



Govern de les Illes Balears

Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori

Avaluació de la aptitud d'utilització de composts de diferent origen com a fertilitzants orgànics en el cultiu de tomàtiga de ramellet, enfront a un fertilitzant comercial.

Investigadors:

Antoni Negre Vich
Joan March Mascaró
Joana Maria Luna Prohens
Carme Garau Taberner
Isabel Sastre Conde
Jeroni Galmés Galmés

ÍNDEX.

ÍNDEX.

1. RESUM.....	12
2. INTRODUCCIÓ.....	14
2.1. PROBLEMÀTICA DERIVADA DE L'ÚS DE FERTILITZANTS MINERALS EN L'AGRICULTURA.....	14
2.2. ELS LLOTS DE DEPURADORA: UN RECURS ORGÀNIC COM A ALTERNATIVA DE FERTILITZACIÓ ...	15
2.2.1. <i>Importància de la generació de llots de depuradora.....</i>	<i>15</i>
2.2.2. <i>Alternatives per al destí final dels llots de depuradora.....</i>	<i>16</i>
2.2.3. <i>Utilització de llots de depuradora en el sector agrícola.....</i>	<i>17</i>
2.2.4. <i>La problemàtica de l'ús de llots de depuradora: els metalls pesants.....</i>	<i>19</i>
2.3. COMPOSTATGE.....	20
2.3.1. <i>Generalitats del compostatge.</i>	<i>20</i>
2.3.2. <i>Aspectes de la utilització del compost en el sector agrícola.....</i>	<i>22</i>
2.4. EL CULTIU DE LA TOMATIGUERA.....	23
2.4.1. <i>Historia del cultiu.....</i>	<i>23</i>
2.4.2. <i>Importància del cultiu: superfície, producció i aspectes econòmics.....</i>	<i>24</i>
3. OBJECTIUS.....	29
4. MATERIALS I MÈTODES.	32
4.1. LOCALITZACIÓ I DADES METEOROLÒGIQUES.	32
4.1.1. <i>Localització.....</i>	<i>32</i>
4.1.2. <i>Dades meteorològiques.....</i>	<i>32</i>
4.2. MATERIAL DE PARTIDA.	34
4.2.1. <i>Sòl original.....</i>	<i>34</i>
4.2.2. <i>Residus orgànics.</i>	<i>35</i>
4.2.3. <i>Material vegetal.</i>	<i>36</i>
4.3. CONDICIONS DEL CULTIU.....	36
4.3.1. <i>Preparació del terreny.</i>	<i>36</i>
4.3.2. <i>Sistema de cultiu.....</i>	<i>37</i>
4.4. DISSENY EXPERIMENTAL.....	38
4.5. ANÀLISI DEL SÒL.....	42
4.5.1. <i>Preparació de la mostra.</i>	<i>42</i>
4.5.2. <i>Anàlisi fisicoquímica del sòl i composts originals.....</i>	<i>43</i>
4.6. ANÀLISI FOLIAR.....	44
4.6.1. <i>Preparació de la mostra.</i>	<i>45</i>
4.6.2. <i>Anàlisi fisicoquímica foliar.....</i>	<i>46</i>
4.7. MESURES FISIOLÒGIQUES EN PLANTA.	47
4.7.1. <i>Paràmetres morfològics i hídrics.....</i>	<i>47</i>
4.7.2. <i>Pigments fotosintètics.</i>	<i>47</i>
4.7.3. <i>Intercanvi de gasos foliar.</i>	<i>48</i>
4.8. ANÀLISI DEL FRUIT.....	49

