un procés d'eluviació. El seu color clar es deu al fet que ha perdut matèria orgànica, ferro, alumini o argila. És un horitzó d'alguns sòls àcids. És situa per sota dels horitzons O i A i per sobre del B.

L'horitzó B és un horitzó que ha sofert una destrucció de tota o de part de l'estructura originària de la roca, hi predominen els processos d'il·liviació i alteració que originen un enriquiment en argila, òxids, calcària i ocasionalment humus.

1.1.2 Granulometria i textura

La granulometria expressa les proporcions relatives de les diferents partícules minerals inferiors a 2 mm (terra fina), agrupades per classes de grandàries en fraccions granulomètriques.

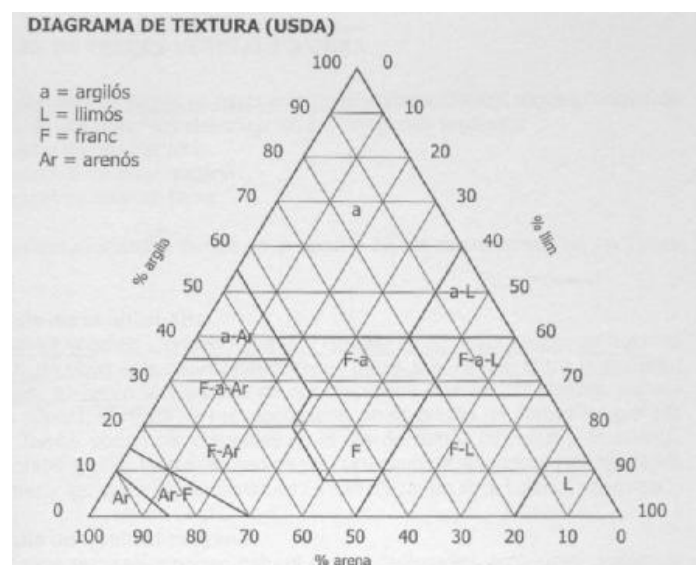
La textura és l'expressió sintètica de les propietats de cada horitzó i ve determinada per la proporció relativa de les seves fraccions i s'expressa d'acord amb el resultat de l'anàlisi de la granulometria.

Les fraccions granulomètriques establertes per el sistema USDA són:

- Arena (o sorra) grossa, amb diàmetre entre 500 i 2000 µm.
- Arena (o sorra) fina, amb diàmetre entre 50 i 500 µm.
- Llim, amb diàmetre entre 2 i 50 µm.
- Argila, amb diàmetre inferior a 2 µm.

Les combinacions possibles en els percentatges d'aquestes fraccions es poden agrupar en unes classes de grandària de partícules o classes de textura, que es poden representar diagrames de textura, com ara el següent, adoptat per l'*United States Department of Agriculture* (USDA).

Figura 2. Diagrama de textura (USDA). (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005).



1.1.3 Importància i necessitats de matèria orgànica en el sòl

La matèria orgànica del sòl està composta per residus de plantes i animals, biomassa del sòl, substàncies orgàniques de composició definida no húmiques i l'humus i generalment, representa entre l'1 i el 4% dels sòls agrícoles. Mitjançant el procés d'humificació, la matèria orgànica fresca es converteix en l'humus, conjunt d'àcids húmics, àcids fúlvics i humina, que lentament es mineralitza, proporcionant un seguit de elements minerals. El compostatge seria una humificació dels residus orgànics i els factors que regulen la velocitat d'aquesta humificació serien l'humitat, l'aireig del sòl, la degradabilitat de la matèria orgànica (MO), els factors climàtics i el contingut en elements minerals. Tot això, té uns efectes molt importants per el sòl; millora les seves propietats físiques, fisicoquímiques i químiques, estimula l'activitat biològica, evita l'erosió, augmenta la capacitat de retenció de l'aigua, afavoreix la conservació del sòl i en resum, millora la fertilitat del sòl, fet que ocasiona un major desenvolupament de les plantes sobre ell.

Històricament, la MO necessària per als sòls agrícoles s'obtenia dels residus d'animals i de les restes de les collites barrejats amb restes domèstiques. Això ha permès, que durant segles, es respectes el cicle natural de la MO. El sòl, per la seva capacitat depuradora, ha sigut capaç de degradar els residus orgànics i reciclar-ne els elements nutritius mitjançant la seva incorporació als vegetals. Es poden recordar, determinades citacions de la literatura, és veu l'interès que ha motivat sempre la matèria orgànica i la seva aplicació als sòls. Al segle XVII, Miquel Agustí, en el llibre *Secrets de l'agricultura*, escrivia frases com “[...] totes les terres que estan destinades a produir gran, s’han d’acomodar en lo hiverns a l’Advent, en femar-les ab fems d’estable, o de bestiar menut, i açò en les terres magres, de tres en tres anys per tenir-la bona [...]” o Émile Zola, en *Le ventre de Paris* (1873), evoca l'interès d'un dels seus personatges pels residus del mercat: “ Claude tenia amistat amb els fems, les peladures d’hortalisses, els fangs del mercat; les restes caigudes d’aquesta gegantina taula es mantenien vius, tornaven allà on havien crescut les hortalisses, per escalfar noves generacions de cols, naps, de pastanagues: tornaven a créixer, s’instal·laven a les parades, París ho podria tot, ho tornava tot a la terra sense cansar-se mai “. I cal no oblidar el refrany popular castellà que diu així “ *Labra hondo y pon basura, y riete de los libros de agricultura*”.

Però actualment, la producció de MO ha augmentat molt, ja sigui per l'augment d'explotacions ramaderes i agrícoles o de la producció de residus orgànics. Per tant, cal una gestió integrada que tingui en compte que el sòl no és un abocador, i que tot i que l'aplicació directa de la MO té alguns avantatges, com que és barata i redueix la pèrdua de nutrients en comparació amb els mètodes que la tracten, té força desavantatges, com que sovint perjudica les collites, reduint-ne la producció, té efectes similars a l'excés de fertilització, atrau animals portadors de virus com mosques, rates, etc., provoca males olors i és poc estètic. Tenint en compte aquest fet, el compostatge ens dona la possibilitat de tractar aquests residus, reduint el seu volum i produint un altre producte anomenat compost, que es molt estable i ric en nutrients, i es pot utilitzar tant en agricultura com en jardineria i paisatgisme, en sectors com la revegetació d'obra pública, la restauració del

paisatge, la recuperació d'espais degradats, els parcs i jardins públics, les gespes esportives i la jardineria particular.

1.1.4 Presa de mostres i anàlisi de terra

Per poder realitzar un anàlisi correcte en el laboratori prèviament cal fer un mostratge de sòl totalment representatiu.

Primerament s'han d'identificar parcel·les homogènies per el mostratge. Les parcel·les que presenten diferències notables en el creixement, en el drenatge del sòl o en el color o textura del sòl, s'han de mostrejar i analitzar per separat.

Seguidament es determinar la profunditat de la capa de terra vegetal per realitzar una cala en el sòl, l'excavació de la qual ha de tenir una amplada normalment de 70 a 100 cm i una profunditat de 70 a 100 cm, per poder-ne dur a terme un estudi del perfil superficial del sòl.

En aquest estudi superficial del sòl, s'identifiquen els diferents horitzons superficials existents i es quantifica la profunditat de la presa de mostres.

La delimitació dels horitzons és realitza mitjançant l'observació en una prospecció de camp, tenint en compte:

- Diferències evidents de color.
- Diferències en les propietats morfològiques (textura, estructura, elements grollers).
- Diferències en les propietats associades (consistència: proves de compacitat, plasticitat, adhesivitat, friabilitat, fragilitat o duresa)

1.2 Propietats del sòl

A continuació es descriuen les propietats del sòl en l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme i s'indiquen com a criteris d'avaluació els proposats en la NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005, en la totalitat dels paràmetres.

Elements grossos i pedregositat superficial

Els elements grollers són els constituents minerals del sòl, individualitzats, de dimensions superiors a 2 mm de diàmetre. L'existència d'elements grossos en un sòl pot afavorir les seves propietats físiques, sempre que el contingut no sigui excessiu.

A la taula 1 es classifiquen els elements grollers segons les seves dimensions:

Taula 1. Classificació dels elements grollers. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

CLASSIFICACIÓ DELS ELEMENTS GROLLERS	
Tipus d'element groller	Diàmetre
Graveta o grava fina	De 0,2 a 0,6 cm
Grava mitjana	De 0,6 a 2 cm
Grava grossa	De 2 a 6 cm
Palets i còdols	De 6 a 25 cm
Blocs	> 25 cm

La pedregositat superficial, mesurada visualment en el camp, es pot avaluar seguint els criteris recollits en la taula 2.

Taula 2. Avaluació de la pedregositat superficial. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005).

AVALUACIÓ DE LA PEDREGOSITAT SUPERFICIAL	
Superfície coberta	Avaluació (denominació)
< 5 %	No pedregós
5 – 20 %	Pedregós
> 20 %	Molt pedregós

Textura

Els requeriments texturals de les terres vegetals segons la categoria de terres vegetals s'expressen en rangs de textura determinats mitjançant diagrames de textura.

L'avaluació de la textura, granulometria i classe textural, es realitza segons la seva acceptació o no dins de la categoria de terra vegetal usant la següents figures: la figura 2 classifica les terres vegetals de qualitat alta, la figura 3 les terres vegetals de qualitat mitjana i la figura 4 les terres vegetals de qualitat baixa.

Figures 3-4-5. Classificació de les terres vegetals(NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005).

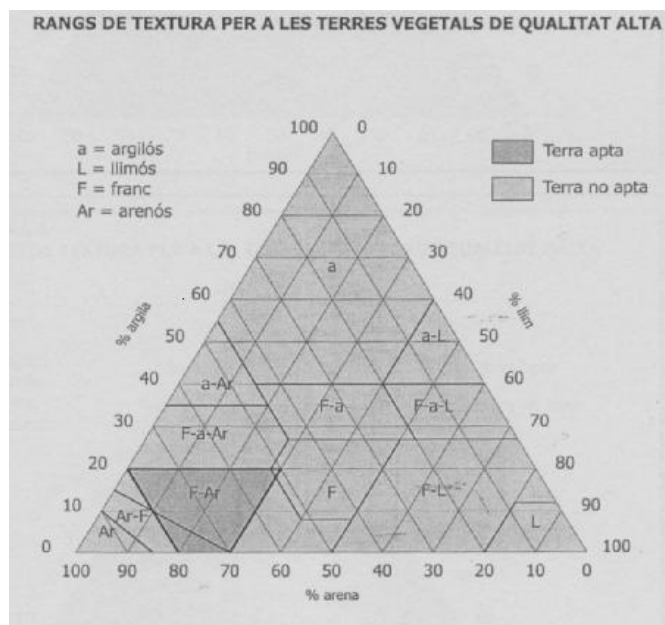


Figura 3

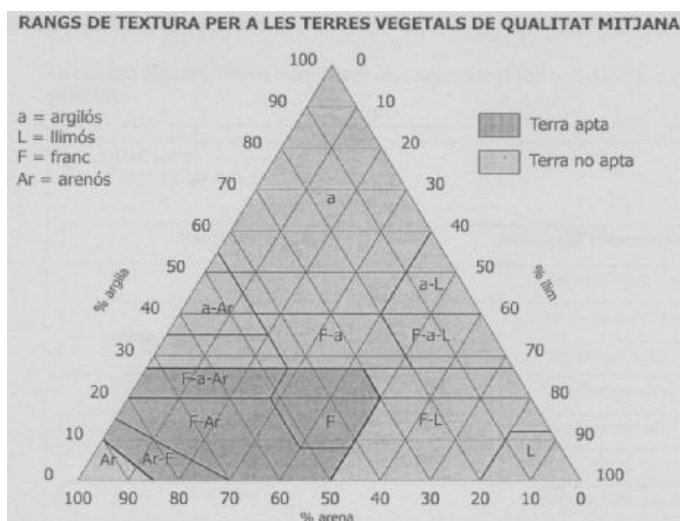


Figura 4

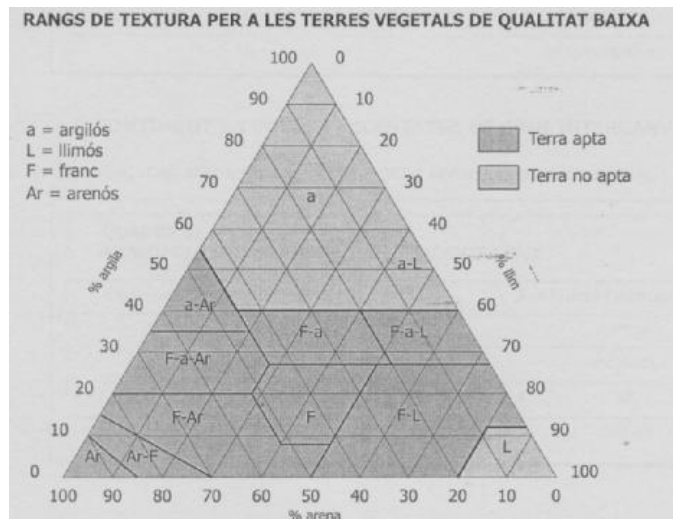


Figura 5

Reacció del sòl (pH)

La reacció del sòl s'avalua mitjançant els valors de pH (en H₂O 1:2,5), segons la taula 4.

Taula 4. Avaluació del pH del sòl. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL pH DEL SÒL

Valor de pH	Avaluació (denominació)
< 4,5	Extremadament àcid
4,5 – 5	Molt fortament àcid
5 – 5,5	Fortament àcid
5,5 – 6	Mitjanament àcid
6 – 6,5	Lleugerament àcid
6,5 – 7,3	Neutre
7,3 – 7,8	Lleugerament bàsic
7,8 – 8,4	Moderadament bàsic
8,4 – 9	Lleugerament alcalí
9 – 10	Alcalí
> 10	Fortament alcalí

Salinitat del sòl

La salinitat del sòl s'avalua primerament segons la conductivitat elèctrica tal com s'indica a la taula 5.

Taula 5. Avaluació de la salinitat del sòl segons el valor de la CE (prova prèvia). (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DE LA SALINITAT DEL SÒL SEGONS EL VALOR DE LA CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA (prova prèvia)¹

Valor de la conductivitat elèctrica (en dS/m a 25 °C)	Avaluació (denominació)
< 0,5	No limitant
0,5 – 1	Lleugerament alta
1 – 2,5	Alta
> 2,5	Molt alta

¹. Prova prèvia de salinitat: extracte sòl/aigua 1:5.

Quan la salinitat en l'extracte de la prova prèvia sigui superior a 0,5dS/m, s'ha d'avaluar la salinitat mitjançant la preparació de la pasta saturada del sòl.

Taula 6. Avaluació de la salinitat del sòl segons el valor de la CE en l'extracte de pasta saturada. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DE LA SALINITAT DEL SÒL SEGONS EL VALOR DE LA CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA (pasta saturada)

Valor de la conductivitat elèctrica (en dS/m a 25 °C)	Avaluació (denominació)
< 2	No salí
2 – 4	Lleugerament salí
4 – 8	Mitjanament salí
8 – 16	Fortament salí
> 16	hipersalí

Contingut en Matèria orgànica i Relació carboni/nitrogen

El carboni total del sòl és la suma del carboni mineral (carbonats, CO₂, carboni elemental) i del carboni orgànic (matèria orgànica fresca, procedent de restes de plantes, animals i microorganismes, i humus, constituït per substàncies resultants de l'alteració dels primers).

El contingut de matèria orgànica s'avalua segons la taula 7.

Taula 7. Avaluació del contingut en matèria orgànica. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN MATÈRIA ORGÀNICA

Percentatge en matèria orgànica (mètode del carboni orgànic oxidable)	Avaluació (denominació)
< 0,9 %	Molt baix
0,9 – 1,4 %	Baix
1,4 – 1,9 %	Mitjà - baix
1,9 – 2,4 %	Mitjà
2,4 – 2,9 %	Mitjà - alt
2,9 – 3,9 %	Alt
> 3,9 %	Molt alt

Cal tindrà en compte que el contingut en matèria orgànica d'un horitzó superficial és un paràmetre no estable en el temps, que depèn del tipus de vegetació natural o artificial i de les pràctiques culturals.

Per tant, com indicador de la qualitat de la matèria orgànica s'utilitza la relació C/N, que determina la taxa a la qual el nitrogen està disponible per a les plantes.

A la taula 8 es resumeix la relació carboni/nitrogen entre diferents tipus de materials.

Taula 8. Relació C/N per a diferents tipus de materials. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

RELACIÓ C/N PER A DIFERENTS TIPUS DE MATERIALS

Tipus de material	Relació C/N
Sòl mineral	8 – 12
Humus	8 – 12
Terra de jardineria	10 – 15
Compost	15 – 20
Fems madurs	20
Fullaraca	30
Palla	90 – 110
Serradures	> 250

Carbonat càlcic equivalent

El contingut en carbonat càlcic equivalent es pot avaluar en la següent taula resum.

Taula 9. Avalució del contingut en carbonat càlcic equivalent. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN CARBONAT CÀLCIC EQUIVALENT	
Percentatge en carbonat càlcic equivalent	Avaluació (denominació)
< 1 %	No calcari
1 – 5 %	Poc calcari
5 – 25 %	Moderadament calcari
25 – 50 %	Fortament calcari
50 – 80 %	Molt fortament calcari
> 80 %	Excessivament calcari

Nutrients (fòsfor, potassi, magnesi, calci i nitrogen)

El contingut en fòsfor extraïble, mesurat segons el mètode d'Olsen, es pot avaluar mitjançant la taula 10.

Taula 10. Avalució del contingut en fòsfor extraïble. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN FÒSFOR EXTRAÏBLE	
Contingut en P extraïble (en ppm)	Avaluació (denominació)
< 6	Molt baix
6 – 12	Baix
12 – 25	Mitjà
25 – 35	Alt
> 35	Molt alt

El contingut en potassi extraïble en acetat amònic es pot avaluar mitjançant la taula 11, el contingut en magnesi extraïble es pot avaluar mitjançant la taula 12 i el contingut en calci extraïble es pot comparar en la taula 13.

Taula 11. Avaluació del contingut en potassi extraïble. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN POTASSI EXTRAÏBLE

Contingut en K extraïble (en ppm)	Avaluació (denominació)
< 80	Molt baix
80 – 125	Baix
125 – 175	Mitjà
175 – 300	Alt
> 300	Molt alt

Taula 12. Avaluació del contingut en magnesi extraïble. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN MAGNESI EXTRAÏBLE

Contingut en Mg extraïble (en ppm)	Avaluació (denominació)
< 20	Baix
20 – 450	Mitjà
> 450	Alt

Taula 13. Avaluació del contingut en calci extraïble. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN CALCI EXTRAÏBLE

Contingut en Ca extraïble (en ppm)	Avaluació (denominació)
< 700	Baix
700 – 2000	Mitjà - baix
2000 – 4000	Mitjà
> 4000	Alt

El contingut en nitrogen orgànic i amoniacal, determinat segons el mètode Kjeldahl, es pot avaluar mitjançant la taula 14 i el contingut en nitrogen nítric o nitrats mitjançant la taula 15.

Taula 14. Avaluació del contingut en nitrogen orgànic i nitrogen amoniacal. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN NITROGEN ORGÀNIC I AMONICAL

Contingut en N orgànic i amoniacal (en %)	Avaluació (denominació)
< 0,05	Molt baix
0,05 – 0,1	Baix
0,1 – 0,15	Mitjà
0,15 – 0,2	Alt
> 0,2	Molt alt

Taula 15. Avaluació del contingut en nitrats. (NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005)

AVALUACIÓ DEL CONTINGUT EN NITRATS	
Contingut en nitrats (en ppm)	Avaluació (denominació)
< 15	Mitjà
15 – 30	Mitjà - alt
30 – 45	Alt
> 45	Molt alt

1.3 Els sòls en Jardineria i Paisatgisme i l'ús del compost

En la jardineria i el paisatgisme, té molta importància la preparació del sòl i el seu condicionament per la posterior implantació d'espècies vegetals, de les quals s'obtenen beneficis ambientals, socials i estètics.

Molt freqüentment els sòls en els que es desenvolupen projectes de jardineria i paisatgisme sovint han patit anteriorment l'ús humà o industrial. El sòl pot haver estat significativament alterat de la seva condició natural i presentar un grau d'estructura baixa i, molt sovint, problemes de compactació. Com a conseqüència, el creixement de les plantes implantades es pot veure seriosament limitat, sinó s'apliquen mesures correctores.

En l'àmbit de la jardineria i el paisatgisme s'han utilitzat diferents opcions per l'obtenció de terres vegetals adequades per l'implantació de vegetació.

La primera opció, ha estat l'aportació de terres d'alta qualitat de prats naturals o cultivats, anomenats *topsoil*, les seves característiques són les següents: capa superficial de sòl amb un gruix de 0 a 20 cm., conté altes concentracions de matèria orgànica, la textura és franc-sorrenca, el pH és neutre o lleugerament àcid i el seu contingut de microorganismes és alt.

Els sòls que han estat utilitzats per aquesta finalitat s'estan exhaurint i tenen un alt cost, i el mateix temps, el sòl és un recurs no renovable a curt i mig termini. Per aquest motiu i en el context medi ambiental, aquesta pràctica no és acceptable.

La segona opció i la més freqüent, és l'utilització de terres de jardineria. Són terres preparades i formulades per empreses especialitzades (Productors de terres per Jardineria i Paisatgisme) a partir de terres naturals extretes de sòls i subsòls que provenen, normalment, de moviments de terres per la construcció d'infraestructures o obres de anivellament. Fabriquen terres similars al *topsoil*. Condicionen el sòl incrementant el contingut de matèria orgànica modificant la textura fins assolir classes franc-sorrenques, aportant esmenes correctores de pH i adobant quan la fertilitat química és limitant.

La tercera actuació és l'anomenada esmena i condicionament "in situ". Quan el sòl del lloc té suficient qualitat o no està molt degradat, s'actua sobre aquest sòl aportant matèria orgànica, esmenes correctores de pH i adobs.

Des de l'òptica medi ambiental la millor opció és la tercera, esmena i condicionament "in situ" i per ordre decreixent, l'ús de terres de jardineria i per últim el *topsoil*.

Atès que el contingut de matèria orgànica de la part dels sòls és baix o molt baix, l'element clau d'aquests sòls destinats a la jardineria i el paisatgisme és incrementar el contingut de matèria orgànica, fent una esmena a partir de productes orgànics amb una estabilitat adequada.

En aquest sector, el producte tradicionalment és la torba, sobretot en els països productors com el Canadà principalment i, el centre i nord d'Europa. Tot i això actualment

en aquests països la seva utilització està limitada i en països que no disposen tradicionalment de torba s'ha fet ús de fems madurs, especialment fems de cavalls i fems de boví.

En el context de la societat moderna generadora de residus entre ells els orgànics, s'obre una nova possibilitat que és l' utilització de productes derivats de residus orgànics urbans i de l'indústria, per aportar la matèria orgànica necessària.

En aquest àmbit, els residus orgànics generats en aquest camp han de ser tractats per tal de millorar la qualitat en relació a la seva aplicació al sòl. El tractament més adequat per transformar els residus en matèria orgànica per ser aplicada en el sòl, és el compostatge i el producte final el compost.

En l'àmbit de la jardineria i el paisatgisme els composts utilitzats provenen de residus d'espais verds com, restes de poda i retall, de la fullaraca i d'altres restes vegetals i també, de residus municipals que generen les ciutats.

Aquests residus es co-composten segons la seva relació C/N amb materials rics amb matèria orgànica de baixa degradabilitat com són l'escorça de pi, les restes de poda, les restes de cultiu, closques de fruits secs, etc., o és barregen amb nitrogen mineral per tal d'obtenir un producte de qualitat, el compost.

Si la relació C/N és més alta de 30 s'aporta N en forma inorgànica (N mineral: urea o nitrat amoni) o en forma orgànica a través de residus.

Si la relació C/N és més baixa de 30 normalment els fangs EDAR i RM es co-composten amb restes de poda urbana i agrícola, palla i fangs.

El compost es pot utilitzar per millorar les propietats del sòl, obtenint con a resultat una optimització en l' implantació i el creixement de les plantes, amb una reducció important dels costos.

Els beneficis més rellevants de l'aplicació de compost en el sòl son els següents:

- Disminució de les pèrdues de nutrients i la millora de la capacitat d'intercanvi catiònic i aniònic
- Augment de la supervivència de les plantes i del seu creixement
- Font de nutrients
- Reducció de la compactació del sòl
- Millora la capacitat de retenció d'aigua del sòl
- Control de l'erosió i les males herbes (mitjançant l'encoixinament orgànic)
- Augment de la població microbiana i com a conseqüència augment de la disponibilitat de nutrients i disminució de la presència d'elements patògens
- Modificació del pH
- Disminució dels costos d'implantació i manteniment

Tot seguidament es descriuen de forma més detallada els anteriors beneficis.

Disminució de les pèrdues de nutrients i la millora de la capacitat d'intercanvi catiònic i aniònic

Els sòls de textura lleugera (arenosos) tenen una capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) baixa. En aquests sòls l'aplicació de compost, en incorporar substàncies similars a les húmiques afavoreix la retenció de nutrients, com els macronutrients, potassi i el nitrogen amoniacal, i micronutrients com Fe, Mn, Cu, Zn, etc. En incrementar la retenció de cations del sòl es redueixen les pèrdues de nutrients per lixiviació de la zona radicular de les plantes.

També milloren la retenció de fòsfor associada a la capacitat d'intercanvi aniònic (CIA) de les substàncies húmiques.

Augment de la supervivència de les plantes i del seu creixement

Normalment, en el camp de la jardineria i el paisatgisme els sòls es troben en condicions pobres i de degradació.

Les espècies d'arbres i arbustos han estat seleccionades per la seva tolerància a sòls poc estructurats i amb manca de nutrients, però normalment, no sobreviuen en sòls compactats o sòls inundats.

Es requereix alts continguts de matèria orgànica per millorar les condicions del sòl i afavorir l'establiment de les espècies utilitzades en jardineria i paisatge, que normalment al no ser plantes autòctones necessiten reforçar l'àrea radicular per poder colonitzar un volum gran de sòl.

El contingut d'humus està directament relacionat amb l'estabilitat estructural del sòl i l'agregació de les partícules (fent que siguin més resistents a l'erosió i millorant la capacitat del sòl per retenir l'humitat), augmentant el número i el tamany del porus del sòl i disminuint la densitat aparent. Aquestes condicions afavoreixen l'augment de la capacitat de retenció d'aigua augmentant la disponibilitat hídrica durant un període més llarg de temps.

Normalment, el contingut de matèria orgànica en sòls destinats a la Jardineria i el Paisatge provenen de zones degradades o industrials i, és inferior al 2%.

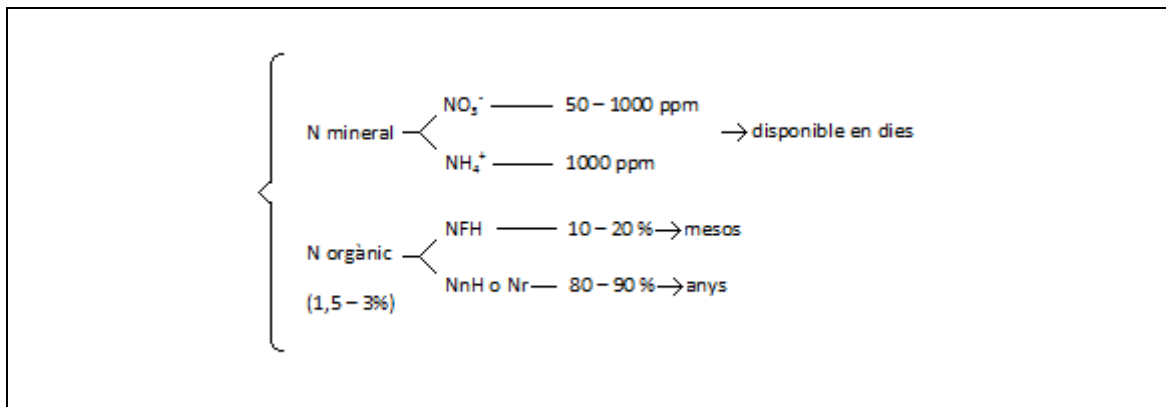
Per créixer i obtenir un bon arrelament la vegetació necessita que el sòl contingui unes propietats mínimes, favorables pel seu desenvolupament. Les arrels necessiten aire, aigua i nutrients, i un volum de sòl adequat per l'anclatge i el creixement de la part aèria.

La matèria orgànica del sòl és essencial per el subministra d'aquest elements. El contingut desitjat està entre el 4 % i el 5 %, i per alguns sòls pot ser superior tenint en compte la textura del sòl.

El compost augmenta els nivells de matèria orgànica i millora la supervivència de les plantes, el seu creixement i la qualitat.

Font de nutrients

El compost conté quantitats significatives de macronutrients, per tant, l'aplicació addicional de fertilitzants de fòsfor i potassi pot ser eliminada o reduïda de forma notòria. En canvi, el nitrogen que contenen els composts és en gran part nitrogen orgànic que és mineralitza lenta i progressivament al llarg del temps. Una petita part d'aquest nitrogen orgànic es mineralitza amb certa rapidesa (mesos), però la major part, en formar part de polímers similars a les substàncies húmiques mineralitza molt lentament (de 10 a 30 anys). I en algunes situacions no és suficient per satisfer les necessitats de determinades espècies de plantes. Per tant, en aquestes situacions pot ser necessari l'aplicació de nitrogen inorgànic suplementari.



El compost normalment, proporciona el nitrogen i el fòsfor en alliberació lenta, i el potassi en forma fàcilment disponible.

Altres macronutrients com el calci (Ca), el magnesi (Mg) i el sofre (S) també són proporcionats pel compost, com els oligoelements, per exemple, el ferro (Fe), el zinc (Zn), el coure (Cu) i Bor (B). Molts fertilitzants convencionals no contenen oligoelements i en els productes que s'hi inclouen són relativament cars.

La composició del compost varia segons les característiques de la matèria prima utilitzada en la seva producció i el procés de compostatge seguit (tecnologia i durada).

Reducció de la compactació del sòl

En nombrosos experiments s'ha demostrat que la matèria orgànica millora l'estructura del sòl, per tant augmenta la resistència a la compactació i millora la capacitat de desenvolupament i penetració de les arrels per trobar nutrients i aigua. En els sòls pesants l'incorporació de compost millora el llaurat i les feines de preparació del sòl.

Millora la capacitat de retenció d'aigua del sòl

L'aplicació de compost, en millorar l'estructura del sòl, comportant un augment de la taxa d'infiltració d'aigua de pluja i de reg, especialment en sol lleugers (arenosos) i un increment de la capacitat de retenció d'aigua disponible i d'humitat del sòl durant un període de temps més llarg. Per tant, es redueix la freqüència de reg disminuint els costos de manteniment i de mà d'obra.

Control de l'erosió i les males herbes (mitjançant l'encoixinament orgànic)

El compost en jardineria i paisatgisme també s'utilitza com encoixinament orgànic que actua com a barrera física de protecció de la superfície del sòl. De les propietats més rellevants de l'utilització de mulch és destaquen el control de les males herbes en les plantacions, augment de l'humitat en el sòl i control de l'erosió.

L'utilització d'herbicides per el control de males herbes incrementa els costos de manteniment i una aplicació incorrecta pot perjudicar el medi ambient.

L'encoixinament orgànic és una alternativa econòmica, que amb el pas del temps és degrada i s'incorpora en el sòl on actuarà com a esmena orgànica i fertilitzant.

En sòls lleugers, el risc d'erosió per l'aigua i el vent és alt, i normalment el contingut de matèria orgànica i l'agregació del sòl és pobre. El compost utilitzat com a cobertura del sòl redueix l'impacte de l'energia del vent i de les gotes de pluja (l'efecte splash) i millora l'infiltració de l'aigua, reduint el fenomen d'escolament superficial i, per tant, la pèrdua de sòl.

Augment de la població microbiana i com a conseqüència augment de la disponibilitat de nutrients i disminució de la presència d'elements patògens

Els microorganismes que conté el compost complementa els ja presents en el sòl.

Les aplicacions anuals de compost contribueixen a una augment significatiu de l'activitat enzimàtica del sòl, aquesta activitat afecta els cicles de reposició de nutrients.

La presència d'elements patògens per les plantes pot ser inhibida fortament per grans poblacions de microorganismes específics del sòl. Aquesta inhibició o supressió d'agents patògens pot ser causada per una combinació de factors com la competència, parasitisme i resistència sistèmica induïda.

El compost madur és biològicament actiu i sovintment conté a poblacions de microorganismes que mantenen molt reduïda o controlada la presència d'agents patògens que afecten a les plantes com *Phytophthora*, *Pythium* i *Rhizoctonia*. Aquest fenomen s'anomena supressió biològica i ha estat detectat en molts composts, conformant un valor afegit a l'ús del compost en jardineria i paisatgisme.

Modificació del pH

La addició de compost en el sòl pot modificar el pH del sòl. Depenent del pH del compost i del sòl original és pot augmentar o disminuir el pH de la barreja sòl/compost.

L'incorporació de compost en el sòl té la capacitat d'actuar com a solució tampó o establir el pH del sòl. Aquesta característica permet evitar l'utilització d'agents d'ajust de pH.

Prèviament a l'aplicació del compost, s'ha d'analitzar el pH del sòl amb l'objectiu de conèixer els requisits i les característiques i poder incorporar el tipus de compost específiques per l'ajust de pH.

La majoria de les plantes utilitzades en el camp de la jardineria i el paisatgisme, responen millor en un pH de 7,0 o menor. Encara que, l'addició de compost com esmena orgànica en el sòl, permet el creixement de la vegetació en un rang de valors de pH més ampli.

Disminució dels costos d'implantació i manteniment

La compra i aplicació de compost és un cost rellevant en un projecte de paisatge. No obstant, el seu ús comporta un estalvi notable atès que hi ha una disminució en consum de fertilitzants, i l'ús d'herbicides, i augmenta la supervivència de les plantes. Per tant, es redueix la mortalitat i els costos de replantació i també a través dels microorganismes beneficiosos disminueixen les malalties transmeses a les plantes i es redueix la mortalitat.

Característiques desitjables del compost pel seu ús en Jardineria i Paisatgisme

Tenint en compte els beneficis que s'obtenen en l'aplicació de compost, s'extreu de *Utilització dels compost per la millora del Paisatge i el Medi Ambient* de l'Agència de Protecció Ambiental de Califòrnia, la següent taula resum de les característiques desitjables del compost.

Taula 16. El compost. Característiques del compost per el seu ús en jardineria i paisatgisme

Paràmetre	Valor del rang
pH	6,6 a 8,5; els valors més baixos són els adequats per els sòls alcalins, els valors més alts per els sòls àcids.
Contingut en humitat	30% - 60%
Tamany de les partícules	≥ 95% passa per 5/8" de tamís, ≥ 70% passa per 3/8" de tamís
Estabilitat	≤ 8 mg CO ₂ /g MO/dia (TMECC 05.08-B, "Taxa d'evolució del diòxid de carboni")
Maduresa i Creixement	≥ 80 % emergència (TMECC 05-05-A, "L'emergència de les plàntules i el creixement")
Sales solubles	Especificacions Caltrans permeten de la CE que arribi fins 10 dS/m el compost amb extracte segons el mètode (TMECC 04.10-A 5:1), no obstant es més recomanable no passa de 2,5 dS/m amb el mètode de la pasta saturada amb la barreja final de compost/sòl, pot variar en zones que tinguin sòls salins si el producte es considera ric en N com passa en diversos composts de fangs i fems la CE final en extracte de saturació del sòl després de la seva incorporació no ha d'accedir de 4 dS/m.
Matèria Orgànica	30% - 65% pes sec

2. El Compostatge

2.1 Definicions

Al llibre *Compostatge i gestió de residus orgànics* de la Montserrat Soliva s'exposen varies definicions de compostatge. Les més generals són les següents:

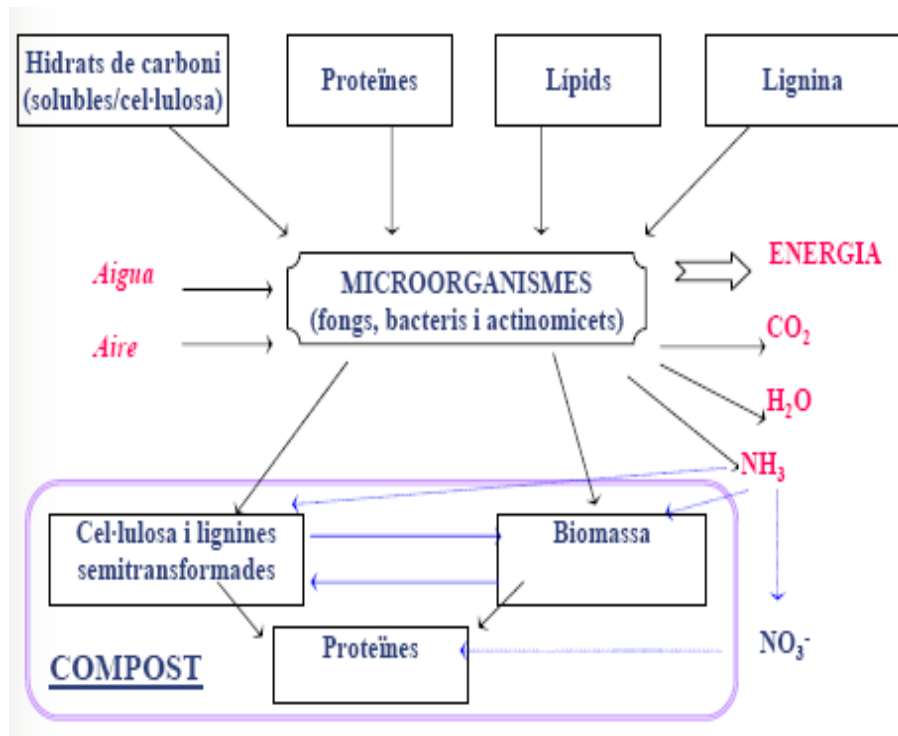
- Tècnica de tractament i estabilització de RO.
- Reciclatge de la MO i tancament dels cicles naturals que han estat trencats per l'abandó de les pràctiques agrícoles adequades.
- Ecotecnologia que permet el retorn de la MO al sòl i la seva reinserció en els cicles ecològics vitals del nostre planeta.
- Procés biològic controlat de transformació i revalorització de residus orgànics en un producte estabilitzat, higienitzat, semblant a la terra vegetal i ric en substàncies húmiques.
- Resultat d'una activitat microbiològica complexa a partir d'unes condicions particulars; es pot considerar una biotecnologia segons la definició de la *Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST)*: "Explotació industrial del potencial dels microorganismes, de les cèl·lules vegetals o animals, i dels residus que generen"

Però sembla que les dues següents són les més encertades, ja que tot i que són molt exigents, al mateix cop són el més senzilles possible.

- Procés controlat, biooxidatiu i termòfil que transforma els residus orgànics en un producte estabilitzat, gràcies a una activitat microbiològica complexa. Està governat pels principis bàsics de transferència de massa i energia, i per les limitacions biològiques dels microorganismes, En el seu desenvolupament s'estableix una interdependència entre els factors físics i biològics.
- Transformació biològica dels residus en condicions controlades, és a dir, gestió dels residus orgànics d'una manera respectuosa amb l'entorn, involucrant i responsabilitzant la societat que els produeix, donant al compost la destinació adequada.

Per tant, quan es parla de compostatge, es fa referència a una transformació biològica dels residus orgànics en condicions controlades, és a dir, condicions aeròbiques i termòfiles, en la qual, a partir de MO, oxigen, aigua i l'acció dels microorganismes, obtenim compost, anhídrid carbònic, aigua, amoníac i calor (veure figura 6).

Figura 6. Resum dels processos que es donen al compostatge (Soliva, 2001)



En quant a la definició de compost, també n'hi han varies. Per exemple, al *Gran diccionari del medio ambiente y de la contaminación*, M. Seoánez Calvo, el defineix de la següent manera:

- Producte obtingut per fermentació i elaboració de la matèria orgànica continguda en els residus sòlids, generalment urbans, i amb un contingut en nutrients que el fan útil per a aplicacions agrícoles.

Aquesta definició deixa un marge molt ampli pel que fa als materials aptes per ser compostats i cal tenir en compte, que materials amb molt baix contingut en MO o nivells importants d'impureses i contaminants, no donaran un compost de qualitat que sigui adient per fer-lo servir tant en agricultura com en jardineria i paisatgisme.

En canvi, la definició que fa Haug (1993), és molt més completa i acota de manera més acurada les característiques imprescindibles que ha de tenir un bon compost.

- Matèria orgànica que ha estat estabilitzada fins a transformar-se en un producte semblant a les substàncies húmiques del sòl, que està lliure de patògens i de llavors de males herbes, que no atrau insectes o vectors, que pot ser manejat i emmagatzemat sense ocasionar molèsties, i que és beneficiós per al sòl i per al creixement de les plantes.

2.2 Objectius i funcions del compostatge

L'objectiu general del compostatge és estabilitzar i higienitzar la MO procedent dels residus orgànics. Aquest procés facilita la seva reintroducció en els cicles naturals del sòl. Actualment, segons el destí que tingui el compost obtingut, tindrà quatre objectius relativament diferenciats (Soliva, 2001):

- Obtenció d'un adob orgànic (compost) que permeti el manteniment de la fertilitat dels sòls, la producció de cultius de qualitat i la conservació de l'entorn (objectiu del compostatge dins l'agricultura anomenada ecològica).
- Facilitar la gestió dels residus orgànics procedents de diferents activitats reduint-ne el pes i el volum, estabilitzant-los i podent, a la vegada, generar un producte final (compost) d'utilitat en la conservació del sòl i com a font de fitonutrients.
- Produir materials alternatius als substrats no renovables, com ara la torba, utilitzats en horticultura i jardineria.
- Simplement fer que un residu redueixi humitat, pes i volum, i facilitar-li una destinació finalista (abocament o incineració) (Directiva 97/C 156/08)

Es pot veure que en els tres primers objectius, s'obtenen productes d'un cert valor amb una utilitat determinada, però que estaran diferenciats per els materials inicials, les condicions de treball i de control i la qualitat exigida al producte final. En el quart, simplement, l'objectiu és fer més fàcil la seva deposició final i no s'obté cap producte aparentment aprofitable.

2.3 Variables del procés i la seva evolució al llarg del tractament

El compostatge té uns fonaments molts senzills però tots ells són científics i es mouen entre diferents disciplines. Cal tenir clar quins materials d'entrada tenim, com evoluciona el procés i les característiques del producte final obtingut. Si es busca que la transformació sigui biològica i en condicions controlades, és a dir, aeròbiques i termòfiles, caldrà una sèrie de requisits que respondran exclusivament, a donar les condicions òptimes als microorganismes que sovint ja estan als residus orgànics, per a que s'hi desenvolupin i propiciïn una successiva diversitat microbiana capaç de completar el procés.

Aquests paràmetres o condicionants que caldrà optimitzar són l'equilibri aire i aigua, el balanç de nutrients, la població microbiana, el pH i la temperatura (Soliva, 2001).

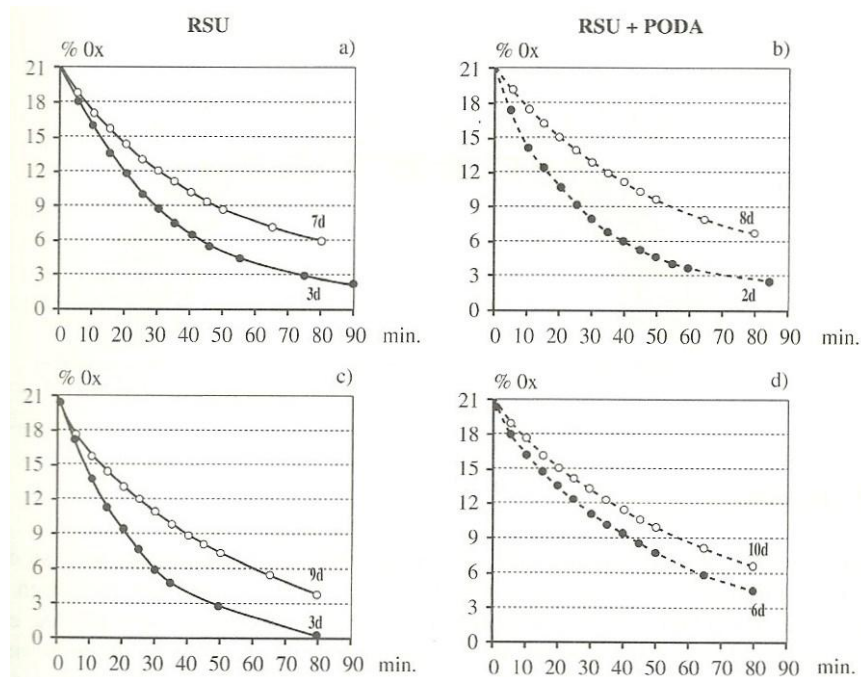
2.3.1 Equilibri aire i aigua

El compostatge és un procés aerobi, i per tant necessita que el material a compostar tingui un nivell adequat d'oxigen i en conseqüència, un contingut en aigua adequat, degut a que els microorganismes només poden utilitzar les molècules orgàniques si aquestes estan dissoltes en aigua. A més, aquesta humitat afavoreix la migració i colonització microbiana i la difusió dels residus metabòlics. Per tant, ens trobem en una situació de competència entre l'aire i l'aigua, que es disputarà l'ocupació de la porositat del material. Caldran unes condicions de treball tals, que facilitin l'existència de porus de diferents mides, per a que aquests siguin ocupats de manera equilibrada per aire i aigua. Aquest procés és un símil del que passa als sòls i els factors que el regeixen són l'aeració, l'humitat i l'estructura del material compostable.

Amb l'activitat biològica l'oxigen es va consumint i per tant, cal reposar-lo mitjançant l'aireig. Aquest pot ser passiu, de forma natural, o forçat, amb una despesa energètica que dependrà del procediment escollit.

Per poder obtenir una ventilació passiva, cal que la barreja tingui una porositat i una estructura que afavoreixin l'intercanvi de gasos per fenòmens físics: difusió, evaporació i diferència de temperatura. Tot i que aquesta barreja sigui capaç d'autoairejar-se, també caldrà voltejar-la, ja que aquesta actuació, a més de incorporar oxigen a la mescla, té altres beneficis molt importants, com l'homogeneïtzació del material i la redistribució dels microorganismes, la humitat i els nutrients i la reducció de la grandària de les partícules i alhora, l'exposició de noves superfícies a l'atac microbià. En la següent figura, podem veure la disminució dels nivells d'oxigen dins les piles de compostatge de residus sòlids urbans després del volteig:

Figura 7. Disminució dels nivells d'oxigen dins les piles de compostatge després del volteig (Manzano *et al.*, 1998):



Si en canvi, es fa aquesta renovació d'oxigen per ventilació forçada, es farà en continu, mitjançant processos de succió o pressió o en discontinu, que consistiria en aplicar un volteig mecànic a la barreja amb una freqüència adaptada a les necessitats d'oxigen d'aquesta.

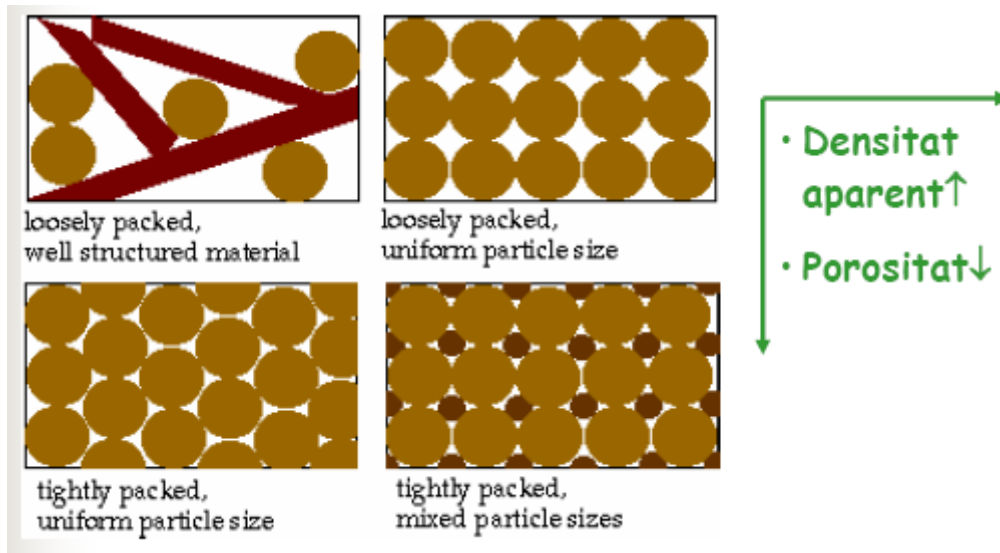
Si quina sigui l'opció escollida, l'aireig complirà varies funcions elementals pel bon desenvolupament del procés de compostatge. Subministrarà l'oxigen necessari per permetre l'activitat dels microorganismes aeròbics, regularà la humitat del sistema per evaporació, mantindrà la temperatura adequada en el procés i finalment, gràcies al volteig, homogeneïtzarà i redistribuirà el material.