4.8.1.	<i>Producció i eficiència agronòmica.....</i>	49
4.8.2.	<i>Qualitat.....</i>	50
4.9.	ANÀLISI ESTADÍSTICA.....	51
5.	RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	53
5.1.	RESIDUS ORGÀNICS.....	53
5.1.1.	<i>Descripció fisicoquímica.....</i>	53
5.1.2.	<i>Contingut en metalls pesants i classificació.....</i>	55
5.2.	ANÀLISI DE L'EFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA AL SÒL.....	57
5.2.1.	<i>Anàlisi fisicoquímica del sòl després de l'aplicació de compost.....</i>	57
5.2.2.	<i>Anàlisi de la dinàmica de nutrients i conductivitat elèctrica durant el cultiu.....</i>	62
5.3.	ANÀLISI DE L'EFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA EN LA PLANTA.....	64
5.3.1.	<i>Paràmetres morfològics i hídrics.....</i>	64
5.3.2.	<i>Pigments fotosintètics.....</i>	66
5.3.3.	<i>Mesures d'intercanvi de gasos.....</i>	68
5.3.4.	<i>Anàlisi foliar.....</i>	71
5.4.	ANÀLISI DE L'EFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA EN EL FRUIT.....	79
5.4.1.	<i>Producció.....</i>	79
5.4.2.	<i>Eficiència agronòmica (EA).....</i>	81
5.4.3.	<i>Qualitat del fruit.....</i>	83
5.5.	RESUM DELS RESULTATS.....	87
6.	CONCLUSIONS.....	92
7.	RECOMANACIONS.....	97
8.	BIBLIOGRAFIA.....	99

ÍNDIX DE TAULES.

Taula 1. Anàlisi autonòmic de producció i destí de llots provinents d'instal·lacions de depuració al 2007.	18
Taula 2. Dades anuals de recepció de residus i producció de compost de les principals plantes de compostatge (2008).....	22
Taula 3. Valor nutritiu mitjà de la tomàtiga per 100 g de producte comestible	25
Taula 4. Dades meteorològiques mensuals enregistrades al llarg del període de cultiu.....	33
Taula 5. Anàlisi granulomètrica i principals característiques fisicoquímiques del sòl experimental abans de l'aplicació del composts.....	34
Taula 6. Nombre de tractaments, nomenclatura, dosi aplicada i kg d'adob aplicats per cada parcel·la.....	38
Taula 7. Cronograma de les diferents tasques realitzades durant el període de cultiu. CH: Contingut hídric; PE: Pes específic.....	39
Taula 8. Percentatges de mineralització dels principals elements fertilitzants segons l'origen del residu emprat.	50
Taula 9. Principals paràmetres fisicoquímics analitzats als residus orgànics abans de la seva aplicació com a fertilitzants.....	53
Taula 10. Principals metalls pesants analitzats als residus orgànics abans de la seva aplicació com a fertilitzants.....	55
Taula 11. Límits de concentració establerts pel RD 824/2005 i classe assignada a cada un dels composts.....	56
Taula 12. Paràmetres descriptors del sòl corresponent al mostreig efectuat dia 07/10/09, que correspon a 67 dies després de la plantació.....	58
Taula 13. Valors de fotosíntesis neta sota condicions de llum saturant (A_{max}), conductància estomàtica pel vapor d'aigua (g_s), transpiració (E) i eficiència instantània en l'ús de l'aigua (A/E , WUE_i).	69
Taula 14. Principals macronutrients estudiats a l'anàlisi foliar..	73
Taula 15. Composició en nutrients de fulles de tomatiguera totalment expandides durant el període de producció.....	77
Taula 16. Interpretació dels valors mitjans de concentració del diferents nutrients estudiats.	78
Taula 17. Producció acumulada i producció no comercial de cada una dels tractaments..	79
Taula 18. Eficiència agronòmica en l'ús de cada un dels elements per separat.....	82

Taula 19. Taula resum dels resultats. Diferències per sobre o per sota del control obtingudes a cada un dels blocs estudiats.....	88
Taula 20. Resum numèric dels casos on es detectaren diferències respecte del tractament control.	90

ÍNDIX DE FIGURES.

Figura 1. Evolució en la generació de llots de depuradora	16
Figura 2. Evolució en l'ús de llots de depuradora destinats a l'agricultura	17
Figura 3. Producció de tomàtiga per comunitats autònomes.	26
Figura 4. Superfície de tomàtiga cultivada en funció del sistema de cultiu	26
Figura 5. Precipitació (mm) i temperatura (°C) diàries des de el 08/05/09 fins al 07/10/09. Informació agroclimàtica del Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí....	33
Figura 6. Distribució dels diferents tractaments, delimitació i distància entre parcel·les, marc de plantació i zona d'aplicació del compost.	41
Figura 7. Evolució de la conductivitat elèctrica (CE) en els dos mostrejos de sòl realitzats.	62
Figura 8. Evolució del fòsfor (P) en els dos mostrejos de sòl realitzats.	63
Figura 9. Evolució del carboni (C) en els dos mostrejos de sòl realitzats.	64
Figura 10. Contingut hídric foliar (CH) i pes específic foliar (PE), obtinguts per als diferents tractaments.....	65
Figura 11. Longitud màxima de la tija i pes total.	66
Figura 12. Principals pigments fotosintètics analitzats en fulles.	67
Figura 13. Dèficit de pressió de vapor d'aigua (VPD).....	70
Figura 14. Taxa d'assimilació de CO ₂ a nivell de planta sencera.....	71
Figura 15. Carboni foliar.....	72
Figura 16. Principals micronutrients estudiats en fulles.	75
Figura 17. Valors mitjans de producció de les quatre parcel·les d'un mateix tractament al llarg de les diferents collites.	80
Figura 18. Eficiència en l'ús del fertilitzant.	81
Figura 19. Principals paràmetres de qualitat analitzats al fruit.	85
Figura 20. Relació entre Sòlids solubles totals (SST) i Acidesa (A).	86

ÍNDIX D'IMATGES.

Imatge 1. Dades del productor i vista aèrea de la localització de la finca. a): Delimitació exterior del total de la finca. b): Delimitació de la parcel·la on es desenvolupa el treball.....	32
Imatge 2. Procés de mescla del compost amb el fens i purí de porc i volteig del compost X. Incorporació del purí sobre la pila de compostatge i procés mecànic de volteig i airejat.	35
Imatge 3. Imatges de la maquinària emprada per el muntatge de l'encoixinat plàstic, sistema de reg i aplicació de l'adob mineral emprat com a tractament control.....	37
Imatge 4. Imatges de l'aplicació del compost a cada una de les diferents parcel·les abans del muntatge de l'encoixinat i el sistema de reg.	40
Imatge 5. Procés d'assecat i disgregació del sòl en safates de plàstic abans del transport a laboratori per al seu anàlisi.....	42
Imatge 6. Procés i maquinària emprada per a la determinació dels cations d'intercanvi mitjançant absorció atòmica.	44
Imatge 7. Mostres foliars assecades i molturades i posterior tractament amb aigua i àcid clorhídric.	45
Imatge 8. Reacció del fosfat present en la mostra amb el reactiu nitrovanadomolíbdic que origina una coloració groga.	46
Imatge 9. Imatges del procés d'extracció dels pigments fotosintètics. Homogeneïtzació en morter en condicions de fred i preparació de la mostra per a la seva lectura espectrofotomètrica.....	48
Imatge 10. Imatges de l'IRGA, Li-Cor model Li-6400 en el moment de la presa de dades "in situ" del procés d'intercanvi de gasos.	49

NOMENCLATURA

NOMENCLATURA.

PCBs	Bifenils policlorats	
HAPs	Hidrocarburs aromàtics policíclics	
ms	Matèria seca	
EDAR	Estacions depuradores d'aigües residuals	
FORM	Fracció orgànica de recollida municipal	
HR_{atm}	Humitat relativa atmosfèrica	%
P	Precipitació	mm
ETP	Evapotranspiració potencial	mm
Compost S	Llots compostats juntament amb restes de poda	
Compost X	Compost mescla de S amb purins i fems de porc	
Compost E	Compost d'origen ecològic	
D1	Dosi d'aplicació de 14 t /ha	
D2	Dosi d'aplicació de 21 t /ha	
MS	Mostra seca	
MI	Mostra incinerada	
CH	Contingut hídric foliar	%
PE	Pes específic	
CE	Conductivitat elèctrica	dS/m
MO	Matèria orgànica	%
CIC	Capacitat d'intercanvi catiònic	meq/100g
A_{max}	Taxa neta d'assimilació de CO ₂ sota condicions de llum saturant	$\mu\text{mols CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
g_s	Conductància estomàtica	$\text{mols H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
E	Transpiració	$\text{mmols H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
WUE_i	Eficiència instantània en l'ús de l'aigua	$\mu\text{mols CO}_2 / \text{mmols H}_2\text{O}^{-1}$
VPD	Dèficit de pressió de vapor de l'atmosfera	kPa
C_a	Clorofil·la a	mg cm ⁻²
C_b	Clorofil·la b	mg cm ⁻²
C_{a+b}	Clorofil·la a + Clorofil·la b	mg cm ⁻²