El nivell adient d'O₂, tot i que quan més n'hi hagi millor, està al voltant del 15 – 21% del aire. Quan es trobin valors més petits del 10%, el procés quedarà inhibit, és a dir, estancat en la fase que es trobi. Si els valors encara són més baixos i no superen el 5%, s'entrarà en condicions anaeròbiques, que provocaran l'aparició de males olors, efecte directe de la presència de H₂S. Aquestes condicions anaeròbiques poden venir per quatre motius; l'excés d'humitat, una porositat inadequada, un substrat molt ràpidament degradable o massa material apilat.

L'excés d'humitat provoca una falta d'oxigen a la barreja, degut a que causa una pel·lícula d'aigua massa gruixuda entre les partícules del material i l'aire. Com la difusivitat de l'O₂ a l'aigua és molt inferior a la del aire, arriba molt poc O₂ a la superfície d'aquestes partícules i els microorganismes aeròbics no poden treballar. Més endavant veurem com es pot

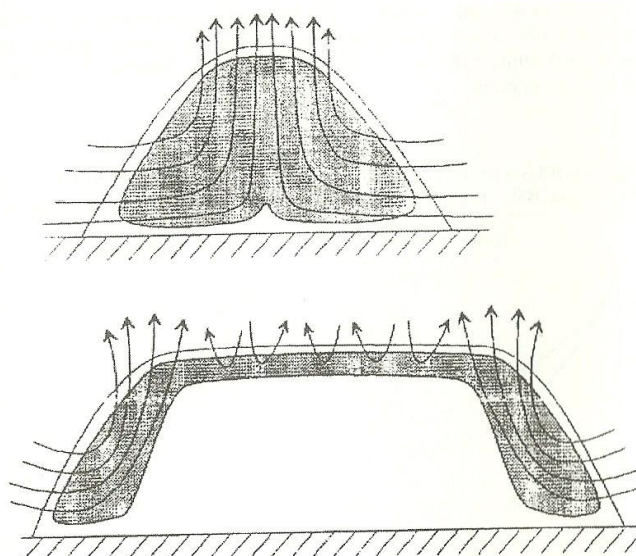
evitar. Pel que fa a la porositat inadequada, apareix quan la barreja només està formada per un tipus de material format per partícules molt semblants o per varis materials, que tot i tenir partícules de diferents tamany, aquestes s'uneixen de manera que la porositat es veu molt reduïda. Només quan tinguem una mescla de partícules que tinguin una porositat adequada, l'aportació d' O_2 serà bona, fet que podem observar a la figura 8 :

Figura 8. Comparació de la estructura que formen les partícules de diferents barreges de materials (Rude, 2010).



En quant a substrats molt ràpidament degradables, el problema que tenen és que sovint inclouen continguts hídrics molt elevats, fet que dificulta l'entrada d' O_2 . Per evitar-ho, cal barrejar-los amb materials amb poca aigua i volteigs amb elevades freqüències. Finalment, quan apilem massa material, també tenim una aportació insuficient d' O_2 , però només a les zones interiors de la pila per efecte de l'autocompactació, com es pot veure a la figura 9:

Figura 9. Zones amb major aportació d' O_2 segons la quantitat de material apilat (Backhaus, 1992).

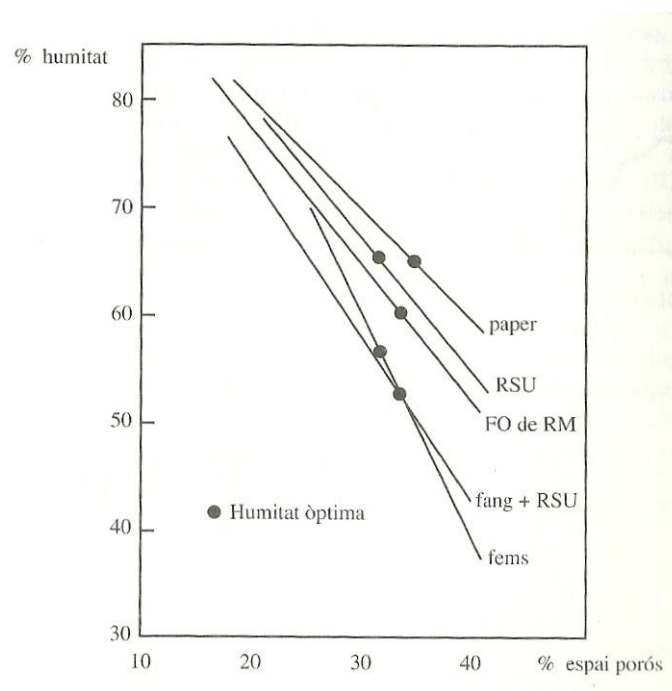


En general, si es vol evitar aquests problemes, seria bo calcular el consum d' O₂ que tindrà el material a compostar. Aquest serà funció del substrat, del qual haurem de saber la seva biodegradabilitat, relació C/N, humitat, mida de les partícules, etc. i de les condicions ambientals que s'estableixin, sobretot temperatura, humitat, concentració d' O₂ i pH. Sovint, aquests valors es troben, segons Haug (1993), entre els 1 i 10 grams d'O₂ consumits per quilogram de sòlids volàtils i hora.

Si bé s'ha parlat de la importància de l'aireig i l'aportació d' O₂ en l'equilibri aire-aigua del compostatge, cal veure quin paper té la humitat.

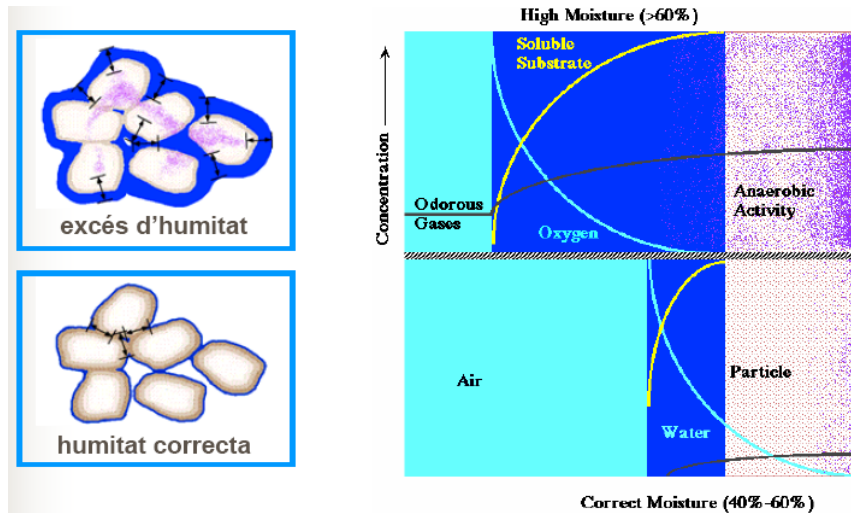
La humitat, és el tant per cent d'aigua que té un material sobre la seva massa humida. Per a que la descomposició aeròbica es doni de forma correcta, cal entre un 30 i un 70% d'humitat, segons tipus de materials i estructura física. Com ja s'ha dit abans, els microorganismes necessiten que les molècules estiguin dissoltes en aigua per degradar-les, això és així, perquè els bacteris produeixen els enzims que ataquen les molècules complexes en medi aquós, i de manera successiva, les converteixen en molècules senzilles, que seran materials de partida per a nous cicles de vida. Quan l'humitat és inferior al 30%, aquesta activitat microbiana disminueix i el procés s'endarrereix molt, encara que segurament s'acabaria completant també. En canvi, si l'humitat és superior al 70%, l'aigua desplaçaria l'aire dels espais entre les partícules del residu i el procés esdevindria anaeròbic. En aquest cas, la conseqüència seria que el procés no es completaria i obtindríem un altre producte no desitjat. Per tant, sovint es situa l'òptim d'humitat entre el 40 i el 60% , que ja dependria de la textura i el nivell de compactació del residu. En la figura 10, es pot veure l'espai porós lliure en funció de la humitat de diferents materials.

Figura 10. Espai porós en funció de la humitat de diferents residus compostables (Haug, 1993).



I en la figura 11, es pot observar les conseqüències d'un excés d'humitat en comparació amb unes condicions òptimes.

Figura 11. Comparació d'un material amb un excés d'humitat amb un altre amb humitat correcta (Rude, 2010).



Com es pot observar, un excés d'humitat provoca que no arribi gairebé oxigen a la superfície de les partícules i l'activitat que s'hi dona sigui anaeròbica, fet que impossibilita el procés de compostatge.

Quan apareix aquesta problemàtica, fet molt corrent si es tracta, per exemple, de residus orgànics procedents de la fracció orgànica de residus municipals (FORM), podem afegir dos tipus de materials per tal d'obtenir una barreja que tingui un equilibri aire-aigua òptim, que són els següents:

- Agents "Bulking" o airejants i/o estructurants: Materials que afavoreixen l'aireig natural de la barreja i eviten la compactació i/o equilibren la humitat; és possible que no participin en les reaccions biològiques que intervenen en el procés.
- "Amendments" o materials de composició complementària: Materials que aporten algun nutrient dels necessaris per al bon desenvolupament del procés i per tant, participen en les reaccions que tenen lloc. A més a més, sovint milloren l'estructura de la barreja que en resulta.

2.3.2 Balanç de nutrients: relació C/N

La nutrició dels microorganismes implicats en el compostatge és molt important per a obtenir un bon producte final. Com tot ser viu, necessiten nutrients per a viure, créixer i reproduir-se. Els més importants són, per una banda, el carboni, nitrogen, fòsfor i potassi (macronutrients) i per l'altra banda, el cobalt, manganès, magnesi i coure (micronutrients). Però de tots aquests, en destaquen dos, el carboni i el nitrogen, ja que el seu quocient, serveix com a indicador de si el material que es vol compostar té unes bones condicions de partida, de com es desenvolupa el procés i quina serà la posterior utilització del compost. A més, aquests dos nutrients són els que es necessiten en més quantitat i són vitals. Els microorganismes necessiten el carboni per obtenir l'energia per fer la síntesi cel·lular i el nitrogen per a que aquesta síntesi no quedi limitada.

En funció d'aquest fet, s'estableix la relació C/N, que és el resultat de dividir el contingut de C entre el contingut de N que conté la barreja. El valor òptim segons Hansen *et al.* (1993) està entre 25 i 35, que correspon a uns 150 kg de C per cada 5 kg de N, tot i que aquest paràmetre variarà al llarg del procés, degut a que es perdran al voltant de dues terceres parts de carboni en forma de CO₂ i bona part del nitrogen, per volatilització en forma de NH₃ o per rentat en forma de NH₄ i NO₃. En quant al nitrogen, cal intentar reduir aquestes pèrdues al màxim, però són inevitables, sobretot quan es volteja el material o es rega, si aquest ha perdut un bon grau d'humitat.

Quan la relació C/N no és òptima, podem tenir dos tipus de situacions:

- Relació C/N alta (excés de C) : Si el material té aquestes característiques, hi haurà una activitat biològica baixa i s'assolirà una temperatura poc elevada, que no permetrà l' higienització del material. Com a conseqüència, la descomposició es veurà alentida, fet que allargarà el temps de durada del procés, la qual cosa industrialment no és interessant. Caldrà afegir algun material complementari (amendment) ric en nitrogen per obtenir una relació C/N òptima per la mescla.
- Relació C/N baixa (excés de N): Si en canvi, s'està en aquesta situació, hi haurà una pèrdua massiva de N en forma de NH₃, males olors i un possible sobreescalfament que podria matar els microorganismes. Caldrà regular la temperatura per a que no sobrepassi els 70 °C mitjançant volteig o reg i l'addició d'algun material complementari (amendment) ric en carboni que equilibri la relació C/N.

Pel que fa al càlcul d'aquest paràmetre, és ben senzill. Només cal calcular la quantitat de C orgànic i de N orgànic que conté el material i dividir-los entre sí, tot seguint la següent fórmula:

$$C/N = \text{massa de } C_{\text{orgànic}} / \text{massa de } N_{\text{orgànic}}$$

Si en canvi, només es coneixen els tants per cent de C i N sobre massa seca (m_s), caldrà seguir aquesta altre formula.

$$- \quad C/N = m_s \cdot \%C_{\text{orgànic}} / m_s \cdot \%N_{\text{orgànic}}$$

A les taules 17 i 18 es pot veure la relació C/N de diferents materials i relacions C/N segons el tipus de MO, total o biodegradable.

Taula 17. Relació C/N de diferents materials (Soliva, 2001).

Material	C/N
Fems de vaquí	18
Gallinassa	13
Gespa	12
Algues	19
Palla	130
Serradures	300
FORM	14-25
Compost fresc	13-21
Compost madur	11-18
Fang de depuradora urbana	6-8

Taula 18. Contingut en MO biodegradables i lignina i relacions C/N segons el tipus de matèria orgànica, total o biodegradable (Kayhanian *et al.*, 1992)

Material	MO		C/N	
	%MO biodegradable	% Lignina	Respecte a MO total	Respecte a MO biodegradable
Restes de cuina	81,9	0,4	15,6	12,4
Paper de diari	21,7	21,9	227,1	143,1
Paper d'oficina	81,9	0,4	22,8	14,5
Residus de jardí	71,5	4,1	59,9	34,4

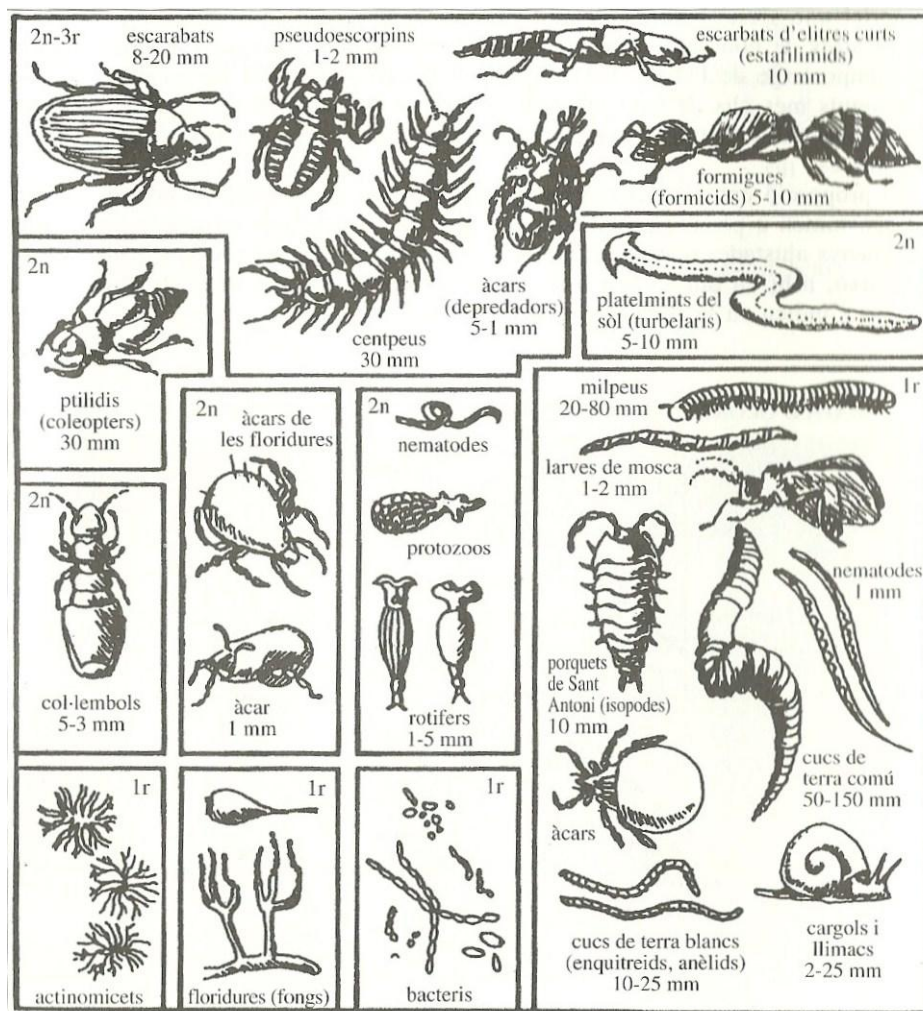
Com es pot observar, és difícil trobar materials que per si mateixos tinguin una relació C/N òptima. És per això, que cal jugar amb les barreges per trobar l'equilibri, ja sigui amb l'addició de material complementari o fins i tot, amb la recirculació de part del compost produït.

2.3.3 Població microbiana

La població microbiana més abundant i més activa en quant a la descomposició durant el procés de compostatge, són els bacteris, a més dels protozoos, fongs i actinomicets. Però no s'ha d'oblidar que també actua activament una microfauna i macrofauna variada. Aquests últims tenen una tasca més encarada a la "descomposició física" del material, ja que redueixen la grandària de les partícules, de manera que poden ser atacades més fàcilment pels bacteris, degut a que tenen més superfície per establir-s'hi. A més, si apareixen en les últimes fases del compostatge, són un indicador de que la finalització del procés és correcte.

En la figura 12 podem veure exemples de la microfauna que apareix més sovint.

Figura 12. Microfauna activa en el compostatge (Martín, 1992).



En general, els organismes que participen en aquest procés, es poden dividir en tres grups:

- Consumidors primaris: Són els principals consumidors de matèria orgànica (fecal, vegetal i animal). Els importants són els bacteris, fongs, actinomicets, nematodes, algun tipus d'àcars, cargols, llimacs, cucs i milpeus.
- Consumidors secundaris: S'alimenten de consumidors primaris. Alguns exemples són els col·lèmbols, alguns àcars, nematodes, escarabats, cucs rodons, protozous i rotífers.
- Consumidors terciaris: Ingereixen consumidors secundaris. Pertanyen a aquest grup els escarabats, àcars depredadors, pseudoescorpins, formigues i centpeus.

Els microorganismes que participen en el compostatge es distribueixen segons alguns paràmetres de manera inequívoca (Poincelot, 1975). La distribució segons la temperatura és ben senzilla, fins els 45°C treballen els bacteris i fongs mesòfils, que són aquells que tenen un desenvolupament correcte a una temperatura òptima d'entre 20-45 °C. A partir dels 45°C, van decreixen els mesòfils i comencen a créixer els bacteris i fongs termòfils i els actinomicets, que tindran un desenvolupament òptim fins els 70 ° C, a partir de la qual, l'activitat microbiana quedarà inhibida (Taula 19). En quant a la distribució dins del material, també és bastant simple. Als primers 5 cm de profunditat, trobem només bacteris. Entre els 5 i els 15 cm de profunditat trobem fongs, bacteris i actinomicets i a partir dels 15 cm tornem a trobar només bacteris. Finament, la distribució segons els grups funcionals que són capaços de degradar, tampoc és massa complicada. Els bacteris mesòfils degraden carbohidrats i proteïnes, que són fàcilment degradables. Els bacteris termòfils degraden els carbohidrats no cel·lulòsics, proteïnes, lípids i hemicel·luloses. Els fongs degraden sucres, cel·luloses, hemicel·luloses i lignina i els actinomicets, degraden hemicel·luloses, cel·luloses i lignina. Aquests dos últims, s'encarreguen de les molècules més difícils de desfer, que sovint queden en algun estadi anterior a la degradació total.

Taula 19. Població microbiana (u.f.c/g pes s.m.h) en les diferents zones de temperatura d'un procés de compostatge (Poincelot, 1975).

Temperatura	15 – 45 ° C Zona mesòfila (M)	45 – 70 ° C Zona termòfila (T)	Retorn a temperatura ambient
Bacteris (M)	10 ⁸	10 ⁶	10 ¹¹
Bacteris (T)	10 ⁴	10 ⁹	10 ⁷
Actinomicets	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁵
Fongs (M)	10 ⁶	-	10 ⁵
Fongs (T)	10 ³	10 ⁷	10 ⁶

Pel que fa als seus papers, els bacteris representen el 80-90% dels organismes vius que es troben al compost i són els principals responsables del procés. Alguns exemples en són *Cellomonas folia*, *Chondrococcus exiguus*, *Thiobacillus denitrificans*, *Aerobacter sp.* (mesòfils) o *Bacillus stearothermophilis* (termòfil).

Els fongs són els responsables de la descomposició de la major part del material polimèric vegetal, descomponen matèries resistents i així els bacteris poden, després, continuar-ne el procés de descomposició. A més, són capaços d'atacar materials que resultin excessivament àcids, secs o deficitaris en nitrogen per a que també, posteriorment, sigui possible la descomposició bacteriana. Hi han moltes espècies implicades, com per exemple, *Fusarium culmorum*, *Stysanus stemonitis*, *Clitopilus pinsitus*, *Rhizopus nigricans*, *Mucor abundans*, *Fusidium sp.*(mesòfils), *Humicola insolens*, *Chaetomium thermophile*, *Talaromyces thermophilus* o *Torula thermophila* (termòfils).

I els actinomicets, tenen un paper important en les etapes finals de la maduració, degut a que utilitzen formes d'energia complexes com les cel·luloses o les hemicel·luloses, que són les que necessiten més temps per degradar-se. Són bons exemples *Nocardia brasiliensis*, *Streptomyces thermofuscus*, *Thermoactinomyces vulgaris* o *Thermopolyspora polyspora*.

2.3.4 pH

Aquest paràmetre també és important per a la cinètica del procés, pel fet de que és un factor limitant per l'aparició de certs tipus de microorganismes, encara, que per exemple, els fongs toleren un rang molt ampli de pH. Cal treballar a pHs propers a 7 per aconseguir una població microbiana el més variada possible, però pot passar que apareguin valors més extrems.

Si apareixen valors extrems de pH, això serà perjudicial per a determinats grups de microorganismes, es tindran desajustos en els equilibris àcid-base que influeixen en la conservació del nitrogen i pot provocar un retard inicial en el procés de compostatge, però amb el temps, apareix certa capacitat de tamponar els pHs extrems a un pH neutre per l'alliberament de CO_2 i NH_3 . En el cas que aquesta capacitat de tamponar no sigui suficient, es podria addicionar un agent químic com el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , CaCO_3 o altres.

Per saber si es fa una addició correcta d'algun agent químic per corregir el pH, caldrà calcular la quantitat que es necessita, perquè una addició excessiva o insuficient tindria efectes que s'allunyarien de l'objectiu fixat.

2.3.5 Temperatura

Aquest paràmetre té una importància cabdal, principalment, pel fet de que és un indicador directe del que està passant en el material que es vol compostar, ja que és una conseqüència del tipus de procés i el seu funcionament.

L'activitat biològica genera calor i com el residu el dissipa de forma ràpida, s'acumula i provoca un augment de la temperatura. Aquesta situació és dona perquè les molècules orgàniques contenen energia emmagatzemada en els seus enllaços, que en trencar-se per degradació, s'allibera a l'entorn. La quantitat d'energia que pot alliberar cada enllaç depèn de la seva naturalesa, com podem veure en la taula 20 :

Taula 20. Calor de combustió de diferents tipus de molècules (Haug, 1983)

Producte	Pes molecular	Kcal/g
Glucosa	180	3,74
Àcid làctic	90	3,62
Àcid palmític	256	9,37
Tripalmitina	809	9,28
Glicina	75	2,18
Metà	16	11,34
n-decà	142	13,18

En el cas de la FORM, que sovint té una composició molt variada, presenta segons Finstein (1983) una calor de combustió gens menyspreable, que va de les 2,1 a les 9,3 quilocalories per gram, que servirien per evaporar de 3 a 15 grams d'aigua. Aquesta mateixa energia és la que pot desprendre al compostatge, però d'una manera molt diferent a la combustió.

Quan comença el procés, el material està a temperatura ambient, però la temperatura va pujant a mesura que comença l'activitat microbiana i sobretot, si hi han unes bones condicions aeròbiques i d'humitat. Com es genera més calor del que es perd, la temperatura de la mescla va pujant de forma intensa, fet que denota que el procés està ben encaminat, però cal vigilar que no pugi massa, perquè això podria limitar la expansió i l'activitat dels microorganismes i fer que es perdés massa humitat, provocant un ressecament del material. Tot i que les temperatures elevades ens asseguruen una higienització adequada, cal no sobrepassar el límit dels 70 °C degut a que a partir d'aquesta temperatura, la inhibició de l'activitat de molts dels microorganismes descomponedors és important, fet que alentiria la cinètica del compostatge.

Si tenim en compte que s'ha de maximitzar l' higienització, per prevenir el creixement i la disseminació de patògens, destruir els que hi són presents i produir un compost que no sigui recolonitzable per nous patògens, però que alhora, la biodegradació ha de ser continua, sense alts i baixos, cal buscar un punt d'equilibri. La major diversitat microbiana la tenim entre 35 i 40 °C, la màxima biodegradació entre 45 i 55 °C i la higienització quan es superen els 55 °C, per tant, la temperatura òptima de treball, és troba entre els 50 i els 60 °C (Soliva, 2001). En la següent taula, es pot observar quines són les temperatures màximes suportades pels patògens més comuns i quant temps les resisteixen.

Taula 21. Temperatura límit de supervivència de diversos patògens i paràsits comuns (Soliva,2001)

Organisme	Temperatura (°C)	Temps de supervivència (min.)
<i>Salmonella typhosa</i>	55 a 60	30
<i>Escherichia coli</i>	60	15 – 20
<i>Taenia saginata</i>	71	5
<i>Necator americanus</i>	45	50
<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	50	10
<i>Streptococcus pyogenes</i>	54	10
<i>Mycobacterium diphtheriae</i>	55	45

Com es pot apreciar, la majoria de patògens no són capaços de sobreviure gaire temps a temperatures al voltant dels 60 °C i els que són capaços d'aguantar temperatures superiors, només ho poden suportar intervals de temps molt petits, que en un procés de compostatge òptim s'assoliran sense problemes.

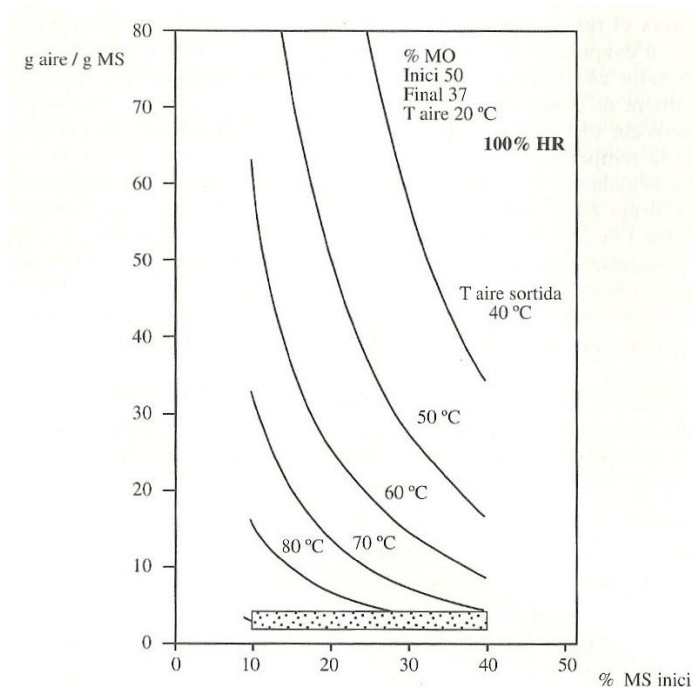
Quant al manteniment de la temperatura òptima, es pot aconseguir mitjançant els voltejos i/o aeració forçada dels materials i per reg. Pel que fa a l'aeració, aquesta està estretament lligada a la temperatura, ja que intervé en la generació i en la pèrdua de calor de diverses maneres:

- Incrementa l'activitat de microorganismes i, per tant, el despreniment d'energia i, com a conseqüència, incrementa la temperatura. S'alliberen 14000 kJ per kg d'oxigen consumit en una oxidació completa (Finstein, 1986).
- Afavoreix el refredament en renovar l'aire i en dissipar energia calorífica pel calor latent d'evaporació d'aigua. Un 90% de la calor es perd per evaporació gràcies a la ventilació, i només un 19% per escalfament de l'aire renovat (McGregor, 1981).
- Pot provocar una excessiva pèrdua d'humitat i frenar el procés tot provocant una baixada de la temperatura (Soliva, 2001).

Per tant, cal novament buscar un punt d'equilibri, ja que si es volteja massa, es pot refredar excessivament la pila de compostatge i a més, perdre humitat i nitrogen en forma d'amoniac per volatilització.

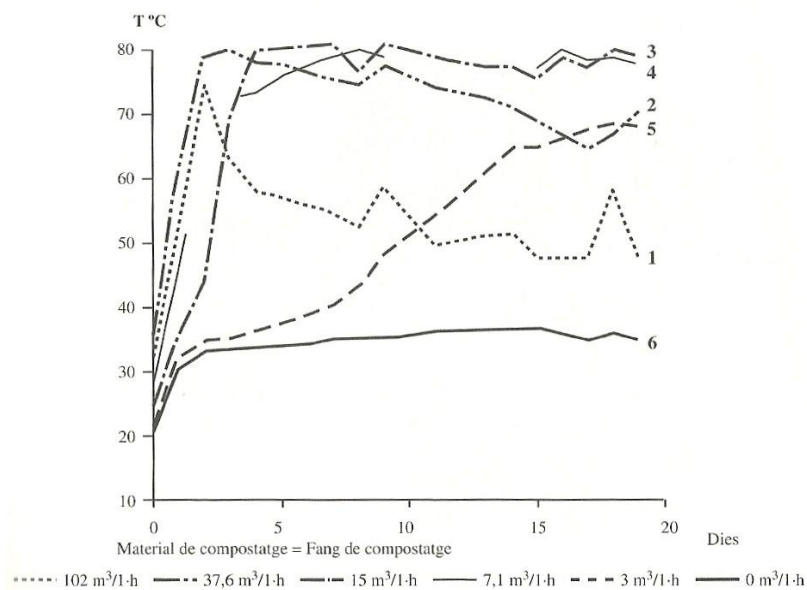
En conseqüència, el més assenyat, serà partir d'una material o barreja inicial amb unes característiques òptimes, que tingui unes necessitats de volteig mínimes, per a que sigui més senzill trobar aquest equilibri entre la higienització, la biodegradació, el nivell d'humitat i la conservació màxima del nitrogen. En la figura 13, es pot percebre com influeix el tipus de material i la temperatura en el manteniment d'una bona aeració al llarg del procés.

Figura 13. Influència del tipus de material per compostar i de la temperatura de l'aire de sortida en les necessitats d'aire per eliminar la humitat d'un compost amb un 70% de matèria seca (Haug, 1993).



En la figura 14, es pot veure la influència dels diferents nivells d'aeració sobre la temperatura, és a dir, quines conseqüències té l'aplicació de diferents cabals d'aire sobre el material de compostatge, dels quals depèn directament l'èxit de l'operació.

Figura 14. Influència de l'aeració en la temperatura (Willson, 1983).



Com es pot observar a la gràfica, els diferents cabals d'aeració fan canviar l'evolució de la temperatura de manera molt significativa. En aquest cas, el que s'apropa de forma més

clara a l'òptim seria el cabal 2, que comporta un flux de 37,6 m³ d'aire per litre de material i hora. Aquest cabal és bastant gran degut a la baixa porositat que té el material, però permet que la temperatura pugi ràpidament fins a superar els valors de higienització, i la manté al voltant dels 60 – 70 °C durant força dies per a que la descomposició avanci de forma adequada. Es pot dir que aquestes temperatures són una mica altes perquè al principi del procés el material gairebé assoleix els 80 °C, i a aquestes temperatures desapareixeran alguns microorganismes beneficiosos pel compostatge, però tot i això, el procés segueix endavant sense grans problemes.

En les etapes finals, l'activitat biològica va disminuint fins a ser pràcticament nul·la, degut a que ja no queda material per degradar fàcilment. Això suposarà una baixada gradual de la temperatura fins assolir la temperatura ambiental, que ens indicarà, que el compost està estabilitzat i el procés està acabant. Altres indicadors d'aquesta estabilitat seran el color fosc dels productes finals, la dimensió del material resultant, la presència de partícules petites o el baix contingut en aigua.

2.3.6 Fases del compostatge

El compostatge es desenvolupa en dues fases ben diferenciades. La primera, és la fase de descomposició, en la qual, es du a terme la descomposició de molècules orgàniques complexes en d'altres més senzilles mitjançant l'activitat microbiana, que com a conseqüència, despendrà calor, ja que és un procés exotèrmic. La segona fase, s'anomena fase de maduració o estabilització, i consisteix en la construcció de noves macromolècules, conegudes com a substàncies húmiques, a partir de les molècules senzilles que ha deixat com a producte la descomposició. Aquest procés també el provoca l'activitat microbiana però no desprèn tanta calor.

Alhora de compostar, la fase més crítica és la de descomposició perquè l'activitat biològica és molt més alta. Desapareixen les molècules més fàcilment degradables tot alliberant energia en forma de calor, aigua, anhídrid carbònic i amoníac i alguns biopolimers com la cel·lulosa o la lignina queden parcialment alterats, de manera que faran d'estructura per a la MO estabilitzada durant la fase de maduració. Per tant, caldrà un control estricte de les condicions, que vigili el despreniment d'energia i el consum d'oxigen i previngui l'aparició de problemes com les males olors, els lixiviats, presència massiva d'insectes, pèrdua de NH₃, etc.

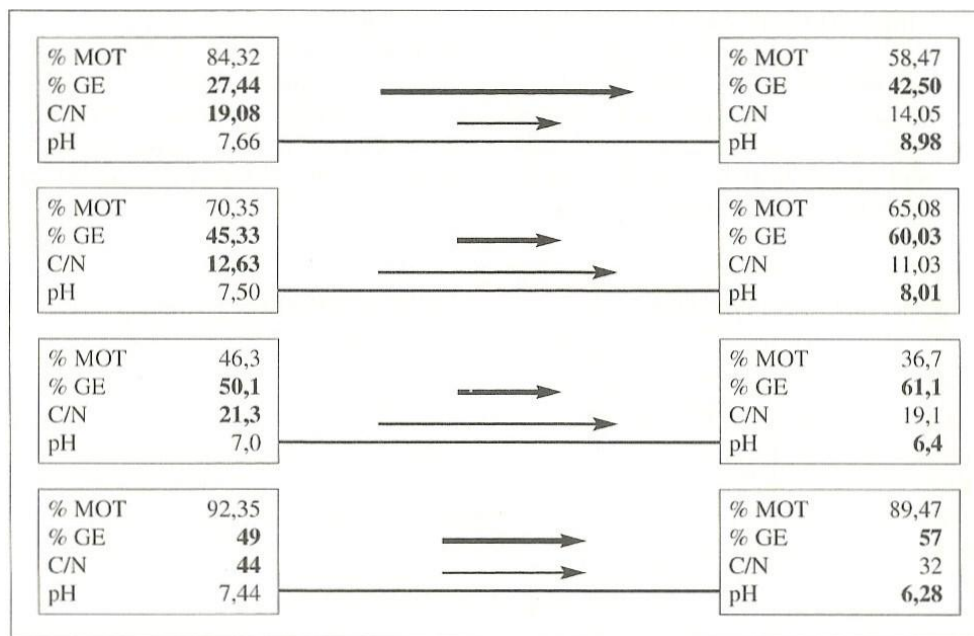
Pel que fa a la fase de maduració, serà un resultat del que hagi passat durant la descomposició i dels materials emprats. També dependrà de la destinació que tingui el compost obtingut. El temps de durada va des de unes poques setmanes fins a uns quant mesos i consisteix en la colonització del producte mig madur per part de bacteris mesòfils i microfauna, que en unes condicions de temperatura més baixes i amb un pH lleugerament alcalí maduraran el compost fins a estabilitzar-lo. Aquest procés consistirà en la

reconstrucció de macromolècules orgàniques a partir dels productes residuals de la fase de descomposició.

Per mesurar l'estabilitat s'utilitza un paràmetre anomenat grau d'estabilitat, expressat en tant per cent (%GE). Aquest és el resultat de dividir la matèria orgànica resistent, és a dir, la MO difícil de degradar, entre la matèria orgànica total. Es d'esperar que al principi del procés el grau d'estabilitat sigui baix per la presència important de MO biodegradable, i que al final de la maduració, aquest sigui alt per la predominança de MO difícilment degradable i els compostos orgànics estables que s'han produït com a conseqüència del compostatge.

Aquesta evolució es pot veure clara en la figura 15, on es veu l'evolució de diferents paràmetres i se'n dedueix quina de les dues fases, la de descomposició o la de maduració, ha estat més important.

Figura 15. Influència de la composició inicial en la intensitat relativa de les fases de maduració i descomposició (Soliva, 2001).



Aquesta figura representa clarament que quan el material té molt contingut de MO i un GE baix, del qual es pot deduir, que la MO té una proporció elevada de MO biodegradable, la fase de descomposició serà molt intensa en comparació amb la fase de maduració, ja que degradar tota la MO biodegradable necessita una gran activitat biològica al principi del procés. En canvi, si la proporció de MO, sigui gran o petita, té un GE més aviat elevat, la descomposició serà menys intensa perquè hi haurà poca MO biodegradable i la maduració s'allargarà. Entre aquests dos casos, es poden donar tantes situacions com a materials de partida existeixen, ja que les dues fases s'adaptaran a la naturalesa de la MO d'aquests.

2.3.7 Variació dels paràmetres i dels components durant el procés

El compostatge és un procés dinàmic, això vol dir que tant els seus components com els paràmetres que el regulen evolucionen d'un estat inicial a un de final sovint diferents. Per a que aquest dinamisme es desenvolupi de forma correcta i s'assoleixin les condicions òptimes per al compostatge, ja s'ha comentat que calen condicions aeròbiques, però cal aclarir, que també és important que el pH es trobi al voltant de la neutralitat, lleugerament bàsic (6-8), sobretot pel que fa als components, ja que d'aquesta manera, les reaccions que s'hi han de donar a terme, ho faran a un ritme correcte i complet.

Les principals macromolècules presents en els materials orgànics residuals són les proteïnes, els hidrats de carboni, tant en forma soluble com de cel·lulosa, els lípids i la lignina. Tots aquests components es transformen al llarg del procés, però cadascun té el seu mecanisme.

La descomposició de les proteïnes és senzilla, si les condicions són òptimes, es degraden ràpidament en aminoàcids per proteòlisi i l'urea es mineralitza en amoni i sals amoniacals per amonificació. Els aminoàcids i les sals amoniacals són incorporats als processos d'humificació i l'amoni passa a nitrit i finalment a nitrat pels processos de la nitrificació. Si hi ha condicions bàsiques o falta d' O_2 , la nitrificació no es pot donar a terme i l'amoniac es perdrà per volatilització, fet que és poc interessant si es vol que el producte final contingui quantitats importants de nitrogen.

En quant als hidrats de carboni solubles, els més importants són els sucres solubles i el midó, que són degradats de forma ràpida a monosacàrids. Si se senten olors àcides persistents, és un indicador de que la degradació la estan fent bacteris anaeròbics i per tant, hi ha una manca d' O_2 , que provoca la formació d'àcids orgànics volàtils que fan mala olor.

Pel que fa a la cel·lulosa, només es podrà degradar una part, que passarà a formar àcids poliurònics, que posteriorment s'humificaran. Per a fer aquesta degradació, els fongs i actinomicets implicats necessitaran una font de nitrogen i si les condicions són àcides, gran part de la cel·lulosa quedarà inalterada. Si a més, no hi ha suficient O_2 , la degradació anaeròbica donarà com a resultat productes gasosos que no són interessants.

La lignina, igual que la cel·lulosa, només es podrà degradar en part. Els microorganismes capaços de degradar-la també necessiten una font de nitrogen i sovint només arriben a formar lignina semioxidada, que servirà d'esquelet per estructurar el compost.

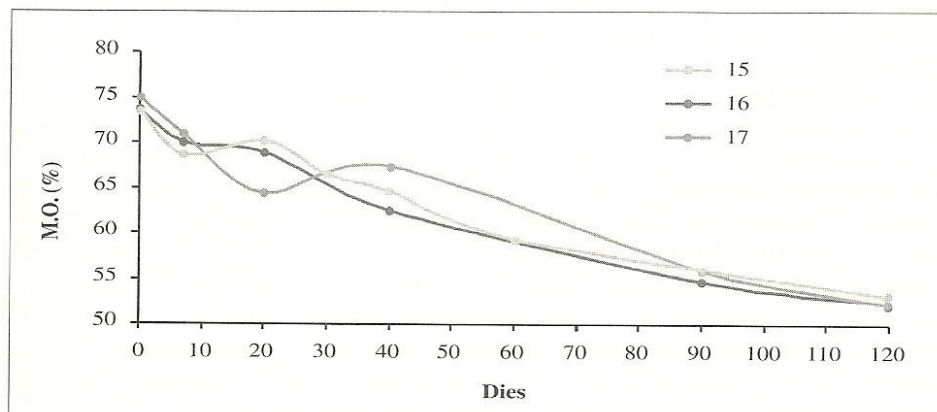
I finalment, els lípids tenen una degradació limitada per la seva insolubilitat en medi aquós, però quan aquests entren en contacte amb els hidròxids, es solubilitzen i són degradats ràpidament.

Les reaccions que pateixen els components dels materials compostables donen lloc a una sèrie de canvis globals entre l'inici i el final del compostatge. Aquests canvis són els següents (Soliva, 2001):

- Forta disminució de la matèria orgànica degradable.
- Increment relatiu i en part real, de la matèria orgànica resistent.
- Manteniment teòric del contingut en nitrogen total, que s'hauria de manifestar en un increment relatiu del contingut de nitrogen orgànic i uns continguts més alts de nitrogen nítric, i uns continguts més baixos de nitrogen amoniacal.
- Increment relatiu dels components minerals que no es puguin perdre per lixiviació, la qual cosa, en el cas dels metalls pesants, significa un increment dels mateixos en el producte final.
- La humitat disminueix i el pH i la CE s'incrementen.

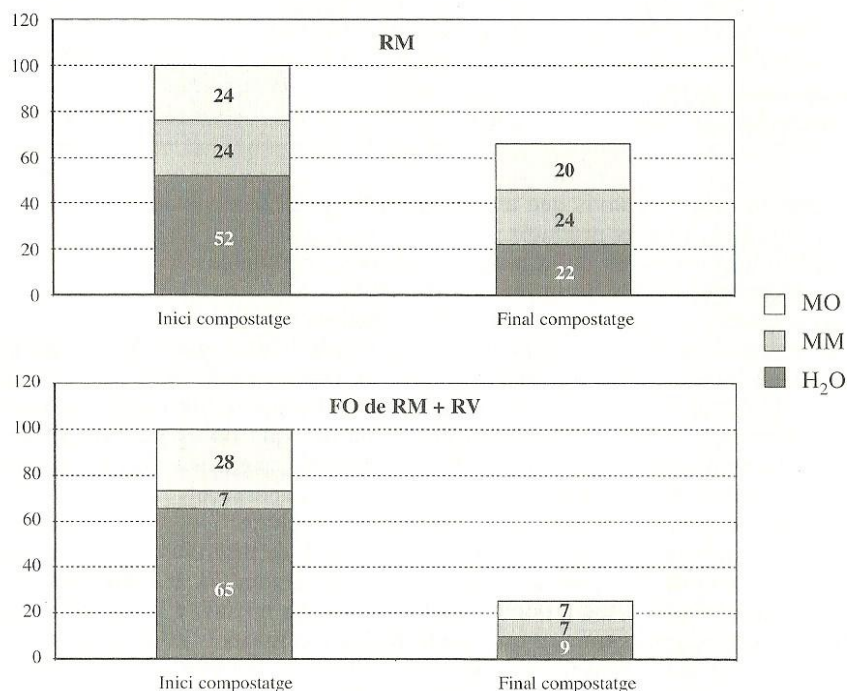
A les figures 16 i 17, es poden comprovar de forma pràctica els trets més importants dels canvis que pateix el material durant el compostatge acabats d'esmentat.

Figura 16. Variació del contingut en MOT de diferents piles de compostatge de fracció orgànica de residus municipals (FORM) + restes vegetals procedents de la poda feta en zones urbanes (RV) (Campdabadal, 1999).



S'observa clarament la pèrdua de MO al llarg dels dies que dura el compostatge. Aquesta pèrdua es deu principalment a la degradació de la MO biodegradable, que principalment passa a formar compostos húmics o en part es perd en forma de CO₂.

Figura 17. Variació dels continguts en MO, MM i aigua en el compostatge de RM i FORM + RV (Molina, 1998).



En la figura 17, també es compara el fet de compostar residus municipals tots junts, que per tant, contenen molts materials no biodegradables amb el compostatge de la fracció orgànica dels residus municipals barrejada amb restes vegetals. Es pot veure que a la de RM, la reducció de la MO, MM i l'aigua és molt més petita degut a que l'activitat biològica ha sigut menor, i per tant la transformació també. En conclusió, grans percentatges de materials no biodegradables dificulten la transformació biològica de la MO i per tant, redueixen l'eficiència del compostatge.

Taula 22. Evolució al llarg del procés de compostatge de FORM + RV dels continguts de matèria orgànica total, nitrogen orgànic, matèria orgànica resistent, grau d'estabilitat i nitrogen resistent (Molina, 1998).

Edat	P18		P19		P18		P19		P18		P19	
	0 dies		7 dies		25 dies		40 dies		100 dies (garbellatge)			
%MO	64,23	72,00	67,30	62,36	66,88	63,20	66,22	63,32	54,07	44,51		
%Norg	2,52	2,79	3,47	2,79	2,86	2,47	2,84	2,88	2,42	2,74		
%MOR	24,9	23,5	23,1	26,8	27,1	27,3	26,9	28,6	24,3	28,7		
%GE	38,8	32,6	34,3	43,0	40,5	43,3	40,7	45,1	44,5	64,5		
%NnH	0,91	1,03	0,97	0,86	1,05	0,86	0,90	1,09	1,71	1,88		

La taula 22 representa dades de la planta de compostatge de FORM de Torrelles de Llobregat en diferents dies del procés. S'observa com disminueix la MO, la MOR es queda igual o augmenta en proporció, el GE augmenta cap al final de la maduració i cal destacar els nivells de nitrogen, que a més de tenir un bon contingut, el té en forma de nitrogen no hidrolitzable (NnH), una forma resistent que no es pot perdre ni per volatilització ni per escorrentia. Aquest NnH, al principi representa el 36% de N orgànic però al final s'eleva fins el 70%. Tot i tenint bons continguts de N, es possible que se'n hagi perdut una part, ja que tot i que teòricament s'hauria de conservar tot el nitrogen orgànic, a la pràctica, és força difícil.

A la taula 23 es pot apreciar la disminució del nitrogen amoniacal i l'augment del nitrogen nítric al llarg del procés de compostatge. Aquest fet es degut a que el N amoniacal, molt present a l'inici, es va degradant a N nítric per efecte de la nitrificació i aquest va augmentant la seva presència fins arribar al seu màxim al final del procés. No tot el N amoniacal és nitrifica, sinó que bona part es perd per rentatge o passa a amoníac i es perd per volatilització.