NOMENCLATURA

C_{x+c}	Carotenoides (Xantofil·les + Carotens)	mg cm ⁻²
IRGA	Analitzador de gasos per infrarojos	
EA	Eficiència agronòmica	Kg tomàtiga/kg NPK
NUE	Eficiència en l'ús del nitrogen	kg tomàtiga / kg N
SST	Sòlids solubles totals	°Brix
A	Acidesa	g Àc. cítric/100 ml

RESUM.

1. RESUM.

Durant les darreres dècades les conseqüències ambientals derivades de la intensificació de l'agricultura han posat de manifest el requeriment de pràctiques menys impactants sobre l'entorn. Cultius en expansió com el de la tomàtiga ocupen grans extensions, i la seva sostenibilitat depèn de tècniques agràries que mantinguin la rendibilitat del cultiu i a l'hora minimitzin l'impacte ambiental. Per altra banda, des de la promulgació de la Directiva Comunitària 91/271/CEE relativa al tractament d'aigües residuals urbanes, que obliga els estats membres a tractar les aigües residuals mitjançant depuració secundària, s'està accentuant la importància de la producció de llocs procedents de la depuració d'aigües residuals domèstiques o urbanes. Aquest fet i planteja seriosos problemes d'acumulació, i sobretot d'eliminació d'aquests residus. Una possible alternativa és l'aplicació d'aquests residus com a fertilitzants orgànics. En aquest sentit, l'objectiu principal d'aquest estudi fou l'avaluació de l'eficiència en l'ús de tres composts de diferent origen com a fertilitzants orgànics a un cultiu de tomàtiga de ramellet, front a un fertilitzant comercial, d'origen mineral. Amb aquesta finalitat, s'incorporà al sòl un compost d'origen ecològic (E), un compost format per llocs generats a plantes de tractament d'aigües residuals compostats juntament amb restes de poda (S) i, finalment, un compost format per una mescla de l'anterior amb purí i fems de porc (X), aplicats tots ells a dues dosis diferents (14 i 21 t/ha). El treball se centrà principalment en l'estudi de la influència de l'aplicació de compost com a fertilitzant nitrogenat orgànic, tenint en compte el diferent origen i la dosi sobre les característiques químiques del sòl, la fisiologia i nutrició de la planta, i la producció i qualitat final del fruit. Els resultats mostraren com l'aplicació de compost produí un augment significatiu del N, P i capacitat d'intercanvi catiònic del sòl fertilitzat de manera orgànica. La longitud màxima de la tija i el pes total de la planta, experimentaren un augment significatiu amb l'aplicació de compost, mentre que altres paràmetres com la concentració de pigments disminuïren. La fertilització orgànica, de manera general, no afectà els processos d'intercanvi de gasos de la planta ni tampoc la qualitat del fruit. Pel que fa a la producció de tomàtigs, s'observà un efecte de precocitat en l'entrada en producció, amb augments de 57, 56 i 38 % a les parcel·les on s'aplicà compost E, X i S, respectivament.

INTRODUCCIÓ.

2. INTRODUCCIÓ.

2.1. PROBLEMÀTICA DERIVADA DE L'ÚS DE FERTILITZANTS MINERALS EN L'AGRICULTURA.

Les zones agràries de reguiu són particularment susceptibles a la contaminació d'aigües subterrànies, ja que moltes vegades els cultius són fertilitzats en abundància i freqüentment regats en excés. En aquest sentit, Rallo (2006) entén per contaminació d'aigües en el context de l'agricultura a:

“La introducció de compostos nitrogenats d'origen agrari en el medi aquàtic que, directa o indirectament, tingui conseqüències que poden posar en perill la salut humana, perjudicar els recursos vius i l'ecosistema aquàtic o ocasionar molèsties per a altres utilitzacions legítimes de les aigües”.