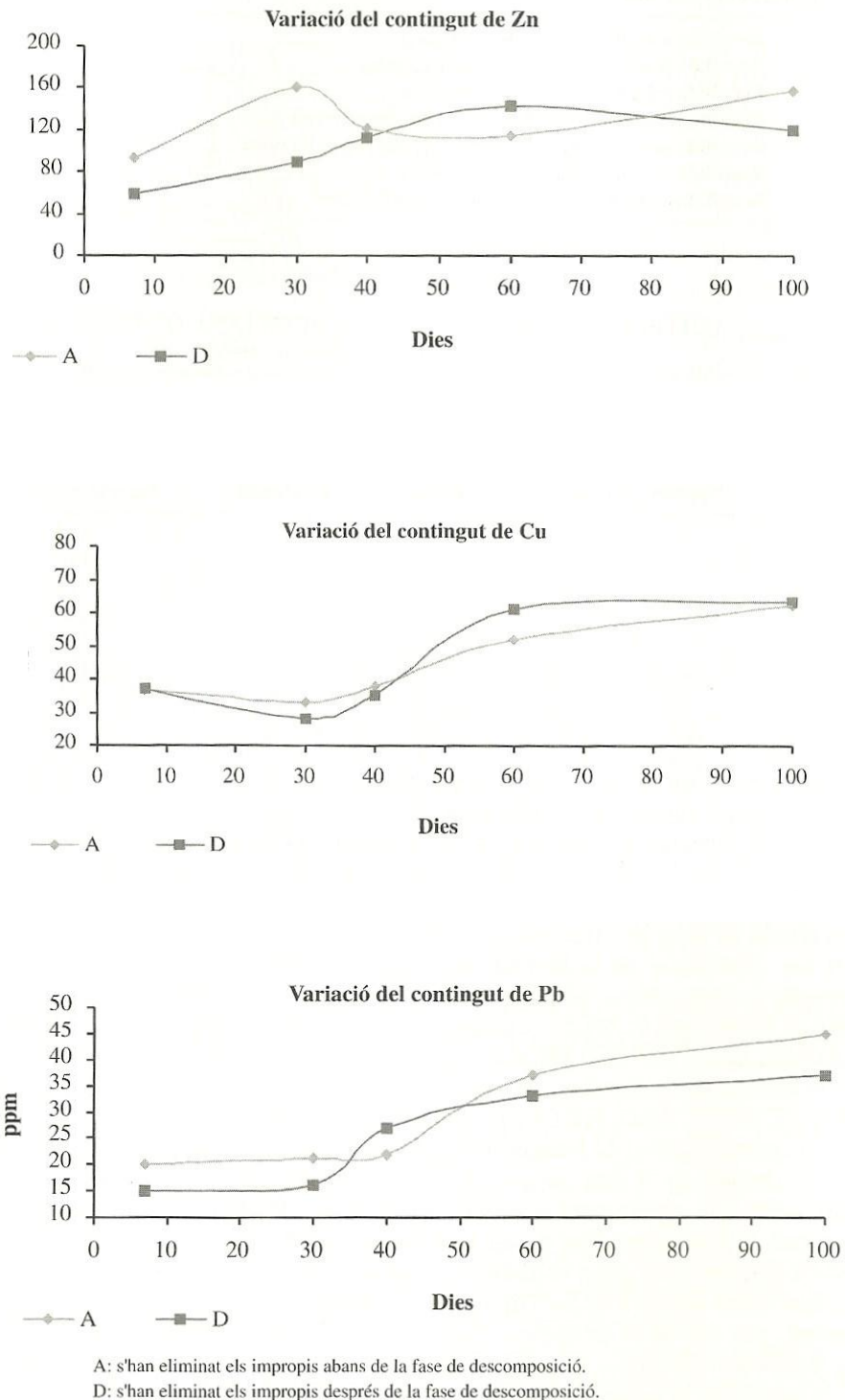
Taula 23. Variació dels continguts en nitrogen amoniacal i nítric al llarg del compostatge de restes de poda i fangs de depuradora (Vilarasau, 1992).

Dies	1	8	19	33	53	60	73	80	100
ppm N-NH ₄	2.198	2.470	1.627	1.766	1.517	1.177	926	441	17
0ppm N-NO ₃	40	26	32	132	255	220	256	816	951

Finalment, els metalls pesants, pateixen un increment relatiu, com es pot veure en la figura 18.

Aquest fet es deu a que en conseqüència a la pèrdua d'aigua i de MO, la MM augmenta la seva proporció. És molt important que es controli aquest augment perquè un contingut massa alt en metalls pesants pot convertir el compost en inservible per risc de contaminació. En aquest assaig es va voler comprovar si els contingut de metalls pesants del compost variaria segons si s'eliminaven els impropis abans o després de la fase de descomposició, però els resultats no van ser prou significatius com per percebre una diferència notable.

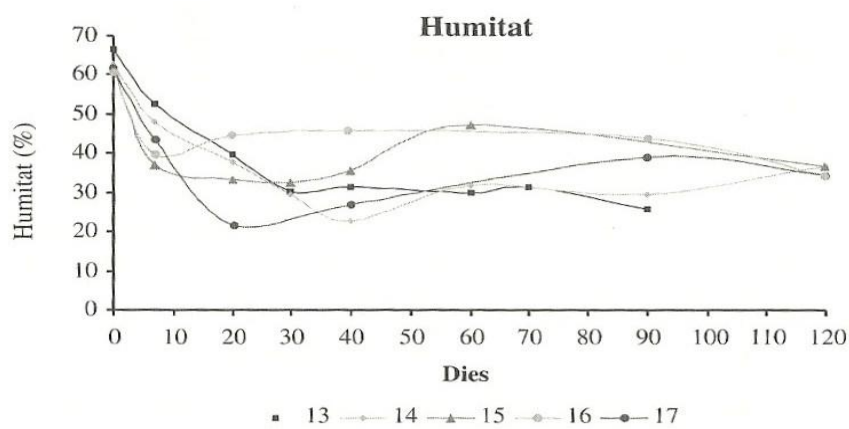
Figura 18. Increment del contingut de metalls al llarg del compostatge de FORM + RV a la planta de Torrelles de Llobregat (Soliva, 2001).



Com s'ha vist fins ara, els paràmetres que regulen els compostatge, evolucionen al llarg del mateix. Aleshores, el desenvolupament correcte del compostatge depèn de uns condicionants inicials necessaris per a que el procés arrenqui, però també serà necessari que la seva evolució es mogui dintre del rangs òptims.

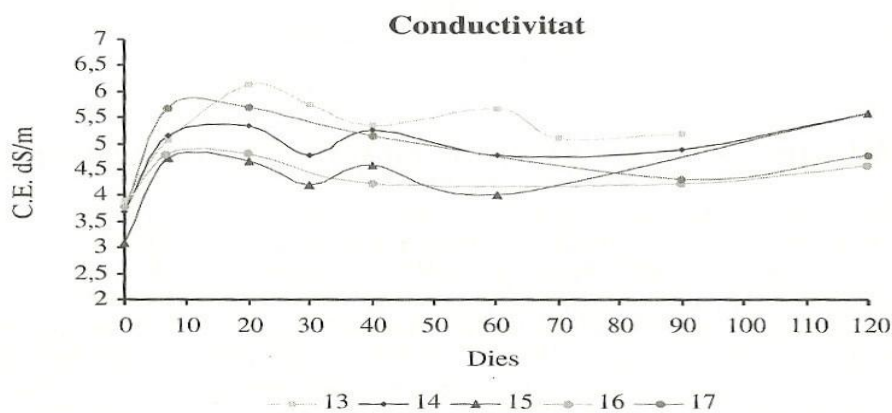
La humitat disminuirà durant el compostatge pel fet de que l'energia després escalfa l'aigua i aquesta s'evapora de forma significativa. Si en un inici una humitat òptima estaria entre el 40 i el 60 %, al final hauria d'estar entre el 25 i el 40%. Una humitat més baixa seria perillós per la salut dels treballadors perquè el compost alliberaria moltes partícules molt fines que a mig-llarg termini podrien provocar complicacions pulmonars. Durant la fase de descomposició cal mantenir-la com a mínim al 50 % amb regs perquè sinó l'activitat microbiana s'alentirà. En la figura 19, es pot veure un cas pràctic en que tots els casos van baixar del 50 % durant la descomposició, fet que tot i que no va parar la dinàmica, si que la va allargar de forma important.

Figura 19. Variació de la humitat al llarg del compostatge de FORM + RV (Campdabadal, 1999).



La conductivitat elèctrica, en canvi, augmenta al llarg del compostatge. La pèrdua d'aigua fa que la MM es concentri i en conseqüència la CE pugui. Cal destacar l'augment de ions nitrats en proporció. En la figura 20 se'n pot veure un exemple.

Figura 20. Variació de la conductivitat elèctrica al llarg del compostatge de FORM + RV (Campdabadal, 1999).

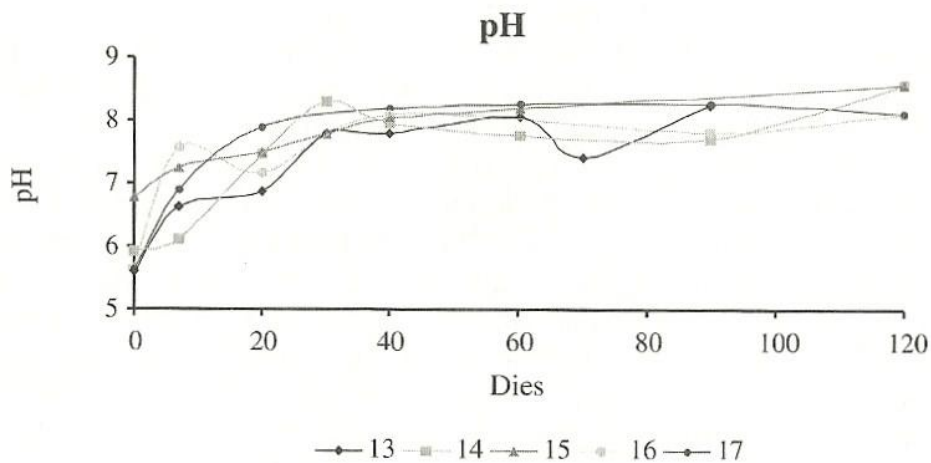


El pH també augmenta cap al final del procés, tot i que al principi, baixa per la formació d'àcids grassos de cadena curta per la descomposició dels hidrats de carboni, però

ràpidament, el CO_2 i el NH_3 alliberats per la descomposició, neutralitzen el compost cap a valors al voltant de 8.

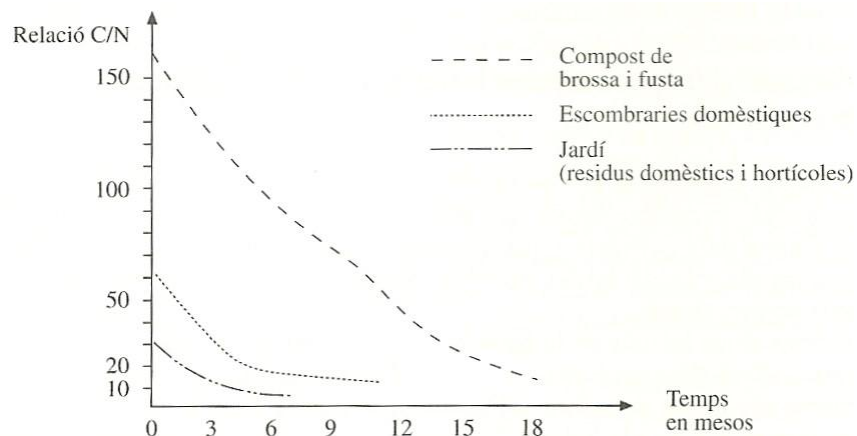
Si tenim una pujada brusca del pH, voldrà dir que el material és massa ric en N i està produint molt NH_3 , per tant, caldrà afegir material carbonós per no perdre tot aquest N, o, si la causa és que les condicions són anaeròbiques, caldrà voltejar. Si en canvi tenim una baixada brusca de pH, vol dir que tenim condicions anaeròbiques, i també caldrà voltejar. A continuació, es pot observar un exemple d'evolució del pH (figura 21).

Figura 21. Variació del pH al llarg del compostatge de FORM + RV (Campdabadal, 1999)



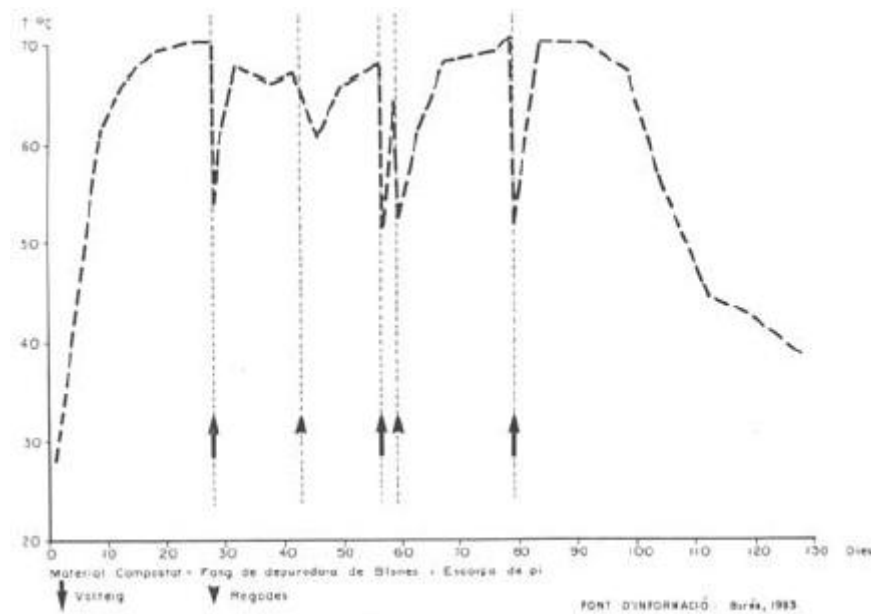
La relació C/N, al contrari que el pH i la CE, tendeix a disminuir al llarg del procés. Degut a la transformació biològica, es perd molt carboni en forma de CO_2 i el nitrogen, tot i que també se'n perd a la pràctica, encara que les condicions siguin òptimes, en proporció se'n perd menys. Per aquest fet, la C/N va baixant de forma gradual, tot assolint el seu mínim al final de la fase de maduració. En la següent gràfica es pot observar aquesta tendència en diferents materials d'entrada, com la barreja de brossa i fusta, les escombraries domèstiques o les restes de jardí.

Figura 22. Evolució de la relació C/N al llarg del compostatge (Mustin, 1987).



I per últim, cal parlar del millor indicador de tots per tal de controlar el compostatge, sobretot a nivell industrial, la temperatura. És un indicador fàcil de mesurar que indica de forma clara quins processos s'estan duent a terme al material i que permet el seu control fàcilment, mitjançant el volteig, l'aeració i el reg. Durant la fase de descomposició, la temperatura puja ràpidament degut a l'activitat biològica frenètica que s'està portant a terme, però cal que el material no es sobreescalfi massa per no perdre vida microbiana. Per assolir aquest objectiu, caldrà mantenir la temperatura al voltant dels 60 °C. La forma més adient de fer-ho és mitjançant el volteig i/o el reg, si a més a més, sorgeixen problemes de falta de humitat. Es farà cada vegada que la temperatura sobrepassi de manera important els 60 °C fins que la temperatura deixi de recuperar-se i es comenci la fase de maduració. Durant la maduració, es deixarà que la temperatura baixi gradualment, de manera que no trenquem la dinàmica dels processos que s'hi donen. Quan la temperatura del compost sigui la mateixa que la ambiental, serà un signe de que el producte està estabilitzat i ha finalitzat el procés. La figura 23 mostra un exemple de evolució de la temperatura durant el compostatge.

Figura 23. Evolució i control de la temperatura durant el compostatge de fangs de la depuradora de Blanes + escorça de pi (Bures, 1983).



La gràfica mostra com evoluciona la temperatura i com a partir del volteig i el reg, es pot controlar que aquesta ni s'elevi massa ni baixi més del compte. Després de cada intervenció, la temperatura baixa entre 10 i 15 °C, però com encara hi ha material per degradar, aquesta es recupera. Les raons per intervenir poden ser tant per un augment de la temperatura massa fort, com per una disminució de la temperatura deguda a una disminució de l'activitat biològica, que tot i haver encara material per degradar, no pugui treballar per una manca d'oxigen o una falta de humitat.

2.4 Materials a compostar

Els materials per compostar han de complir per si mateixos o barrejats amb d'altres dos requisits principals. Cal que afavoreixin el procés, és a dir, que continguin totes aquelles característiques que s'han subratllat per a que el compostatge evolucioni de manera correcta i han de permetre el seu compostatge en les millors condicions possibles, tant energètiques, econòmiques com ambientals. D'aquesta manera, s'obtindrà un producte de qualitat que es podrà utilitzar per assolir determinats objectius.

Per acceptar aquest materials, cal seguir uns criteris que avaluin la seva acceptabilitat a partir dels condicionants del procés, de la disponibilitat de residus o segons l'interès en desfer-se'n. Segons l'ORCA (*Organic Reclamation and Composting Association*) els criteris per acceptar un material per al seu compostatge són:

- Compatibilitat amb totes les operacions del procés.
- Biodegradabilitat.
- Seguretat ambiental.
- Afectació de la qualitat del compost.
- Estalvi d'abocadors.

És important seguir aquests criteris alhora d'acceptar els residus, ja que existeix cert perill que es faci un mal ús del compostatge i que es converteixi en una manera encoberta d'enviar residus cap als sòls.

La classificació dels residus susceptibles de ser compostables és molt senzilla i es resumeix en la taula 24.

Taula 24. Classificació dels materials compostables.

Residus verds i humits	Residus marrons i secs
<ul style="list-style-type: none">- Elevat contingut d'aigua- Baixa porositat- Elevada concentració de N- Baixa relació C/N	<ul style="list-style-type: none">- Baix contingut d'aigua- Elevada porositat- Baixa concentració de N- Elevada relació C/N
Exemples: restes de sega fresques, herbes mesclades, restes vegetals de cuina i fruites, marró del cafè, fems, etc.	Exemples: estelles de fusta, serradures, fenc, palla, closques i pinyols, branques, etc.

Com es pot observar, per les seves característiques, seria bo barrejar-los per, alhora de compostar-los, partir d'unes condicions òptimes per el compostatge. Segons el material o materials de partida, podem obtenir diferents tipus de compost. Els més importants són els següents:

- Compost vegetal: matèria primera constituïda per residus vegetals com ara fulles, restes de sega, de poda o altres restes vegetals.
- Compost de FORM: matèria primera procedent de la fracció orgànica dels residus municipals.
- Compost de fems: matèria primera constituïda per les dejeccions sòlides del bestiar barrejades o no amb el jaç.
- Compost de fangs d'EDAR: matèria primera procedent de llots de depuradores d'aigües residuals.
- Compost mixt: matèries primeres procedents de la barreja de materials orgànics d'origen variat.

Cal tenir en compte que el compost obtingut, serà el resultat de les característiques de les matèries primeres i, per tant, la varietat serà fonamental per obtenir un producte de màxima qualitat. Un dels materials inicials més variats és la FORM, que segons si es recull de manera selectiva o s'inclou en els residus municipals generals, té més qualitat o menys. La taula 25 compara els trets característics de la fracció orgànica segons aquest fet diferencial.

Taula 25. Característiques de la fracció inicial de diferents plantes de compostatge de FORM o RM (Molina 1998).

Planta	FORM Torrelles	FORM Molins de Rei	FORM La Selva	RM Mataró	RM Vilafranca
Humitat (%)	78.26	81.33	70.86	45.20	51.8
pH	5.87	5.53	4.35	6.30	5.4
CE (ds/m)	2.64	2.53	4.92	5.30	6.5
MOT (%)	73.84	79.85	79.70	43.0	68.8
N_{org} (%)	2.34	2.75	3.23	1.83	1.34
Fe (%)	0.15	0.18	0.18	1.32	0.67
Zn (ppm)	28	122	122	286	152
Cu (ppm)	24	32	9	272	132
Ni (ppm)	12	38	136	156	43
Cr (ppm)	24	25	59	80	39
Pb (ppm)	10	16	9	231	72
Cd (ppm)	-	0.38	0.43	1.40	0.73

En general, es veu clarament que la fracció orgànica recollida de forma selectiva té millors característiques. Tot i que té una humitat massa elevada per compostar-la sola, que ocasiona que sovint necessiti l'addició de algun material estructurant o complementari, té més MO i N orgànic i un contingut en metalls pesants menors, fet que es traduirà en una millor qualitat del compost obtingut.

Existeixen alguns residus orgànics que són molt presents en el nostre àmbit i podria ser interessants compostar-los per utilitzar-los tant en agricultura com en jardineria i paisatgisme encara que sovint són problemàtics. Aquests són residus líquids, amb poc contingut en MO, amb contingut elevats de metalls o amb continguts elevats de nitrogen.

Els residus orgànics líquids com els purins, fangs, xerigot, vinasses, etc tenen dos problemes, que se'n genera molt volum i que el seu abocament, emmagatzematge i transport és molt costós, tant econòmicament com ambientalment. El compostatge difícilment és un bon tractament per als residus líquids, però aquests poden aportar aigua i nutrients, i seria factible si es fes en petites quantitats o addicionant quantitats elevades de material absorbent que es tingués disponible. Un cas molt clar és el dels purins; les explotacions porcínes no disposen de suficient material absorbent i a més, no és correcte el seu ús per a humitejar piles de compostatge de RO, degut a que poden aportar patògens, però, si es fa un tractament de filtrat i centrifugat, és possible el compostatge de la fracció sòlida, que té unes característiques interessants que es poden veure en la taula 26.

Taula 26. Característiques de les fraccions sòlides de purins (Almansa, 1999).

Humitat (%)	pH	CE (ds/m)	MOT (%)	N.org (%)	N-NH ₄ ⁺ (%)
75.35	8.30	2.05	71.80	2.93	0.85
83.40	8.30	4.43	81.93	2.54	2.10

Pel que fa a residus amb poc contingut en MO, el compostatge no és adequat perquè l'activitat biològica serà molt petita i la reducció i l'estabilització del producte serà molt dèbil. Quant als residus amb continguts elevats de metalls, cal tenir en compte els increments relatius i quin destí tindrà els compost obtingut, ja que si es per agricultura o jardineria i paisatgisme, les conseqüències poden ser molt negatives i per tant, segurament sobrepassi els límits d'acceptabilitat. Per últim, els residus amb continguts elevats de nitrogen, com poden ser el residus d'escorxadors, són interessants pel alt contingut en nitrogen però addicionar-hi quantitats importants de materials complementaris per poder-los compostar en condicions òptimes.

2.5 Sistemes de compostatge

El compostatge és una tecnologia de tractament de residus com a mínim tant antiga com l'agricultura. És per aquest fet que és un tractament molt flexible i versàtil, que ha proporcionat tantes maneres de portar-lo a terme com plantes de compostatge existeixen, ja que cada una l'adapta, a la quantitat i la qualitat de material que tracta, els costos que pot assolir, la seva eficiència, l'acceptació del producte obtingut, etc.

Tradicionalment, els sistema que s'havia seguit era l'apilament dels materials orgànics, tant de procedència agrícola, ramadera o domèstica, en els anomenats femers o en altres instal·lacions, per posteriorment utilitzar-los com adob orgànic als camps. Actualment, s'ha inclòs l'utilització de la tecnologia per tenir capacitat de tractar volums de material orgànic més grans i amb més rapidesa. Per tractar tots aquests residus orgànics de manera efectiva, es divideix el procés en 3 fases fonamentals:

- Pretractament
- Procés biològic (Descomposició, maduració i tractament d'efluents)
- Postractament

El pretractament consisteix en reduir el contingut en materials impropis, reduir la mida de les partícules i fer les barreges adequades i ajustar-ne la humitat. Inclou un sistema de selecció de residus i de obertura de bosses; un sistema de trituració, que sovint està format per 1 o 2 rodets que al girar en sentit contrari esclafen el material; un sistema d'homogeneïtzació, que barrejarà el material i un sistema de preparació de barreges, que barrejarà si cal, diferents materials i/o estructurant per a que el material obtingut tingui les característiques òptimes per ser compostat. L'equipament pot incloure cintes transportadores, sistemes d'obertura de bosses, garbells rotatius tipus trommel, electroimants, separadors de Foucalt, cabines de selecció manual, barrejadores i trituradores.

El procés biològic consta, com ja s'ha exposat anteriorment, de la fase de descomposició i la fase de maduració. La descomposició és la fase més complexa i per tant, la que, juntament amb la fase de recepció i barreja, té més possibilitats de causar problemes, com deixa clar la taula 27.

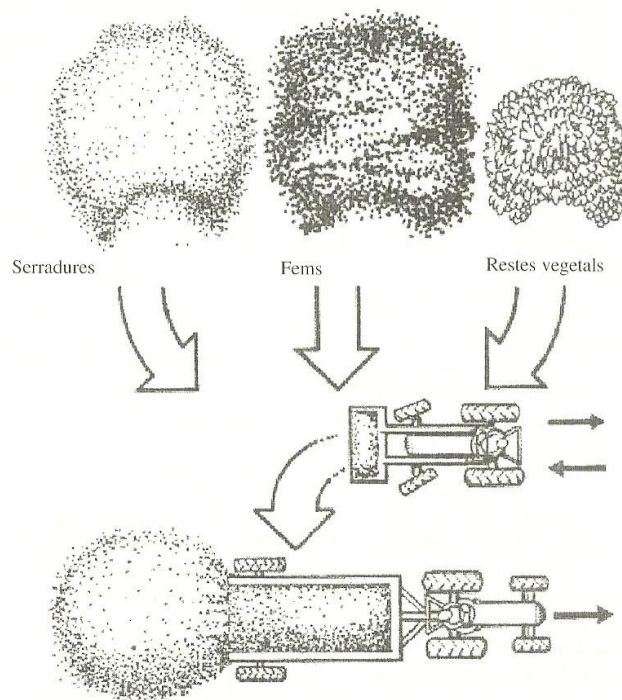
Taula 27. Possibilitat de generació de problemes en les diferents etapes del procés de compostatge (Soliva, 2001)

Problemes	Recepció/ barreja	Fase de Descomposició	Fase de Maduració	Garbellament/ emmagatzematge
Generació d'olors	Molt elevada	Elevada	Baixa	Baixa
Generació de lixiviats	Elevada	Molt elevada	Baixa	Nul·la
Generació de pols	Baixa	Baixa	Mitjana	Elevada

Quant a la tecnologia emprada, els sistemes més senzills són els que utilitzen piles o munts, també anomenats sistemes oberts. Els sistemes més complexos són anomenats sistemes tancats. Les seves característiques són les següents:

- **Piles dinàmiques:** Consisteix en disposar les piles a l'aire lliure, sota cobert o en un recinte tancat sobre un espai cimentat. L'aeració de la pila es farà mitjançant qualsevol sistema de volteig i es necessitarà algun sistema de cobertura que impedeixi l'alteració de la pila per les condicions climatològiques adverses. És un sistema senzill que funciona molt be però que no permet un seguiment exhaustiu de l'evolució de la pila. Un exemple d'aquesta pràctica es presenta en la següent figura.

Figura 24: Preparació d'una pila de compostatge a partir de diferents materials (Martin, 1992).



- Piles estàtiques: Consisteix en disposar les piles a l'aire lliure, sota cobert o en un recinte tancat amb un sistema d'aeració controlat, tant de pressió (impulsió) com de succió (aspiració). Es pot complementar amb el volteig. També és un sistema senzill però ja ha de disposar d'un sol perforat i unes bombes per l'aeració, biofiltres i equips de control de temperatura i aeració.
- Sistemes tancats: Amb un grau més de complexitat, existeixen un munt de sistemes que porten el procés d'una manera molt més controlada. Els més utilitzats són els túnels de compostatge però també es pot trobar digestors, sitges, reactors, etc. Tot i que són més difícils de controlar i necessiten d'una inversió econòmica important, tenen força avantatges que cal destacar. Són més còmodes per als treballadors, presenten menys perills sanitaris, més facilitat per controlar els efluent, necessiten menys espai i redueixen els possibles impactes ambientals. En definitiva són adients per tractar cabals importants com els que es generen a grans ciutats.

A la taula 28 es pot observar una comparació entre els diferents sistemes de compostatge.

Taula 28. Aproximació a la valoració dels punts forts i febles de diferents sistemes de compostatge. (Soliva, 2001)

Tipus	Subtipus	Necessitat d'espai	Temps de procés	Costos	Control del procés	Control i impacte ambiental
Piles dinàmiques	Aire lliure	Molt elevat	Elevat	Baix	Baix	Baix
	Cobertes	Elevat	Elevat	Mitjà	Baix	Baix
	Tancades	Elevat	Elevat	Mitjà	Mitjà	Mitjà
Piles fixes	Aire lliure	Elevat	Elevat	Mitjà	Elevat	Baix
	Cobertes	Mitjà	Mitjà	Elevat	Elevat	Mitjà
	Tancades	Mitjà	Mitjà	Elevat	Elevat	Elevat
Túnels		Baix	Baix	Molt elevat	Molt elevat	Elevat

La taula permet visualitzar que tots els sistemes tenen els seus avantatges i desavantatges. Alhora d'escollir un o un altre dependrà del cabal a tractar i de les característiques dels materials d'entrada.

EL PMGRM (Programa metropolità de gestió de residus municipals) disposa d'un mètode molt senzill per escollir si la tecnologia més adequada és un sistema obert (piles) o un sistema tancat (túnels,...). Es basa en tres factors, la disponibilitat d'espai (A), la densitat de població (B) i la capacitat de tractament de la planta (C), que puntua amb un 0 o un 1 i els atorga una ponderació segons la seva importància, tot seguint la successiva taula:

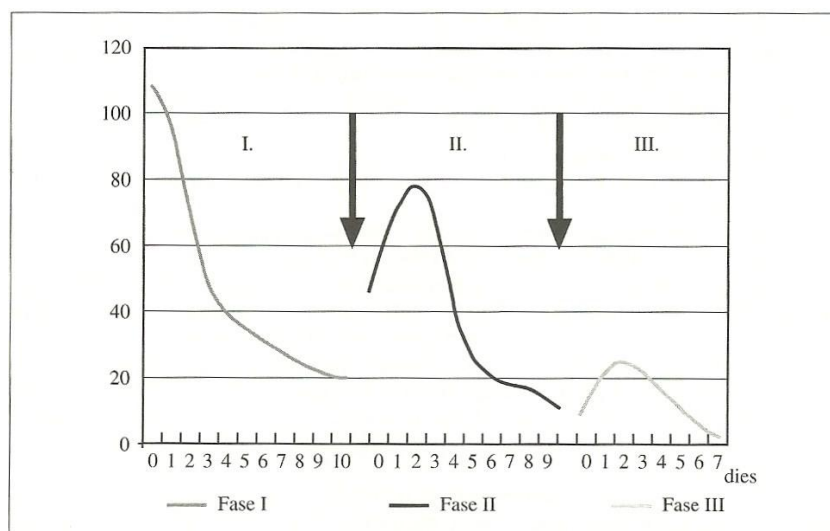
Taula 29. Mètode proposat pel PMGRM 2009-2016 per la selecció del sistema de compostatge de la FORM (EMA, 2009).

Sistema	Disponibilitat d'espai (km ²)	Valor de A	Densitat de població (hab/km ²)	Valor de B	MO a tractar (t/any)	Valor de C
Sistemes oberts	Espai suficient > 650	0	Baixa < 200	0	< 10.000	0
Sistemes tancats	Espai suficient < 650	1	Elevada > 200	1	> 10.000	1
Ponderació (%)		10		30		60

Si es fa un petit càlcul ($10A+30B+60C$) i el resultat d'aquest és més gran o igual al 40%, caldrà escollir un sistema tancat, si en canvi, aquest resultat és més petit, caldrà escollir un sistema obert.

Pel que fa a l'etapa de maduració, les diferències són molt més petites entre plantes. L'activitat biològica és bastant més baixa i per tant les necessitats d'oxigen i de humitat també disminueixen molt. Aquest fet té un bon indicador, que és la producció de CO₂ durant tot el procés biològic. A la figura 25 es pot veure com la producció de CO₂ és molt més gran a l'etapa de descomposició (fase I i II) que a l'etapa de maduració (fase III).

Figura 25. Producció de CO₂ en avançar el procés de compostatge. (Herhof, 1992)



És per això, que per madurar el compost, només caldrà disposar-lo en piles més grans que les de descomposició el temps adient i amb menys sistemes de control. El despreniment de gasos i lixiviats en aquesta fase és molt petit i només caldrà vigilar els lixiviats en cas que el material no estigui a cobert i hi hagi la possibilitat de pluges fortes.

Per finalitzar les característiques referents al procés biològic, cal prestar atenció al tractament d'efluents. Aquests són principalment gasos, com per exemple NH₃, H₂S o compostos orgànics volàtils, lixiviats i pols.

Els gasos només es podran tractar si la planta de compostatge es un recinte tancat. La tecnologia emprada més usualment degut al seu baix cost, és el biofiltre. Aquesta tecnologia consisteix en un filtre orgànic format per compost, turba, etc. que conté microorganismes propis del procés de compostatge capaços de fixar aquests gasos en compostos orgànics. Cal mantenir-lo humit per a que els microorganismes puguin treballar i ha de tenir una alçada d'entre 1 i 1.5 metres. A la taula 30 es pot observar la capacitat dels biofiltres per eliminar els components orgànics en forma de gas més important que es donen durant el procés.

Taula 30. Capacitat dels biofiltres per eliminar certs components orgànics volàtils. (Williams i Miller, 1993)

Component	Quantitat màxima eliminada
Formiat de metil	35.0 g/kg medi sec/dia
Sulfur d'hidrogen	5.0 g S/kg torba seca/dia
Acetat de butil	2.41 g/kg torba seca/dia
Butanol	2.41 g/kg torba seca/dia
N-butanol	2.40 g/kg de compost sec/dia
Acetat d'etil	2.03 g/kg torba seca/dia
Toluè	1.58 g/kg torba seca/dia
Metanol	1.35 g/kg medi sec/dia
Metanotiol	0.90 g S/kg torba seca/dia
Disulfur de metil	0.68 g S/kg torba seca/dia
Sulfur de metil	0.38 g S/kg torba seca/dia
Amoníac	0.16 g N/kg torba seca/dia

Els lixiviats, en canvi, caldrà recollir-los mitjançant algun sistema de carrils, i dur-los a una bassa de recepció. Després es podran portar a una altre planta per a que els tractin o es poden reutilitzar per regar el material quan necessita augmentar la seva humitat. Si s'escull la segona opció, caldrà tenir en compte que els lixiviats de piles de descomposició no es poden fer servir per piles en maduració, ja que aquests poden portar patògens no desitjables.

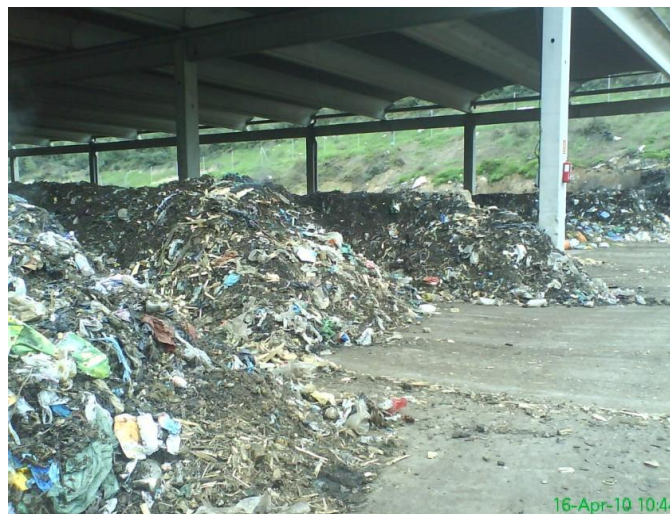
En quant als problemes per generació de pols, solen sorgir quan hi ha problemes de falta d'humitat del compost, que al voltejar-lo, pot despendre petites partícules capaces de provocar afeccions pulmonars als treballadors. En aquest cas, caldrà treballar amb humitats correctes o protegir els treballadors amb mascaretes.

Finalment, pel que fa a la última fase, el posttractament, el seu objectiu és refinar el producte final, classificar-lo per grandàries i, opcionalment, envasar-lo. És important

destacar que en aquesta fase es recuperarà el material estructurant de mida grossa no incorporat al compost per l'operació de tamisat per tal de reutilitzar-lo en el propi (recirculat vegetal). El tractament inclourà principalment operacions de tamisat i cribat, i l'equipament utilitzat serà garbells rotatius o plans, taules densimètriques, embaladores, etc.

Tot seguit, es presenten un conjunt de fotografies, que permeten observar diferents aspectes del procés de compostatge de FORM i fangs d' Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) amb RV a la planta de compostatge de Jorba (Anoia), on es fa servir el sistema de piles dinàmiques sota cobert i a l'aire lliure.

Piles dinàmiques de FORM+RV



Tot i que la FORM ha estat recollida selectivament, com es pot comprovar, conté un grau elevat d'impropis, que tot i que fan d'estructurant, empitjoren la qualitat del compost obtingut. Aquesta es disposa en piles amb els RV en una relació de 4:1.

Barreja de les piles dinàmiques de FORM+RV



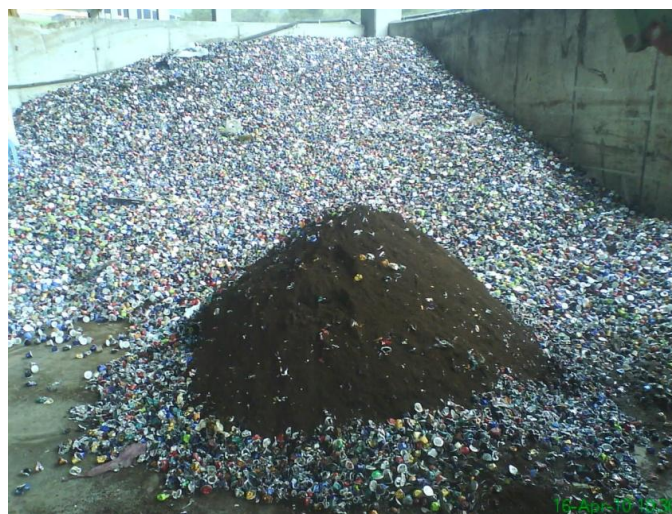
La barrejadora s'encarrega d'homogeneïtzar la mescla per tal de que tingui un bon equilibri d'aire i aigua i el procés de descomposició es posi en marxa. Els lixiviats provocats es recullen per dos canals que van a parar a una bassa, on es recuperen i s'envien a una planta especialitzada per a que els tracti.

Tamisat previ a la fase de maduració



El trommel s'encarrega de tamisar el compost per poder dur a terme la fase de maduració i a eliminar els impropis més grans. Com el grau d'impropis és elevat, algunes traces romandran al compost madur, fet que pot comportar un augment considerable de metalls pesants al compost que s'obtingui.

Compostatge de capsules de Nespresso



En aquest cas, l'envàs d'aquestes càpsules de cafè no permetia compostar el marró que contenien. Per tal d'afrontar aquesta problemàtica, es recullen les càpsules selectivament i es porten a la planta, on s'esclafen per extraure el marró i compostar-lo. Els envasos d'alumini s'envien a una planta de reciclatge especialitzada.

Formació de les piles de fangs d'EDAR + RV



Els fangs d'EDAR es transporten fins la planta en camió i es formen les piles juntament amb els RV. L'elevat contingut hídric d'aquests fangs fa que s'hagin de descarregar poc a poc per poder fer una barreja homogènia.

Fangs d'EDAR + RV



El resultat són piles homogènies amb una relació de fangs/estructurant de 1:1, és a dir, es necessita tant estructurant com fangs a compostar per a obtenir un compost de qualitat, degut al baix grau de porositat dels fangs d'EDAR.

Emmagatzematge del compost madur



Finalment, tant el compost de FORM i RV com el compost de fangs de d'EDAR i RV, quan ha finalitzat la fase de maduració, es torna a tamisar i s'emmagatzema.

2.6 Comercialització

Actualment, al nostre país el mercat de compost és gairebé inexistent. Només es venen petites quantitats per a particulars, que comercialitzen empreses que han estat capaces de produir un compost de qualitat però que tenen produccions petites. La resta de compost, produït per un munt de plantes de compostatge de FORM, RM i fangs d'EDAR, és molt usual que és regali als pagesos de la zona. Com ja apuntava Gutiérrez, al 1992, en un dels seus articles, cal promocionar el compost com qualsevol altre producte que no és imprescindible però que té molts avantatges per usar-lo. És necessari que el producte tingui un preu regular i unes característiques estàndards per a que el consumidor, tant privat com públic, el vegi com una possibilitat real a tenir en compte.

En Jardineria i Paisatgisme, el compost es pot aplicar en multitud d'operacions i situacions que donarien una sortida eficient a aquests productes. Totes aquestes aplicacions i les qualitats exigides estan recollides en la NTJ 05C COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS, que va ser editada per la Fundació del COETAC.

A nivell mundial existeixen molts documents i normes per el ús del compost en els àmbits de la Jardineria i el Paisatgisme. Entre elles destaca la de Califòrnia, (*Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement*. Juny 2007) on es recullen aplicacions molt rellevants tal com ho és el control de l'erosió.

3. Usos del compost en Jardineria i Paisatge i aplicació

3.1. Esmena orgànica segons els usos del sòl

L' utilització del compost com esmena orgànica és molt habitual en l'àmbit de la jardineria i el paisatge, i té com a objectiu incrementar el contingut de substàncies húmiques del sòl.

Prèviament a l'aplicació de les esmenes orgàniques cal realitzar un anàlisi al sòl o terra per determinar la quantitat de compost que cal incorporar i, per detectar, també, si hi ha necessitat de realitzar altres actuacions, tals com, esmenes de pH (sòls massa àcids, massa calcaris o sòdics), esmenes texturals (sòls massa argilencs o massa sorrencs) i/o correccions a sòls massa salins.

Un ús adequat del compost millora altres operacions comuns en els espais verds com ara el reg, reduint la freqüència però augmentant la dosi de reg requerida per les plantes, o també la fertilització, ja que normalment es pot suprimir l'aplicació de fertilitzants de preplantació.

3.1.1. Esmena orgànica general del sòl

L'esmena orgànica general del sòl consisteix en l'estesa i la incorporació del compost en una aplicat directament al sòl que es troba en obres i treballs de jardineria i protecció del paisatge per a millorar les seves propietats físiques, químiques i biològiques.

Aquest ús permet millorar la qualitat agronòmica del sòl, valorant-lo i esmenant-lo per poder-ne disposar posteriorment per implantar vegetació.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com esmena orgànica general del sòl

Cal cultivar la terra a una profunditat mínima de 300 mm, de 300 a 900 mm, en dues direccions obliqües, amb la terra en condicions preferentment de saó o raonablement seques. Es recomana l'anivellament de la superfície a 25 – 75 mm per sota de la cota definitiva i l'eliminació de pedres de més de 25 mm abans de fer l'aplicació de compost i, si és el cas, d'altres aportacions i esmenes.

El compost s'ha d'aplicar uniformement a tota la superfície de l'àrea tractada, es recomana aportar una capa de gruix de 25 – 75 mm ($2,5 - 7,5 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$). Posteriorment el compost s'ha d'incorporar a una profunditat mínima de 200 mm en àrees destinades a la sembra i a 300 mm en àrees que hagin de ser plantades. Aquesta operació ha d' estar completada dues setmanes abans de l' implantació dels vegetals, com a mínim.

Mitjançant un cultivador és recomanable esmicolar els terrossos en partícules inferiors a 10 mm, per assolir la consistència de gra fi i el nivell previst.

El modelatge i el perfilament ha de ser espaiós i uniforme.

En l'implantació d'arbres i d'arbustos, si s'ha aplicat compost, la NTJ 08B TREBALLS DE PLANTACIÓ recomana un condicionament físic del sòl molt important. El sòl s'ha de treballar (airejat i esmenat), com a mínim, a 90 cm de fondària. La capa de sòl fèrtil ha de tenir 60 cm de fondària mínima una vegada compactada.

3.1.2. Esmena orgànica de la terra vegetal d'obra

L'esmena orgànica de terra vegetal d'obra consisteix en l'excavació o decapatge i l'aplegada de la terra vegetal d'obra en amassos on es barreja amb el compost per crear una terra vegetal esmenada amb la qualitat suficient per fer la restauració del lloc.

L'àmbit d'aplicació per l'aplegada de terres vegetals d'obra és en treballs de jardineria i paisatgisme, com ara obres lineals viàries, obres d'altres infraestructures, de jardineria, de revegetacions vàries, de restauració de mines, de restauració d'abocadors, amb la finalitat de millorar les seves propietats físiques i químiques amb la realització d'esmenes orgàniques barrejades amb compost.

Els objectius generals de l'esmenes orgàniques de terra vegetal d'obra són els següents:

- Aconseguir un sòl apte per l'implantació d'un cultiu i el correcte desenvolupament de les plantacions i revegetacions.
- Estalviar costos en el procés de la restauració i millorar-ne els resultats.
- Millorar la qualitat paisatgística i ambiental de l'obra.
- Conservar el banc de llavors i de propàguls de plantes autòctones del lloc i els microorganismes propis del sòl.

El sòl natural i els seus horitzons superficials, anomenats terra vegetal, és un dels elements més valuosos i més fràgils del medi natura. Constitueix un substrat que conté elements biològics, minerals i orgànics i sobre el qual s'assenten els ecosistemes. En cas de pèrdua la seva regeneració és molt lenta.

Els sòls antropitzats productius, con els sòls agrícoles, sòls dels parcs i jardins existents, són sòls amb alts continguts en matèria orgànica i la seva conservació també és important des de el punt de vista mediambiental i l'econòmic.

L'execució d'una obra implica l'ocupació d'una superfície de sòl, cal tenir previstes les actuacions per protegir i conservar la terra vegetal. Per tant, el Pla General de l'Obra ha d'incloure un Pla de gestió de la terra vegetal de l'obra amb la planificació de les tasques d'extracció, abassegament i estesa de terra, garantint la disponibilitat de maquinària.

Categories de terres vegetals d'obra

Les terres vegetals d'obra es poden classificar en diferents categories tenint en compte, la qualitat i l'origen.

Les tres divisions són les següents:

- Terra vegetal de qualitat alta.
- Terra vegetal de qualitat mitjana.
- Terra vegetal de qualitat baixa.

Les terres vegetals de qualitat alta són d'origen natural, d'elevada fertilitat intrínseca, de textures franco-arenoses, de bona estructura i equilibrades en la relació entre la textura i la matèria orgànica.

Són utilitzades a vivers de plantes, parcs i jardins, horticultura i revegetacions, on es pretén fer créixer les plantes més exigents.

Les terres vegetals de qualitat mitjana són d'origen natural o manufacturades, amb unes propietats de categoria inferior a les de qualitat alta i superior a les de qualitat baixa. Són utilitzades en agricultura de bona qualitat, silvicultura, espais públics, horticultura i en revegetacions, on es pretén fer créixer fruiters, arbres, arbusts i plantes herbàcies, sense requeriments especials. En alguns casos poden requerir alguna esmena.

Les terres vegetals de qualitat baixa són d'origen natural o manufacturades o altres terres no vegetals, tenen la capacitat de ser utilitzades en boscos, prats de baixa intensitat d'ús i agricultura de baixa qualitat. En general requereixen una esmena orgànica i un manteniment posterior més elevat.

Especificacions en l'execució de l'obra

El decapatge de la terra vegetal, s'ha de realitzar immediatament després del desbrossament de la vegetació, s'ha de comprovar que la terra vegetal sigui apta per la seva reutilització mitjançant una esmena, seguint els requeriments de qualitat especificats.

El gruix mitjà de terra vegetal decapada sol ser de 30 cm.

Les zones d'aplegada de terres vegetals han de ser planes i s'han de situar en indrets drenants, espais oberts i propers, per minimitzar el seu transport.

La terra vegetal s'ha d'apilar en amassos o piles d'una alçada màxima de 1,5 m.

Per a la millora de les terres vegetals aplegades amb un contingut inferior al 0,5% de matèria orgànica, és convenient, efectuar una esmena orgànica. La barreja de materials ha de ser uniforme i ha de servir, per esponjar la terra vegetal.

Els productes més utilitzats com a esmena orgànica són:

- Preferentment, compost de materials vegetals originats en el desbrossament, la tala i l'extracció de soques de la pròpia obra que més freqüentment, produïts per empreses especialitzades a partir de restes de poda i sega de Jardineria pública i privada.
- Complementàriament, fems, preferentment higienitzats o compostats.
- O bé, fangs de depuradora compostats, considerats aptes per el cultiu de plantes.
- O composts de residus sòlids urbans.

Segons l'origen del material compostat és milloren diferents propietats físiques, químiques i biològiques del sòl.

L' utilització de compost de biosòlids (fangs) millora les condicions físiques com la capacitat de retenció d'aigua del sòl i també millora les propietats químiques amb l' increment de pH en els sòls àcids i major disponibilitat de nutrients.

Amb l'aplicació de compost de residus sòlids urbans en el sòl, augmenta el volum de porus de mida gran i les activitats enzimàtiques per l'augment de l'activitat microbiana. L' incorporació d'aquest compost en sòls franco-argilosos, estabilitza els agregats de l'estructura del sòl, disminuint l'encrostant.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com esmena orgànica de la terra vegetal d'obra

Les següents especificacions són per millorar la qualitat agronòmica de la terra vegetal d'obra, valorant-la i esmenant-la per posteriorment poder implantar-hi la vegetació corresponen, incloent gespes, arbres i arbusts. Algunes d'elles són comunes a les enunciades a l'apartat 3.1.1 Esmena orgànica general del sòl.