La contaminació d'aqüífers degut al rentat de nitrats està rebent especial atenció en la legislació de la Unió Europea, fet que afecta també les Illes Balears, on determinades zones amb abundant agricultura intensiva de reguiu han estat declarades com a zones vulnerables, amb la promulgació de la següent normativa específica per part del Govern autonòmic:

- Ordre de la Consellera de Medi Ambient, de 24 de febrer de 2000, en què es designa com a zona vulnerable, a Mallorca, la sub-meitat nord (sub-cubeta de sa Pobla), i aprova el programa d'actuació en matèria de seguiment i control del domini públic hidràulic, a fi de reduir la contaminació de les aigües per nitrats procedents de fonts agràries.
- Ordre del Conseller d'Agricultura i Pesca, de 21 de setembre de 2001, amb la finalitat d'assegurar una adequada protecció de les aigües, en què s'aprova el programa d'actuació aplicable a la zona declarada vulnerable en relació amb la contaminació per nitrats d'origen agrari.
- Resolució de la Consellera d'Agricultura i Pesca, de 6 de maig de 2009, per la qual s'aprova el programa d'actuació aplicable a les zones declarades vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats d'origen agrari de les Illes Balears.

- Decret 116/2010, de 19 de novembre, de determinació i delimitació de zones vulnerables per la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries i el seu programa de seguiment i control del domini públic hidràulic.

Mentrestant, la sostenibilitat dels sistemes de cultiu depèn del desenvolupament de tècniques agràries que, a l'hora de mantenir la rendibilitat, minimitzin l'impacte ambiental, sobretot a cultius en expansió com el de la tomatiguera. Entre les tècniques emprades, el reg per degoteig pot contribuir no només a un millor control de la humitat i la producció, sinó que pot oferir increments en l'eficiència d'ús d'aigua i nitrogen (Bressler, 1997). Malgrat això, el mal ús d'aquests sistemes pot potenciar la pèrdua i rentat de nutrients elevant el risc de contaminació. En aquest sentit, l'ús de fertilitzants més respectuosos amb el medi, pot reduir els costos de producció, i paral·lelament disminuir el risc de contaminació d'aigües subterrànies (Vázquez *et al.*, 2005).

2.2. ELS LLOTS DE DEPURADORA: UN RECURS ORGÀNIC COM A ALTERNATIVA DE FERTILITZACIÓ.

2.2.1. *Importància de la generació de llots de depuradora.*

La dinàmica del sistema actual en relació a la depuració d'aigües residuals es troba en constant creixement durant les darreres dècades. Des de l'any 1991, amb la promulgació de la Directiva Comunitària 91/271/CEE sobre el tractament d'aigües residuals urbanes, que obliga als estats membres a que les seves aigües residuals siguin objecte d'un tractament de depuració secundari, s'està accentuant un altre problema mediambiental: la futura gestió dels llots generats. Aquest sistema ha conduït cap a un increment en la importància de la producció de llots, procedents de la depuració d'aigües residuals domèstiques o urbanes i que està plantejant seriosos problemes d'acumulació, i sobretot d'eliminació d'aquests residus. Aquests fets provocaren que la producció de llots de depuradora generats a Espanya es duplicà des de les 350.000 tones de matèria seca l'any 1989 (Cajigas, 1991) a aproximadament unes 700.000 tones l'any 1996 (MAPA, 1996). L'evolució de la generació llots de depuradora es veu reflectida a la **figura 1**, on es pot apreciar un augment d'aquests tipus de residus d'un 63% en sols 8 anys.