Inicialment s'ha de conrear la capa superficial de sòl a una profunditat de 30 a 90 cm, en dues direccions obliqües. Posteriorment s'ha de decapar la capa de terra vegetal per obtenir el volum preestablert per el paisatgista. S'aplega i es barreja amb el compost i amb altres esmenes, fins obtenir una barreja uniforme, però no excessiva per evitar destruir l'estructura de la terra.

Finalment, s'ha d'aportar una capa de 200 mm de terra vegetal d'obra esmenada com a mínim en àrees sembrades i de 300 mm en àrees de plantament. Caldrà finalitzar l'operació dues setmanes abans d'implantar la vegetació en el lloc.

3.1.3. Esmena orgànica de plantació de clots i rases

L'esmena orgànica per aquest ús, consisteix en l'obertura i el reblert dels clots i rases de plantació amb la incorporació de compost a les terres extretes per millorar la qualitat agronòmica de la terra i afavorir el desenvolupament dels arbres i arbustos plantats.

Normalment, en paisatge els arbres i arbustos han estat seleccionats per tolerar condicions desfavorables de sòls pobres, però si hi ha compactació i/o una estructura desfavorable, el creixement i el desenvolupament vegetal es veuran limitats.

S'ha comprovat que amb els nivells adequats en matèria orgànica, el creixement i anclatge dels arbres evoluciona favorablement, tenint en compte que normalment moltes plantes utilitzades en paisatge no són autòctones i tenen la necessitat d'implantar-se ràpidament en el lloc. Això requereix, el bon desenvolupament radicular i un volum explorable de sòl adequat.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com esmena orgànica plantació en clots i rases

La quantitat d'aplicació dels compost variarà depenen de les condicions del sòl, les característiques del compost, i les espècies que es volen plantar com a vegetació.

L'obertura de clots i rases de plantació s'ha de fer excavant el terreny en un volum proporcional a les exigències de la plantació que es vol realitzar. Cal posicionar la planta en el clot o rasa col·locant-la al nivell previst, sense enterrar el coll de l'arrel i de manera que quedi centrada, vertical i estabilitzada. S'ha de reomplir el clot o la rasa amb una barreja homogènia de la terra extreta i el compost amb les proporcions del següent quadre, i assentar la barreja dins del clot o rasa de plantació per tal que no quedin bosses d'aire que enfonsin la plantació, després caldrà fer un reg d'assentament i la incorporació de l'encoixinat, i enrasar al coll de l'arrel a nivell de sòl.

Taula 31. Proporcions de les barreges de terra i compost (NTJ 05C COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS)

PROPORCIONS DE LES BARREGES DE TERRA I COMPOST EN LA CONFECCIÓ DE LES TERRES DE REBLERT en sòls sorrencs

Tipus de plantació	Proporció de la barreja de terra extreta i compost (v/v)
Arbusts, plantes vivaces i herbàcies	3:1
Arbres	4:1
En terres de bona qualitat	5:1

3.1.4. Esmena orgànica d'implantació de parterres de flor

Consisteix en aportar el compost al sòl i incorporar-lo a la zona d'arrelament de les plantes per millorar la qualitat agronòmica de la terra i per afavorir una bona implantació dels parterres de flor.

Amb l'aplicació de les quantitats adequades de l'esmena, també pot millorar significativament l'estructura física del sòl, el drenatge i/o la capacitat de retenció de l'aigua, així con l'activitat microbiana.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com esmena orgànica d'implantació de parterres de flor

El compost s'ha d'aplicar uniformement a tota la superfície de l'àrea tractada, aportant una capa de gruix de 2,5 – 5,0 cm. $(2,5 - 5,0 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2)^2$, o una proporció de sòl i compost 3:1 (v/v). Posteriorment el compost s'hi ha d'incorporar a una profunditat mínima de 15cm, mitjançant labor mecànica.

3.1.5. Esmena orgànica d'implantació de gespes

L'esmena orgànica d'implantació de gespes consisteix en aportar el compost al sòl i incorporar-lo a la zona on hauran d'arrelar les gespes i prats per millorar la qualitat agronòmica de la terra i per afavorir una bona implantació de les gespes i prats. Els beneficis de l' utilització de compost inclouen un augment de la densitat i del color de la gespa, augment del creixement radicular i una reducció de les necessitats d'irrigació.

Amb l' utilització de compost d'alta qualitat s'evita l' utilització d'herbicides, contribuint a la protecció de la qualitat de l'aigua, també pot suprimir alguns patògens de les plantes.

Les característiques físiques i químiques dels materials utilitzats en les aportacions superficials haurien de respondre a la problemàtica que presenti el sòl, i s'haurien de determinar amb les anàlisis del sòl i amb la inspecció del sistema de drenatge.

En el cas d'esmenes amb sorra, es recomana usar, sorres silícies. Les sorres calcàries modifiquen la composició química del sòl (pH) o poden desequilibrar la seva estructura. Segons la seva finalitat, la granulometria de la sorra podrà ser diferent. En tots els casos, la sorra haurà d'estar lliure de sals i lliure d'elements fins (argila i llims).

En la següent taula s'estableix les característiques òptimes del compost pel seu ús en l'establiment de gespes en el sòl:

Taula 32. Propietats del sòl (*Compost Specifications for the Landscape Industry; BSI Publicly Available Specification for Composted Materials - PAS 100 (October 2002) ISBN 0-580-40590-7*)

PARÀMETRES	UNITATS DE MESURA	RANG RECOMENAT
pH	Unitats pH (1:5 extracte d'aigua)	7.0 – 8.7
Conductivitat elèctrica	µS/cm o mS/m (1:5 extracte d'aigua)	2000 µS/cm o 200 mS/m max
Contingut d'humitat	% m/m sobre pes fresc	35 - 55
Contingut de matèria orgànica	% pes sec	> 25
Tamany de les partícules	% m/m de mostra secada a l'aire que passa per la malla seleccionada	99 % passa per 25 mm 90 % passa per 10 mm
C:N		20:1 màxim

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com esmena orgànica d'implantació de gespes

El compost s'ha d'aplicar uniformement a tota la superfície de l'àrea tractada, aportant una capa de gruix de 2,5 – 5,0 cm. Posteriorment el compost s'ha d'incorporar a una profunditat aproximada de 20 cm, amb l'ajuda d'un motocultor o un altre equip adequat. La quantitat de compost aplicada variarà segons les condicions del sòl, les característiques del compost, i les espècies de gespa a establir i també cal tenir en compte, la profunditat potencial del sòl.

Anteriorment a l'aplicació, el sòl estarà lliure de pedres grans més grans de 5 cm, també s'eliminaran arrels, males herbes, escombraries, i altres materials que puguin interferir en l'aplicació i posteriorment en el manteniment.

El compost s'aplicarà amb un difusor de fems, pala de anivellament, una pala frontal, un aparell de rasclat. Un cop aplicat, el compost s'incorporarà amb un rotor, o grada de disc fins que la barreja de compost sigui uniforme en el sòl.

Si el compost aplicat té una concentració elevada de sals, un cop aplicada l'esmena en el sòl caldrà regar per tal de lixiviar les sals fora de la zona radicular abans de fer la plantació. Les llavors poden aplicar-se amb hidrosembra o amb una sembradora.

Normalment, un cop establida la gespa es realitzen periòdicament aportacions de diversos materials sobre la gespa, per promoure la germinació de noves llavors, incrementar el contingut de matèria orgànica del sòl i anivellant la superfície de l'àrea de la gespa. Aquesta operació s'anomena enceboll. Els materials utilitzats inclouen, sorra, barreges de

base de sorra, i compost. En aquest cas, cal emprar composts estables, amb partícules finament tamisades a 0,9 cm (3/8 in.) o més petites, i rics en nutrients.

La quantitat d'aportacions superficials requerides per aplicació i el seu nombre dependrà de l'objectiu per al qual es porten a terme. En molts casos, una sola aportació superficial de 3 – 4 mm és suficient, però en aquells casos on s'han de millorar les característiques de la capa d'arrelament serà necessari realitzar diverses aportacions superficials. Per regla general, un aportació superior a 6 mm de gruix tendeix a asfixiar la gespa.

En el següent quadre és relaciona el tipus de gespa implantada segons la seva qualitat amb les aportacions superficials necessàries.

L' utilització de compost en la gestió de la gespa aporta beneficis i contribueix molt positivament en la protecció ambiental.

3.1.6. Aportació d'enceball

L'aportació d'enceball amb matèria orgànica és un tipus d'aportació superficial utilitzada en el manteniment de les gespes que consisteix en aportar superficialment al damunt de la gespa ja implantada una barreja de sorra, compost, adobs i sovint llavors, i també com a cobertura de la llavor en les sembres, per recuperar gespes que en perdut qualitat o que estan deteriorades i per incrementar el contingut de matèria orgànica al sòl i millorar les seves propietats físiques, químiques i biològiques.

Es recomana que l'enceball sigui molt fi i sec, dintre de les característiques pròpies de cada material, per facilitar la seva distribució i penetració dins de la gespa.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza com aportació d'enceball

L'enceball s'ha d'aplicar uniformement a tota la superfície de l'àrea tractada, aportant una capa de gruix de 5 – 10 mm (0,5 – 1,0 m³/100 m²). Posteriorment, l'enceball s'ha d'incorporar a la gespa amb escampadores, escobres o rasclets.

3.2 Encoixinament orgànic i jaç protector

L'encoixinament orgànic (angl. *mulching*) consisteix en l'aplicació d'encoixinat format per materials orgànics d'origen natural compostats al peu dels vegetals, en els escocells, jardineres o en la totalitat de la superfície per afavorir el desenvolupament dels arbres i arbustos plantats.

En la implantació d'arbres i d'arbustos, l'encoixinament permet mantenir el sòl superficial humit, regular la temperatura i, sobretot, evitar les males herbes. Contràriament, en una coberta vegetal, l'encoixinament no competeix amb l'arbre o arbust ni pels nutrients ni per l'aigua.

3.2.1. Objectius i característiques de l'encoixinat

Tots els materials emprats com a encoixinats han d'assolir tres objectius principals i els màxims objectius secundaris.

Els objectius principals són els següents:

- Optimització de l'ús de l'aigua
- Control de les males herbes
- Protecció de la capa superficial d'arrels i sòl

Els objectius secundaris o característiques desitjables s'anomenen a continuació:

- Millora de les característiques del sòl
- Millora d'aspectes estètics
- Control de l'erosió
- Millora d'aspectes relacionats amb el medi ambient

Cada producte o grup de productes assoleix aquests objectius i característiques desitjables en major o menor grau.

Cal tenir en compte que una mala aplicació o un mal manteniment del encoixinat pot comportar inconvenients i fins i tot la mort de les plantes.

Els encoixinats han d'assolir els tres objectius primaris, primerament, l'optimització de l'ús de l'aigua, tot conservant la humitat del sòl, disminuint l'evaporació, augmentant la infiltració d'aigua, augmentant la captació d'aigua per condensació de la humitat ambiental i augmentant la retenció d'aigua per l'increment de matèria orgànica al sòl.

El segon objectiu és el control de males herbes, disminuint la presència de males herbes, no aportant llavors o propàguls de males herbes i reduint l'ús d'herbicides. L'encoixinat afavoreix el control de les males herbes, però en excés, afecta el bon desenvolupament de la vegetació.

El darrer objectiu principal és la protecció de la capa superficial d'arrels i del sòl, protegint les arrels del fred i de la calor tenint un efecte amortidor de les variacions tèrmiques, aportant un ambient estable i favorable al desenvolupament a la zona radical, eludint possibles danys mecànics a les arrels i al coll de l'arbre i evitant la competència de les arrels de les gespes i prats i entapissants amb les plantes encoixinades.

També és recomanable que els encoixinats compleixin la majoria dels objectius secundaris o característiques desitjables, com la millora de les característiques del sòl, augmentant el percentatge de matèria orgànica al sòl, augmentant l'aireig del sòl, afavorint l'estructura del sòl, aportant fòsfor, potassi i micronutrients, facilitant el desenvolupament de micorrizes i disminuint la compactació i l'enduriment del substrat o del sòl.

L'ús correcte d'un encoixinat ha de millorar els aspectes estètics, aportant una estètica determinada com ara color, aspecte i textura i també aportant un aroma agradable.

Un altre objectiu secundari és el control de l'erosió, protegint el sòl de l'erosió del vent i/o de l'aigua i reduint l'escorrentia.

Per prevenir els efectes del vent sobre les cobertes vegetals, als pendents o en zones amb una incidència forta del vent és recomanable aplicar un encoixinat per damunt d'una capa de sòl o de substrat.

La millora d'aspectes relacionats amb el medi ambient és un objectiu secundari desitjable. L'ús de l'encoixinat aporta beneficis mediambientals permetent la reutilització dels residus vegetals, reduint o eliminant l'aplicació d'herbicides i essent una alternativa a la incineració.

L'encoixinament orgànic és molt utilitzat en les hidrosembres, per formar un microclima que afavoreixi el desenvolupament de la vegetació i protegeixi la superfície del sòl dels agents externs (pluges fortes, pedregades, vent) contra l'erosió. Ha de poder emmagatzemar aigua i lliurar-la lentament. No pot tenir agents tòxics que afectin la germinació i el desenvolupament posterior de les plantes.

Finalment, altres característiques pràctiques desitjables d'un encoixinat són un cost relativament baix, una bona disponibilitat, una descomposició lenta, una fàcil aplicació i estar lliure de malalties i plagues.

3.2.2 Objectius i característiques del jaç protector

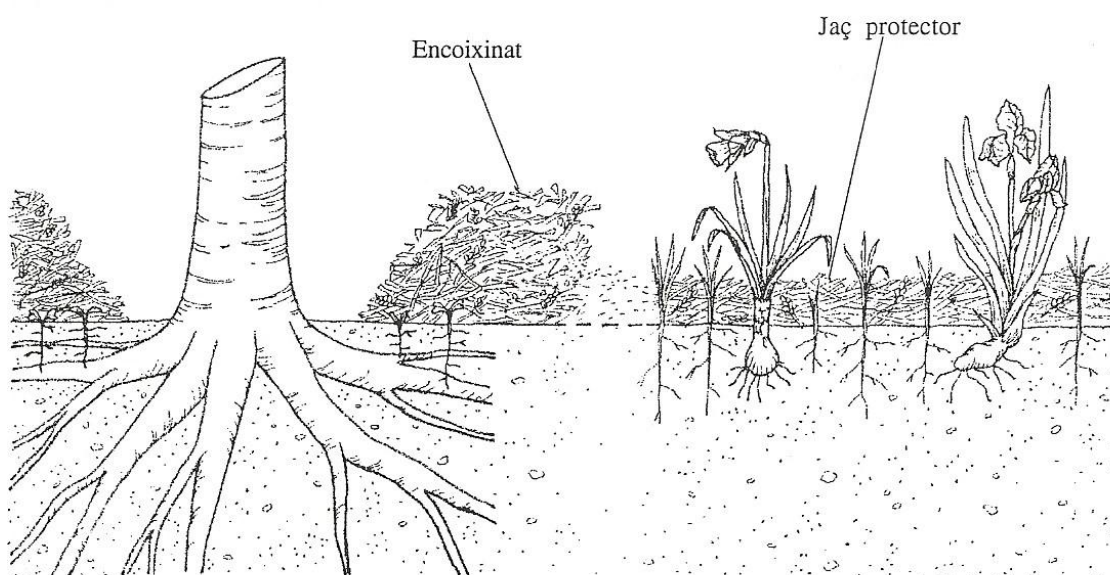
S'entén com a jaç protector (angl. *mulch*) un producte, generalment orgànic i compostat que, està sobre la superfície del sòl, protegeix les llavors i gemmes perdurants i n'afavoreix la germinació.

El jaç protector generalment incorpora elements nutrients i també ajuda a reduir les pèrdues d'aigua del sòl per evaporació, a mantenir uniforme la temperatura del sòl i a disminuir l'erosió provocada per l'impacte directe de la pluja.

A la figura 26 s'observen les diferències que hi ha entre l'aplicació d'encoixinat i l'aplicació del jaç protector.

Figura 26. Encoixinat i jaç protector (NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004)

ENCOIXINAT O JAÇ PROTECTOR



L'objectiu principal del jaç protector és afavorir la germinació, prolongant el període de sembra i vegetatiu, protegint les llavors contra l'avifauna i la microfauna, mantenint durant més temps la humitat necessària per la germinació, protegint les llavors del fred i de la calor i protegint les llavors de la dispersió provocada per agents atmosfèrics.

És recomanable que els jaços protectors compleixin la majoria dels objectius secundaris com la millora d'aspectes estètics, control de l'erosió, protecció de la capa superficial

d'arrels i sòl, optimització de l'ús de l'aigua, millora de les característiques del sòl i millora d'aspectes relacionats amb el medi ambient.

3.2.3 Classificació i tipus d'encoixinats

Hi ha diferents classificacions d'encoixinats en espais verds, segons el tipus de material, segons el procés de producció i segons la presentació.

TIPUS DE MATERIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Orgànic d'origen natural • Orgànic amb fibres sintètiques • Inorgànic
PROCÉS DE PRODUCCIÓ	<ul style="list-style-type: none"> • Producte descrit com a higienitzat (procés de higienització). • Producte descrit com a compost o compostat (procés de compostatge).
PRESENTACIÓ	<ul style="list-style-type: none"> • Productes no agregats que presenten els seus components en una barreja homogènia, però solts i sense lligams forts. • Productes prefabricats de materials orgànics o de síntesi, amb lligams forts entre els seus components que formen unes estructures planes o tridimensionals.

Tipus de productes

Els encoixinats poden procedir de diferents orígens: espais verds, nuclis urbans, explotacions agrícoles, explotacions ramaderes, indústries agroalimentàries, jaciments naturals, explotacions mineres, construccions, etc.

El nombre de materials utilitzats com a encoixinats a espais verds és molt divers. La tendència actual és potenciar l'ús de materials renovables i reciclables, utilitzant materials procedents de residus i subproductes.

Els productes orgànics naturals a través dels arbres creen el seu propi encoixinat orgànic natural mitjançant la caiguda de fulles, branques, flors i fruits.

Els encoixinats orgànics necessiten una aportació i un manteniment periòdic per conservar les seves funcionalitat, atès que es van descomponent amb el temps. Els beneficis pràctics de la seva aplicació correcta els fan una de les pràctiques culturals més econòmiques i beneficioses conegudes per augmentar el vigor de les plantes llenyoses.

En la taula 33 és presenta un llistat dels materials orgànics naturals procedents de diferents orígens que s'utilitzen per a produir encoixinats i jaços protectors.

Taula 33. Materials dels productes orgànics naturals (NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004)

MATERIALS DELS PRODUCTES ORGÀNICS NATURALS		
MATERIALS	ENCOIXINAT	JAÇ PROTECTOR
Acícules de pi	X	
Closques de fruits secs i fruits tropicals	X	
Composts	X	X
Enceballs de fusta	X	
Escorça de pi	X	
Fems compostats	X	X
Fullaraca o virosta	X	X
Geomalla amb fibres naturals	X	X
Humus vegetal o terra de bosc	X	X
Malla orgànica	X	X
Manta orgànica amb fibres naturals	X	X
Palla de cereals	X	X
Restes de poda triturades	X	
Restes de sega o desbrossament	X	
Serradures	X	
Torbes rosses fibroses	X	

També hi ha encoixinats fets de productes orgànics de síntesi i de productes inorgànics però no són rellevants en relació a l'ús del compost en jardineria i paisatge, que és l'objecte d'aquest treball de fi de carrera.

Processos de producció de productes orgànics naturals

Els materials inicials, han d'estar suficientment homogeneïtzats, desfibrats i triturats.

S'ha de rebutjar els materials vegetals amb grafiosi, foc bacterià i altres malalties greus i també els que continguin materials contaminants com vidre, metall i plàstic.

El procés de higienització consisteix en haver seguit qualsevol dels processos següents:

- Volteig apropiat del material per a sotmetre la massa sencera a un mínim de tres voltes a una temperatura interna que aconsegueixi un mínim de 55°C durant tres dies consecutius abans de cada volta.
- Un procés alternatiu que garanteixi el mateix nivell de reducció de patògens i l'eliminació dels propàguls segons els requisits de la norma NTJ 05A.

En el procés de compostatge, el producte descrit haurà de estar higienitzat amb algun dels processos anteriors i haver experimentat, a més, un període de compostatge superior a sis setmanes.

3.2.4 Treballs d'encoixinament i de jaç protector: aplicació

3.2.4.1 Encoixinat

Els treballs d'aplicació d'encoixinats s'ha d'agrupar segons en relació a consideracions prèvies, referents a les plantes, el sòl o substrat i el producte d'encoixinament, i aspectes d'aplicació referents a la preparació del sòl, altura i superfície de la capa d'encoixinat, protecció del coll de l'arrel i reg.

La selecció del tipus d'encoixinament es fa segons les característiques climàtiques, edàfiques i tenint en compte l'ús i el manteniment futur.

Els encoixinats es poden aplicar individualment al peu dels vegetals, a escocells, jardineres, o en la totalitat de la superfície, com alternativa econòmica a les àrees ocupades per gespes i prats, plantes entapissants o superfícies pavimentades.

L'aplicació d'encoixinats orgànics naturals serveix per assegurar un bon desenvolupament d'arbres i plantes, seguint les següents pautes:

Consideracions prèvies:

La vegetació a encoixinar, s'ha d'identificar per a cada espècie o conjunt de plantes en relació els seus requisits d'humitat i de tolerància a nivells d'oxigen i drenatge baixos.

En el sòl, s'ha de determinar si la velocitat d'infiltració és adient, per tal d'evitar problemes relacionats amb una humitat excessiva. També cal realitzar anàlisi del sòl periòdics, incloent la determinació del pH, per a optimitzar la disponibilitat de nutrients minerals i la descomposició de la matèria orgànica per les plantes.

Els productes a utilitzar han de ser preferentment encoixinats orgànics higienitzats o compostats i estabilitzats (madurs) per tal, d'evitar les males olors.

Aspectes de l'aplicació d'encoixinats

Per a la preparació del sòl en àrees que presenten problemes de males herbes, és recomana realitzar un tractament herbicida previ amb acció no residual o col·locar un geotèxtil. En àrees on es presentin rizomes o similars caldrà eliminar-los o col·locar un sistema de barrera antiarrels.

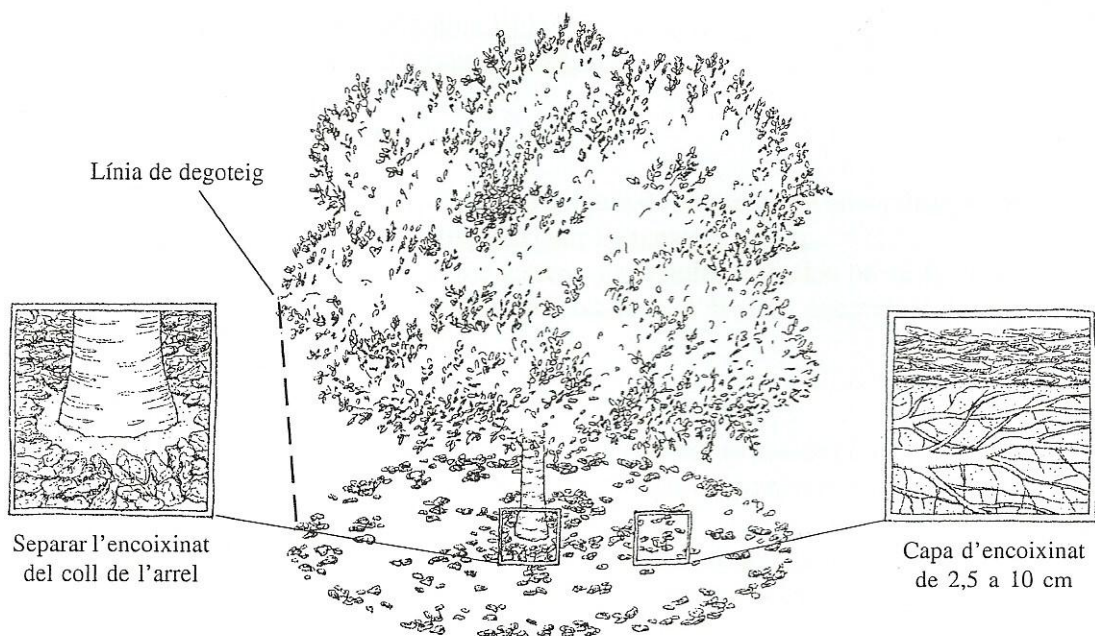
L' altura de la capa d'encoixinament depèn de les característiques del sòl. Sobre sòls drenants, amb una velocitat d'infiltració adequada (>25mm/h) és aconsellable aplicar un capa d'encoixinament de 5 – 10 cm d'altura, concretament, de 5 cm per als encoixinats de textura fina i de 7,5 – 10 cm per a encoixinats de textura gruixuda. En sòls poc drenants, amb una velocitat d'infiltració acceptable (10 – 25 mm/h) és aconsellable aplicar una capa d'encoixinat de 5 cm d'altura. Una capa inferior a 5 cm permetria l'establiment de males herbes. Si existeixen problemes de drenatge, sempre s'haurà d'establir una capa d'encoixinat més fina.

Altres especificacions segons l'origen del compost són les següents:

El compost de biosòlids utilitzats com a encoixinat s'ha d' aplicar com a màxim amb una alçada de 5 cm; en canvi, el compost de restes de poda es pot aplicar amb una alçada de 7,5 a 10 cm. Les espècies sensibles a les sals solubles reaccionen negativament a aplicacions majors de 2,5 cm de certs compost de biosòlids, en canvi les quantitats poden ser majors si s'utilitzen compost de residus d'escombreries.

A la figura 27, es veu l'àrea d' aplicació de l'encoixinat i el gruix de la capa d'encoixinat.

Figura 27. Aplicació d'encoixinat en arbres i arbustos madurs (NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004).



L'àrea d'encoixinat orgànic ha de ser com més ampla millor, cobrint tot el sistema radical de l'arbre o arribant fins l'àrea que delimita la línia de degoteig de l'arbre.

Per la plantació d'arbres i arbustos joves, l'àrea s'estableix en 30 cm més enllà del radi del pa de terra, i progressivament amb el pas del temps engrandir l'àrea segons el desenvolupament de la vegetació.

Cal tenir en compte que l'encoixinat no pot estar en contacte amb el coll de l'arrel, dels troncs o tiges dels arbres i arbustos. La separació mínima recomanada és de 7,5 – 15 cm de distància entre l'encoixinat i el tronc i tiges dels arbres i arbustos joves, i en troncs d'arbres vells la distància mínima serà de 20-30 cm.

S'ha d'identificar tots els dispositius del sistema de reg aeri, per col·locar pantalles de protecció per evitar que el doll de l'aigua arribi a fer contacte i a xopar el teixit de floema del tronc dels arbres i arbustos.

La forma d'aplicació dels encoixinats, és la següent:

S'aplica uniformement en el llit del jardí o al voltant dels arbres i arbustos, creant una capa sòlida d'encoixinament. Per arbres i arbustos singulars, es pot formar un cantó en la part externa de la capa d'encoixinament amb l'objectiu de capturar i retenir l'aigua. Un cop aplicat, l'encoixinat s'ha de regar per ajudar a mantenir-lo al seu lloc i evitar la dispersió produïda pel vent. Si el compost té una salinitat alta, s'han de fer diverses aplicacions en quantitats reduïdes i l'encoixinat a d'estar regat. Els composts amb alts continguts de salinitat s'han d'aplicar amb precaució en cultius herbacis i sensibles a les sals solubles.

Pot ser necessari l'utilització d'un rasclat sobre la capa d'encoixinament per ajudar a mantenir la seva aparença. En l'utilització de compost en llits anuals i en la preparació de llits perennes per replantar, l'encoixinament vell de compost s'haurà d'incorporar en el llit existent. La capa vella d'encoixinament actuarà com esmena del sòl i facilitarà la preparació de l'àrea on es tornarà a plantar.

3.2.4.2 Jaç protector

Els jaços protectors s'implanten normalment, en sembres, hidrosembres i en tècniques mixtes de revestiments.

Aspectes d'aplicació:

Amb la sembra s'aplica una capa d'enceball o material de cobertura de la llavor inferior a 1 cm. Amb materials orgànics higienitzats i compostats s'aplica una capa de jaç protector inferior a 2 – 3 cm d'altura. La superfície d'aplicació és tota l'àrea per a sembrar.

3.2.4.3 Èpoques d'aplicació d'encoixinats i del jaç protector

L'època idònia per l'aplicació d'encoixinats és la primavera per l'optimització de l'ús de l'aigua, però abans de l'inici de la calor.

Els encoixinats usats principalment per a realçar els aspectes estètics i per el control de les males herbes es poden aplicar en qualsevol moment.

Els encoixinats aplicats per protegir als vegetals trasplantats de les gelades s'han d'aplicar després del trasplantament.

Si l'encoixinat és utilitzat per retardar i prevenir la brotada primerenca dels bulbs i similars, haurà de ser aplicat després de les gelades.

3.2.4.4 Manteniment dels encoixinats

Els treballs de manteniment s'ha agrupen segons els aspectes següents: reposició, rasclada, neteja del coll de l'arrel, reg i tractaments fitosanitaris.

La intensitat dels treballs de manteniment ve determinada pel tipus d'encoixinat, el pendent, la situació i les condicions climàtiques.

Per la reposició d'encoixinat cal tindre en compte, l'altura del mulching existent abans d'aplicar una capa addicional, no es recomana afegir encoixinat si hi ha una capa suficient de 5 – 10 cm segons cada cas.

Per a la millora dels aspectes estètics i el trencament de qualsevol capa o crosta impermeable és rascla la capa d'encoixinat existent per permetre el pas d'aigua i millorar l'infiltració.

Si el coll de l'arrel es troba enterrat o cobert per una capa d'encoixinat orgànic, és retira en la seva totalitat, per permetre l'arribada de llum i aire al coll de l'arrel, afavorint l'assecatge i l'aireig adequats.

Les plantes encoixinades s'han de regar, aportant la dosi necessària en cada cas, per afavorir la descomposició de l'encoixinat orgànic.

A continuació (taula 34) es presenta una relació orientativa dels avantatges i inconvenients més destacats per el compost utilitzat com material d'encoixinament dels espais verds.

Taula 34. Avantatges i inconvenients del compost com a material d'encoixinament (NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004).

ENCOIXINATS	AVANTATGES	INCONVENIENTS
MATERIALS ORGÀNICS D'ORIGEN NATURAL		
Compost	Aporta nitrogen, fòsfor, potassi i micronutrients Permet la reutilització dels residus vegetals	Aplicació dificultosa Pot aportar patògens si el procés de compostatge no s'ha dut a terme correctament

3.3 Control de l'erosió

L'erosió es pot definir com un procés de pèrdua de sòl que s'origina pel despreniment i arrossegament accelerat de les partícules de sòl, causat per el moviment de l'aigua, el vent o el gel.

El compost utilitzat com esmena del sòl pot millorar l'estructura del sòl, disminuir la compactació i augmentar la infiltració de l'aigua, disminuint així l'erosió del sòl i la escorrentia de partícules sòlides (minerals i orgàniques) i substàncies solubles.

L'utilització del compost per prevenir i/o disminuir les forces erosives es fonamental en la prevenció de la degradació de la qualitat del sòl i de l'aigua.

La conseqüència de l'erosió no és només la reducció de la productivitat del sòl, sinó que també en pot resultar una reducció de la qualitat de l'aigua per el transport dels sediments des de el lloc inicial fins entrar en les aigües superficials. Als EE.UU. l'Agència de Protecció Ambiental (EPA) considera que la contaminació per sediments de l'aigua és la major amenaça per els recursos hídrics. El sediment erosionat que és transportat fins arribar a aigües netes, normalment, també transporta partícules fertilitzants, pesticides i altres contaminants adherits a la seva composició, que comporta la contaminació de les aigües receptores.

El control de l'erosió i els sediments són una problemàtica important en l'indústria de la construcció i l'arquitectura del paisatge degut a la normativa vigent a nivell estatal, regional i municipal. Als Estats Units aquesta normativa ha estat fixada per tal de conservar els horitzons superficials del sòl i reduir la contaminació de les aigües superficials.

Normalment, els projectes constructius causen problemes erosius, per falta de planificació i rapidesa en la revegetació del sòl. A més a més, el pas continuat de maquinaria pesada comporta una compactació de sòl, creant una capa impermeable que augmenta l'escorrentia i redueix el creixement de les plantes.

Característiques desitjables del compost utilitzat per el control de l'erosió

El compost utilitzat per el control de l'erosió ha de ser de lleugerament gruixut a gruixut. Les partícules gruixudes es superposen a la superfície del sòl, creant una capa estable que ofereix resistència mecànica a l'erosió tant hídrica com eòlica. Els productes més gruixuts són més difícils i problemàtics d'aplicar si el pendent s'ha que omplir totalment. El compost fi té tendència a afectar-se més per l'erosió eòlica, però té una capacitat d'absorció d'humitat major que el compost gruixut.

3.3.1. Estructures de compost per el control de l'erosió

Hi ha tres mètodes recomanats per l' utilització de compost per prevenir i/o reduir l'erosió: mantes de compost , bermes filtrants de compost i mitjó filtrant de compost. (Veure les fotografies següents).

Les mantes de compost (angl. **Compost blanket**) són encoixinaments amb compost aplicats a la superfície del sòl, per tal de protegir-lo i conservar-lo, prevenint la seva erosió.

Les bermes filtrants de compost (angl. **Compost berm**) són barreres o dics permeables, fets de compost, de secció trapezoïdal o triangular i col·locats perpendicularment al flux d'escorrentia, que filtren (més que desvien) l'aigua que ha estat arrossegada amb sediments i partícules solubles.

Els tubs o mitjons filtrats de compost (angl. **Compost filter sock**) són tubs de malla plens de compost que es col·loquen perpendicularment al flux de l'aigua d'escorrentia, per tal de controlar l'erosió i retenir aigua, sediments i/o partícules solubles. De fet és una berma en contenidor.

L'elecció del mètode més adequat pel control de l'erosió, depèn del pendent del terreny, les precipitacions anuals i/o el reg, l'activitat del lloc d'implantació i l'estat de la vegetació en el moment d'implantació. Freqüentment s'utilitzen els tres mètodes de forma conjunta.

Instal·lació d'una manta de compost



Instal·lació d'una berma filtrant de compost i resultat després de set mesos.



Instal·lació d'un tub o mitjó filtrant de compost.



A la taula 35 es presenta les característiques desitjables del compost per els usos com a manta de compost i berma filtrant o mitjó.

Taula 35. Característiques desitjables del compost utilitzada com manta de compost, o berma filtrants o tub filtrant. (Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement. Juny 2007).

Paràmetre	Manta de compost		Berma filtrant o mitjó	
	Amb vegetació	Sense vegetació	Berma filtrant	Mitjó filtrant
Tamany de les partícules (% que passa per el tamís)	100 % passa per 7,6 cm. ≥ 90 % passa per 2,5 cm. ≥ 70 % passa per 1,9 cm. 30 – 60 % passa per 0,6 cm. Les partícules tindran una grandària màxima de 15,2 cm.	100 % passa per 7,6 cm. ≥ 90 % passa per 2,5 cm. ≥ 70 % passa per 1,9 cm. 30 – 60 % passa per 0,6 cm. Les partícules tindran una grandària màxima de 15,2 cm.	100 % passa per 7,6 cm. ≥ 90 % passa per 2,5 cm. ≥ 70 % passa per 1,9 cm. 30 – 60 % passa per 0,6 cm. Les partícules tindran una grandària màxima de 15,2 cm.	99 % passa per 5 cm. 30 – 50 % passa per 0,9 cm. Les partícules tindran una grandària màxima de 5 cm.
Contingut d'humitat (s.m.h.)	No aplicable	No aplicable	30 – 60 %	≤ 60 %
Sals solubles (CE)	< 10 dS/m	< 10 dS/m Preferible que sigui menor	< 10 dS/m	No aplicable
Matèria orgànica (s.m.s.)	30 – 65 %	30 – 65 %	30 – 65 %	30 – 100 %
pH	6.0 – 8.5	6.0 – 8.5	6.0 – 8.5	6.0 – 8.5
Impureses (s.m.s)	≤ 1 % sense elements punxants	≤ 1 % sense elements punxants	≤ 1 % sense elements punxants	≤ 1 % sense elements punxants
Aplicació	1,9 – 2, 5 cm de profunditat	3,7 – 5 cm de profunditat	2, 5 – 3, 7 d'alt, 5 – 7, 6 cm d'amplada.	Determinat segons les dimensions del mitjó
Estabilitat	$< 8 \frac{\text{mg CO}_2\text{-C}}{\text{g MO-dia}}$	$< 8 \frac{\text{mg CO}_2\text{-C}}{\text{g MO-dia}}$	$< 8 \frac{\text{mg CO}_2\text{-C}}{\text{g MO-dia}}$	No aplicable
Maduresa (% d'emergència)	≥ 80 %	≥ 80 %	≥ 80 %	No aplicable
Test de coliforms fecals i salmonel·la. TMECC 07.01-B	Superat	Superat	Superat	Superat

Per el control de l'erosió es determinen unes característiques desitjables del compost, com són el tamany de les partícules, el contingut d'humitat, el contingut de MO, el pH i el contingut de sals solubles. Les dosis d'aplicació variaren segons el mètode de control de l'erosió escollit i també es tindrà en compte el pendent de la zona.

Hi ha dues classes de compost utilitzades en el control de l'erosió:

- Desenvolupament de vegetació amb les mantes de compost utilitzat com esmena, a les bermes i els mitjons filtrants, on el creixement s'obté a través del compost.
- Els medis filtrants (sense vegetació) per les mantes de compost, s'utilitza per captar, retenir i filtrar l'aigua de pluja per escorrentia.

3.3.2 Mantes de compost (funcions, usos específics i aplicacions)

Les seves funcions de les mantes de compost són:

- Augmentar l'infiltració de l'aigua
- Reduir l'escorrentia
- Millorar l'estabilitat dels vessants
- Augmentar el creixement de les plantes i la cobertura de sòl
- Reduir la pèrdua de sòl
- Augmentar la capacitat de retenció d'aigua del sòl del qual redueix l'escorrentia
- Prevenir i/o reduir la compactació del sòl
- Augmentar la velocitat d'establiment de la vegetació

Normalment, s'utilitza en vessants per una protecció immediata, poden ser de vegetació o sense, segons les necessitats del lloc.

Es recomana les mates de compost per controlar l'erosió en àrees pertorbades, com construccions de carreteres amb pendent o àrees de excavacions.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza per el control de l'erosió amb mantes de compost

El gruix recomanat de les mantes de compost es situa des de ½ - 4 polzades (1,25 a 10,6 cm) de profunditat, encara que aquestes condicions depenen si la manta serà vegetada o no, però no es recomana aplicacions inferiors degut a la difícil aplicació d'una distribució uniforme.

El gruix més utilitzat és de dos polzades (5,08 cm), les mantes més gruixudes adsorbiran més precipitació que mantes més fines. Les mantes inferiors a 2,5 cm mostren normalment, taques nues ràpidament sinó tenen la superfície sembrada.

Els estudis realitzats no han pogut demostrar que l' utilització de mantes de compost de 10 cm són més eficaces que les de 5 cm, però usos més profunds proporcionen protecció sobre les taques nues, ja esmentades anteriorment.

L'aplicació del compost depèn de la superfície a tractar. Superfícies amb pendents pronunciades, el material es pot expandir a través de manegues flexibles transportades per camions. El compost també pot ser incorporat a mà, però aquest procés encareix molt els costos, per la necessitat de molta mà d'obra.

Abans d'expandir el compost, s'ha de prepara el terreny amb una grada de disc o amb el rotobator. El sòl presenta un superfície rugosa, on és facilita l'adhesió del compost en els pendents, millorant la penetració de l'aigua en el sòl.

Es recomana, que el compost es situí tres peus per sobre del cap del pendent o la vegetació existent, per tal de prevenir la formació de surcs. Després de l' incorporació del compost, no cal treballar-lo.

3.3.3 Les bermes filtrants de compost(funcions, usos específics i aplicacions)

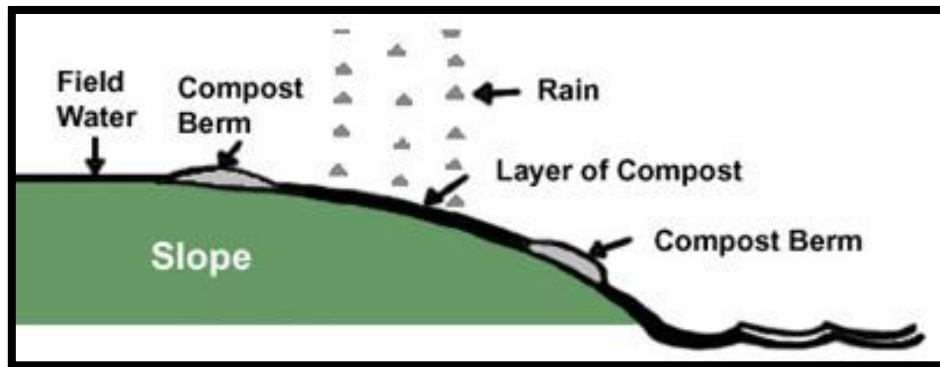
Les principals funcions de les bermes de compost per evitar l'erosió són:

- Reduir la pèrdua de sediments
- Reduir les pèrdues totals de fertilitzants, productes químics, metalls i altres contaminants
- Reciclar materials orgànics

Les bermes de compost es situen de forma perpendicular el flux de l'aigua, poden ser amb vegetació o sense. La seva situació pot variar segons les necessitats, es pot distribuir en tot el perímetre de la parcel·la o per intervals d'una pendent formant una terrassa. Les bermes s'utilitzen per filtrar l'aigua que circula per escorrentia, retenint els sediments i les partícules contaminats associades.

A la figura 28 s'observa la localització de les bermes de compost per tal d'evitar l'erosió del sòl.

Figura 28. Situació i emplaçament de les bermes (Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement. Junio 2007).



Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza per el control de l'erosió amb bermes de compost

L' implantació de bermes de compost és més fàcil amb l' utilització d'excavadores i maquinaria agrícola. L'ús manual pot ser una opció en superfícies de reduïdes dimensions.

El tamany de la berma depèn del gradient del pendent i la precipitació de la zona. Les grans bermes de compost poden ser utilitzades sobre les voreres dels pendents més escarpats, per obtenir una protecció aïllada. Es recomana en l' implantació de les bermes no compactar el sòl. La vegetació o les mantes de compost poden ser utilitzades situades sobre de les bermes.

Les bermes de filtre de compost poden ser plantades i sembrades en el moment de d'implantació, per establir vegetació permanent. Les arrels de les plantes establides, milloren l' infiltració i l' integritat física de la berma. Si la berma no s'ha vegetat a l' inici de la seva implantació, es recomana sembrar o plantar al final del projecte.

3.3.4 Tubs o mitjons filtrants de compost (funcions, usos específics i aplicacions)

Els beneficis que comporta la col·locació de mitjons filtrants de compost són:

- Reduir les pèrdues de sediments
- Presentar alta integritat durant fluxos molt alts d'escorrentia
- Reduir les pèrdues totals de fertilitzants i retenir productes químics, metalls i altres contaminants

El tub és de secció ovalada o rodona i proporciona una trampa tridimensional que reté, principalment per adsorció, els sediments sòlids i contaminants solubles adsorbits. En canvi l'aigua neta pot circular lliurement, tot i que amb menor velocitat.

Hi ha una major superfície de contacte amb el sòl que amb els altres mètodes de control de sediments, reduint el potencial de lixiviació quan es formen solcs i/o canals de arrossegament dels sediments sense filtrar.

Es col·locar de forma perpendicular el flux, per reduir la velocitat del flux i l'erosió del sòl. També poden ser utilitzats en el paviment con a protecció d'entrada en els desaigües pluvials i per frenar els flux d'aigua a una sèquia.

A la taula 36 es presenten diferents per determinar el diàmetre els tubs o mitjons filtrants de compost en relació al pendent i la longitud del pendent.

Taula 36. Determinació del diàmetre del filtre de compost tenint en compte la pendent i la longitud de la pendent (Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement. Junio 2007).

Pendent	Longitud del pendent (peus)	Diàmetre (polzades)	Diàmetre (cm)
<50:1	250	12	30,48
50:1 – 10:1	125	12	30,48
10:1 – 5:1	100	12	30,48
3:1 – 2:1	50	18	45,72
> 2:1	25	18	45,72

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza per el control de l'erosió amb tubs o mitjons filtrants de compost

L' instal·lació del mitjó filtrant no requereix l'elaboració d'una zanja, sinó que es situa sobre el sòl, una vegada s'ha omplert el tub amb compost. La superfície on s'estableix el mitjó, per un bon funcionament, prèviament s'anivella per assegurar un contacte uniforme, del tub amb el sòl.

Es recomana l'anclatge del tub el pendent. El mètode d'ancoratge recomanat, és la col·locació d'estaques en el centre del tub a intervals regulars o sinó situar-les al costat del tub contra el pendent.

El tub o mitjó filtrant de compost pot ser vegetat, amb l' incorporació de llavors en el compost, abans d'omplir el tub.

Per assegurar un bon funcionament del mitjó, la vegetació no té que ser pesada.

3.4. Recuperació de sòls degradats

L'esmena orgànica per la recuperació de sòls degradats consisteix en l'aplicació de compost directament en el sòl o en l'excavació o decapatge i aplegada de terra vegetal d'obra en amassos on es barreja amb el compost per crear una terra vegetal esmenada per millorar les seves propietats físiques, químiques i biològiques.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza per la recuperació de sòls degradats

La quantitat d'aplicació dels compost variarà depenen de les condicions del sòl, les característiques del compost, i les espècies de plantes a plantar.

El compost s'ha de barrejar amb la terra degradada fins aconseguir una barreja homogènia, la maquinària utilitzada potser: pales frontals, barrejadors de tambor rotatoris, barrenes o trituradors de sòl. També es poden afegir altres esmenes i additius per obtenir barreges especialitzades per uns cultius o llocs específics.

3.5. Aportació de component de substrats per a jardineres i contenidors

Consisteix en l'incorporació del compost en la barreja del substrat utilitzat en les plantacions en jardineres i contenidors utilitzats en el sector dels espais verds.

Es recomana compost estables amb un alt contingut en nutrients per la planta, que disminuiran la necessitat d'afegir fertilitzants en les jardineres i contenidors.

En espècies ornamentals sensibles a les sals, es redueix la concentració de compost en la barreja. El contingut ideal de salinitat de la barreja és de 1,5 dS/m. Els nivells màxims de tolerància depenen del sòl i l'espècie.

En aquesta aplicació s'obtenen millors resultats quan la qualitat de compost es alta. L'utilització de compost en les barreges de substrats per a jardineres i contenidors redueixen el número de plantes que s'han de substituir (degut a la seva mort) en treballs d'arquitectura del paisatge.

Instruccions d'aplicació del compost que s'utilitza en l'aportació de component de substrats per a jardineres i contenidors

El compost utilitzat com a component de substrats per a jardineres i contenidors té diferents proporcions segons les barreges amb altres substrats tenint en compte la seva posterior aplicació. La formulació ha d'estar basada en les anàlisis realitzades del compost. Segons les necessitats de les plantes, les barreges poden contenir de 20 – 30 % v/v de compost

4. Qualitat del compost

La qualitat del compost és difícil de definir, són molts els tipus i barreges que es poden compostar, també són molts els tipus de compost que es poden obtenir i, per tant, gran la dificultat d'establir sistemes per valorar-ne la qualitat (SOLIVA i MOLINA, 1996).

Els requeriments generals que s'han de complir un compost són: aspecte i olor acceptables, higienització correcta, molt baix nivell d'impureses i contaminants, nivell conegut de components útils per al sòl i una certa constància de característiques. Utilitzar i aplicar compost de qualitat és una forma de conservació del sòl.

En la qualitat influeix, el tipus de residu, la recollida, la zona de procedència, la selecció a la planta i el tipus de tractament (la tecnologia, equipament, funcionament, organització i seguretat en el treball). Segons l'ús del compost és valoren diferents característiques i propietats per una finalitat determinada:

- Qualitat física: granulometria, capacitat de retenció d'aigua, humitat, presència de partícules estranyes, olor, etc.).
- Qualitat química: contingut i qualitat de matèria orgànica, contingut de fitonutrients i contingut en contaminants).
- Qualitat biològica: llavors de males herbes i patògens primaris i secundaris, i, per altra banda, capacitat de supressió biològica.

En la taula 37 és relaciona els usos segons les exigències de cada tipus de composts.

Taula 37. APROXIMACIÓ A USOS MÉS ACONSELLABLES PER A DETERMINATS TIPUS DE COMPOSTS (Soliva, 2001)

Origen del compost	pH	CE	MO	Est.	Nutr.	Cont.	IG	Aspecte olor	Aplicacions
Fems	R - I	R - I	B	B - R	B	B	R	B - R	A B C D E F H
Escorça	B	B	B	B	I	B	B - R	B	B C G H
Restes vegetals (RV)	B	B	B	B	R - I	B	B	B	B C D E F G H
Fangs - RV	B - R	B	B	B	B - R	R - I	B	B - R	A B C D E F G H
RM en brut	B - R	I	R - I	R - I	R - I	I	I	R - I	A D E F
FO de RM + RV	B - R	R	B	B	B - R	B - R	B - R	B	A B C D E F H

A – agrícola, B – jardineria privada, C – parcs i jardins públics, D – restauració de paisatge, E – recuperació d'espais degradats, F – revegetació obra pública, G – preparació de substrats, H – gespes esportives.

B – bé, R – regular, I – inadequat, insuficient.

CE – conductivitat elèctrica, MO – matèria orgànica, Est. – estabilitat, Nutr. – contingut de nutrients, Cont. – contingut en contaminants, IG – índex de germinació.

Per valorar la qualitat del compost, en tots els casos (segons orígens i aplicacions) s'han de complir uns mínims, que són els relacionats amb el màxim contingut de contaminants permesos i el mínim contingut de matèria orgànica exigida.

També cal entendre que la qualitat està influenciada pel material d'origen i les tècniques de compostatge i, a més a més per la zona d'on procedeixen els materials que es tracten.

Un error que de vegades es comet és el fet de controlar la qualitat només en els productes finals, tenint en compte que aquesta qualitat depèn totalment dels controls inicials i durant el procés de compostatge. Per tant, es recomana fer controls de les primeres matèries, al llarg del procés i en el producte final (SOLIVA, 1993).

Especificacions de la qualitat mínima del compost segons la NTJ 05C -COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS

Els paràmetres principals de caracterització de qualitat mínima dels composts d'acord amb la NTJ 05C, són els següents:

- Patògens humans (espècies indicadores de contaminació, la seva quantificació orienta sobre la qualitat higienicosanitària)
- Metalls pesants
- Contaminants físics: impureses, pedres i graves
- Grau de finor
- Humitat
- Matèria orgànica
- Llavors i propàguls de males herbes
- Qualitats organolèptiques: olor agradable, color fosc i aspecte homogeni

Les següents especificacions sobre la qualitat mínima del compost no garanteix la seva idoneïtat i suficiència en tots els usos i per a totes les aplicacions als espais verds. Per una bona aplicació de compost, caldrà tenir en compte altres paràmetres, com la conductivitat elèctrica, el grau de finor de les partícules, el grau d'estabilitat, la dosificació, etc.

Els continguts en patògens humans en el compost depèn del tractament de compostatge i del material d'entrada. La salmonel·la i els coliformes fecals són els organismes patògens indicadors del possible risc per la salut i la qualitat higienicosanitària dels composts.

La salmonel·la no ha d'estar present en els composts i l'expressió de l'assaig ha d'indicar la presència o absència dels bacteris en 25 g de producte elaborat.

Els bacteris *Escherichia coli* són uns indicadors de contaminació fecal que hi estan presents sempre i la seva quantificació orienta sobre la qualitat higienicosanitària dels

composts. L'expressió dels resultats de l'assaig ha d'indicar el nombre d'unitats formadores de colònies per gram sobre mostra humida (u.f.c/g pes s.m.h).

Pel que fa al contingut en metalls pesants (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni i Zn) és important tenir en compte tant la concentració en el compost com la dosi que se'n aplica així com l'efecte acumulatiu que es derivi de l'aplicació, continuada o no, sobre el sòl.

Les dosis i els continguts de metalls pesants estan regulats pel RD 824/2005 Annex V. Segons aquesta normativa els composts amb un contingut de metalls pesants de Classe C tenen limitació d'ús quan s'apliquen com a fertilitzants en sòls agrícoles, i no poden superar la dosi de 5 tones de matèria seca per hectàrea i any.

A la taula 38 es presenten els continguts màxims de metalls pesants que estableix la Legislació espanyola per a les diferents qualitats del compost (classes A,B i C)

Taula 38. Límits de la concentració de metalls pesants segons la classificació en classes (REAL DECRET 824/2005, de 8 de juliol, sobre productes fertilitzants)

Metalls pesants	Límits de concentració		
	Sòlids: mg/kg de matèria seca		
	Líquids: mg/kg		
	Classe A	Classe B	Classe C
Cadmi	0,7	2	3
Coure	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plom	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercuri	0,4	1,5	2,5
Crom (total)	70	250	300
Crom (VI)	0	0	0

Classe A: productes fertilitzants que el seu contingut en metalls pesants no superen cap dels valors de la columna A.

Classe B: productes fertilitzants que el seu contingut en metalls pesants no superen cap dels valors de la columna B.

Classe C: productes fertilitzants que el seu contingut en metalls pesants no superen cap dels valors de la columna C.

El contingut de metalls pesants s'expressa en mg per Kg sobre mostra seca (mg/Kg s.m.s.).

Els contaminants físics són les impureses, les pedres i les graves.

El terme impuresa inclou els fragments de materials metàl·lics, plàstics i vidres superiors a 2 mm. L'existència d'impureses en els composts és un símptoma de contaminació que cal evitar.

El contingut d'impureses s'expressa en percentatge en pes sobre mostra seca a l'aire (%pes s.m.s.a.).

El paràmetre de pedres i graves inclou els fragments de materials estranys, de minerals (altres vidres i metalls) superiors a 5 mm. L'existència de pedres i graves en el compost és un símptoma aparent de contaminació que cal evitar especialment en el cas de la FORM ja que poden procedir de residus derivats d'obres.

El contingut de pedres i graves s'expressa en percentatge en pes sobre mostra seca a l'aire (% pes s.m.s.a.).

El grau de finor es determina a partir d'un assaig de tamisatge amb sedassos de 25 mm i 10 mm. El grau de finor d'un compost s'expressa en percentatge en pes sobre mostra seca a l'aire de les partícules que passen pel sedàs (%pes s.m.s.a.).

La humitat és un paràmetre no estable en el temps però s'ha de mantenir dintre d'un màxim i un mínim i s'expressa en percentatge en pes sobre mostra humida (%en pes s.m.h).

La maduresa del compost es determina a partir del test d'autoescalfament que expressa els resultats en cinc classes d'estabilitats segons la temperatura màxima assolida.

A la taula 39 es presenta l'avaluació de la maduresa dels compost en classes (1,2,3,4,5) segons les seves característiques tèrmiques en el test d'autoescalfament.

Taula 39. AVALUACIÓ DE LA MADURESA DEL COMPOST SEGONS EL VALOR DEL TEST D'AUTOESCALFAMENT (NTJ 05C COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS)

Increment de T^a per sobre de la T^a ambient	Classe d'estabilitat del TA	Descripció d'estabilitat	Potencial d'autoescalfament	Tipus de material
0 – 10 °C	TA Classe 5	Compost madur a molt madur	Molt baix	Compost madur
10 – 20 °C	TA Classe 4	Compost en procés de maduració	Baix	Compost madurant
20 – 30 °C	TA Classe 3	Compost mitjanament actiu, immadur	Mitjà	Compost actiu
30 – 40 °C	TA Classe 2	Compost molt actiu i inestable	Mitjà - Alt	Compost actiu
40 – 50 °C	TA Classe 1	Compost fresc i sense tractar	Alt	Matèria primera sense tractar

Un altre paràmetre de la qualitat d'un compost és el contingut de matèria orgànica (MO), tot i que cal, indicar que aquest paràmetre no és estable en el temps. Per poder gestionar

correctament el procés de compostatge cal conèixer la MO inicial i comparar-la amb la MO periòdicament en etapes posteriors. Els diferents percentatges han de ser interpretats en relació amb l'estat de maduresa del compost, el seu contingut en nitrogen i pel seu ús previst.

La matèria orgànica total (MOT) es determina per calcinació i per mètodes gravimètrics i els resultats s'expressen en percentatge en pes sobre mostra seca (%pes s.m.s.).

Les llavors i propàguls de males herbes es determinen a través del mètode d'assaig descrit a la BSI PAS 100:2005. L'expressió dels resultats de l'assaig de germinació ha d'indicar el nombre de llavors germinades per litre de barreja (nombre/l).

Per últim, els paràmetres organolèptics com ara l'olor, el color o l'aspecte del compost són paràmetres difícilment objectivables. L'expressió d'aquest resultats s'ha d'indicar com a apte o no apte.

Hi ha altres paràmetres a tenir en compte per determinar la qualitat del compost i també per classificar els tipus de composts i conèixer les propietats per ordenar la seva aplicació a la jardineria i la restauració del paisatge, com són:

- Conductivitat elèctrica
- pH
- Contingut de nitrogen
- Maduresa i estabilitat
- Densitat aparent
- Relació C/N
- Contingut de macronutrients

Tots aquests paràmetres ha sigut analitzats en el punt 2.3 Variables del procés i la seva evolució al llarg del tractament.

Classificació dels composts segons el nivell de qualitat de la NTJ 05C -COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS

La classificació dels composts té com objectiu promoure el coneixement i l'ús adequat d'aquest material i alhora, per facilitar la seva referència i utilització correcte en els projectes i en les obres del sector dels espais verds. Vegeu el quadre següent, amb els paràmetres de qualitat caracteritzadors de les classes de compost.

Els composts es poden classificar segons el nivell de qualitat en :

- Compost de classe I
- Compost de classe II
- Compost de classe III

Els composts considerats de Classe I i II són de qualitat alta i mitjana, en canvi el de Classe III es considera que són els mínims necessaris per a considerar-lo un compost apte per a l'ús en els espais verds.

Els composts de Classe I poden ser utilitzats per qualsevol aplicació i ús dins de l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme. Són adequats preferentment per a ser aplicats a la jardineria exigent, com per exemple, a les gespes d'alta qualitat i esportives i on es vol fer créixer les plantes més exigents, com plantacions de plantes anuals, en panteres de flor i com a component en substrats per a jardineres i contenidors.

Els composts de Classe II són adequats per a ser aplicats a la jardineria i la restauració del paisatge en general, les plantes són més tolerants a la salinitat i el pH.

Els composts de Classe III només es poden utilitzar en l'àmbit de la recuperació de sòls degradats, normalment l'aplicació del compost és en principi única.

A la taula 40 es mostren les propietats de les tres classe de compost classificades per la NTJ 05C-COMPOSTS: QUALITAT I APLICACIÓ EN ESPAIS VERDS

Taula 40. Paràmetres de la qualitat caracteritzadors de les classes de compost.

PARÀMETRES DE QUALITAT CARACTERITZADORS DE LES CLASSES DE COMPOST					
PARÀMETRES DE QUALITAT	MÈTODES D'ANÀLISI O TESTS	UNITATS	LÍMITS ²		
			CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
Conductivitat elèctrica (CE) 1:5 V/V	UNE-EN 13038	dS/m	≤ 2	≤ 3	≤ 4
pH en H ₂ O 1:5 V/V	UNE-EN 13037	Sense	6 – 8	6 – 8,5	6 – 9
Nitrogen amoniaca (N-NH ₄) ³	Mètode 12 RD 1110/1991 (BOE núm. 170 de 17 de juliol de 1991) Ref. AOAC	mg/kg s.m.s.	≤ 500	≤ 1000	≤ 1500
Matèria orgànica total per calciniació (MOT)	Mètode 3 (a) Ordre 1 de desembre de 1981 (BOE de 20 de gener de 1982)	% s.m.s.	> 45	> 45	> 40
Grau d'estabilitat (GE) ³	GE	%	> 50	45 – 50	> 45
Potencial d'autoescalfament (TA) ³	Test d'autoescalfament (TA)	Classe d'estabilitat del TA	TA Classe 5	TA Classe 4	TA Classe 3 – 4
Metalls pesants ¹	UNE-EN 13650	mg/kg s.m.s.	Classe A – B	Classe A – B	Classe C
Impureses (metalls, vidres i plàstics) > 2mm	BSIPAS 100:2005 Annex E	% pes s.m.s.a.	< 0,5 Absent en C. vegetal i en C. de fem	< 0,5 Absent en C. vegetal i en C. de fem	< 3 Absent en C. vegetal i en C. de fem

1. Vegeu els paràmetres que fan referència als composts del RD 824/2005.

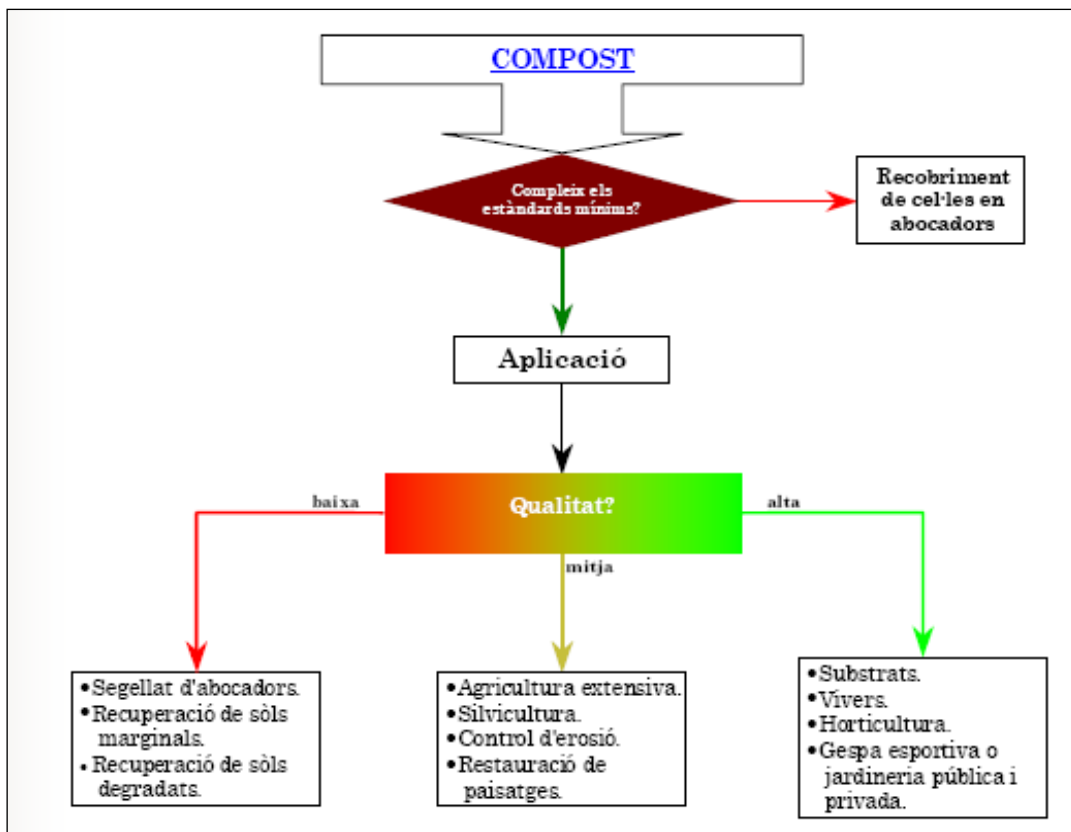
2. Vegeu els Marges de tolerància (RD 824/2005 ANNEX III).

3. No aplicable per a encoixinats.

S'hauria de considerar la qualitat del compost a partir de les característiques que resultin d'aplicar un tractament respectuós amb el medi ambient, en sintonia amb una correcta gestió dels residus i amb l'objectiu de fabricar un producte destinat a ser utilitzat en el sòl o, com a substrat.

A la figura 29 és presenta un esquema per la presa de decisions en l'aplicació del compost segons la qualitat que tingui el producte elaborat.

Figura 29. Aplicacions del compost en funció de la seva qualitat



5. Conclusions sobre l'ús del compost en Jardineria i Paisatgisme

En l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme, l'ús del compost millora les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl, i afavoreix el desenvolupament de la vegetació i la seva qualitat.

Els usos més destacats de l'utilització de compost, són els següents: com esmena orgànica general, aquest ús s'utilitza per a millorar la qualitat agronòmica del sòl, valorant-lo i esmenant-lo per poder-ne disposar posteriorment per implantar vegetació.

També s'utilitza com esmena orgànica de terra vegetal d'obra, on es barreja el sòl existent amb compost per crear una terra vegetal esmenada amb la qualitat suficient per fer la restauració del lloc, els principals beneficis que s'obtenen són, aconseguir un sòl apte per implantar material vegetal i obtenir un bon desenvolupament, amb aquesta pràctica s'estalvien costos en el procés de restauració, millorant la qualitat paisatgística i ambiental de l'obra.

Un altre ús és com esmena orgànica per l'implantació de gespes, que consisteix en l'incorporació de compost en la zona on arren les gespes, per afavorir una bona implantació i millorar la qualitat agronòmica del sòl. Aquesta aplicació permet, reduir la freqüència de reg i evita l'utilització d'herbicides, contribuint en la protecció del medi.

També s'utilitza el compost, com esmena orgànica de plantació de clots i rases i com esmena orgànica d'implantació de parterres en flor, que consisteix en incorporar compost, per millorar la qualitat agronòmica de la terra i afavorir el desenvolupament del material vegetal.

Un altre ús destacat de l'utilització de compost en Jardineria i Paisatgisme, és el destinat a l'encoixinament orgànic, obtenint molts beneficis, els més rellevants dels quals és l'optimització de l'aigua de reg, perquè la capa de encoixinat manté l'humitat del sòl durant un període llarg de temps. També permet el control de males herbes, evitant el seu desenvolupament i per últim, un avantatge important per la seva utilització és la protecció que proporciona en la capa superficial de sòl, evitant danys mecànics a les arrels i tenint un efecte amortidor de les variacions de temperatura, i evitant l'erosió del sòl subyacent.

El compost també s'utilitza per el control de l'erosió, millorant l'estructura del sòl i la taxa d'infiltració de l'aigua, disminuint així, el risc d'erosió del sòl.

L'utilització del compost per prevenir i/o disminuir les forces erosives es fonamental en la prevenció de la degradació de la qualitat de l'aigua i el sòl. Les bermes filtrants i els tubs filtrants de compost, en interceptar les aigües d'escorrentia, permeten retenir les partícules de sòl pendent amunt i adsorbit fertilitzants i contaminants orgànic i inorgànics, disminuint molt l'arribada d'aquest materials als canals i conques de recepció.

I per últim, un altre ús destacat, és l'utilització de compost per la recuperació de sòls degradats, on el sòl es barreja amb el compost per obtenir una terra vegetal de qualitat i així millorar les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl.

En conclusió, l' utilització de compost millora les propietats del sòl, afavoreix el creixement i desenvolupament de la vegetació i contribueix a la gestió sostenible dels residus orgànics, preservant i millorant el medi ambient i el paisatge.

1. Descripció de l'assaig

1.1 Objectius

L'objectiu principal és estudiar els efectes de l'aplicació de compost de FORM en la fertilitat d'un sòl sorrenc de la comarca del Maresme.

El projecte es situa en una parcel·la experimental de Santa Susanna a la comarca del Maresme, a la vessant nord de la Serralada Litoral.

El Maresme és una comarca amb sòls d'origen granític, principalment arenosos, amb un clima bastant benigne i amb una disponibilitat d'aigua abundant. En els últims anys, com en la majoria de poblacions costeres, l'evolució econòmica de Santa Susanna ha propiciat un increment dels serveis i el comerç en detriment de la tradició agrícola, tot substituint nombroses terres de cultiu per zones urbanes.

En la següent figura es presenta el mapa de situació de Santa Susanna, extret de la pàgina web d'informació del municipi.

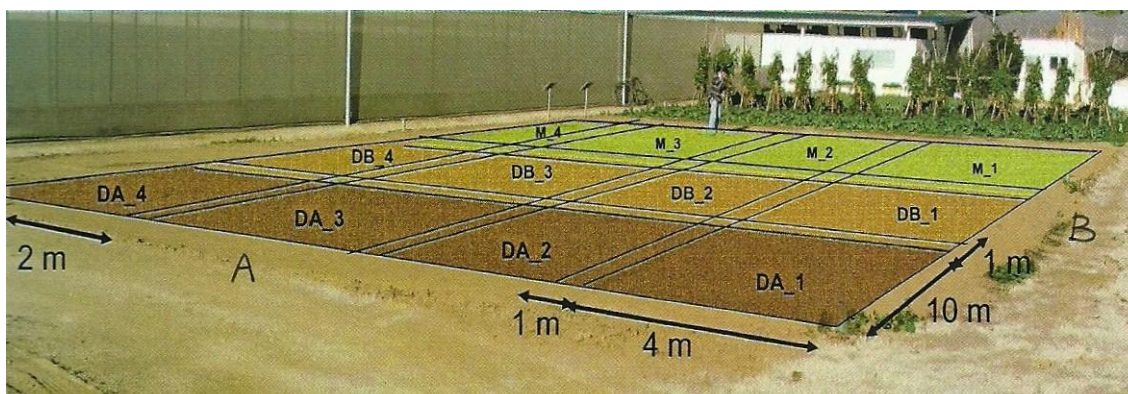
Figura 30. Mapa de la situació de Santa Susanna a la costa del Maresme (web oficial de Santa Susanna).



La parcel·la té 544 m² i es troba en una zona vulnerable (àrea 2) segons designa el Decret 476/2004, del 28 de desembre on s'estableixen noves àrees vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries.

Per dur a terme l'estudi, es va dividir la parcel·la en tres subparcel·les, corresponents el tractament de compost (C), compost-mineral (CM) i mineral (M). De cada tractament es van establir quatre repeticions, seguint un disseny de blocs no al atzar, obtenint així un total de dotze subparcel·les. En la figura 31 s'indica com estaven distribuïdes les subparcel·les. Els blocs es van distribuir en rengles orientades AB d'acord en la direcció de les labors mecàniques en el sòl, per tal d'evitar la barreja del sòl dels diferents tractaments.

Figura 31. Parcel·lació de l'assaig. (Huerta, O., 2008).



La rotació hortícola implantada en el projecte té una durada de 2,2 anys i conté sis cultius amb la següents distribució temporal (Taula 41).

Taula 41. Distribució temporal dels cultius de la rotació hortícola

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2006											Bleda	
2007				Tomàquet							Col-i-flor	
2008		Ceba			Carbassó			Api				

S'estudiaran els efectes de tres programes de fertilització en la fertilitat del sòl, en la rotació hortícola esmentada prèviament. Els tractaments aplicats són, un d'orgànic (C), a base de compost de fracció orgànica de residus municipals (FORM), un de mineral (M), a base d'un protocol de fertirrigació usual a la zona per a cultius hortícoles a l'aire lliure, i un tercer de fertilització mixta (CM), compost de FORM i fertirrigació.

- **C:** tractament amb adobat de fons exclusivament orgànic a base de compost de FORM. L'aplicació es realitzà vuit dies després de l'anàlisi del sòl inicial (Dia 0). La dosi de compost aplicada va ser de 78,4 t/ha.
- **CM:** tractament amb adobat mixt, orgànic i mineral. El dia 8 es va aplicar la meitat de la dosi de compost que es va aplicar al tractament C (39,2 t/ha) com a adobat de fons. Complementàriament, durant el període estudiat es va aplicar fertirrigació mineral, a la meitat de la dosi que va rebre el tractament M.
- **M:** tractament sense aportació de compost de FORM de fons i amb fertirrigació exclusivament mineral, dosificada segons les necessitats dels cultius implantats.

L'aplicació de compost es va realitzar de forma homogènia en tota la superfície i la fertirrigació es va aplicar per microaspersió o per degoteig, segons el conreu.

Després de l'aplicació del compost en superfície en els tractaments C i CM, es llaura el sòl per tal d'incorporar el compost homogèniament en profunditat. En el tractament mineral, tot i no incorporar-se compost, també es va dur a terme la mateixa labor de llaurat, per tant que el sòl tingué idèntic tractament mecànic.

Aquesta pràctica comporta la barreja de les capes més superficials (0 – 20 cm i 20 – 40 cm) i en conseqüència, de les seves característiques. Per tant, alhora d'analitzar aquestes capes, caldrà tenir en compte aquest fenomen, anomenat "efecte barreja". Presumiblement, aquest efecte serà més notable quan el contingut total del paràmetre analitzat, tingui una diferència elevada entre la capa superior (0 – 20 cm) i la mitjana (20 – 40 cm).

Els efectes sobre el sòl, s'estudiaran a tres profunditats:

- 0 – 20 cm
- 20 – 40 cm
- > 40 cm

Els paràmetres de fertilitat analitzats seran els següents:

Humitat, pH, conductivitat elèctrica, matèria orgànica, nitrogen orgànic, nitrats, fòsfor total, fòsfor Olsen, potassi total, potassi de canvi i continguts totals en calci, magnesi, sodi, ferro, manganès, zinc, coure, níquel, cadmi, crom i plom.

1.2 Disseny experimental, descripció dels tractaments

1.2.1. El compost de FORM

El compost utilitzat pel desenvolupament de l'assaig prové de la planta de compostatge de Castelldefels. Aquest compost està produït a partir de fracció orgànica de residus municipals, recollits selectivament, i restes vegetals procedents de la trituració de residus de poda i sega de jardineria municipal (pública i privada). La tecnologia emprada en la fase de descomposició, és el túnel de compostatge i en la fase de maduració, és la pila voltejada. El material inicial té una proporció en volum de 1:1 (F.O./F.V.).

El seu aspecte visual és agradable; de color marró fosc i escassa olor d'amoníac. Té una gran proporció de restes vegetals triturades i és difícil distingir-hi plàstics de petit tamany procedents de les bosses de brossa domèstiques.

A continuació, es presenta la taula 42 amb tots els resultats dels anàlisis fets al compost utilitzat en l'assaig, per tal de poder-ne fer la caracterització química. A més, s'ha inclòs les dades mitjanes de compost de FORM i de compost de RSU per poder comparar-les.

Taula 42. Anàlisi de paràmetres del compost utilitzat en l'experiència, del compost de FORM i del compost de RSU. Taula modificada de Soliva, 2001.

PARÀMETRES	COMPOST UTILITZAT	COMPOST FORM	COMPOST RSU
pH	8,13	8,01	7,56
CE (dS/m)	2,62	6,55	9,13
Humitat (%)	26,79	26,99	27,7
N-NH ₄ (mg.Kg ⁻¹)	552	1.738,30	2689
NO ₃ (mg.Kg ⁻¹)	n.d	153	53
MO (%)	52,56	53,36	54,23
N org (%)	1,29	2,21	1,76
Relació C/N	20	12	16
MOR (%)	26,68	25,23	18,28
GE (%)	50,75	47,70	36,08
NnH (%)	0,74	1,27	0,75
NnH/N org (%)	57,23	56,99	43,06
P (%)	0,2	0,85	0,66
K (%)	0,86	1,35	0,72
Ca (%)	2,98	7,35	7,37
Mg (%)	0,55	0,79	1,13
Na (%)	0,21	0,68	0,83
Fe (%)	1,51	1,01	0,79
Cd (mg.Kg ⁻¹)	0,13	0,38	1,56
Cr (mg.Kg ⁻¹)	7	41	113
Cu (mg.Kg ⁻¹)	34	83	270
Pb (mg.Kg ⁻¹)	26	65	181
Ni (mg.Kg ⁻¹)	6	57	101
Zn (mg.Kg ⁻¹)	124	191	696

Tots els resultats excepte la humitat estan expressats sobre matèria seca. **n.d.**: no detectable.

MOT: Matèria orgànica total (determinada per calcinació). **MOR:** Matèria orgànica resistent.

GE: Grau d'estabilitat.

NnH: Nitrogen no hidrolitzable (Nitrogen resistent).

N org: Nitrogen orgànic (determinat pel mètode Kjeldahl sobre matèria seca, 1:5 p/v).

mg.Kg⁻¹ N-NH₄ soluble i mg.Kg⁻¹ N- NO₃: determinats en l'extracte aquós utilitzat per determinar el pH i CE.

Dels resultats dels anàlisi dels diferents compost cal destacar les següents diferències:

El compost utilitzat per dur a terme l'assaig té un pH lleugerament superior a la mitjana del compost de FORM i clarament superior a la mitjana del compost de RSU.

En el paràmetre de la CE, el compost utilitzat té uns nivells molt més baixos que els altres dos composts. Els tres composts tenen una humitat molt similar.

El contingut en MOR del compost utilitzat és lleugerament superior al del compost mitjà de FORM i molt superior al del compost de RSU, evidenciant un enriquiment en substàncies de difícil degradació de naturalesa similar a l'humus. Atès el menor contingut en MO total i el major contingut en MOR del compost utilitzat en relació al compost de FORM. El GE del compost supera el 50%, essent per tant, un compost amb una estabilitat superior a la mitjana de FORM i molt superior al de la mitjana del compost de RSU.

El contingut en NnH és molt baix que la mitjana del compost de FORM i molt similar al del compost de RSU. En el càlcul del tant per cent del NnH respecte al Norg s'obté un valor molt similar a la mitjana del compost de FORM i clarament superior al del compost de RSU. Atenent a les característiques de MO, Norg, GE i contingut en NnH es pot indicar que el compost utilitzat en l'assaig té una estabilitat mitjana i és pobre en Norg, perquè una gran part d'aquest està en forma de N resistent.

Les anteriors característiques, associades també al baix contingut en N-NH₄ soluble, suggereixen, com també ho fa la relació C/N, que es tracta d'un compost amb baixa capacitat de subministrar N a curt termini. Aquestes característiques el fan altament adequat com a esmena orgànica. En aquest context, la seva incorporació al sòl no presenta cap risc d'alliberament excessiu de N.

El contingut de P total és clarament inferior a la mitjana del compost de FORM i encara que en menor mesura al del compost de RSU.

Pel que fa el K total, també presenta continguts sensiblement més baixos al compost de FORM i lleugerament més alts al compost de RSU.

El contingut de Na, Ca i Mg total són clarament inferiors als altres composts, mentre que el compost utilitzat presenta un contingut en Fe total superior.

Pel que fa al contingut d'elements potencialment tòxics, el compost utilitzat presenta concentracions clarament inferior al compost de FORM i el compost de RSU per a tots els elements analitzats.

Segons les Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme (NTJ 05C), el compost utilitzat en l'assaig pot ser catalogat com a compost de Classe I, anomenat com compost de qualitat alta. Aquest compost es pot utilitzar en totes les aplicacions i usos dins dels espais verds dels parcs i jardins tant públics com privats. És adequat per ser aplicat, preferentment, en jardineria exigent en continguts de MO, com gespes d'alta qualitat i també es pot utilitzar en plantacions intensives o en replantacions freqüents.

1.2.2 El fertilitzant mineral

El fertilitzant mineral s'aplica segons un programa de fertirrigació usual en els cultius a l'aire lliure a la comarca del Maresme.

La solució nutritiva base del programa de fertirrigació es formula a partir de l'aigua de reg disponible, que prové del freàtic de la finca experimental. Tal com es pot observar en la taula 43 l'aigua de reg té un contingut en nitrats (3 meq.L^{-1}), la qual cosa fa que es tracti d'una finca en zona vulnerable, tal com s'ha indicat amb anterioritat.

L'aigua de reg conté nivells molts alts de Ca^{2+} , alts de SO_4^{-2} i mitjos de Mg^{2+} , Na^+ i Cl^- . A partir d'aquesta aigua de reg es formula la solució nutritiva que conté, 7 meq.L^{-1} de NO_3^- , 3 procedents de l'aigua de reg i 4 aportats en forma d'adob soluble. Complementàriament, la solució conté 5 meq.L^{-1} de K^+ que s'aporten a partir d'adob soluble, atès que l'aigua de reg no conté K^+ . I 1 meq.L^{-1} de H_2PO_4^- a partir d'adob soluble, atès que l'aigua de reg tampoc conté fòsfats. En la següent taula es presenta la formulació de la solució de fertilització i l'aigua de reg.

Taula 43. Composició de la fertirrigació aplicada en el tractament CM i M.(IRTA, 2008).

meq.L ⁻¹	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻
Aigua de reg	3	0	5	0	13	2	2	3
Solució de fertilització base	7	1	5	5	13	3	3	3

1.3 Materials i mètodes

En aquest apartat s'explica només el mètode emprat per analitzar el potassi assimilable del sòl, que consisteix en l'extracció de potassi amb acetat amònic, atès que en aquest treball final de carrera s'ha dut a terme aquest paràmetre de fertilitat del sòl. La resta de paràmetres han estat determinats en els laboratoris d'anàlisi química de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, en el marc d'un projecte d'investigació subvencionat pel *Ministerio de Medio Ambiente*. La descripció dels mètodes emprats per determinar la resta de paràmetres estan descrits en els Treballs de Final de Carrera de Carla Gómez i Marta Jané (*Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició i qualitat del tomàquet*), de Sergi Catalan (*Efectes del tipus d'adobat en la producció i composició mineral de l'api i en les propietats del sòl*) i de Aleix Borràs (*Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició de la ceba*), que es poden consultar a la biblioteca del Campus del Baix Llobregat de la UPC.

En aquest cas, el K total extret equival a l'índex assimilable de K en els sòls (suma del K intercanviable i del K soluble en aigua). Els materials i aparells utilitzats són els següents:

- Fotòmetre de flama o espectrofotòmetre adaptat a la fotometria de flama.
- Agitador mecànic de tubs de centrifugadora.
- Centrifugadora i tubs de 50 ml.
- Matràs de 100 ml.
- Embuts i pipetes.
- Bureta de 25 ml.

El reactiu que s'utilitza és una solució d'acetat amònic (Ac O NH_4) 1N ajustada a pH 7. La metodologia per formular el reactiu és la següent:

Per preparar un litre de solució, s'afegeix 57 ml d'àcid glacial a 600 ml d'aigua destil·lada, i s'incorpora 66 ml de $\text{NH}_4 \text{OH}$ concentrat, de pes específic 0,90.

El $\text{NH}_4 \text{OH}$ s'ha d'afegir en una vitrina de gasos a través d'un embut de coll llarg, de tal forma que arribi al fons de la solució del àcid.

S'ha de deixar refredar i ajustar el pH a 7 amb àcid acètic o $\text{NH}_4 \text{OH}$, utilitzant un pH-metre. Diluir la solució fins el volum establert, barrejar i guardar en una ampolla de pyrex.

L'extracció de K

L'extracció de potassi assimilable consisteix en col·locar 5 g de sòl en un tub de centrifugadora de 50 ml. S'afegeix 25 ml. de Ac O NH_4 (el reactiu elaborat anteriorment) i s' agita durant 10 minuts. Seguidament, és centrifuga el tub fins que el líquid sobrenedant estigui clar (16 min a 3500 rpm). A continuació, es decanta el líquid sobrenedant en una matràs de 100 ml. Cal fer tres extraccions seguint el mateix procediment i, finalment, s'enrasa fins la marca de 100 ml amb Ac O NH_4 i es barreja.

Elaboració de les solucions patró

Per elaborar les solucions patró de 0, 5, 10, 20, 40 i 60 ppm de K es fa servir la dilució. A partir de la dissolució mare, que en aquest cas, tindrà un volum de 1 litre i una concentració de 1000 mg K/l, es pipeteja el volum necessari i es dilueix en un matràs aforat de 100 ml. Per exemple, per fer la solució patró de 10 ppm de K, es pipeteja 1 ml de la dissolució mare, i es dilueix en 100 mL d'aigua destil·lada en un matràs aforat. Posteriorment, mitjançant la lectura dels patrons al fotòmetre, s'obtindrà la recta de calibració necessària per poder llegir les mostres.

Determinació de K

A partir de les solucions patrons elaborades de 0, 5, 10, 20, 40 i 60 ppm de K, es determina el contingut de K en el extracte de Ac O NH_4 del sòl, comparant amb les emissions produïdes per les solucions patrons amb el fotòmetre de flama.

Seguiment fotogràfic del procés d'extracció i determinació del potassi asimilable



Les mostres de sòl



5 g de mostra de sòl



Reactiu Ac O NH₄



Voltejadora



Centrifugar: temps 16min a 3500 rpm



Tub de centrifugar amb el sobrenedant



Decantar el líquid sobrenedant en un matràs de 100 ml



Solucions de l'extracció de K



Fotòmetre de flama



Calibració amb les solucions patrons

1.4 Càlcul i expressió dels resultats

Per el càlcul del potassi assimilable expressat en ppm del sòl, s'utilitza la següent fórmula:

$$\text{Potassi (ppm)} = 100x / m$$

x = contingut de potassi de la solució AcONH₄ expressat en ppm.

m = pes sec en grams de la mostra de sòl.

En l'annex 1 es mostren els resultats obtinguts del mètode analític.

1.5 Anàlisi de sòls realitzats

Anàlisi estadístic

Per a cada paràmetre de fertilitat del sòl, s'han estudiat els efectes dels tres tractaments de fertilització (C,CM,M) a tres profunditats: capa superior (0 – 20 cm); capa mitjana (20 – 40 cm) i capa inferior (>40cm). Pel tractament estadístic s'ha dut a terme l'anàlisi de la varianza (anova) i quan aquest ha indicat significació estadística ($p > 0,05$) s'ha dut a terme la separació de mitjanes pel test de Tukey estandarditzat. Al llarg del període estudiat s'han dut a terme cinc mostreigs de sòl, que corresponen cronològicament els dies després de l'aplicació del compost en una rotació hortícola, tal com s'indica a continuació.

DIA	SITUACIÓ ROTACIÓ
8	Inici del cultiu de blada
156	Final del cultiu de blada, abans d'iniciar el cultiu de tomàquet
322	Final del cultiu de tomàquet, abans d'iniciar el cultiu de coliflor
468	Final del cultiu de coliflor, abans d'iniciar el cultiu de ceba
563	Final del cultiu de ceba

2. Característiques del sòl inicial

2.1 Descripció del sòl inicial

Taula 44. Anàlisi de les propietats del sòl inicial.

PARÀMETRE	PROFUNDITAT (cm)		
	0 - 20	20 - 40	> 40
H (%)	9,9	14,3	10,3
pH	7,3	7,4	7,5
CE (μmhoscm^{-1})	292	300,7	243,5
MO (%)	0,97	0,67	0,49
Norg (%)	0,07	0,04	0,03
N-NO ₃ (mgKg^{-1})	31,5	24,3	17
P total (mgKg^{-1})	5438	756	1006,7
P Olsen (mgKg^{-1})	11,7	6	7,3
K total (mgKg^{-1})	8327,7	5165	6827,3
K assim. (mgKg^{-1})	66	71,3	43,2
Ca total (mgKg^{-1})	1097	988,3	676,7
Mg total (mgKg^{-1})	1176,5	1100,7	1081
Na total (mgKg^{-1})	557,8	663	613
Fe total (mgKg^{-1})	29750,7	36744,3	32586,3
Zn total (mgKg^{-1})	26,7	17,3	12,3
Mn total (mgKg^{-1})	656,3	780,7	693,3
Cu total (mgKg^{-1})	28,3	54,75	25,5
Ni total (mgKg^{-1})	1	2	1
Cr total (mgKg^{-1})	14,3	21,8	11,5
Pb total (mgKg^{-1})	1	5	1,7
Cd total (mgKg^{-1})	.	.	.

Per avaluar els valors obtinguts i interpretar els resultats s'ha consultat Les Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme: NTJ 02A- Moviment de terres i condicionament del sòl: APLEGADA DE TERRA VEGETAL D'OBRA (Desembre de 2005). I també s'ha consultat la següent bibliografia: *Metales Pesados, Materia Orgánica y otros Parámetros de los Suelos Agrícolas y Pastos de España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.*

A la taula 45 es relacionen les dades estadístiques descriptives dels sòls del Estat Espanyol, per un conjunt de paràmetres del sòl que també s'han analitzat en aquest treball.

Taula 45. Estadístics descriptius. (*Metales Pesados, Materia Orgánica y otros Parámetros de los Suelos Agrícolas y Pastos de España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009*).

Paràmetre	Mitjana	Mediana	Mínim	Màxim
Matèria orgànica (%)	2,4	1,7	0,07	31,7
Fòsfor Olsen (ppm)	23,5	18,0	1,0	168,0
Potassi assimilable (ppm)	247,0	185,0	5,0	4455,0
Plom (ppm)	19,8	16,0	2,0	706,0
Coure (ppm)	19,8	14,0	0,0	772,0
Zinc (ppm)	54,9	48,0	4,0	760,0
Crom (ppm)	27,4	22,0	0,0	226,0
Níquel (ppm)	20,6	17,0	1,0	321,0
Cadmi (ppm)	0,2	0,2	0,01	1,5

Pel que fa l'avaluació dels resultats totals dels paràmetres s'ha consultat la següent bibliografia: *Environmental Soil Chemistry*, Donald L. Sparks. Academic Press.

Per l'interpretació dels resultats obtinguts en metalls pesants s'utilitza la següent bibliografia: *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*, Sheila M. Ross. University of Bristol, UK., on s'estableix un rang normal per cada element en el sòl, la mitjana i la concentració considerada tòxica.

2.2 Descripció dels paràmetres analitzats del sòl inicial

Humitat (%)

La humitat del sòl el dia del mostreig és similar, (10%) a la capa superior (0 – 20 cm) i en l'inferior (> 40 cm), mentre que la capa mitjana presenta valors superiors (14%).

pH

El pH del sòl en les tres profunditats analitzades correspon a sòls lleugerament bàsics (7,3 – 7,8), fet que indica l'existència de carbonat càlcic, tot i que, en baixa quantitat. No s'observa cap variació notòria en profunditat, encara que es detecta una tendència a l'increment (de 7,3 a 7,5).

Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La CE del sòl en les tres profunditats indica que aquest paràmetre no es limitant (< 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) per el creixement de la vegetació.

Els valors de la capa superior i mitjana són molt similars (300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) i s'observa una tendència a la disminució en l'última capa (240 $\mu\text{S}/\text{cm}$), segurament deguda el rentat en profunditat per la pluja i/o el reg.

Matèria orgànica (%)

El contingut de MO del sòl disminueix amb la profunditat, tal com és d'esperar, en un sòl agrícola en l'escenari edafoclimàtic del Maresme.

El contingut en MO de la capa superior (0,88 %) correspon a un contingut molt baix (<0,9%), tot i que, molt a prop, en el límit superior d'aquest rang. A major profunditat l'avaluació indica continguts molt baixos en matèria orgànica (< 0,9 %).

Nitrogen orgànic (%)

El contingut en Norg del sòl mostra, tal com es d'esperar, un comportament molt similar al de la matèria orgànica, tot detectant-ne una disminució amb la profunditat.

Pel que fa a l'avaluació del Norg, la capa superior(0,07 %), presenta un contingut baix (0,05 – 0,1 %), mentre que a més profunditat, es troben continguts molt baixos (< 0,05 %).

Nitrogen nítric (mgKg⁻¹)

El N-NO₃⁻ del sòl presenta un comportament similar a altres paràmetres relacionats (MO i Norg), és a dir, una disminució amb la profunditat.

En la capa superior, el contingut de N-NO₃⁻ (31,5 ppm) es pot classifica com a alt, tot i que molt a prop el límit inferior del rang (30 – 45 ppm). En la capa mitja, el contingut és mitjà-alt (15 – 30 ppm), mentre que a la capa més profunda es situa en un valor mitjà.

Fòsfor total (mgKg⁻¹)

El P total és molt més alt a la capa superior del sòl (5438 ppm), que en les capes més profundes, que presenten valors similars, tot i que lleugerament més baixos en la capa mitjana (760 ppm) que en l'inferior (1000 ppm).

Les diferències observades en aquest paràmetre, segurament venen determinades per les pràctiques de fertilització fosfòrica excedentària aplicades al llarg dels anys. Aquesta pràctica, que proporciona al sòl més P del que els cultius necessiten, va augmentant el contingut de P en aquest, que en presència de calci i carbonat càlcic (detectat en el pH), es va acumulant en forma de fosfat càlcic, poc mòbil i de baixa solubilitat. La baixa mobilitat del P en aquestes condicions explica també que les capes més profundes presentin nivells més baixos.

Pel que fa l'avaluació del contingut total de fòsfor, els valors obtinguts estan compresos en el rang bibliogràfic de 20 – 6800 ppm, amb valors superiors a la mitjana (430 ppm) i on els valors de les capes mitjana i inferior, són molt propers a la mediana (800 ppm). Aquest fet no es d'estranyar en un sòl que ha rebut fertilització durant molts anys i es distància de la mitjana de referència perquè aquesta prové de sòl agrícoles i naturals molts diversos, des de deserts o dunes fins a tota mena de sòls dels EEUU.

Fòsfor assimilable (mgKg⁻¹)

El contingut de P assimilable en el sòl, mostra una variació similar el fòsfor total, és més alt a la capa superior (11,7 ppm) que en les més profundes (6 – 7 ppm), en un context de sòl lleugerament bàsic.

Pel que fa a l'avaluació del contingut de P assimilable, les tres capes tenen un contingut baix (6 – 12 ppm), però la capa superior es situa pràcticament en el límit superior del rang.

Les diferències observades en aquest paràmetre segurament venen determinades per les pràctiques de fertilització fosfòrica que s'han dut a terme durant molts anys. Donada la baixa mobilitat del P en aquestes condicions, explica els nivells més baixos en les capes més profundes. Segurament també influeix la presència de calci, que immobilitza el fòsfor formant fosfat càlcic.

Potassi total (mgKg⁻¹)

El contingut de potassi total del sòl, mostra una variació en profunditat similar a la observada pel fòsfor total, tot i que, les diferències són menors; és a dir, valors més alts en la capa superior (8328 ppm) i menors en les capes situades per sota d'aquesta, observant-se també, que la capa inferior (6828ppm) conté un contingut superior al de la capa mitjana (5165 ppm).

Aquests continguts observats, estan inclosos en el rang general dels sòls (50 – 63000), i en tots els casos, són inferiors a la mitjana (15000 ppm). El major contingut de potassi total en la capa superior, segurament també deriva del programa de fertilització potàssica rebut durant molts anys per aquest sòl, que ha enriquit aquesta capa, en produir-se menys extraccions per part dels cultius que les aportacions que es feien.

El potassi existent en aquests sòls deriva, en bona part, de la seva composició mineralògica atès que es tracta d'un sòl granític que conté feldspats i miques que són silicats alumínics que contenen potassi.

Potassi assimilable (mgKg⁻¹)

Els continguts en potassi assimilable en el sòl, són molt baixos (<80 ppm) en totes tres profunditats, tot i que, els valors de la capa superior (66 ppm) i mitjana (71 ppm) són superiors als de la capa inferior (43 ppm).

Els nivells detectats com a molt baixos indiquen de forma general, que les plantes veuran restringit el seu subministrament per a un creixement satisfactori, actuant, presumiblement com a factor limitant del creixement i la producció. No obstant, en un escenari de sòls derivats del sauló d'origen granític, aquesta limitació no es produeix de forma notòria, degut a que, tot i mantenir concentracions solubles de bescanvi relativament baixes, la reposició de potassi des de la fracció fixa silicatada i altament meteoritzada, és ràpida. Per la qual cosa, tot i que les concentracions siguin baixes, usualment permeten una nutrició adequada de les plantes. En qualsevol cas, la major concentració en la capa superior i mitjana en relació amb la profunditat, vindria determinada, com en el cas del potassi total, per l'efecte continuat de la fertilització potàssica, que afecta principalment a la capa superior, atès a la mobilitat mitjana del potassi i també del major grau de meteorització del sauló de la capa superior i mitjana.

Calci total (mgKg⁻¹)

Els continguts de calci total en el sòl en les tres capes té un tendència a la disminució, des de la capa superior amb el valor més alt (1097 ppm) fins l'inferior (676,7 ppm).

Per avaluar els valors dels continguts de Ca total, les tres capes es situen dins del rang de 100 – 320000, aquest valors també es situen molt per sota de la mitjana (24000 ppm) i de la mediana (15000 ppm), degut a que el sòl és poc calcari perquè prové del granit.

Segurament, una part del calci que trobem prové de l'aigua de reg (amb alts continguts de Ca tal com s'indica a la taula 42) que progressivament ha enriquit el medi edàfic, situant el pH en el rang de lleugerament bàsic (7,3 – 7,8). Hi ha més incidència en la capa superior degut a que és on s'aplica el reg i on es produeix evapotranspiració que concentra els ions i facilita la formació de carbonats.

Magnesi total (mgKg⁻¹)

Els continguts de magnesi total en el sòl presenten en les tres capes poca variació en profunditat de 1000 – 1200 ppm.