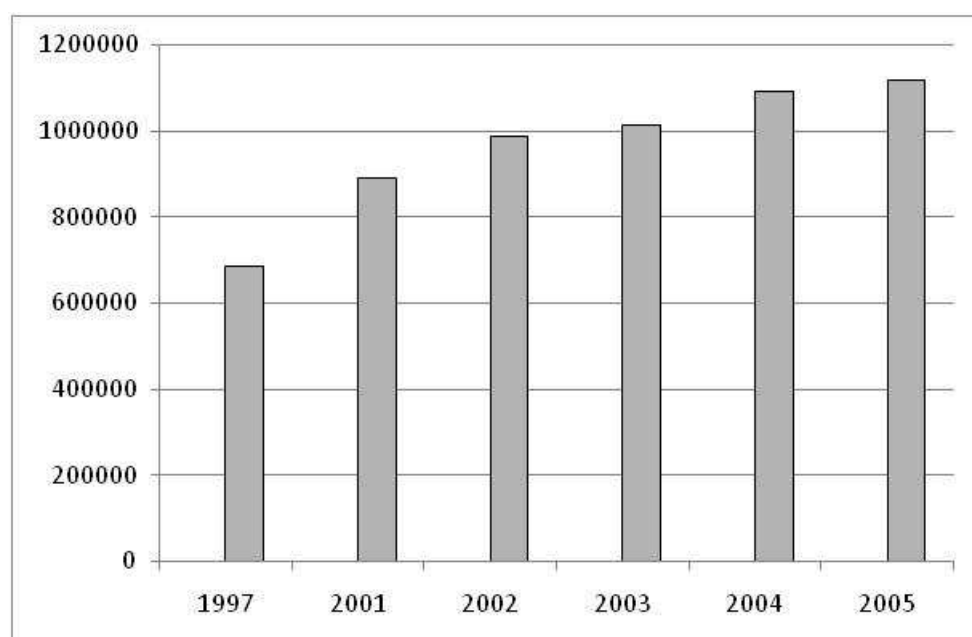


Figura 1. Evolució de la generació de llots de depuradora, expressats en tones de matèria seca (ms). Font: Registre Nacional de Llots del Ministerio de Medioambiente i Medio Rural i Marino (MARM).

2.2.2. Alternatives per al destí final dels llots de depuradora.

Les alternatives bàsiques de destí final dels llots generats durant els processos de depuració es poden resumir en tres punts que s'exposen en l'ordre de prioritats marcat per la Llei 10/1998 de residus:

- L'aplicació al sòl amb finalitats de fertilització, esmena orgànica i reciclatge de nutrients i matèria orgànica.
- La valorització energètica en totes les seves variants, entre les que destaquen la incineració i la biometanització (conversió total de la fracció orgànica en gas, mitjançant reaccions de combustió a temperatures d'uns 1000 °C).
- El depòsit a abocadors controlats, regulat per la Directiva 1999/31/CE.

L'abocament de llots al mar, pràctica molt emprada sobretot a estacions depuradores costaneres, arribant a percentatges del 14% (Cristóbal, 1990), deixà de ser una opció a partir de la prohibició progressiva imposada per la Directiva 91/271/CE.

2.2.3. Utilització de llots de depuradora en el sector agrícola.

La composició d'aquests llots, encara que variable, és una font de matèria orgànica i d'elements fertilitzants (N i P) per a la seva utilització en l'activitat agrícola, la via més adequada per a la seva eliminació, ja que permet reincorporar els seus elements als cicles naturals de la matèria i l'energia. D'aquesta manera, es produeix un doble benefici, ambiental i agrari, conseqüència, per una part, de la seva eliminació sense alteració rellevant de l'equilibri ecològic, i per una altra, de l'efecte derivat de la seva aplicació als sòls, els quals pateixen una accelerada i preocupant disminució del seu contingut en matèria orgànica, amb els nombrosos problemes que això comporta.

La reutilització d'aquest tipus de residu també ha sofert un notable increment, tal i com reflexa la **figura 2**, on es pot observar com s'incrementa la utilització dels llots destinats a l'aplicació en el sector agrari des d'aproximadament un 46% del total generat l'any 1997 a un 65%, l'any 2005.