Els valors obtinguts de Mg total es situen dins del rang (50 – 100000 ppm), molt per sota de la mitjana (9000 ppm) i de la mediana (5000 ppm), cal considerar que el material parental d'aquest sòl és granític i per tant, hi ha poca presència de bases dèbils. Segurament, certa influència del magnesi prové de l'aigua de reg, com en el calci total però en menor grau. Hi ha una lleugera tendència a la disminució a major profunditat de les capes per rentat de la pluja i el reg.

Sodi total (mgKg⁻¹)

El contingut de sodi total en el sòl en les tres capes els valors obtinguts són molt similars, per tant hi ha poca variació en profunditat.

Per avaluar els valors del contingut de Na total en el sòl s'observa el rang general del sòl (500 – 100000 ppm), en tots tres casos els valors són molt inferiors a la mitjana (12000 ppm) i a la mediana (5000 ppm), els valors de les tres capes es situen pràcticament en el límit inferior del rang.

Aquesta situació és d'esperar per la tendència del sòl granític a la lixiviació i la poca activitat de bescanvi associada al baix contingut d'argila i de matèria orgànica del sòl.

Ferro total (mgKg⁻¹)

El contingut de ferro total en el sòl augmenta considerablement en profunditat, tot i que és lleugerament més alt en la capa mitjana que en l'inferior.

Per avaluar els valors del contingut de Fe total en el sòl s'observa el rang general del sòl (100 – 100000 ppm), en tots tres casos els valors estan lleugerament situats per sobre de la mitjana (26000 ppm) i per sota de la mediana (40000 ppm).

Aquesta situació en els continguts de ferro total es d'esperar per el context del sòl, alts continguts en silicats derivats del sauló. La meteorització de les miques boititiques (silicat alumínic, magnèsic, fèrric i potàssic) allibera ferro, un procés pel qual resta disponible per les plantes. Les extraccions de ferro fetes pels cultius al llarg dels anys, presumiblement, han afectat molt més la capa superior del sòl que les més profundes. Aquesta característica diferencial, pot explicar, el menor contingut de ferro en la capa superior respecte les inferiors.

Metalls pesants

Zinc total (mgKg⁻¹)

El contingut de zinc total en el sòl té una tendència a la disminució de la part superior a l'inferior.

L'avaluació del contingut de Zn total es fa en relació al rang general (10 – 300 ppm), la mitjana (50 ppm) i el rang de toxicitat (70 – 400 ppm). En tots tres casos els valors estan situats per sota de la mitjana i molt per sota del rang tòxic. Tant en la capa superior (27 ppm), la mitjana (17 ppm) com en l'inferior (12 ppm) els continguts estan allunyats del mínim d'aquest rang.

Manganès total (mgKg⁻¹)

El contingut de manganès total en el sòl té una tendència a augmentar en profunditat, tot i que lleugerament més alt en la capa mitjana que en l'inferior.

L'avaluació del contingut de Mn total es fa en relació al rang general (200 – 2000 ppm), la mitjana (600 ppm) i el rang de toxicitat (1500 – 3000 ppm). En tots tres casos es situen lleugerament per sobre de la mitjana i per sota de la concentració tòxica. Tant en la capa superior (656 ppm), la mitjana (781 ppm) com en l'inferior (693 ppm) els continguts estan allunyats del mínim d'aquest rang.

Coure total (mgKg⁻¹)

El contingut de coure total en el sòl varia segons la profunditat, en la capa superior (0 – 20 cm) i l'inferior (> 40 cm) els valors són molt similars (28,3 ppm i 25,5 ppm) en canvi, en la capa mitjana el valor augmenta considerablement (54,8 ppm).

L'avaluació del contingut de Cu total es fa en relació al rang general (2 – 100 ppm), la mitjana (30 ppm) i el rang de toxicitat (60 – 125 ppm). En la capa superior i en l'inferior es situa lleugerament per sota de la mitjana i en la capa intermèdia es situa per sobre de la mitjana.

Tot i que, en tots els casos els valors es situen per sota del rang tòxic, el contingut de la capa mitjana s'apropa el mínim d'aquest rang.

Níquel total (mgKg⁻¹)

El contingut de níquel total en el sòl és molt baix, en la cap superior és de 1 ppm, en la capa mitjà augmenta fins a 2 ppm i en la capa inferior és de 1 ppm.

L'avaluació del contingut de Ni total es fa en relació al rang general (10 – 1000 ppm), la mitjana (40 ppm) i el contingut considerat tòxic (100 ppm). En tots els casos els valors es situen per sota del rang general i en conseqüència molt lluny del contingut considerat tòxic.

Crom total (mgKg⁻¹)

El contingut de crom total en el sòl varia segons la profunditat, en la capa superior (0 – 20 cm) i l'inferior (> 40 cm) els valors són molt similars (14,3 ppm i 11,5 ppm) en canvi, en la capa mitjana el valor augmenta (21,8 ppm).

L'avaluació del contingut de Cr total es fa en relació al rang general (5 – 1000 ppm), la mitjana (100 ppm) i el rang de toxicitat (75 – 100 ppm). En tots tres casos es situen per sota de la mitjana i del rang tòxic.

Plom total (mgKg⁻¹)

El contingut de plom total en el sòl varia segons la profunditat, en la capa superior (0 – 20 cm) i l'inferior (> 40 cm) els valors són similars (1 ppm i 1,7 ppm) en canvi, en la capa mitjà el valor augmenta (5 ppm).

L'avaluació del contingut de Pb total es fa en relació al rang general (2 – 200 ppm), la mitjana (10 ppm) i el contingut considerat tòxic (100 – 400 ppm). En la capa superior i inferior es troben per sota del rang general i en la capa mitjana dintre del rang. Tots els continguts són inferiors a la mitjana i al rang tòxic.

3. Efectes de l'aplicació del compost en les propietats del sòl

3.1 Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (0 – 20 cm)

Taula 46. Paràmetres analitzats estadísticament a la profunditat de 0 – 20 cm.

		C	CM	M
H (%)	dia 0	9,8967	9,8967	9,8967
	dia 8	13,9425 ↑ S	13,13 ↑ S	12,6925 ↑ S
pH	dia 0	7,3333	7,3333	7,3333
	dia 8	7,7 ↑ S	7,8 ↑ S	7,6625 ↑ S
CE mmhoscm-1	dia 0	292	292	292
	dia 8	401,75 ↑ S	403,75 ↑ S	353,625 ↑ S
MO (%)	dia 0	0,9767	0,9767	0,9767
	dia 8	1,8075 ↑ S	1,5875 ↑ S	1,0275 NS
Norg (%)	dia 0	0,0717	0,0717	0,0717
	dia 8	0,1163 ↑ S	0,0988 ↑ S	0,0725 NS
N-NO3 mgKg-1	dia 0	31,5	31,5	31,5
	dia 8	14,25 ↓ S	36,625 NS	37,125 NS
Ptotal mgKg-1	dia 0	5438	5438	5438
	dia 8	3585,25 NS	4133,5 NS	3536,25 NS
Polsen mgKg-1	dia 0	11,6667	11,6667	11,6667
	dia 8	13,5 NS	17 ↑ S	17,25 ↑ S
K total mgKg-1	dia 0	8327,6667	8327,6667	8327,6667
	dia 8	8111 NS	8238,75 NS	7984 NS
K assim. mgKg-1	dia 0	66	66	66
	dia 8	84,8 ↑ S	84,35 ↑ S	69,825 NS
Ca total mgKg-1	dia 0	1097	1097	1097
	dia 8	1076 NS	1220,25 NS	1159 NS
Mg total mgKg-1	dia 0	1176,5	1176,5	1176,5
	dia 8	1110,25 NS	1099,5 NS	1067,5 ↓ S
Na total mgKg-1	dia 0	557,8333	557,8333	557,8333
	dia 8	610,375 ↑ S	542,375 NS	557,625 NS

Fe total mgKg-1	dia 0	29750,6667	29750,6667	29750,6667
	dia 8	25267,5	25583,5	27842
		NS	NS	NS
Zn total mgKg-1	dia 0	28,6667	28,6667	28,6667
	dia 8	23,75	24	17,75
		NS	NS	NS
Mn total mgKg-1	dia 0	656,3333	656,3333	656,3333
	dia 8	615,5	617,5	628
		↓ S	NS	NS
Cu total mgKg-1	dia 0	28,3333	28,3333	28,3333
	dia 8	29	29	26,125
		NS	NS	NS
Ni total mgKg-1	dia 0	1	1	1
	dia 8	1	1	1
Cr total mgKg-1	dia 0	14,3333	14,3333	14,3333
	dia 8	12,875	13,375	13,5
		↓ S	NS	NS
Pb total mgKg-1	dia 0	1	1	1
	dia 8	1	1	1
Cd total mgKg-1	dia 0	.	.	.
	dia 8	.	.	.

Humitat (%)

L'humitat augmenta significativament en els tres tractaments. Aquest fet es pot atribuir al reg de plantació. Complementàriament es pot observar, que la humitat és lleugerament superior en els tractaments amb compost (C i CM), comportament atribuïble a l' incorporació de matèria orgànica que augmenta la capacitat de retenció d'aigua del sòl.

pH

El pH augmenta en els tres tractaments de forma significativa. Aquest comportament igual als tres tractaments és atribuïble al pH de l'aigua del reg de plantació.

Complementàriament s'observa que l' increment és més notori en els tractaments de compost, fet derivat del pH del compost aplicat (8,13).

Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

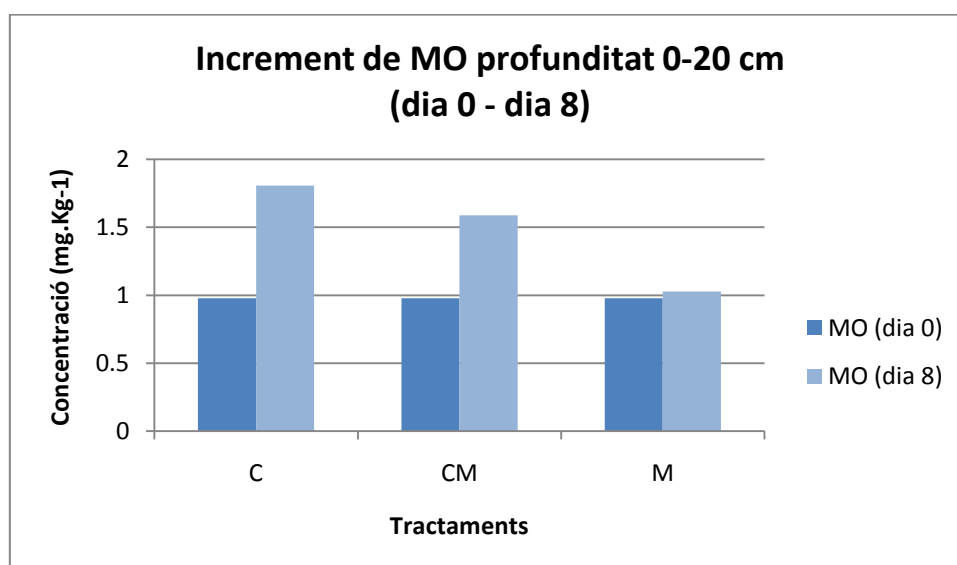
La conductivitat elèctrica augmenta significativament en els tres tractaments. Aquesta situació es pot atribuir a la conductivitat del aigua de reg de plantació. En els tractaments amb compost (C i CM) s'observa que l'increment és major, fet atribuïble a la salinitat del propi compost (2,62 dS/m).

Matèria orgànica (%)

Els continguts en MO augmenten considerablement, com s'observa en el gràfic 1 i tal com era d'esperar, en els tractaments amb compost (C i CM), mentre que al tractament mineral, els valors del dia 0 i dia 8 són molt similars (0,98 i 1,03%), degut a que no s'hi ha aplicat matèria orgànica.

El valor absolut de l'increment en C és superior que en CM, atès que el primer ha rebut un dosi de compost doble que el del CM.

Gràfic 1. Increment del contingut de matèria orgànica del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 0 – 20 cm.

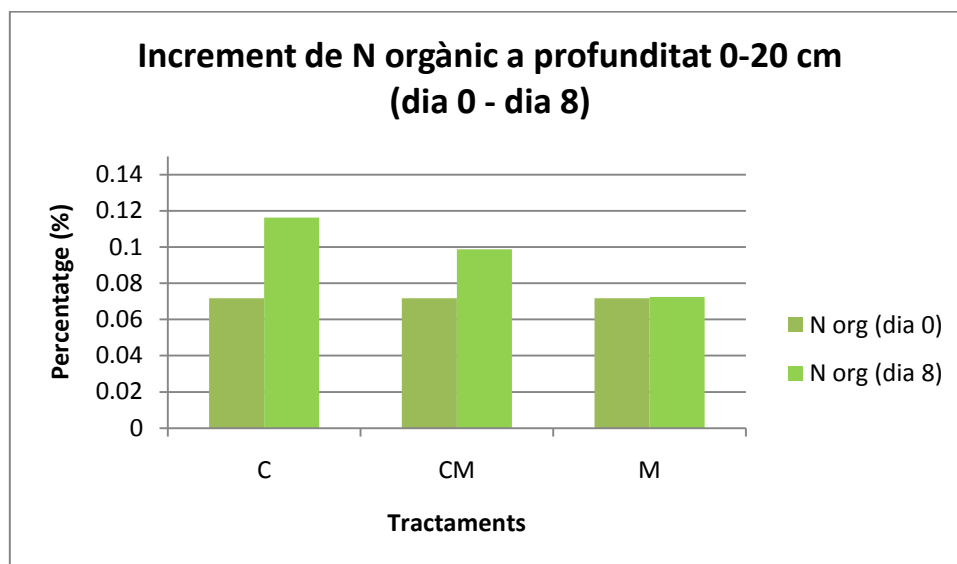


Nitrogen orgànic (%)

El contingut en Norg en els tres tractaments, tal com és d'esperar, té un comportament molt similar el de la matèria orgànica, tot detectant-se un augment en el contingut de Norg en els tractaments amb compost i cap variació en el tractament mineral.

També en aquest cas s'observa que el valor absolut de l' increment és proporcional a la dosi de compost aplicada.

Gràfic 2. Increment del contingut de nitrogen orgànic del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 0 – 20 cm.



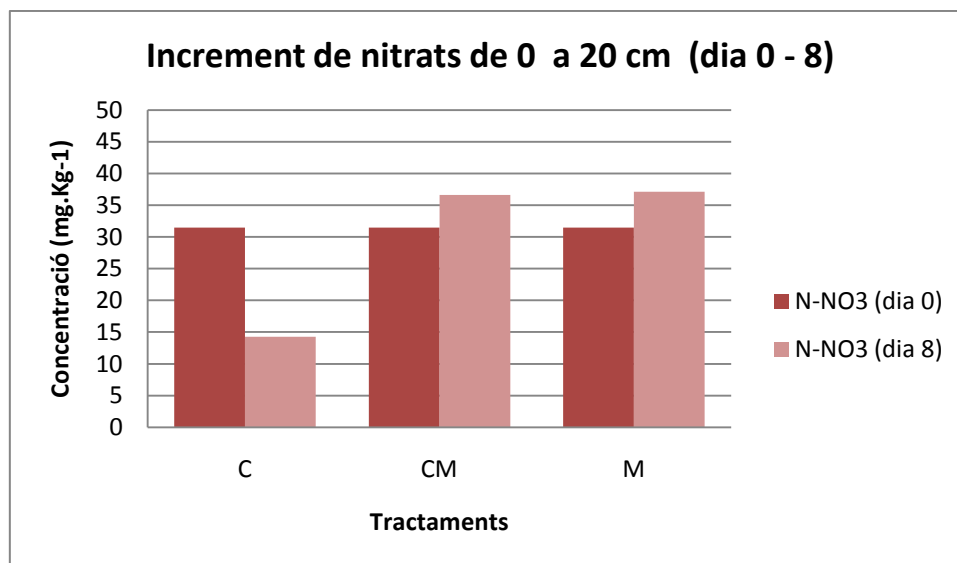
Nitrats (mgKg^{-1})

El contingut en N-NO_3^- disminueix significativament en el tractament C (compost) i augmenta, encara que no significativament, en els tractaments CM i M.

Aquesta disminució en el tractament C pot ser símptoma d'immobilització de nitrogen. El N-NO_3^- és consumit pels microorganismes que descomponen la MO en major intensitat que els que nitrifiquen a partir del nitrogen orgànic del sòl. Aquesta situació es podria haver donat en aquest assaig atès que, el compost aplicat, tot i tenir una matèria orgànica suficientment estable ($\text{GE} = 50\%$), presenta un contingut baix en N orgànic (1,3%), bona part del qual era resistent (60%).

Aquest efecte, tal com s'observa en el gràfic 3, no es mostra en el tractament que ha rebut només la meitat de la dosi de compost i, com és obvi, tampoc en el tractament mineral. La tendència a l'increment a CM i M podria derivar dels nitrats continguts en el reg de plantació.

Gràfic 3. Increment del contingut de nitrats del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 0 – 20 cm.



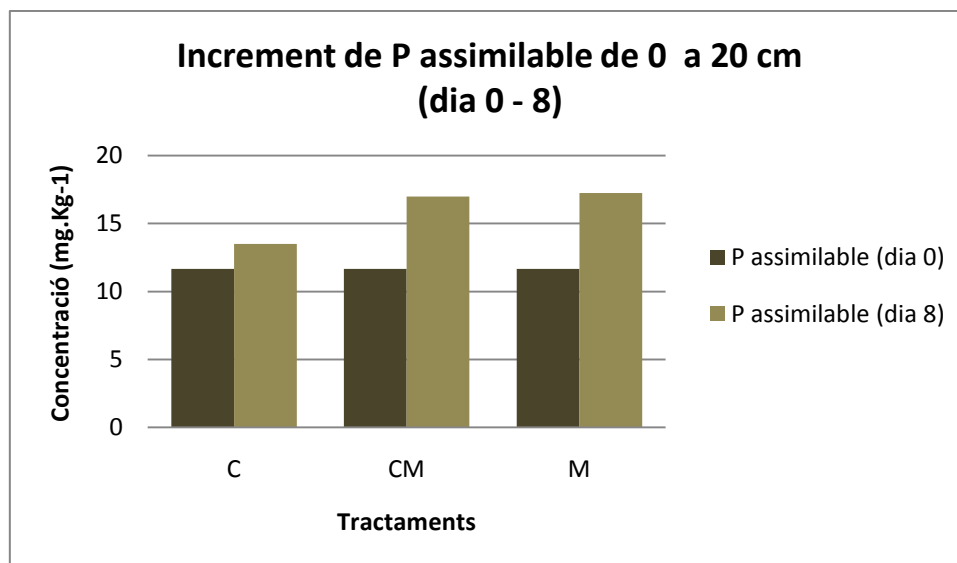
Fòsfor total (mgKg⁻¹)

El contingut de P total no presenta variació significativa en cap dels tres tractaments. Aquest fet indica que aquesta disminució no es causada per l'aplicació dels tractament. No obstant, en valors absoluts s'observa una disminució en tots tres casos, fet que es pot atribuir a l'efecte barreja de la llaurada entre el sòl superficial (major contingut de fòsfor total) i el subsòl superficial (menor contingut de fòsfor total), explicat anteriorment en l'apartat "Descripció de l'assaig".

Fòsfor assimilable (mgKg⁻¹)

El contingut de P assimilable augmenta significativament en els tractaments CM i M, i no significativament en el C. El valor obtingut en els tractaments CM i M cal atribuir-lo a l'efecte de la fertirrigació amb P en el reg de plantació.

Gràfic 4. Increment del contingut de fòsfor assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 0 – 20 cm.



Potassi total (mgKg⁻¹)

El contingut de K total no presenta variació significativa en cap dels tres tractaments. Tot i això, en valors absoluts s'observa una disminució en els tres casos.

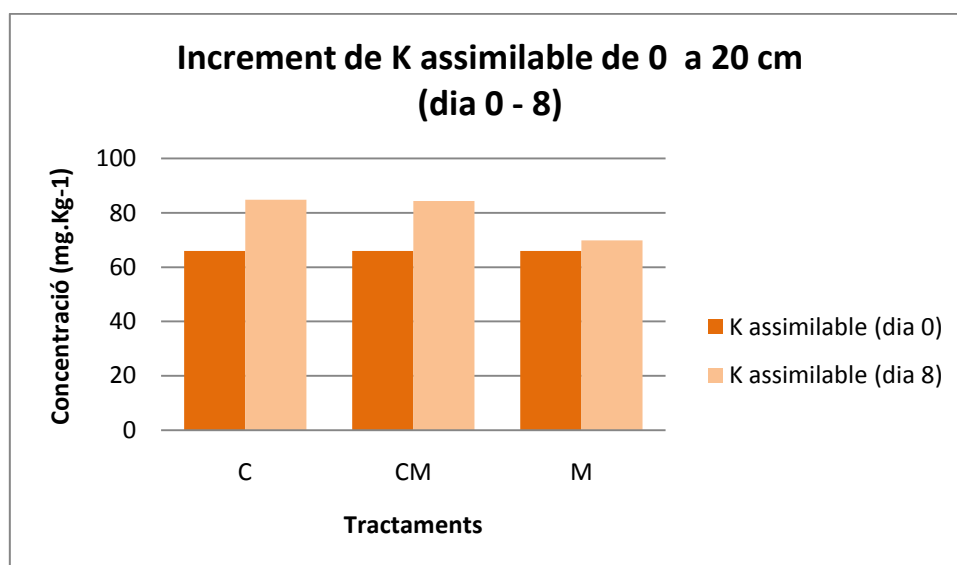
Aquestes variacions possiblement siguin degudes a l'efecte barreja de la llaurada, atès que a la capa superior conté més potassi total que la capa mitjana.

Potassi assimilable (mgKg⁻¹)

El contingut de K assimilable augmenta significativament en els tractaments on s'ha aplicat compost (C i CM), i no presenta variació significativa en el tractament mineral (M).

Aquest fet ve determinat per l'aportació de potassi que implica l'aplicació de compost, que allibera potassi assimilable en el sòl, tal com s'observa en el gràfic 5, en l'increment del dia 8.

Gràfic 5. Increment del contingut de potassi assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 0 – 20 cm.



Calci total (mgKg⁻¹)

El contingut de Ca total no mostra variació significativa en cap dels tres tractaments. El possible efecte barreja de la llaurada passa inadvertit degut a que, com es veu a la taula 44, el contingut de Ca total en la capa mitja és molt semblant al de la capa superior.

Magnesi total (mgKg⁻¹)

El contingut de Mg total disminueix significativament en el tractament M i no s'observa cap efecte significatiu en els tractaments C i CM. Tot i això, els valors absoluts de la variació de C i CM indiquen també una tendència a la disminució. La disminució en el tractament mineral (M), cal atribuir-lo a l'efecte barreja (sòl superficial més ric que el subsuperficial). El fet que la disminució no sigui significativa en els tractaments C i CM, es degut a l'aportació de Mg derivat de l'aplicació del compost que contraresta, en part, la disminució i la barreja per la labor aplicada.

Sodi total (mgKg⁻¹)

El contingut de Na total augmenta significativament en el tractament C i no s'observa variació significativa a CM i M.

Aquest augment al tractament C, pot ser conseqüència del contingut de sodi del compost utilitzat, que s'ha alliberat amb l'aplicació.

Ferro total (mgKg⁻¹)

El contingut de Fe total no s'afecta de forma significativa en cap dels tres tractaments, la qual cosa indica que no es veu afectat pels tractaments de fertilització, ni tampoc per l'efecte de la labor mecànica.

Metalls pesants

El contingut de Zn total, no mostra variació significativa en relació als tractaments aplicats. No obstant els valors absoluts indiquen una tendència a la disminució en els tres tractaments que seria atribuïble a l'efecte barreja per labor, atès que el sòl superficial tenia un contingut menor de Zn total.

El contingut de Mn total disminueix significativament en el tractament C i als altres dos tractaments no hi ha una variació significativa, tot i que els valors absoluts indiquen una lleugera disminució. Aquesta evolució no pot ser atribuïda a l'efecte barreja de la llaurada, atès que el sòl de la capa mitjana presenta un contingut en Mn total superior al de la capa superficial.

El contingut de Cu total no mostra variació significativa en cap dels tres tractaments estudiats, la qual cosa indica que no es veu afectat pels tractaments de fertilització ni tampoc per l'efecte labor.

Els valors obtinguts de Ni total i Pb total, no varien del dia 0 fins el 8, en cap dels tres tractaments. Degut a aquest fet, ja no s'ha fet el tractament estadístic de la variació.

El contingut de Cr total disminueix significativament al tractament C i, molt lleugerament en valors absoluts, en els altres dos tractaments (CM i M). Aquesta disminució, significativa en C i no significativa en CM i M, no pot derivar de l'efecte barreja, atès que el contingut de la capa mitjana era més alt que el de la capa superficial.

Pel Cd total no hi ha dades, perquè el seu contingut és molt baix i indetectable en laboratori.

3.2 Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (20 - 40 cm)

Taula 47. Paràmetres analitzats estadísticament a la profunditat de 20 a 40 cm.

		C	CM	M
H (%)	dia 0	14,3433	14,3433	14,3433
	dia 8	11,745 ↓ S	11,46 ↓ S	11,29 ↓ S
pH	dia 0	7,4333	7,4333	7,4333
	dia 8	7,8125 ↑ S	7,7125 ↑ S	7,5875 ↑ S
CE mmhoscm-1	dia 0	300,6667	300,6667	300,6667
	dia 8	326,25 NS	394,25 ↑ S	344,75 ↑ S
MO (%)	dia 0	0,6733	0,6733	0,6733
	dia 8	1,2188 ↑ S	0,875 ↑ S	0,7663 NS
Norg (%)	dia 0	0,0433	0,0433	0,0433
	dia 8	0,0788 ↑ S	0,0713 ↑ S	0,0617 NS
N-NO3 mgKg-1	dia 0	24,3333	24,3333	24,3333
	dia 8	8,5 ↓ S	42,25 ↑ S	41,875 ↑ S
P total mgKg-1	dia 0	756	756	756
	dia 8	2734,25 ↑ S	2101 ↑ S	1941,25 NS
P olsen mgKg-1	dia 0	6	6	6
	dia 8	11,25 ↑ S	14,25 ↑ S	13,5 ↑ S
K total mgKg-1	dia 0	5165	5165	5165
	dia 8	7868,5 ↑ S	6862,25 ↑ S	6863,25 ↑ S
K assim. mgKg-1	dia 0	71,3333	71,3333	71,3333
	dia 8	44,85 ↓ S	44,75 ↓ S	44,8 ↓ S
Ca total mgKg-1	dia 0	988,3333	988,3333	988,3333
	dia 8	1000,75 NS	869,25 NS	1069 NS
Mg total mgKg-1	dia 0	1100,6667	1100,6667	1100,6667
	dia 8	1085,5 NS	1042,5 ↓ S	1042 ↓ S
Na total mgKg-1	dia 0	663	663	663
	dia 8	630 NS	542,75 ↓ S	543 ↓ S

Fe total mgKg-1	dia 0	36744,3333	36744,3333	36744,3333
	dia 8	27658,25	25352,25	22307,25
		↓ S	↓ S	↓ S
Zn total mgKg-1	dia 0	17,3333	17,3333	17,3333
	dia 8	12,75	11,75	10,75
		↓ S	↓ S	↓ S
Mn total mgKg-1	dia 0	780,6667	780,6667	780,6667
	dia 8	677	591	627
		↓ S	↓ S	↓ S
Cu total mgKg-1	dia 0	54,75	54,75	54,75
	dia 8	29,125	27,75	25
		↓ S	↓ S	↓ S
Ni total mgKg-1	dia 0	2	2	2
	dia 8	1	0,875	1
Cr total mgKg-1	dia 0	21,8333	21,8333	21,8333
	dia 8	12	12,25	13,375
		↓ S	↓ S	↓ S
Pb total mgKg-1	dia 0	5	5	5
	dia 8	1,75	1	1
Cd total mgKg-1	dia 0	.	.	.
	dia 8	.	.	.

Humitat (%)

La humitat de la capa mitjana del sòl, disminueix significativament en el tres tractaments, la qual cosa indica que el factor de variació és aliè als tractaments de fertilització aplicats. La variació també indica que el reg de plantació ha esta només superficial, sense afectar a la capa mitjana de sòl.

pH

El pH augmenta en els tres tractaments de forma significativa, però en valors absoluts ho fa de forma més notòria en els tractaments de compost, degut a l'elevat pH del compost aplicat (8,13).

L'increment observat en el tractament M, encara que és significatiu, és només d'una dècima de pH, per tant, aquest efecte no es pot atribuir al reg de plantació, ja que no ha arribat a aquesta capa.

Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

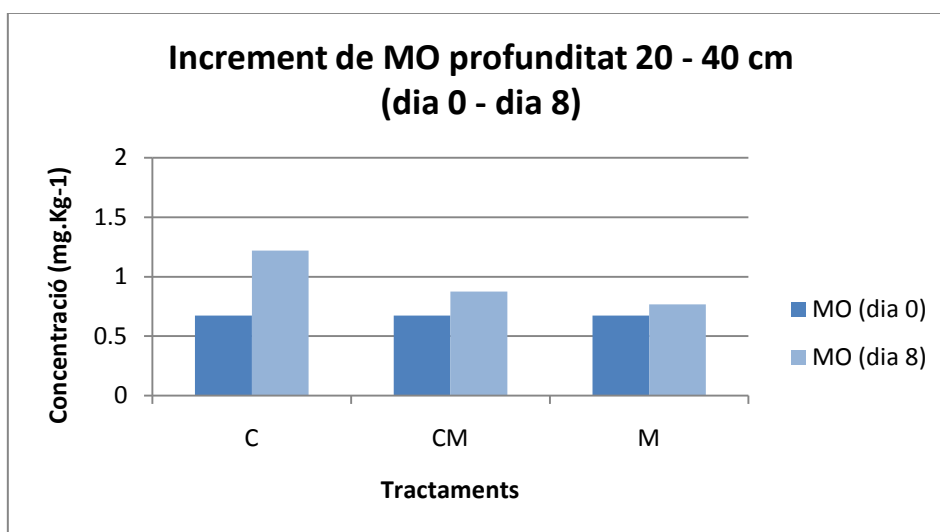
La conductivitat elèctrica augmenta significativament en els tres tractaments. Aquesta situació es pot atribuir a la conductivitat del aigua de reg. L'increment en els tractaments amb compost (C i CM), és pot atribuir a la salinitat del compost aplicat (2,62 dS/m). L'observa't en el tractament mineral, que en valors absoluts és inferior al dels tractaments amb compost, podria derivar del decrement en humitat observat al dia 8 en relació al dia 0, que hauria concentrat les sals solubles del compost aplicat.

Matèria orgànica (%)

Els continguts en MO augmenten significativament, tal com era d'esperar, en els tractaments amb compost (C i CM), mentre que al tractament mineral, els valors del dia 0 i dia 8 són similars (0,68 i 0,77%), degut a que la fertilització química no aporta MO.

Els valors absoluts de l'increment superior a C i menor a CM, indica la relació de la dosi de compost aplicada, tal com s'observa en el gràfic 6.

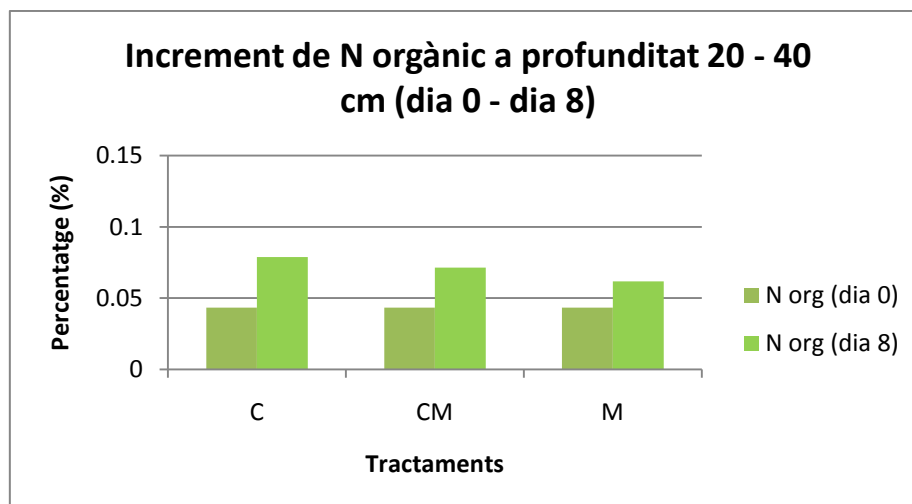
Gràfic 6. Increment del contingut de matèria orgànica del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 20 – 40 cm.



Nitrogen orgànic (%)

El contingut en Norg en els tres tractaments, tal com es d'esperar, té un comportament molt similar el de la matèria orgànica, tot detectant-ne un augment en el contingut Norg en els tractaments amb compost i cap variació en el tractament mineral. També en aquest cas el valor absolut de l'increment és proporcional a la dosi de compost aplicada, tal com s'observa en el gràfic 7.

Gràfic 7. Increment del contingut de nitrogen orgànic del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 20 – 40 cm.

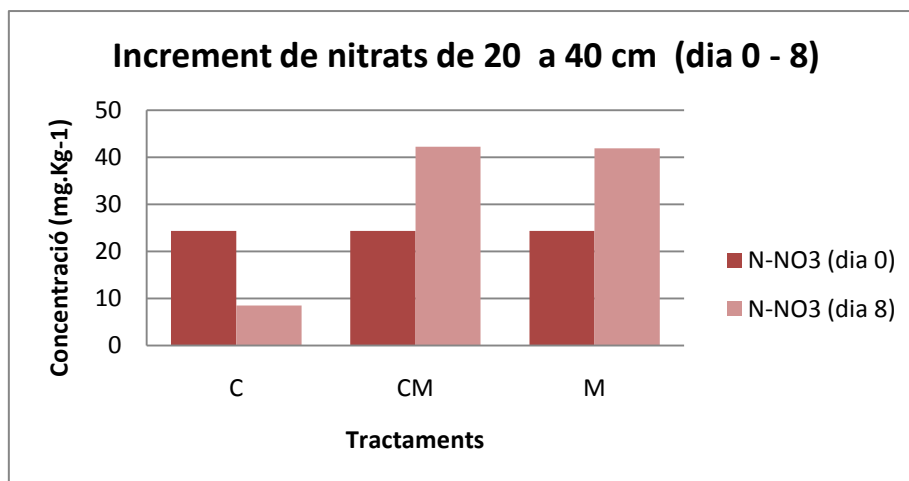


Nitrats (mgKg^{-1})

El contingut en N-NO_3^- s'observa que disminueix significativament en el tractament de C (compost) i que augmenta significativament en els tractaments CM (barreja compost/mineral) i M (mineral).

Aquesta disminució en el tractament C pot derivar del mateix fenomen que s'ha indicat i justificat en estudiar la variació d'aquest paràmetre en la capa superior del sòl. L'increment en els tractaments C i CM no es poden atribuir al reg de plantació, ja que com s'ha comentat abans, no ha afectat a la capa mitjana de sòl. Per tant, foren atribuïbles a la mineralització del Norg del sòl, que en el tractament CM no s'haurà immobilitzat atesa la menor dosi de compost aplicada.

Gràfic 8. Increment del contingut de nitrats del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 20 – 40 cm.



Fòsfor total (mgKg^{-1})

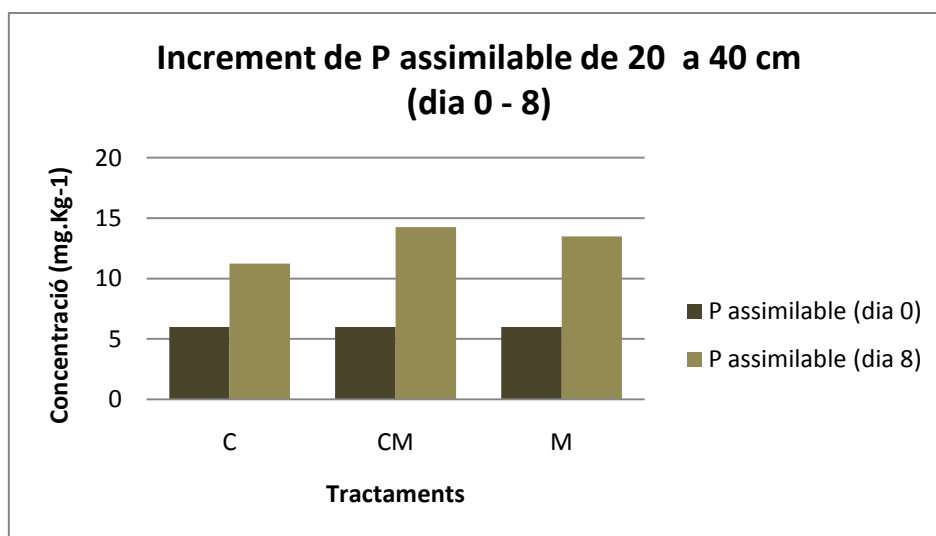
El contingut de P total augmenta significativament en els tractaments amb compost (C i CM) i no significativament en el tractament M.

Aquest increment general es dona per l'anomenat efecte barreja de la llaurada, degut a que la capa superior contenia més P total que la capa mitjana, i es fa significatiu en els tractaments que han rebut compost per l'aportació addicional que comporta aquesta aplicació.

Fòsfor assimilable (mgKg^{-1})

El contingut de P assimilable augmenta significativament en els tres tractaments, la qual cosa indica que el factor de variació no és el programa de fertilització. En aquest cas l'increment podrà venir derivat per l'efecte barreja de la labor, atès que el contingut de fòsfor Olsen de la capa superior és molt alt. Complementàriament, l'efecte barreja també ha incorporat més P total en aquesta capa, una part del qual pot haver-se transformat en fracció assimilable.

Gràfic 9. Increment del contingut de fòsfor assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 20 – 40 cm.



Potassi total (mgKg^{-1})

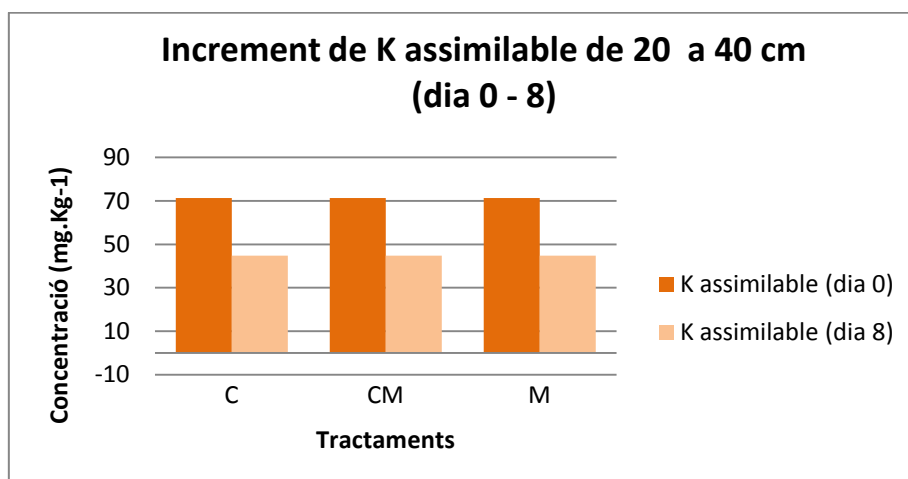
El contingut de K total augmenta significativament en els tres tractaments degut principalment a l'efecte barreja del llaurat, atès que el contingut de la capa superficial del sòl és superior al de la capa mitjana.

Cal tenir en compte que en valors absoluts l'augment és més elevat en C degut a l'aportació de potassi del compost (0,86 %).

Potassi assimilable (mgKg^{-1})

El contingut de K assimilable disminueix significativament en els tractaments. Aquest efecte es difícilment explicable perquè no és atribuïble al tipus de tractament fertilitzant, ni tampoc a l'efecte barreja, doncs la capa superior del sòl presenta continguts en potassi assimilable que només són lleugerament inferiors als de la capa mitjana i per tant, no poden explicar l'intensitat de la variació observada.

Gràfic 10. Increment del contingut de potassi assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de 20 – 40 cm.



Calci total (mgKg^{-1})

El contingut de Ca total no presenta variació significativa en cap dels tres tractaments.

El possible efecte barreja de la llaurada passa inadvertit degut a que, com s'ha vist anteriorment, el contingut en la capa superior és molt semblant.

Magnesi total (mgKg^{-1})

El contingut de Mg total disminueix significativament en els tractaments CM i M i no significativament en el tractament C.

Aquesta situació és deguda a l'efecte barreja del llaurat, atesa la major concentració de la capa superior. El fet que la disminució no sigui significativa, en el tractament C, ve determinada perquè el Mg aportat pel compost compensa parcialment aquesta disminució amb la seva aportació.

Sodi total (mgKg⁻¹)

El contingut de Na total disminueix significativament en els tractaments CM i M i no significativament en el tractament C. Aquesta situació pot ser deguda a l'efecte barreja del llaurat, atès que la menor concentració de Na total està a la capa superior. El fet que la disminució no sigui significativa, en el tractament C, ve determinada per l'aportació continuat del compost per compensa en part la disminució per l'efecte barreja.

Ferro total (mgKg⁻¹)

El contingut de Fe total disminueix significativament en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atès que la menor concentració de Fe total està en la capa superior. No s'observa cap incidència per l'aplicació dels tractaments.

Metalls pesants

El contingut de Zn total disminueix significativament en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat. Per aquest paràmetre no es veu cap incidència per l'aplicació dels tractaments fertilitzants.

El contingut de Mn total disminueix significativament en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atesa la menor concentració de Mn total de la capa superior del sòl. No s'observa cap incidència per l'aplicació dels tractaments.

El contingut de Cu total disminueix significativament en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atesa la menor concentració de Cu total de la capa superior del sòl. No s'observa cap incidència per l'aplicació dels tractaments.

El contingut de Ni total disminueix en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atès que la capa superficial del sòl presenta menor contingut de Ni total que la capa mitjana. Per aquest paràmetre no es veu cap incidència per l'aplicació dels tractaments fertilitzants.

El contingut de Cr total disminueix significativament en els tres tractaments. Aquest fet pot ser atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atès que la capa superior del sòl presenta menor contingut que a la capa mitjana del sòl. No s'observa cap incidència per l'aplicació dels tractaments.

El contingut de Pb total disminueix en els tres tractaments. Aquest fet també serà atribuïble, a l'efecte barreja del llaurat, atesa la menor concentració de Pb total a la capa superior del sòl. Per aquest paràmetre no es veu cap incidència per l'aplicació dels tractaments fertilitzants. En el Cd total no hi ha dades, perquè el seu contingut és molt baix i indetectable en laboratori.

3.3 Diferències del Dia 0 i del Dia 8 (> 40 cm)

Taula 48. Paràmetres analitzats estadísticament a la profunditat de més de 40 cm.

		C	CM	M
H (%)	dia 0	10,3333	10,3333	10,3333
	dia 8	10,695	10,075	10,145
		NS	NS	NS
pH	dia 0	7,5	7,5	7,5
	dia 8	7,9	7,7625	7,6625
		↑ S	↑ S	↑ S
CE mmhoscm-1	dia 0	243,5	243,5	243,5
	dia 8	251,25	323,75	290,625
		NS	↑ S	↑ S
MO (%)	dia 0	0,4983	0,4983	0,4983
	dia 8	1,1388	0,5763	0,3917
		↑ S	NS	NS
Norg (%)	dia 0	0,0367	0,0367	0,0367
	dia 8	0,075	0,045	0,035
		↑ S	NS	NS
N-NO3 mgKg-1	dia 0	17	17	17
	dia 8	5,5	32,125	28,625
		↓ S	↑ S	↑ S
P total mgKg-1	dia 0	1006,6667	1006,6667	1006,6667
	dia 8	1703,75	1371,75	1491,3333
		↑ S	NS	↑ S
Polisen mgKg-1	dia 0	7,3333	7,3333	7,3333
	dia 8	9,25	9,75	7,6667
		NS	NS	NS
K total mgKg-1	dia 0	6827,3333	6827,3333	6827,3333
	dia 8	7496,5	6372,5	6322
		NS	NS	NS
K assim. mgKg-1	dia 0	43,2333	43,2333	43,2333
	dia 8	50,8	39,7	29,6
		NS	NS	NS
Ca total mgKg-1	dia 0	676,6667	676,6667	676,6667
	dia 8	871,25	764	629
		NS	NS	NS
Mg total mgKg-1	dia 0	1081	1081	1081
	dia 8	1085,5	1052,75	1021,6667
		NS	NS	↓ S
Na total mgKg-1	dia 0	613	613	613
	dia 8	618	543,25	530,3333
		NS	↓ S	NS
Fe total mgKg-1	dia 0	32586,3333	32586,3333	32586,3333

	dia 8	26875,75 ↓ S	26023,5 ↓ S	26659,3333 ↓ S
Zn total mgKg-1	dia 0	12,3333	12,3333	12,3333
	dia 8	11,5 NS	10,5 ↓ S	10,3333 NS
Mn total mgKg-1	dia 0	693,3333	693,3333	693,3333
	dia 8	634,25 ↓ S	629,75 ↓ S	617 ↓ S
Cu total mgKg-1	dia 0	25,5	25,5	25,5
	dia 8	23,75 NS	22,875 NS	21 NS
Ni total mgKg-1	dia 0	1	1	1
	dia 8	1	1	1
Cr total mgKg-1	dia 0	11,5	11,5	11,5
	dia 8	11 NS	12,5 ↑ S	14,3333 ↑ S
Pb total mgKg-1	dia 0	1,6667	1,6667	1,6667
	dia 8	1	1,25	1,3333
Cd total mgKg-1	dia 0	.	.	.
	dia 8	.	.	.

Humitat (%)

La humitat no varia significativament per l'efecte de cap dels tres tractaments de fertilització aplicada, mantenint-se l'humitat del sòl en uns valors quasi bé idèntics als del dia 0.

pH

El pH augmenta significativament en tots els tractaments. Aquest fet no és possible que vingui donat per la naturalesa de l'aigua de reg, degut a que el reg de plantació no ha afectat aquesta capa del sòl, tal com indica la nul·la variació de l'humitat comentada anteriorment.

Tampoc es pot atribuir a l'efecte barreja pel llaurat atès que el pH de la capa mitjana i profunda són quasi bé iguals.

El fet que l'increment, en valors absoluts, sigui superior a els tractaments que han rebut compost podrà derivar de l'efecte d'una de la fracció de compost (que té pH de 8.3) en aquesta capa per efecte barreja.

Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

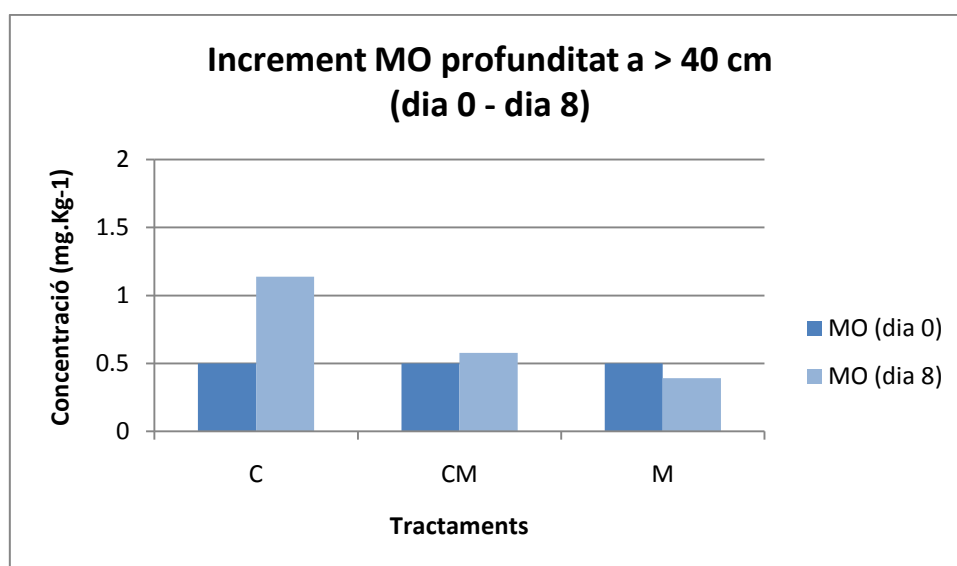
La CE augmenta significativament en els tractaments minerals (CM i M) i no significativament en el tractament C. La tendència a l'increment vindria en part determinada per l'efecte barreja, atès que la capa mitjana tenia una CE superior a la de la capa profunda. No es tracta cap explicació plausible al fet que l'increment no sigui significatiu en el tractament C.

Matèria orgànica (%)

El contingut de MO augmenta significativament en el tractament C, no significativament en el tractament CM, i tendeix a disminuir en el M.

Aquest efectes en C i CM serien atribuïbles a l'increment de MO del compost aplicat en superfície que, en petita fracció, haurà arribat a la capa profunda per l'efecte barreja per labor.

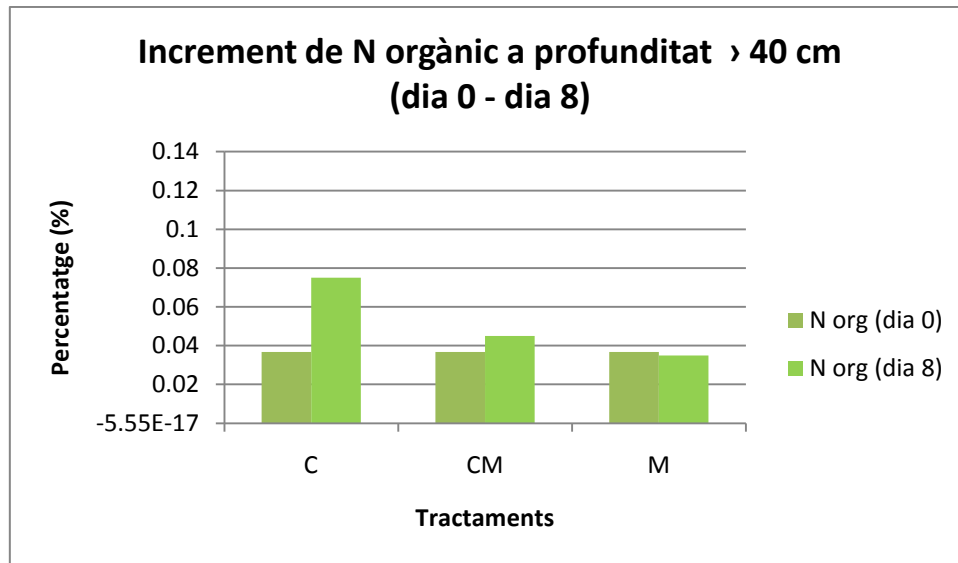
Gràfic 11. Increment del contingut de matèria orgànica del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de més 40 cm.



Nitrogen orgànic (%)

El contingut de N org augmenta significativament en el tractament C i no significativament en els tractaments CM i tendeix a disminuir en el M, de forma idèntica i per les mateixes raons explicades per el paràmetre matèria orgànica.

Gràfic 12. Increment del contingut de nitrogen orgànic del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de més 40 cm.



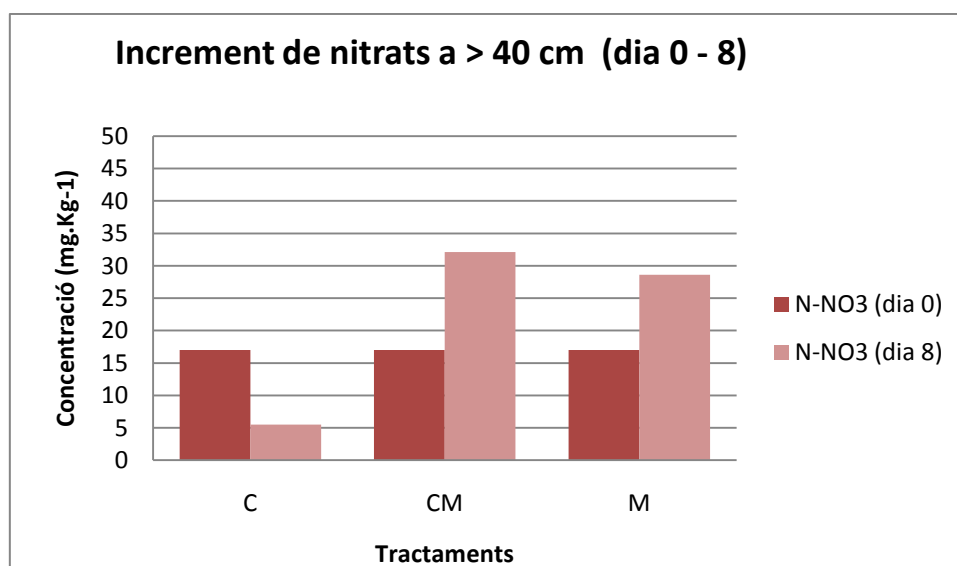
Nitrogen nítric (mgKg^{-1})

El contingut de nitrogen nítric augmenta significativament en els tractaments que han rebut fertilització mineral, CM i M i disminueix significativament en el tractament C.

Tal com s'observa en el gràfic 13, el contingut en N-NO_3^- disminueix en el tractament de C i que augmenta considerablement en els tractaments CM i M.

La disminució en el tractament C indicarà fenòmens d'immobilització de nitrogen associats a l'arribada fins aquesta capa d'una fracció del compost aplicat en superfície per l'efecte del llaurat. El fet que els tractaments CM i M mostrin un comportament d'augment podria atribuir-se a l'efecte barreja, atès que la major concentració de nitrat a la capa mitjana i també a la mineralització del Norg d'aquesta capa.

Gràfic 13. Increment del contingut de nitrats del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de més 40 cm.



Fòsfor total (mgKg⁻¹)

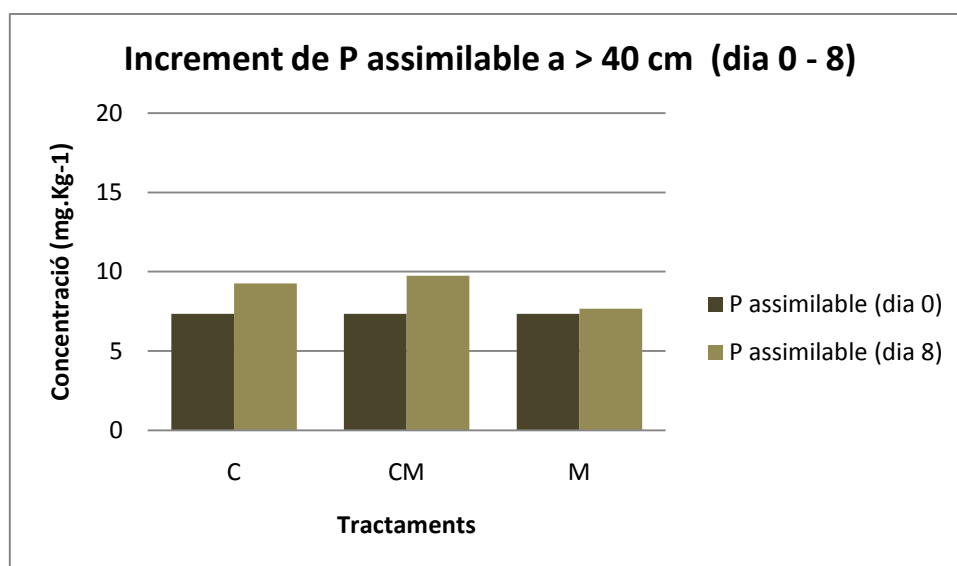
El contingut de P total augmenta significativament en els tractaments C i M i també ho fa encara que no significativament el tractament CM.

Aquestes variacions no poden ser atribuïdes a l'efecte barreja amb la capa mitjana del sòl, atès que aquesta tenia un contingut lleugerament inferior al de la profunda. L'única explicació seria que la labor hagués incorporat a la capa inferior una fracció de sòl procedent de la capa superior que tenia cinc vegades més concentració de fòsfor total.

Fòsfor assimilable (mgKg⁻¹)

El contingut de P assimilable no presenta variacions es significatives en cap dels tres tractaments, encara que augmenta lleugerament en els tractaments amb compost (C i CM) possiblement degut al fòsfor que conté el compost, una petita fracció del qual haurà acumulat a aquesta capa per l'efecte labor. Aquests increments s'observen en el següent gràfic 14.

Gràfic 14. Increment del contingut de fòsfor assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de més 40 cm.



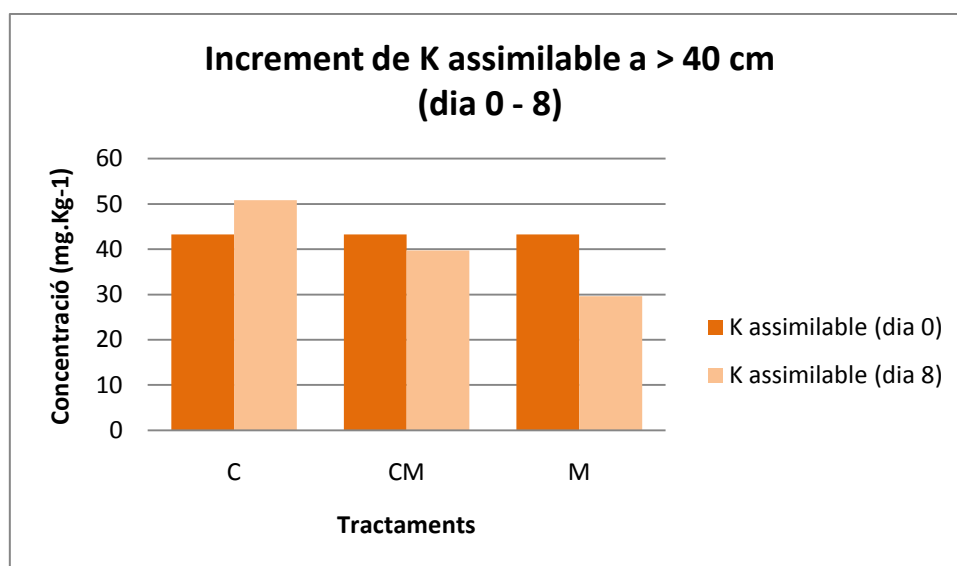
Potassi total (mgKg⁻¹)

La variació en el contingut de K total no es significativa en cap dels tres tractaments i, en valors absoluts s'observa una tendència a l'augment en el tractament C, possiblement degut a l'aplicació del compost. En als altres dos tractaments CM i M la tendència és a la disminució que podria atribuir-se a l'efecte barreja, atès que la capa mitjana del sòl té un contingut menor que la capa inferior.

Potassi assimilable (mgKg⁻¹)

La variació en el contingut de K assimilable no es significativa cap dels tres tractaments. En valors absoluts, es detecta una tendència al augment en el tractament C possiblement degut a l'aplicació del compost. Aquest lleuger increment s'observa en el gràfic 15. En els tractaments CM (barreja compost/mineral) i M (mineral), hi ha una tendència a la disminució en el contingut de potassi assimilable, que pot ser atribuir a l'efecte barreja ates que el contingut de la capa mitjana és superior a la de la capa profunda.

Gràfic 15. Increment del contingut de potassi assimilable del dia 0 i el dia 8 a la profunditat de més 40 cm.



Calci total (mgKg⁻¹)

La variació en el contingut de Ca total no es significativa cap dels tres tractaments. En valors absoluts s'observa una tendència a l'augment en els tractaments C i CM possiblement associada a l'aplicació del compost, mentre que en el tractament M els valors són molt similars.

Magnesi total (mgKg⁻¹)

El contingut de Mg total disminueix significativament en el tractament M i sense afectar-ne els altres dos tractaments (C i CM).

La disminució en M no és atribuïble a l'efecte barreja ates que la concentració de Mg total és molt similar en les dues capes, mitjana i inferior del sòl. No obstant, la variació detectada en M és molt petita, 60 ppm, en el marc del contingut inicial de 1081 ppm.

Sodi total (mgKg⁻¹)

El contingut de Na total disminueix significativament en el tractament CM i sense afectar-ne els altres dos tractaments C i M.

No es troba cap justificació plausible a la disminució observada a CM.

Ferro total (mgKg⁻¹)

El contingut de Fe total disminueix significativament en els tres tractaments, i ho fa de forma molt notòria (- 6000 ppm), per la qual cosa no és atribuïble al tractament de fertilització aplicat.

Aquesta gran disminució no deriva de l'efecte barreja, més aviat pot venir associat a un error en la determinació analítica i possiblement en la dilució de les cendres per la determinació per Absorció Atòmica.

Metalls pesants

El contingut de Zn només disminueix significativament en el tractament CM i sense afectar-ne els altres dos tractaments (C i M).

El contingut de Mn total també disminueix significativament en tots tres tractaments indicant que el factor de variació és aliè al tractament fertilitzant aplicat. La disminució és difícilment explicable i no atribuïble a l'efecte barreja atès que la concentració de Mn total de la capa mitjana del sòl es superior a la de la capa inferior.

El contingut en Cu total no es veu afectat per cap dels tractaments de fertilització aplicats.

El contingut de Ni total és el mateix d'abans i després de l'aplicació de compost, per la qual cosa no hi ha cap efecte dels tractaments de fertilització aplicats.

El contingut de Cr total augmenta significativament en CM i M i no es veu afectat en el tractament C. El fet que la capa mitjana de sòl tingui un contingut de Cr total quasi bé el doble del de la capa inferior explicaria, per l'efecte barreja, l'increment detectat per CM i M, però no justifica que la variació no s'observi a C.

El contingut de Pb total no varia significativament en cap dels tres tractaments, per tant no hi ha cap influència per els tractaments.

En el Cd total no hi ha dades, perquè el seu contingut és molt baix i indetectable en laboratori.

4. Evolució de les propietats del sòl al llarg del temps

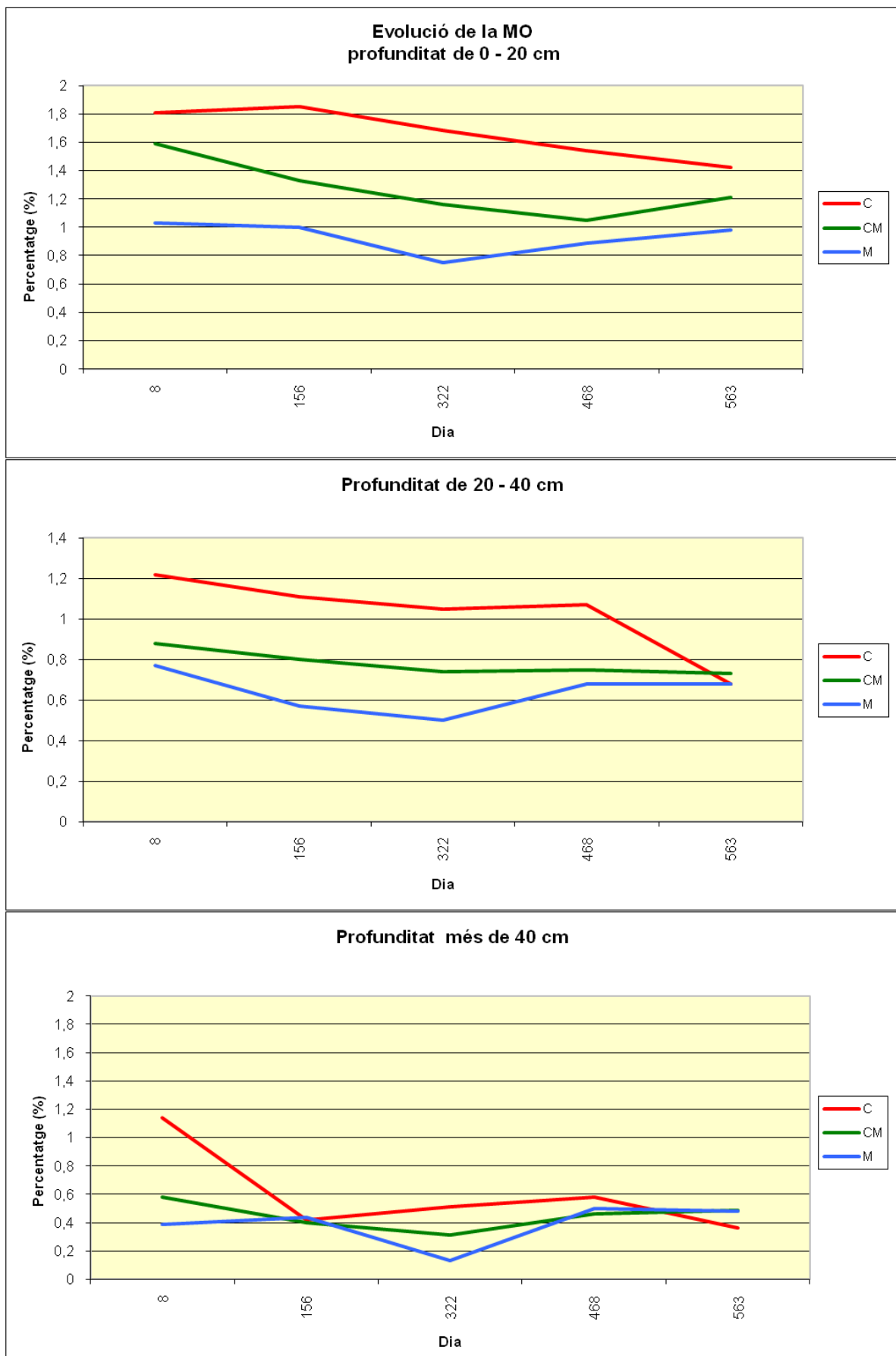
4.1 Matèria orgànica (%)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte a la MO del sòl, es presenten en la taula 49 i la gràfica 16.

Taula 49. Contingut de MO en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm					
Dia	Tractament				
	C	CM	M		
8	1,81 a	1,59 ab	1,03 b		
156	1,85 a	1,33 b	1 b		
322	1,68 a	1,16 b	0,75 c		
468	1,54 a	1,05 b	0,89 b		
563	1,42 a	1,21 a	0,98 a		
Profunditat: de 20 a 40 cm					
Dia	Tractament				
	C	CM	M		
8	1,22 a	0,88 b	0,77 b		
156	1,11 a	0,8 ab	0,57 b		
322	1,05 a	0,74 b	0,5 b		
468	1,07 a	0,75 b	0,68 b		
563	0,68 a	0,73 a	0,68 a		
Profunditat: > 40 cm					
Dia	Tractament				
	C	CM	M		
8	1,14 a	0,58 a	0,39 a		
156	0,42 a	0,4 a	0,44 a		
322	0,51 a	0,31 ab	0,13 b		
468	0,58 a	0,46 a	0,5 a		
563	0,36 a	0,49 a	0,48 a		

Gràfic 16. Evolució de la matèria orgànica durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0-20 cm), s'observen efectes significatius en tot el període analitzat, excepte el dia 563. El dia 8 el tractament C presenta un contingut de MO més gran que el tractament M i el tractament CM, i aquest últim es situa en valors entremetjats sense diferències significatives amb els dos extrems. El dia 156 i 468, la MO del tractament C és superior a la dels altres dos tractaments, que es comporten de forma homogènia, tot i que el valor absolut del tractament CM és superior al tractament M. El dia 322, s'observen diferències significatives entre els tres tractaments, augmentant el contingut de matèria orgànica en proporció de la dosi de compost aplicada. Al final del període estudiat (dia 563), no s'observen diferències significatives, tot i que els valors absoluts s'ordenen en relació a la dosi de compost aplicada. En la gràfica 16 es mostren aquests resultats.

En augmentar la profunditat del sòl (20 – 40 cm), encara s'observen diferències significatives entre els tractaments, que són similars però no iguals, a les detectades a la capa superior del sòl. Els dies 8, 322 i 468, el tractament C presenta un contingut en matèria orgànica superior als altres dos tractaments, que són homogenis entre si, tot i que el valor absolut del tractament CM és superior al del tractament M. El dia 156, el tractament C és similar al tractament CM, però en aquest cas, el valor del tractament CM no es pot distingir del valor superior del tractament C ni del valor inferior del tractament M. Al final del període estudiat (dia 563), ja no s'observen diferències significatives en aquesta profunditat, com passa a la capa superior i tal com es pot veure a la gràfica 16.

En la capa profunda del sòl (>40 cm), només s'observen diferències significatives el dia 322, en el que el contingut de matèria orgànica en el tractament C és superior al del tractament M i CM, i aquest últim és homogeni amb els dos extrems. A la resta de dies, no hi ha diferències entre els tractaments, encara que en la major part dels casos, als valors absoluts del tractament C són superiors als del tractament M.

Observant les variacions del contingut de matèria orgànica del sòl, en relació amb la profunditat i el temps transcorregut des de l'aplicació de compost, s'observa com es d'esperar, que el contingut de matèria orgànica del sòl disminueix amb la profunditat, i que per una mateixa profunditat la MO disminueix amb el pas del temps.

El comportament dels diferents tractaments observat en la capa superior i mitjana del sòl, és força similar, la qual cosa indica que tot i que l'aplicació de compost és va fer en superfície, la posterior incorporació al sòl mitjançant labors relativament profundes, va permetre incorporar MO en la capa mitjana dels tractaments que havien rebut compost (C i CM).

Tal com era d'esperar, la matèria orgànica s'ha incrementat més en el tractament C que en el tractament CM, atès que el segon va rebre la meitat de la dosi de compost que el primer. Els valors menors de matèria orgànica, com és obvi, es troben al tractament M, que no va rebre cap aportació.

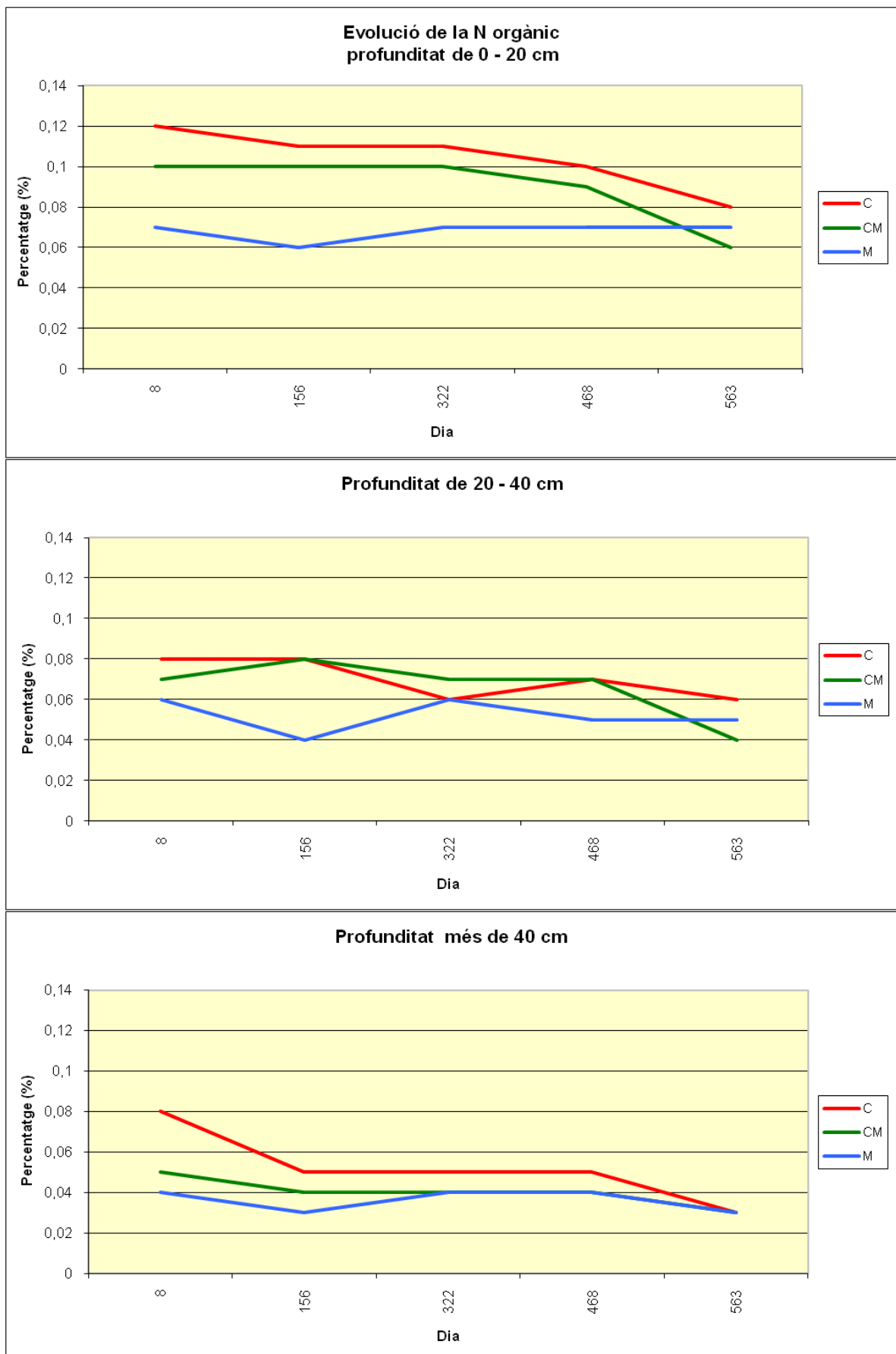
4.2 Nitrogen orgànic (%)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte el nitrogen orgànic del sòl, es presenten en les taula 50 i la gràfica 17.

Taula 50. Contingut de MO en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		0,12 a	0,1 ab	0,07 b	
156		0,11 a	0,1 ab	0,06 b	
322		0,11 a	0,1 ab	0,07 b	
468		0,1 a	0,09 ab	0,07 b	
563		0,08 a	0,06 a	0,07 a	
Profunditat: de 20 a 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		0,08 a	0,07 a	0,06 a	
156		0,08 a	0,08 a	0,04 b	
322		0,06 b	0,07 a	0,06 b	
468		0,07 a	0,07 a	0,05 a	
563		0,06 a	0,04 b	0,05 b	
Profunditat: > 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		0,08 a	0,05 a	0,04 a	
156		0,05 a	0,04 a	0,03 a	
322		0,05 a	0,04 a	0,04 a	
468		0,05 a	0,04 ab	0,03 b	
563		0,03 a	0,03 a	0,03 a	

Gràfic 17. Evolució del nitrogen orgànic durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm) s'observen efectes significatius dels tractaments al llarg de tot l'assaig, excepte el dia 563, tal com passa amb la matèria orgànica. Els dies 8, 156, 322 i 468, el tractament C presenta un contingut de nitrogen orgànic superior al del tractament M i el tractament CM es situa en valors intermedis sense diferències significatives als dos extrems. El dia 563 el tractament C continua mostrant el valor absolut màxim, tal com es pot veure a la gràfica 17.

En augmentar la profunditat del sòl (20 – 40 cm), encara s'observen diferències significatives entre els tractaments, que són similars però no iguals a les detectades a les capes superiors. El dia 156 els tractaments C i CM són iguals i superiors al tractament M, tot i que en valors absoluts, el tractament C té un contingut més alt que el tractament CM. El dia 322, en canvi, el tractament de fertilització mixta és superior al tractament de dosi alta de compost i al tractament mineral, encara que cal tenir en compte, que en valors absoluts, les diferències en contingut de nitrogen orgànic entre els tres tractaments són molt petites (0,1%). El dia 563, el tractament C és superior als tractaments CM i M, que són iguals. Pel que fa a la resta de dies (dia 8 i 468), on no s'observen diferències significatives entre els tractaments, els tres tractaments presenten continguts de nitrogen orgànic similars, tot i que, en valors absoluts, els tractaments C i CM tenen un contingut superior al del tractament M.

En la capa profunda del sòl (>40 cm), només s'observen diferències significatives el dia 468, en el que el contingut de nitrogen orgànic del tractament de dosi alta de compost és superior al tractament mineral i el tractament de fertilització mixta, no es distingeix estadísticament dels altres dos. A la resta de dies, no hi ha diferències significatives entre els tres tractaments, tot i que, amb excepció del darrer dia on s'igualen els tres tractaments, els valors absoluts del tractament C són superior als del tractament M, tal com es veu en la gràfica 17.

Observant les variacions del contingut de nitrogen orgànic del sòl en relació a la profunditat i el temps transcorregut des de l'aplicació dels tractament fertilitzants, s'observa com és d'esperar, que el Norg evoluciona de forma molt semblant a la matèria orgànica i, per tant, es poden justificar els resultats amb els arguments exposats en aquell apartat.

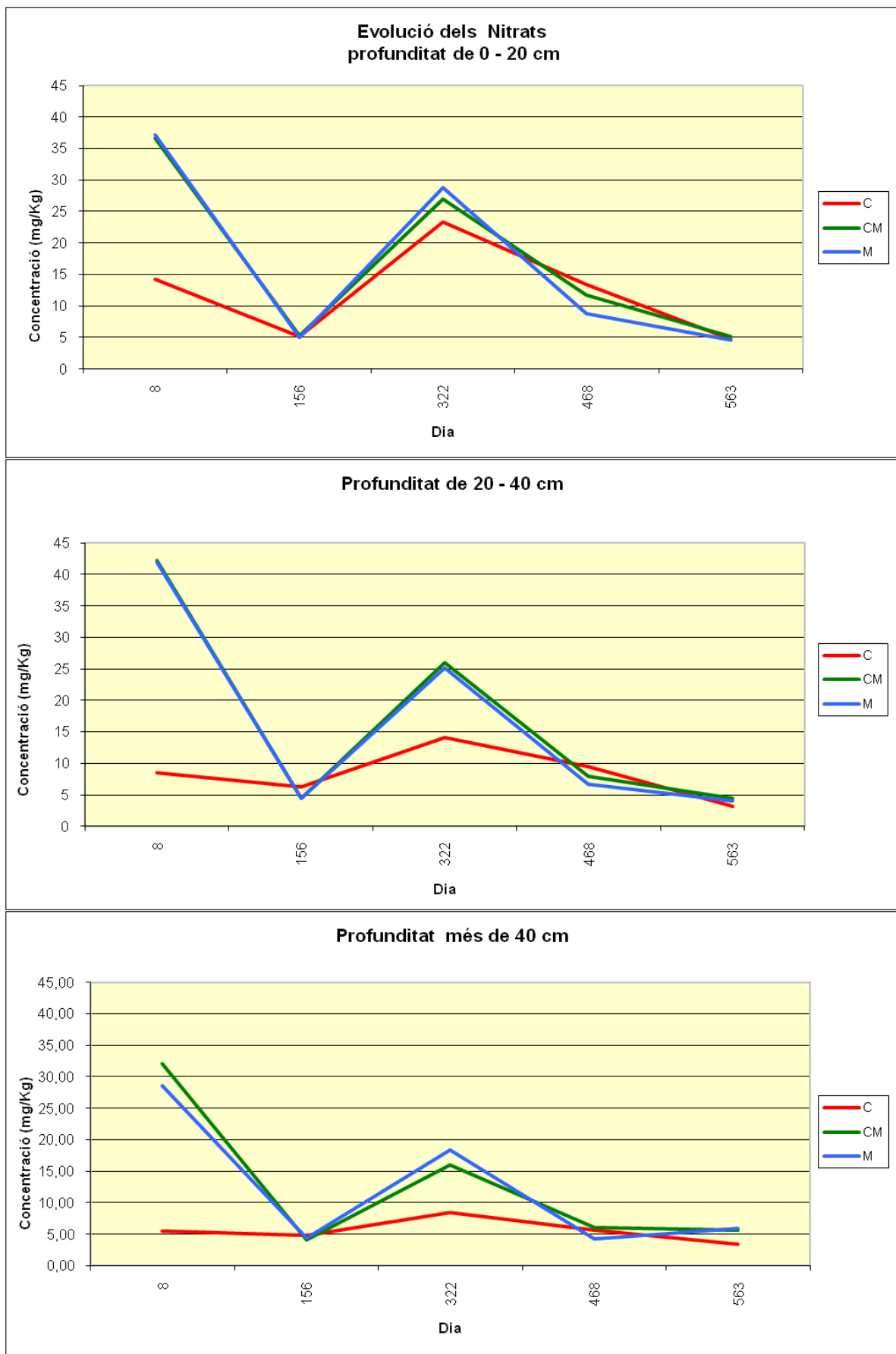
4.3 Nitrats (mg/kg)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte els nitrats del sòl, es presenten en la taula 51 i la gràfica 18.

Taula 51. Contingut de nitrats en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		14,25 b	36,63 a	37,1	a
156		5,13 a	5,25 a	5	a
322		23,38 a	27 a	28,8	a
468		13,38 a	11,75 a	8,75	a
563		4,75 a	5,13 a	4,5	a
Profunditat: de 20 a 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		8,5 b	42,25 a	41,9	a
156		6,25 a	4,5 a	4,38	a
322		14,13 a	26 a	25,1	a
468		9,5 a	7,88 a	6,75	a
563		3,25 a	4,5 a	4	a
Profunditat: > 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		5,50 b	32,13 a	28,6	a
156		4,75 a	4,13 a	4,38	a
322		8,5 a	16 a	18,4	a
468		5,63 a	6 a	4,25	a
563		3,38 a	5,63 a	5,88	a

Gràfic 18. Evolució dels nitrats durant el període analitzat.



A la capa superficial del sòl (0-20 cm) només s'observen efectes significatius dels tractaments al principi del període estudiat (dia 8), on el tractament que ha rebut la dosi més alta de compost presenta un contingut significativament inferior al dels altres dos tractaments i els tractaments M i CM, que són estadísticament homogenis. Aquesta disminució es atribuïble al fenomen d'immobilització de N descrit anteriorment, que no és perceptible en CM atesa la menor dosi aplicada i al fet que el reg de plantació aplicat en CM i M contenia N nítric.

A la resta de dies els tractaments es comporten de forma estadísticament homogènia i no s'observa cap tendència clara en els valors absoluts que varien sensiblement segons el dia analitzat, tal com s'observa en el gràfic 18.

A la capa mitjana del sòl (20 – 40 cm), encara s'observen diferències significatives entre els tractaments el dia 8, que són iguals a les de la capa superficial. La resta de dies també varien força i també ho fan en un sentit similar al de la capa superior.

A la capa inferior del sol (> 40 cm), la tendència és la mateixa que a les capes superiors i mitjana. El dia 8 s'observen les mateixes diferències significatives i en valors absoluts que en la capa mitjana i la resta de dies, els continguts de nitrats varien segons la tendència marcada a les capes superiors. La diferència és que en valors absoluts, els continguts són una mica més baixos que a les capes superiors.

La gràfica 18 presenta els continguts de nitrats en les tres profunditats per a cada tractament. El perfil de les gràfiques, mostra fortes variacions entre dies, molt més pronunciades en general que les observades entre tractaments per un mateix dia. Els moments de fort augment, dia 8 i 322, són atribuïbles al reg, que afecta a tots els tractaments, o a la fertirrigació, que afecta als tractaments CM i M. Cal recordar que l'aigua de reg, procedeix d'un freàtic de zona vulnerable amb un contingut de 3 meq de nitrats/l i que la fertirrigació, implica l'aplicació de nitrats potàssic. Per aquest motiu el contingut de nitrats de CM i M del dia 322 és superior al de C. El moment de forta disminució, dia 156, que afecta per igual als tres tractaments, cal atribuir-lo a una pluja recent, que ha comportat el rentat en profunditat dels nitrats del sòl. La redundància d'aquests increments i disminucions en les tres profunditats del sòl, avalen aquests arguments.

Dels resultats anteriors, també es pot extreure que l'aplicació del tractament de fertilització mixta i del tractament mineral aporta inicialment més quantitat de nitrats que el tractament de dosi alta de compost però que, el fet de que el compost vagi alliberant poc a poc els nitrats, a mesura que es mineralitza la matèria orgànica, fa que aquests no es perdin de manera tant intensa per rentat com ho fan els que provenen dels tractaments minerals.

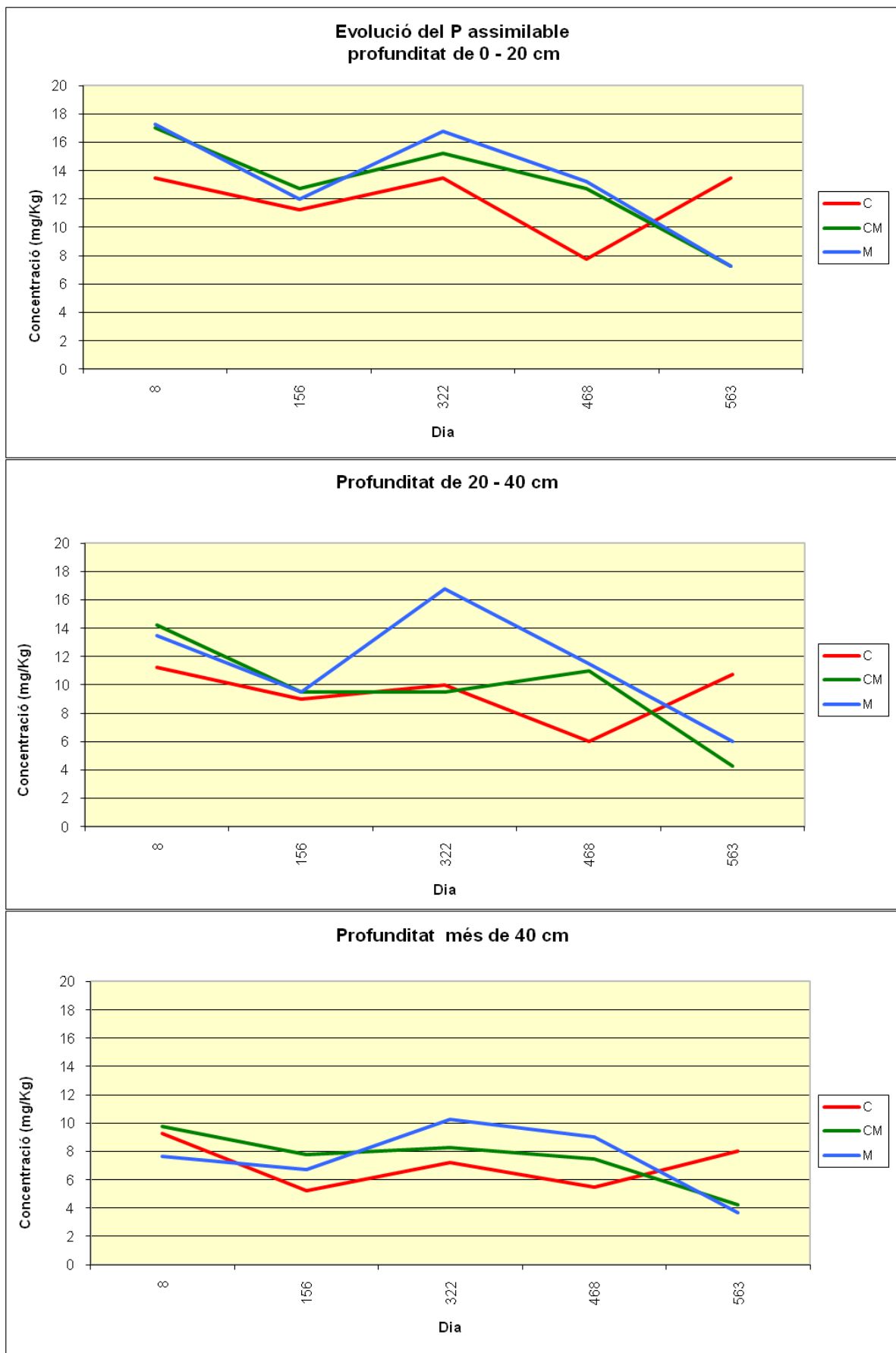
4.4 Fòsfor assimilable (mg/Kg)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte el fòsfor assimilable del sòl, es presenten en la taula 52 i la gràfica 19.

Taula 52. Contingut de fòsfor assimilable en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm			
Dia	Tractament		
	C	CM	M
8	13,5 a	17 a	17,3 a
156	11,25 a	12,8 a	12 a
322	13,5 a	15,25 a	16,8 a
468	7,75 a	12,75 a	13,3 a
563	13,5 a	7,3 b	7,3 b
Profunditat: de 20 a 40 cm			
Dia	Tractament		
	C	CM	M
8	11,25 a	14,25 a	13,5 a
156	9 a	9,5 a	9,5 a
322	10 b	9,5 b	16,8 a
468	6 b	11 ab	11,5 a
563	10,75 a	4,25 b	6 ab
Profunditat: > 40 cm			
Dia	Tractament		
	C	CM	M
8	9,25 a	9,75 a	7,67 a
156	5,25 a	7,75 a	6,75 a
322	7,25 a	8,25 a	10,3 a
468	5,5 b	7,5 ab	9 a
563	8 a	4,25 b	3,67 b

Gràfic 19. Evolució del fòsfor assimilable durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm) només s'observa efectes significatius dels tractaments al final del període estudiat (563). Aquest últim dia, el tractament C presenta un contingut de fòsfor assimilable superior al del tractament CM i M, que són homogenis. Els dies 8, 322 i 468, no s'observen diferències significatives entre els tractaments, tot i que en valors absoluts, el tractament M es superior al tractament CM i el C, i aquest últim presenta els valors més baixos. El dia 156, tampoc s'observen diferències significatives entre tractaments, encara que en valors absoluts, el tractament CM és lleugerament superior al tractament M i el C, tal com s'observa a la gràfica 19.

A la capa mitjana del sòl (20 – 40 cm), s'observen diferències significatives els dies 322, 468 i 563. El dia 322, el tractament M presenta un contingut de fòsfor assimilable superior al del tractament C i el CM, que són homogenis. El dia 468, el tractament M presenta un contingut superior al C i el tractament CM es situa en valors intermedis sense diferències significatives en el dos extrems. L'últim dia del període estudiat (dia 563), el tractament C és superior al CM i el M no es pot diferenciar dels dos extrems. La resta de dies (dia 8 i 156) no s'observen diferències significatives entre als tractaments, tot i que en valors absoluts, els tractaments CM i M tenen valors molt similars, lleugerament superiors als del tractament C, tal com es pot observar en la gràfica 19.

A la capa més profunda (> 40 cm), només hi ha efectes significatius als dies 468 i 563. El dia 468, el tractament M presenta un contingut superior al C i el tractament CM es situa en valors intermedis sense diferències significatives amb el dos extrems, mostrant el mateix comportament que a la capa mitjana del sòl. El dia 563, el tractament C és superior al CM i al M, que són homogenis, tot i que en valors absoluts el tractament CM té un contingut superior al del tractament M. A la resta de dies, no s'observen diferències significatives entre als tractaments fertilitzants, encara que en valors absoluts, als dies 8 i 156, el tractament CM té un contingut de fòsfor assimilable lleugerament superior al dels tractaments C i M, i al dia 322, el tractament M és superior al tractament CM i C.

Alhora de interpretar els resultats cal tenir en compte, que el tractament mineral i el de fertilització mixta, van rebre fertirrigació, que implica l'aplicació de fòsfor (H_2PO_4^-) tal com s'indica en la solució nutritiva de base aplicada.

Tot i no observar-ne diferències significatives, la gràfica 19, correspon a la capa superior del sòl, mostra que durant tot el període estudiat, excepció feta del dia estudiat 563, el contingut de P dels tractaments que ha rebut fertirrigació (M i CM) són superiors al del tractament sol de compost.

Aquesta tendència seria atribuïble a l'aportació periòdica de dihidrogen fosfat amb els regs fertilitzants, que permetria mantenir una concentració de fòsfor assimilable superiors en als tractaments M i CM.

El fet que al final del període estudiat, el contingut de P assimilable del tractament C sigui estadísticament superior als altres dos tractaments, es justificaria pel fet que en la darrera fase, en el cultiu de ceba, no s'aplica fertirrigació i a que el compost continua alliberant de

forma lenta i progressiva P assimilable, que en disminuir la taxa d'absorció del cultiu, comportaria un increment en el sòl.

La relativa homogeneïtat dels valors en els tres tractaments, en la capa superior del sòl, és atribuïble a la concentració de la major part de les arrels actives dels cultius i en aquesta capa on es produeix la màxima absorció, que tendeix a homogeneïtzar els continguts. En qualsevol cas i en comparació amb les capes inferiors del sòl, cal fer notar que la concentració de P assimilable disminueix amb la profunditat en els tres tractaments. Aquesta variació bé determinada, perquè el P aportat en forma de compost o en forma de fertirrigació s'ha aplicat en superfície i, donada la baixa mobilitat del P la concentració és manté més alta a la capa superior.

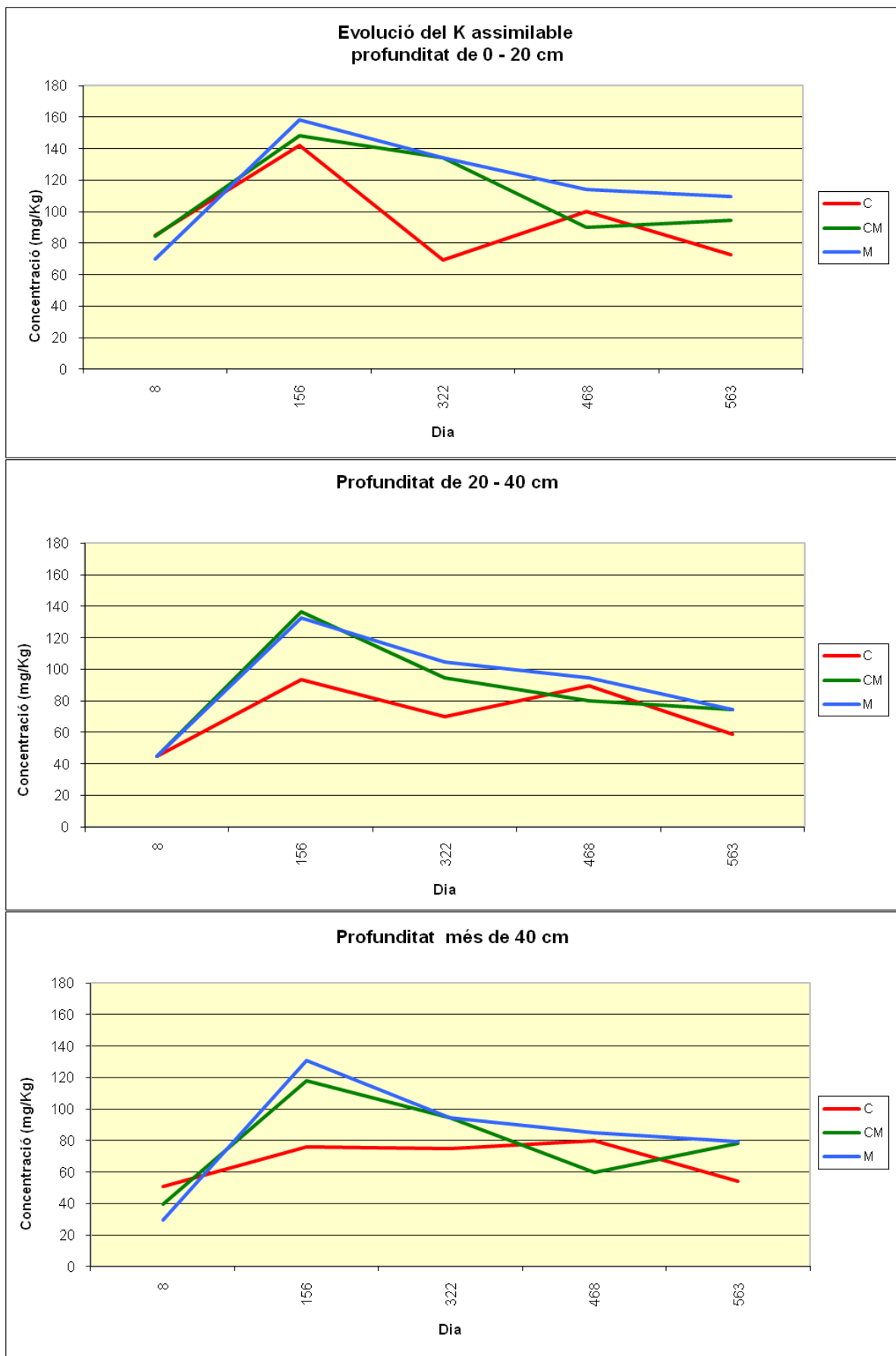
4.5 Potassi assimilable (mg/Kg)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte el potassi assimilable del sòl, es presenten en la taula 53 i la gràfica 20.

Taula 53. Contingut de potassi assimilable en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	84,8 a	84,35 a	69,8 a	
156	141,8 a	148,2 a	158,4 a	
322	69,53 b	134,1 a	134,2 a	
468	99,85 a	89,95 a	114,3 a	
563	72,53 b	94,25 a	109,6 a	
Profunditat: de 20 a 40 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	44,85 a	44,75 a	44,8 a	
156	93,43 a	136,9 a	132,5 a	
322	69,75 a	94,45 a	104,6 a	
468	89,43 a	79,85 a	94,48 a	
563	58,95 a	74,38 a	74,35 a	
Profunditat: > 40 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	50,8 a	39,7 a	29,6 a	
156	75,98 a	117,7 a	131 a	
322	74,82 a	94,48 a	94,58 a	
468	79,78 ab	59,68 b	84,9 a	
563	54,38 a	78,45 a	79,63 a	

Gràfic 20. Evolució del potassi assimilable durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm) només s'observen efectes significatius del tractament en el mig (dia 322) i al final de l'assaig (dia 563), on es mostra que el contingut de potassi assimilable en el tractament CM i M són homogenis i superiors al del tractament C. En valors absoluts el contingut és lleugerament superior al tractament M en comparació amb el CM i el tractament C es situa per sota d'aquests dos tractaments. La resta de dies no mostren diferències significatives entre els tres tractaments, tot i que en valors absoluts, en general els tractaments M i CM es situen per sobre del tractament C, excepte al dia 8 on els tractaments C i CM presenten un contingut superior al tractament mineral, com es pot observar en la gràfica 20. Al dia 468 el valor de CM és inferior al del tractament C.

A major profunditat (20 – 40 cm), no s'observen diferències significatives entre els tractaments fertilitzants al llarg de tot el període estudiat. Tot i així, en valors absoluts s'observa un comportament similar al de capa superior, es a dir, en general el tractament mineral i el tractament de fertilització mixta tenen uns continguts de potassi assimilable superiors al del tractament de dosi alta de compost, excepte el dia 8, tal com es mostra a la gràfica 20.

En la capa més profunda de sòl (> 40 cm), només s'observa diferències significatives al dia 468, on es pot veure, que el tractament M presenta un contingut de potassi assimilable superior al tractament CM, i que el tractament C es situa en valors intermedis, sense diferències significatives amb els dos extrems. La resta de dies no presenten efectes significatius entre els tres tractaments, però com en les capes superiors el tractament M i el tractament CM es situen per sobre del tractament C, excepció feta del dia 8 on el valor de C i CM són més alts que el del M, similarment al que s'observa a la capa superior.

Observant les variacions del contingut de potassi assimilable del sòl, en relació amb la profunditat i el temps transcorregut en l'aplicació dels tractaments, s'observa com es d'esperar, que el contingut de potassi assimilable és superior al tractament mineral i al tractament de fertilització mixta, degut a la fertirrigació que s'ha aplicat durant l'assaig, que implica l'adició de potassi en forma de catió.

El major contingut en valors absoluts de potassi assimilable observat en els tractaments que havien rebut compost (C i CM) en relació a l'existent en aquell moment a M és atribuïble a l'aport de potassi que comporta l'aplicació de compost. Aquest efecte es veu en la capa superior del sòl i en la profunda però no s'observa en la intermèdia, on els continguts del dia 8 dels tres tractaments són idèntics.

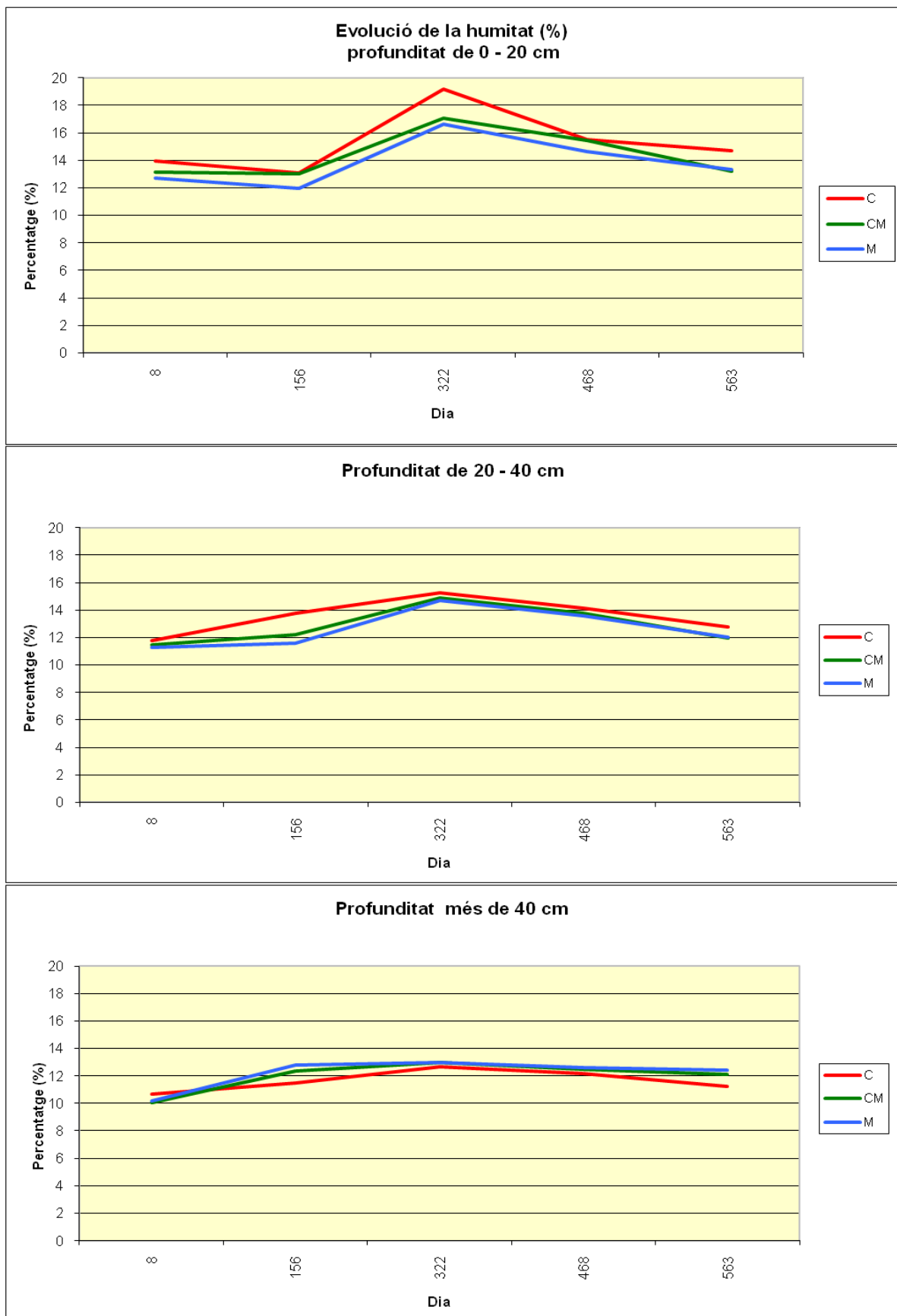
4.6 Humitat (%)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte la humitat del sòl, es presenten en la taula 54 i la gràfica 21.

Taula 54. Contingut de humitat en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		13,94 a	13,13 a	12,69 a	
156		13,06 a	13,02 a	11,96 a	
322		19,2 a	17,08 a	16,61 a	
468		15,53 a	15,44 a	14,63 a	
563		14,69 a	13,21 b	13,33 b	
Profunditat: de 20 a 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		11,75 a	11,46 a	11,29 a	
156		13,76 a	12,2 a	11,58 a	
322		15,24 a	14,9 a	14,7 a	
468		14,14 a	13,77 a	13,6 a	
563		12,77 a	11,98 a	12 a	
Profunditat: > 40 cm					
Dia		Tractament			
		C	CM	M	
8		10,7 a	10,08 a	10,15 a	
156		11,51 b	12,36 ab	12,8 a	
322		12,66 a	12,96 a	12,99 a	
468		12,15 a	12,5 a	12,63 a	
563		11,21 a	12,11 a	12,39 a	

Gràfic 21. Evolució de la humitat en tot el període estudiat



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm), només s'observen efectes significatius del tractament al final del període estudiat (dia 563), on es mostra que a l' inici del estudi, el sòl del tractament que va rebre la dosi més alta de compost (C) presenta humitats superiors als dels altres dos tractaments, CM i M.

La gràfica 21 mostra que el tractament C presenta en tot el període, els valors absoluts més alts, tot i que les diferències només són significatives l'últim dia, com s'ha comentat anteriorment. Els valors absoluts del tractament CM es situen en la major part del període, entre els altres dos tractaments. En tot l'assaig, el tractament M, que no ha rebut compost, mostra els valors absoluts més baixos.

A major profunditat del sòl (20 – 40 cm), no s'observen diferències significatives entre els tractaments en cap dels dies estudiats. Tot i que no hi ha efectes significatius, la gràfica mostra que en tots els dies, el tractament C, presenta els valors absoluts més alts i que el tractament CM, fins el dia 322, mostra valors superiors als del tractament mineral i que a partir d'aquí, s'equiparen, tal com s'observa a la gràfica 21.

En la capa més profunda de (> 40 cm), només s'observen diferències significatives en un dels dies estudiats (156), en aquest cas, no obstant, el sòl profund del tractament C té menys humitat que el del tractament M. El tractament CM, en canvi, no es pot diferenciar dels altres dos tractaments.

La gràfica 21, posa de manifest que a excepció del dia 8, el tractament C presenta valors absoluts més baixos.

Els anteriors resultats permeten indicar, que en la capa superior, l'aplicació de compost comporta un increment en la retenció d'aigua en el sòl i que, aquest tendeix a ser proporcional a la dosi de compost aplicada. Aquest efecte d'augment de la retenció d'aigua en augmentar el contingut de MO del sòl, ha estat àmpliament descrit a la bibliografia, tal com s'indica a la primera part d'aquest treball de fi de carrera. El fet que aquestes diferències no arribin a ser significatives cal atribuir-lo, a la dispersió analítica entre els diferents blocs dels tres tractaments.

Pel que fa a la capa inferior, els resultats suggereixen que l' incorporació de compost al sòl, no afecta sensiblement al contingut de MO de la capa profunda. El fet de trobar valors més baixos en el tractament C, cal interpretar-ho, com a resultat de l'efecte de l' increment de la retenció d'aigua de la capa superior i mitjana. A igualtat dosi de reg i /o pluja interceptada per les parcel·les, la major presència de MO en les capes superiors, redueix la circulació cap a les capes més profundes i per tant, comporta la menor humitat en la capa inferior dels tractaments que han rebut compost (C i CM).

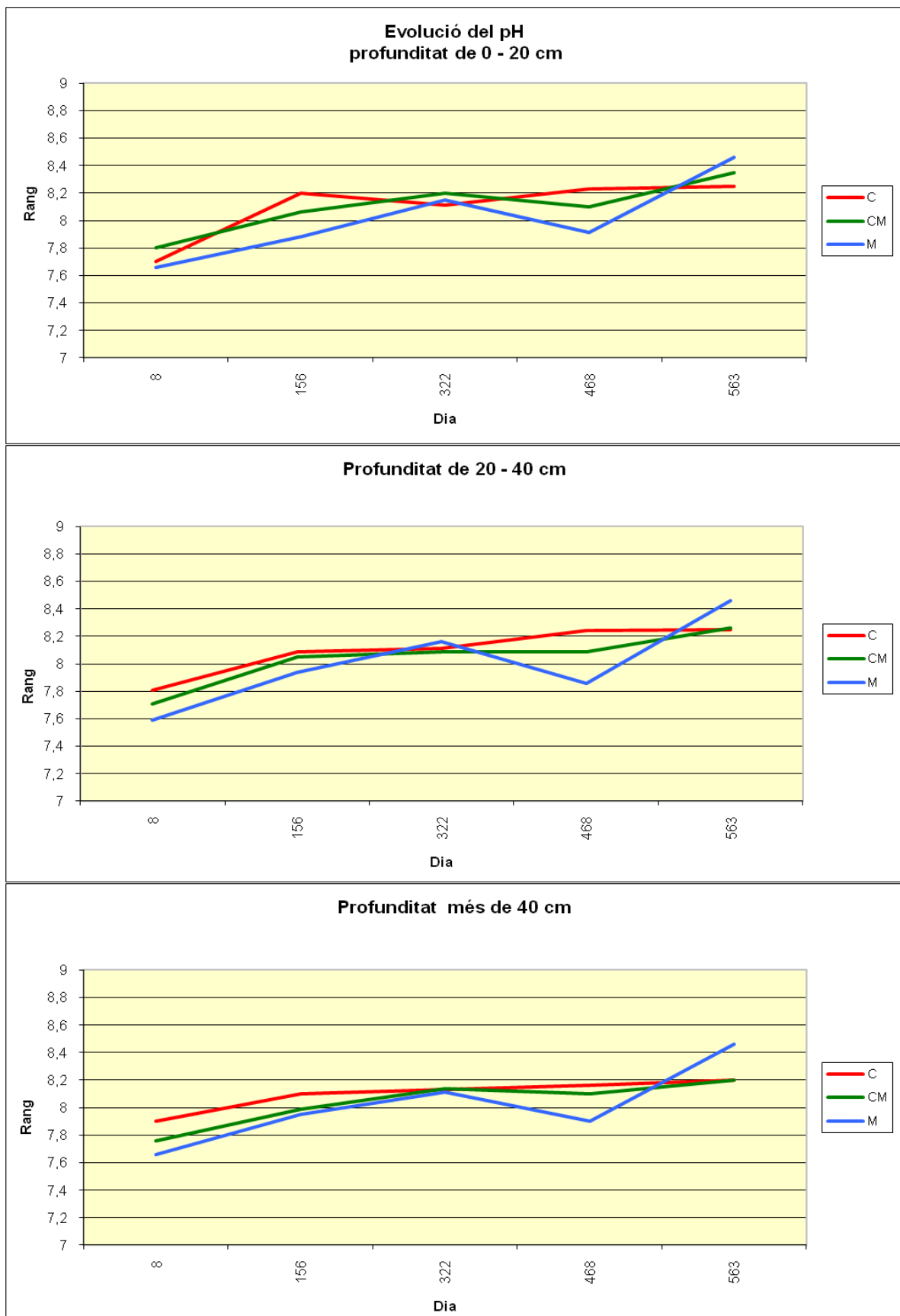
4.7 pH

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte el pH del sòl, es presenten en la taula 55 i la gràfica 22.

Taula 55. Contingut de pH en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	7,7 a	7,8 a	7,66 a	
156	8,2 a	8,06 a	7,88 b	
322	8,11 a	8,2 a	8,15 a	
468	8,23 a	8,1 a	7,91 a	
563	8,25 c	8,35 b	8,46 a	
Profunditat: de 20 a 40 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	7,81 a	7,71 b	7,59 c	
156	8,09 a	8,05 ab	7,94 b	
322	8,11 a	8,09 a	8,16 a	
468	8,24 a	8,09 a	7,86 b	
563	8,25 a	8,26 a	8,46 a	
Profunditat: > 40 cm				
Dia	Tractament			
	C	CM	M	
8	7,9 a	7,76 b	7,66 c	
156	8,1 a	7,99 a	7,95 a	
322	8,13 a	8,14 a	8,11 a	
468	8,16 a	8,1 a	7,9 a	
563	8,2 b	8,2 b	8,46 a	

Gràfic 22. Evolució del pH durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm) només s'observen diferències significatives entre els tractaments en els dies 156 i 563. El dia 156, el tractament C és igual al tractament CM i aquests dos són superiors al tractament M, i el dia 563, el tractament M és superior al tractament CM i aquest és superior a C. La resta de dies no presenten diferències significatives entre els tractaments, tot i que, en valors absoluts de forma general, els tractaments C i CM són superiors al tractament M, tal com s'observa en la gràfica 22.

La capa mitjana del sòl (20 – 40 cm) presenta efectes significatius en tot el període analitzat, excepte els dies 322 i 563. El dia 8, el tractament C presenta un pH superior al del tractament CM i aquest al del M. El dia 156, el tractament C presenta un pH superior al tractament M i el tractament CM es situa en valors intermedis, sense diferències significatives amb els dos extrems. El dia 468, el tractament C i CM són homogenis i superiors al tractament M, tot i que en valors absoluts, el tractament C és lleugerament superior al tractament CM. La resta de dies no presenten efectes significatius entre als tractaments, encara que, en valors absoluts, el tractament mineral és superior als altres dos tractaments, tal com s'observa a la gràfica 22.

En la capa més profunda (> 40 cm) només s'observen diferències significatives al inici i al final del període investigat(dies 8 i 563). El dia 8, el pH del tractament C es superior al CM i aquest també ho és del M. En canvi, el dia 563, el tractament M es superior al CM i C, que són homogenis. La resta de dies, no presenten efectes significatius entre els tres tractaments, tot i així, en valors absoluts, s'observa que en general, els tractaments C i CM són lleugerament superiors al tractament M, tal com s'observa a la gràfica 22.

Aquest resultats s'expliquen perquè l' incorporació de compost, que en aquest cas té un pH més alt que el sòl, incrementa inicialment, i durant un part del període, el pH del sòl. En el període final, la progressiva humificació de la matèria orgànica provoca un efecte acidificant del medi, i per tant, una lleugera disminució en el pH del sòl, que és significativament perceptible en la capa superior del sòl al dia 563, on s'observa que la disminució del pH es proporcional a la dosi de compost aplicada.

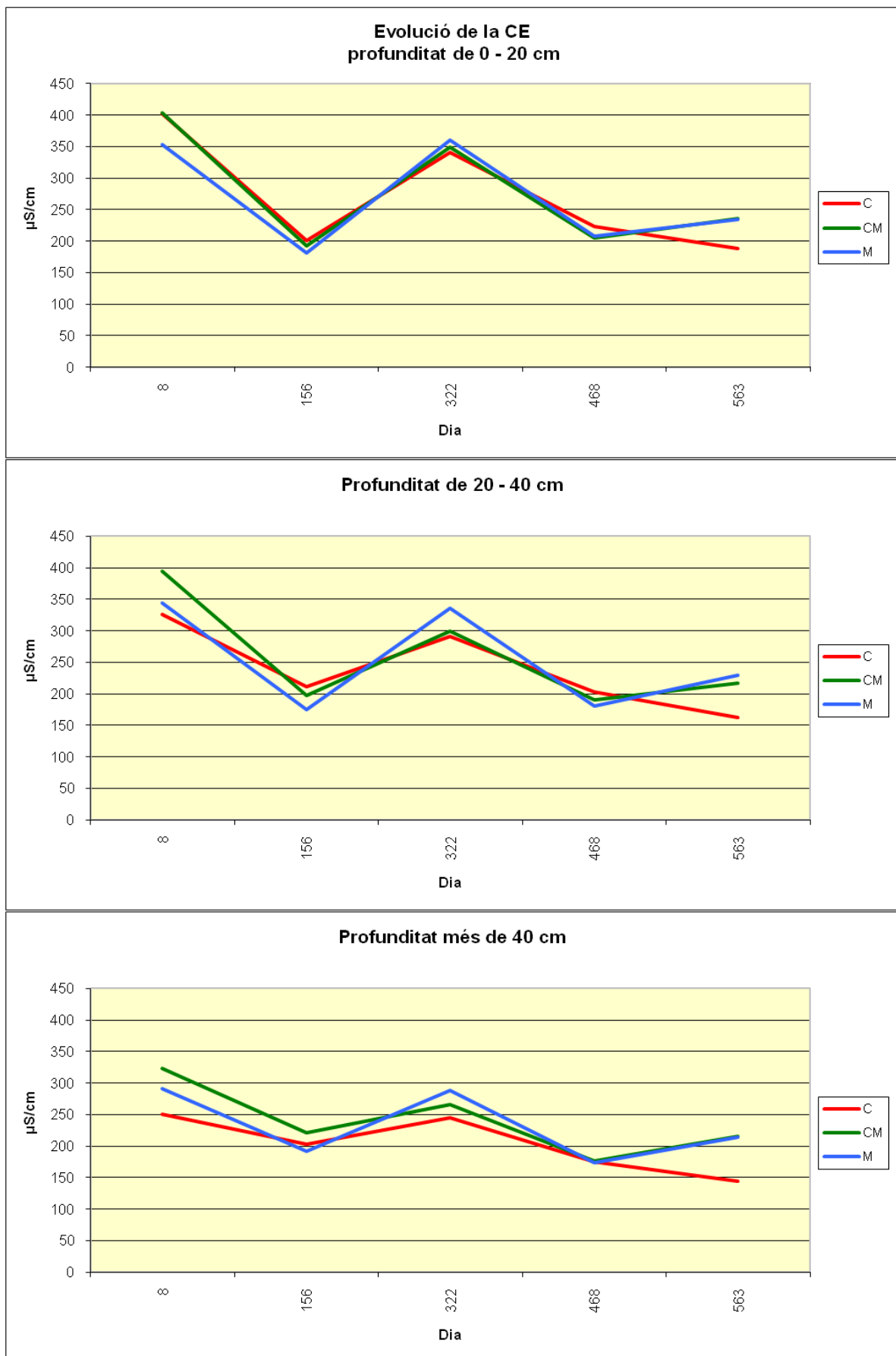
4.8 Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Els efectes dels tractaments fertilitzants respecte el conductivitat elèctrica del sòl, es presenten en la taula 56 i la gràfica 23.

Taula 56. Contingut de conductivitat elèctrica en el sòl, per tipus de tractament i profunditat al llarg del període estudiat.

Profunditat: de 0 a 20 cm					
Dia	Tractament				
	C		CM		M
8	401,8	a	403,8	a	353,6 a
156	200,4	a	191,9	a	180,9 a
322	341,4	a	348,6	a	360,5 a
468	223,1	a	205,4	a	207,6 a
563	188,1	a	236,3	a	235,1 a
Profunditat: de 20 a 40 cm					
Dia	Tractament				
	C		CM		M
8	326,3	a	394,3	a	344,8 a
156	211,6	a	196,9	a	174,8 a
322	291,9	a	299,6	a	335,9 a
468	202,6	a	191,1	a	180,5 a
563	162,9	a	217,6	a	230 a
Profunditat: > 40 cm					
Dia	Tractament				
	C		CM		M
8	251,3	b	323,8	a	290,6 ab
156	202,9	a	220,9	a	191,5 a
322	245,4	a	265,9	a	288,4 a
468	175	a	176,9	a	173,6 a
563	144,9	a	216,1	a	213,8 a

Gràfic 23. Evolució de la conductivitat elèctrica durant el període analitzat.



A la capa superior del sòl (0 – 20 cm) no es troben diferències significatives entre els tractaments fertilitzants. Observant els valors absoluts de la conductivitat elèctrica en els tres tractaments no es pot veure cap tendència clara, tot i que en la primera part del període fins el de 156 la CE dels tractaments C i CM són superiors a la CE del tractament M.

A major profunditat (20 – 40 cm) la conductivitat elèctrica té un comportament similar al de la capa superior, es a dir, no s'observen diferències significatives entre tractaments. Els valors absolts tampoc presenten tendències clares, tot i que al final també s'observa una disminució en C.

A la capa més profunda de sòl (> 40 cm), només s'observen diferències significatives el dia 8, on el tractament CM presenta una conductivitat elèctrica superior al tractament C i el tractament M es situa en valors entremetjats sense diferències significatives en els dos extrems. La resta de dies, com a les capes superiors, no presenten diferències significatives entre tractaments.

Per avaluar aquests resultats, es pot observar la gràfica 23, on es presenten les conductivitats elèctriques per les tres profunditats i per cada tractament.

El perfil de les gràfiques 23, mostren fortes variacions entre els dies, molt més pronunciades en general que les observades entre als tractaments per un mateix dia. Els moments de forta disminució, dia 156 i 468, que afecta per igual a tots tres tractaments, cal atribuir-los a una pluja recent, que ha comportat el rentat de sals. La tendència a una major concentració de sals observada en els tractaments C i CM al dia 8 serien atribuïbles al contingut de sals del compost aplicat que es detecta en les tres profunditats degut al reg de plantació. El fet que la CE dels tractaments M i CM del dia 322 tendeixin a ser superiors a la del tractament C derivarà de l'aplicació recent de reg fertilitzant que té una concentració salina superior a la de l'aigua de reg.

5. Conclusions

Dels resultats obtinguts del present Treball Final de Carrera, i sota les condicions experimentals que s'hi estableixen, se'n desprenen les següents conclusions.

Respecte al sòl

1. El sòl inicial presenta una textura franc-sorrenca, baixa salinitat i pH lleugerament bàsic (7,3 – 7,8). El contingut en MO i Norg és molt baix i el P assimilable i el K assimilable, és baix i molt baix respectivament. El contingut en P total, K total i Nitrats del sòl superficial i el contingut de Fe total en tot el perfil són alts, mentre que el contingut en elements potencialment tòxics és baix o molt baix i tots estan situats per sota dels límits que es podrien considerar tòxics.
2. L'aplicació de compost de Fracció Orgànica de Residus Municipal (FORM) a l'inici de la rotació hortícola estudiada, amb una dosi de 78,4 t/ha en el cas del tractament de fertilització orgànica (C), i de 39,2 t/ha en el cas del tractament de fertilització mixta (CM), ha comportat un increment significatiu del contingut de Matèria Orgànica (MO) i en Nitrogen Orgànic (Norg) del sòl, en comparació al tractament que no ha rebut compost (M). Aquest increment ha estat més notori en la capa superficial del sòl (0 – 20 cm), que a la mitjana. A la capa inferior (> 40 cm), en el tractament C també s'observa un lleuger increment en el contingut de MO i Norg del sòl.

Les variacions observades en el contingut de P total, P assimilable, K assimilable i Mg total del sòl no estan relacionades amb l'aplicació de compost, sinó que es veuen condicionades per a l'efecte barreja en profunditat derivada de les labors mecàniques de preparació del sòl i també per les pràctiques culturals del reg i la fertirrigació.

L'aplicació dels tractaments fertilitzants no afecta de forma significativa els continguts del sòl en K total, Ca total i Fe total i metalls pesants (Zn, Cu, Pb, Ni i Cd), mentre que el contingut de Mn total i Cr total disminueix significativament en el tractament C i no significativament als altres dos, degut a l'efecte barreja de la labor mecànica.

3. Les anàlisis del sòl fetes des de l'aplicació de compost fins al final de la rotació hortícola (dia 563), indiquen que l'aplicació de compost augmenta significativament el contingut de MO del sòl, segons la dosi aplicada en cada tractament, i que aquest increment disminueix amb la profunditat del sòl i amb el temps transcorregut després de l'aplicació. Al llarg del període analitzat, l'efecte de l'aplicació de compost és destacable en el sòl superficial (0 – 20 cm) i mitjà (20 – 40

cm). Els nivells superiors de MO del tractament C van associats, especialment en el sòl superficial, a un major contingut en Norg.

El contingut en Nitrats, P assimilable i K assimilable és superior, en les tres profunditats, en el tractament mineral i en el tractament de fertilització mixta, degut als aportats derivats de la fertirrigació i l'aigua de reg que s'ha aplicat durant l'assaig. El contingut de P assimilable en l'últim dia analitzat, és superior en el tractament C degut a que no s'aplica fertirrigació, degut a que l'últim cultiu ha finalitzat, i el compost segueix alliberant de forma lenta i progressiva P assimilable, mentre que s'ha suspès el programa de fertirrigació en el segons terç del cultiu de ceba.

L'humitat en la capa superior i mitjana del sòl és superior en els tractaments amb compost (C i CM), atès que l'aplicació de compost que comporta un increment en la retenció d'aigua en el sòl i que, aquest tendeix a ser proporcional a la dosi de compost aplicada.

La conductivitat elèctrica (CE), no varia per l'aplicació dels tractaments fertilitzants, sinó a causa de l'aplicació de reg fertilitzant que té una concentració salina superior a la de l'aigua de reg i de les pluges que provoquen un rentat de sals en el sòl.

Consideració final

Atenent els resultats obtinguts en aquest Treball Final de Carrera de forma global, i des de un òptica agronòmica, mediambiental i paisatgística aplicada, es pot concloure que la fertilització totalment orgànica a base de compost de FORM millora la fertilitat del sòl, incrementant principalment, el contingut en MO i Norg respecte el tractament mineral utilitzat a la comarca del Maresme.

Aquest efectes també es consideren positius en l'àmbit de la Jardineria i el Paisatgisme, degut a que en general, els sòls destinats a la seva activitat estan poc estructurats i tenen un contingut baix en MO. L'aplicació de compost pot corregir aquests dèficits de forma satisfactòria.

6. Bibliografia

ALMANSA, M. 1993. *Diferències de comportament d'un compost madur i mig madur en afegir-hi un material ric en nitrogen orgànic*. ESAB [TFC]

BACKHAUS. 1992. Tríptic informatiu

BORRÀS, A. 2010. *Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició de la ceba*. ESAB [TFC].

BURES, O.; SOLIVA, M. 1983. *Composting sewage sludge and pine bank*. *Acta Horticulturae*, 150.

CAMPDABADAL, M.J. 1999. *Diferents formes de nitrogen en el compostatge de fracció orgànica procedent de recollida selectiva amb addició de restes vegetals*. ESAB [TFC].

CATALAN, S. 2010. *Efectes del tipus d'adobat en la producció i composició mineral de l'api i en les propietats del sòl*. ESAB [TFC].

FINSTEIN, M.S. ; MILLER, F.C.; STROM, P.F. 1986. *A Biotechnology*, vol 8. Ed. H.J. Rehm & G.Reed. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, FRG.

GÓMEZ, C. ; JANÉ, M. 2008. *Efectes del tipus d'adobat en les propietats del sòl i en la composició i qualitat del tomàquet*. ESAB [TFC].

GUTIÉRREZ, A. 1992. *Promoció del compost: Aplicacions i comercialització. La gestió municipal dels residus sòlids urbans* (Estudis i Monografies del Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona). P. 141-165.

HANSEN, R.C.; KEENER, C.M.; DICK, W.A.; HOITINK, H.A.J. 1993. *Composting of poultry manure. A Science and Engineering of composting*. Editat per Hoitink, H.A.J. i Keener, H.M. P. 131-153

HAUG, R.T. 1993. *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers.

HERHOFF. 1992. Tríptic informatiu.

KAYHANIAN, M. 1995. *Biodegradability of the organic fraction of municipal solid waste in a high-solids anaerobic digester*. *Waste Management & Research*, 13.

MACGREGOR, S.T.; MILLER, F.C.; PSARIANOS, K.M; FINSTEINS, M.S. 1981. *Composted process control based on interaction between microbial heat output and temperature*. *Applied and Environmental Microbiology*, 41: P. 1.321-1.330

MANZANO, S. 1993. *Estudio de la calidad del compost producido en dos plantas de compostaje con predescomposicion acelerada en biodigestor*. ESAB [PFC].

- PÉREZ, C.; SOLIVA, M. 1998. *Compostaje conjunto de la fracción orgánica de residuos municipales y residuos vegetales: influencia sobre la temperatura y los niveles de oxígeno*. *Residuos*, 41: P. 60-67

MILLER, F.C. 1993. *Minimizing odor generation*. A: H.A.J. HOITINK; H.M. KEENER. 1993. *Science and Engineering of Composting: Design, environmental, Microbiological and Utilization Aspects*. The Ohio State University. P. 219-241

MOLINA, N. 1998. *Informe del control analític de la planta de Torrelles de Llobregat*. P. 98

MUSTIN, M. 1987. *Le compost. Gestion de la matière organiques*. Editions François Dubusc. Paris. P. 995.

POINCELOT, R.P. 1975. *The Biochemistry and methodology of composting*. The Connecticut Agricultural Experimental Station. Bull., 754

ROSS, M.S. 1994. *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*. John Wiley & Sons.

RUDE, E. 2010. *Tractament de Residus Urbans i Agropecuaris*. Apunts d'una assignatura de la Llicenciatura de Ciències Ambientals (UB)

SEOÁNEZ, M. 1996. *Gran diccionario del medio ambiente y de la contaminación*. Editorial Mundi Prensa.

SOLIVA, M. 2001. *Compostatge i gestió de residus orgànics*. Barcelona: Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona.

SPARKS, D. L. 1995. *Environmental Soil Chemistry*. Academic press.

STOFFELLA, P.J. ; KAHN, B.A. *Utilización de compost en los Sistemas de Cultivo Hortícola*. MP

VILARASAU, B. 1993. *Compostatge conjunt de residus vegetals i fangs de depuradora*. ESAB [TFC]. P. 133.

WILLSON, G.B. 1983. *Forced Aeration Composting*. Wat. Sci. Tech. P. 169-180.

NTJ 05C: Composts: Qualitat i Aplicació en Espais Verds. Octubre 2006.

NTJ 05A: Subministrament de sòls i productes nutrients: Encoixinats. Abril 2004.

NTJ 02A: Aplegada de terra vegetal d'obra. Desembre 2005.

NTJ 08B: Implantació del material vegetal: Treballs de plantació. Juny 1993.

NTJ 08H: Implantació del material vegetal: Hidrosembres. Desembre 1996.

NTJ 08E: Implantació del material vegetal: Trasplantació de grans exemplars. Juliol 1994.

NTJ 14G: Manteniment i conservació dels espais verds: Manteniment de gespes no esportives i prats. Juliol 1997.

The Regents of the University of California. *Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement*. California. Junio 2007

U.S. Environmental Protection Agency and the American Plastics Council. *Landscape Architectural/Design Specifications for Compost*. December 1997

CONSORCI AREA METROPOLITANA DE BARCELONA (CAMB). *Entitat del Medi Ambient*.
<http://www.amb.cat> [consulta: 8.5.2010]

DIPUTACIÓ DE BARCELONA. *Medi Ambient*.
<http://www.diba.es> [consulta: 28.4.2010]

7. Annex

Dades obtingudes

Mostra	Parcel·la	Tractament	Profunditat	volum	g mostra	lectura	ppm K	Recta	Valor
06-327	B1	C DA	0-20	100	5,06	3	59,3	8	1
06-328	B1	C DA	>40	100	5,00	2	40,0	8	1
06-329	B1	C DA	20-40	100	5,04	3	59,5	8	1
06-330	B2	C DB	0-20	100	5,07	4	78,9	8	1
06-331	B2	C DB	>40	100	5,00	2	40,0	8	1
06-332	B2	C DB	20-40	100	5,01	4	79,8	8	1
06-333	B3	M	0-20	100	5,02	3	59,8	8	1
06-334	B3	M	>40	100	5,03	3	59,6	8	1
06-335	B3	M	20-40	100	5,02	3	59,8	8	1
INICI BLEDA	DATA: 22/11/2006	DIA 8							
06-337	P-1.1.	C DA	0-20	100	5,03	5	99,4	8	1
06-340	P-1.2.	C DA	0-20	100	5,01	4	79,8	0	1
06-343	P-1.3.	C DA	0-20	100	5,00	4	80,0	0	1
06-346	P-1.4.	C DA	0-20	100	5,00	4	80,0	0	1
06-338	P-1.1.	C DA	20-30	100	5,02	3	59,8	0	1
06-341	P-1.2.	C DA	20-30	100	5,03	2	39,8	0	1
06-344	P-1.3.	C DA	20-30	100	5,01	2	39,9	0	1
06-347	P-1.4.	C DA	20-30	100	5,01	2	39,9	0	1
06-339	P-1.1.	C DA	>30	100	5,02	4	79,7	0	1
06-342	P-1.2.	C DA	>30	100	5,04	1	19,8	0	1
06-345	P-1.3.	C DA	>30	100	5,05	2	39,6	0	1
06-348	P-1.4.	C DA	>30	100	5,07	3	59,2	0	1
06-349	P-2.1.	C DB	0-20	100	5,03	4	79,5	0	1
06-352	P-2.2.	C DB	0-20	100	5,05	4	79,2	0	1
06-355	P-2.3.	C DB	0-20	100	5,06	4	79,1	0	1
06-358	P-2.4.	C DB	0-20	100	5,02	5	99,6	0	1
06-350	P-2.1.	C DB	20-30	100	5,02	2	39,8	0	1
06-353	P-2.2.	C DB	20-30	100	5,01	3	59,9	0	1
06-356	P-2.3.	C DB	20-30	100	5,05	2	39,6	0	1
06-359	P-2.4.	C DB	20-30	100	5,04	2	39,7	0	1
06-351	P-2.1.	C DB	>30	100	5,04	2	39,7	0	1
06-354	P-2.2.	C DB	>30	100	5,02	2	39,8	0	1
06-357	P-2.3.	C DB	>30	100	5,05	2	39,6	0	1
06-360	P-2.4.	C DB	>30	100	5,04	2	39,7	0	1
06-361	P-3.1.	M	0-20	100	5,01	4	79,8	0	1
06-364	P-3.2.	M	0-20	100	5,01	4	79,8	0	1
06-367	P-3.3.	M	0-20	100	5,02	3	59,8	0	1
06-370	P-3.4.	M	0-20	100	5,01	3	59,9	0	1
06-362	P-3.1.	M	20-30	100	5,03	3	59,6	0	1
06-365	P-3.2.	M	20-30	100	5,01	2	39,9	0	1
06-368	P-3.3.	M	20-30	100	5,04	2	39,7	0	1
06-371	P-3.4.	M	20-30	100	5,00	2	40,0	0	1
06-363	P-3.1.	M	>30	100	5,01	3	39,8	0	1
06-366	P-3.2.	M	>30	100	5,02	2	19,7	0	1

06-369	P-3.3.	M	>30	100	5,06	1	19,8	0	1
06-372	P-3.4.	M	>30	100	5,07	2	39,4	0	1
SENSE DATA: 19/04/2007 DIA 156									
07-188	P-1.1.	C	0-20	100	5,04	6	119,0	8	1
07-191	P-1.2.	C	0-20	100	5,01	6	149,7	5	1,25
07-194	P-1.3.	C	0-20	100	5,03	6	149,1	5	1,25
07-197	P-1.4.	C	0-20	100	5,02	6	149,4	5	1,25
07-189	P-1.1.	C	20-40	100	5,01	5	99,8	6	1
07-192	P-1.2.	C	20-40	100	5,05	3	74,3	5	1,25
07-195	P-1.3.	C	20-40	100	5,01	5	99,8	6	1
07-198	P-1.4.	C	20-40	100	5,01	5	99,8	6	1
07-190	P-1.1.	C	>40	100	5,01	4	79,8	4	1
07-193	P-1.2.	C	>40	100	5,03	3	74,6	5	1,25
07-196	P-1.3.	C	>40	100	5,01	3	74,9	5	1,25
07-199	P-1.4.	C	>40	100	5,03	3	74,6	5	1,25
07-200	P-2.1.	CM	0-20	100	5,02	6	119,5	6	1
07-203	P-2.2.	CM	0-20	100	5,01	6	149,7	5	1,25
07-206	P-2.3.	CM	0-20	100	5,05	6	148,5	5	1,25
07-209	P-2.4.	CM	0-20	100	5,00	7	175,0	5	1,25
07-201	P-2.1.	CM	20-40	100	5,05	4	99,0	5	1,25
07-204	P-2.2.	CM	20-40	100	5,00	6	150,0	5	1,25
07-207	P-2.3.	CM	20-40	100	5,05	6	148,5	5	1,25
07-210	P-2.4.	CM	20-40	100	5,00	6	150,0	5	1,25
07-205	P-2.2.	CM	>40	100	5,07	5	123,3	5	1,25
07-208	P-2.3.	CM	>40	100	5,06	5	123,5	5	1,25
07-211	P-2.4.	CM	>40	100	5,01	6	149,7	5	1,25
07-212	P-3.1.	M	0-20	100	5,01	7	174,7	5	1,25
07-215	P-3.2.	M	0-20	100	5,01	8	199,6	5	1,25
07-218	P-3.3.	M	0-20	100	5,01	6	119,8	6	1
07-221	P-3.4.	M	0-20	100	5,02	7	139,4	6	1
07-213	P-3.1.	M	20-40	100	5,02	6	149,4	5	1,25
07-216	P-3.2.	M	20-40	100	5,01	6	149,7	5	1,25
07-219	P-3.3.	M	20-40	100	5,08	5	98,4	6	1
07-214	P-3.1.	M	>40	100	5,00	7	175,0	5	1,25
07-217	P-3.2.	M	>40	100	5,03	6	149,1	5	1,25
07-220	P-3.3.	M	>40	100	5,00	5	100,0	6	1
07-223	P-3.4.	M	>40	100	5,00	5	100,0	6	1
COL-I-FLOR DATA: 02/10/2007 DIA 322									
07-594	P-1.1.	C	0-20	100	5,01	3	59,9	6	1
07-597	P-1.2.	C	0-20	100	5,09	4	78,6	6	1
07-600	P-1.3.	C	0-20	100	5,03	3	59,6	6	1
07-603	P-1.4.	C	0-20	100	5,00	4	80,0	8	1
07-595	P-1.1.	C	20-40	100	5,01	2	39,9	8	1
07-598	P-1.2.	C	20-40	100	5,01	3	59,9	6	1
07-601	P-1.3.	C	20-40	100	5,00	4	80,0	6	1
07-604	P-1.4.	C	20-40	100	5,04	5	99,2	6	1
07-596	P-1.1.	C	>40	100	5,00	3	60,0	6	1
07-599	P-1.2.	C	>40	100	5,00	3	60,0	6	1
07-602	P-1.3.	C	>40	100	5,02	4	79,7	6	1
07-605	P-1.4.	C	>40	100	5,02	5	99,6	6	1
07-606	P-2.1.	CM	0-20	100	5,04	7	138,9	6	1
07-609	P-2.2.	CM	0-20	100	5,05	7	138,6	7	1
07-612	P-2.3.	CM	0-20	100	5,02	6	119,5	7	1

07-615	P-2.4.	CM	0-20	100	5,03	7	139,2	7	1
07-607	P-2.1.	CM	20-40	100	5,04	5	99,2	6	1
07-610	P-2.2.	CM	20-40	100	5,03	5	99,4	7	1
07-613	P-2.3.	CM	20-40	100	5,04	4	79,4	7	1
07-616	P-2.4.	CM	20-40	100	5,01	5	99,8	7	1
07-608	P-2.1.	CM	>40	100	5,02	5	99,6	6	1
07-611	P-2.2.	CM	>40	100	5,03	5	99,4	7	1
07-614	P-2.3.	CM	>40	100	5,03	4	79,5	7	1
07-617	P-2.4.	CM	>40	100	5,03	5	99,4	7	1
07-618	P-3.1.	M	0-20	100	5,04	7	138,9	7	1
07-621	P-3.2.	M	0-20	100	5,00	6	120,0	7	1
07-624	P-3.3.	M	0-20	100	5,05	7	138,6	7	1
07-627	P-3.4.	M	0-20	100	5,02	7	139,4	8	1
07-619	P-3.1.	M	20-40	100	5,03	6	119,3	7	1
07-622	P-3.2.	M	20-40	100	5,02	5	99,6	7	1
07-625	P-3.3.	M	20-40	100	5,02	5	99,6	8	1
07-628	P-3.4.	M	20-40	100	5,00	5	100,0	8	1
07-620	P-3.1.	M	>40	100	5,03	5	99,4	7	1
07-623	P-3.2.	M	>40	100	5,03	5	99,4	7	1
07-626	P-3.3.	M	>40	100	5,02	4	79,7	8	1
07-629	P-3.4.	M	>40	100	5,01	5	99,8	8	1
CEBA DATA: 25/02/2008 DIA 468									
08-066	P-1.1.	C	0-20	100	5,00	5	100,0	3	1
08-069	P-1.2.	C	0-20	100	5,02	5	99,6	3	1
08-072	P-1.3.	C	0-20	100	5,01	5	99,8	3	1
08-075	P-1.4.	C	0-20	100	5,00	5	100,0	3	1
08-067	P-1.1.	C	20-40	100	5,05	5	99,0	3	1
08-070	P-1.2.	C	20-40	100	5,02	4	79,7	3	1
08-073	P-1.3.	C	20-40	100	5,04	5	99,2	3	1
08-076	P-1.4.	C	20-40	100	5,01	4	79,8	3	1
08-068	P-1.1.	C	>40	100	5,01	4	79,8	3	1
08-071	P-1.2.	C	>40	100	5,00	4	80,0	3	1
08-074	P-1.3.	C	>40	100	5,01	4	79,8	3	1
08-077	P-1.4.	C	>40	100	5,03	4	79,5	3	1
08-078	P-2.1.	CM	0-20	100	5,00	5	100,0	3	1
08-081	P-2.2.	CM	0-20	100	5,00	5	100,0	4	1
08-084	P-2.3.	CM	0-20	100	5,00	4	80,0	4	1
08-087	P-2.4.	CM	0-20	100	5,01	4	79,8	4	1
08-079	P-2.1.	CM	20-40	100	5,00	5	100,0	3	1
08-082	P-2.2.	CM	20-40	100	5,02	3	59,8	4	1
08-085	P-2.3.	CM	20-40	100	5,00	3	60,0	4	1
08-088	P-2.4.	CM	20-40	100	5,02	5	99,6	4	1
08-080	P-2.1.	CM	>40	100	5,06	3	59,3	4	1
08-083	P-2.2.	CM	>40	100	5,01	3	59,9	4	1
08-086	P-2.3.	CM	>40	100	5,03	3	59,6	4	1
08-089	P-2.4.	CM	>40	100	5,01	3	59,9	8	1
08-090	P-3.1.	M	0-20	100	5,04	7	138,9	4	1
08-093	P-3.2.	M	0-20	100	5,01	7	139,7	4	1
08-096	P-3.3.	M	0-20	100	5,06	5	98,8	4	1
08-099	P-3.4.	M	0-20	100	5,02	4	79,7	4	1
08-091	P-3.1.	M	20-40	100	5,05	6	118,8	4	1
08-094	P-3.2.	M	20-40	100	5,00	5	100,0	4	1
08-097	P-3.3.	M	20-40	100	5,04	4	79,4	4	1

08-100	P-3.4.	M	20-40	100	5,02	4	79,7	4	1
08-092	P-3.1.	M	>40	100	5,01	5	99,8	4	1
08-095	P-3.2.	M	>40	100	5,00	5	100,0	4	1
08-098	P-3.3.	M	>40	100	5,00	3	60,0	4	1
08-101	P-3.4.	M	>40	100	5,01	4	79,8	4	1
CEBA DATA: 30/05/2002 DIA 563									
08-206	P-1.1.	C	0-20	100	5,00	4	72,8	2	0,91
08-209	P-1.2.	C	0-20	100	5,01	4	72,7	2	0,91
08-212	P-1.3.	C	0-20	100	5,04	4	72,2	2	0,91
08-215	P-1.4.	C	0-20	100	5,03	4	72,4	2	0,91
08-207	P-1.1.	C	20-40	100	5,01	3	54,5	2	0,91
08-210	P-1.2.	C	20-40	100	5,01	3	54,5	2	0,91
08-213	P-1.3.	C	20-40	100	5,01	4	72,7	2	0,91
08-216	P-1.4.	C	20-40	100	5,05	3	54,1	2	0,91
08-208	P-1.1.	C	>40	100	5,00	3	54,6	2	0,91
08-211	P-1.2.	C	>40	100	5,00	3	54,6	2	0,91
08-214	P-1.3.	C	>40	100	5,06	3	54,0	2	0,91
08-217	P-1.4.	C	>40	100	5,03	3	54,3	2	0,91
08-218	P-2.1.	CM	0-20	100	5,01	4	79,8	8	1
08-221	P-2.2.	CM	0-20	100	5,08	5	98,4	3	1
08-224	P-2.3.	CM	0-20	100	5,05	5	99,0	3	1
08-227	P-2.4.	CM	0-20	100	5,01	5	99,8	3	1
08-219	P-2.1.	CM	20-40	100	5,03	3	59,6	8	1
08-222	P-2.2.	CM	20-40	100	5,02	4	79,7	3	1
08-225	P-2.3.	CM	20-40	100	5,03	4	79,5	3	1
08-228	P-2.4.	CM	20-40	100	5,08	4	78,7	3	1
08-220	P-2.1.	CM	>40	100	5,00	3	54,6	2	0,91
08-223	P-2.2.	CM	>40	100	5,02	4	79,7	3	1
08-226	P-2.3.	CM	>40	100	5,03	4	79,5	3	1
08-229	P-2.4.	CM	>40	100	5,00	5	100,0	3	1
08-230	P-3.1.	M	0-20	100	5,06	6	118,6	3	1
08-233	P-3.2.	M	0-20	100	5,01	6	119,8	3	1
08-236	P-3.3.	M	0-20	100	5,00	5	100,0	3	1
08-239	P-3.4.	M	0-20	100	5,01	5	99,8	8	1
08-231	P-3.1.	M	20-40	100	5,08	4	78,7	3	1
08-234	P-3.2.	M	20-40	100	5,04	4	79,4	3	1
08-237	P-3.3.	M	20-40	100	5,04	4	79,4	3	1
08-240	P-3.4.	M	20-40	100	5,01	3	59,9	8	1
08-232	P-3.1.	M	>40	100	5,02	4	79,7	3	1
08-235	P-3.2.	M	>40	100	5,05	3	59,4	3	1
08-238	P-3.3.	M	>40	100	5,00	5	100,0	3	1
08-241	P-3.4.	M	>40	100	5,04	4	79,4	8	1