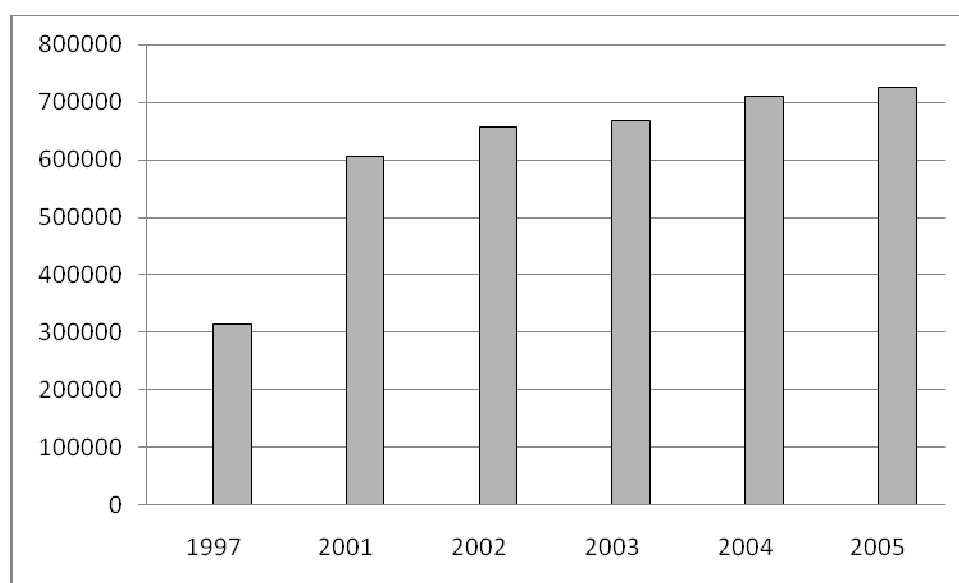


Figura 2. Evolució de l'ús de llots de depuradora destinats a l'agricultura expressats en tones de matèria seca (ms) de llots de depuradora. Font: Registre Nacional de Llots del MARM.

Dades més recents del Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí (MARM, 2007), indiquen que al conjunt de l'estat Espanyol es produeixen un total de 1.143.553 t de matèria seca de llots provinents d'estacions de depuració, de les quals 754.657 t són utilitzades amb finalitats agrícoles (**taula 1**), essent les comunitats amb majors produccions Catalunya, Madrid i la Comunitat Valenciana.

2. INTRODUCCIÓ.

Taula 1. Anàlisi autonòmica de producció i destí de llots provinents d'instal·lacions de depuració, 2007. Dades expressades en tones de matèria seca (ms) de llots de depuradora.

Comunitat Autònoma	Llots de depuradora produïts (t ms)	Llots de depuradora utilitzats als sòls agrícoles (t ms)
Catalunya	309.960	163.944
Madrid	238.229	154.920
C. Valenciana	165.447	155.249
Andalusia	102.899	82.677
Illes Balears	66.811	59.442
Galícia	49.375	40.361
Castella i Lleó	45.361	38.528
Castella La Manxa	35.746	23.661
Canàries	35.185	24
Aragó	31.986	11.184
País Basc	24.399	1.729
Navarra	9.886	9.527
Extremadura	9.430	6.114
Cantàbria	7.733	274
La Rioja	4.686	4.607
Múrcia	2.731	1.003
Astúries	2.229	1.413
Ceuta i Melilla	1.460	—
ESPANYA	1.143.553	754.657

Font: Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí (2007).

A les Illes Balears al 2007, s'enregistrà una producció de 66.811 t, que suposen un 6% del total de l'estat, valor relativament alt si es considera que és la cinquena comunitat autònoma, després d'Andalusia, pel que fa a la producció de llots. Del total de llots generats a les Illes, el percentatge d'utilització en agricultura suposa quasi un 89%.

Fins al moment, tant a Espanya com a la resta d'Europa, aquests llots han estat utilitzats amb aquesta finalitat, cosa que ha permès adquirir una notable experiència en relació a la seva naturalesa, forma i dosi d'aplicació i efectes sobre el sòl, aigua, coberta vegetal i salut humana.

Aquesta experiència ha permès, entre d'altres coses, constatar el caràcter perjudicial que poden tenir els llots quan determinades espècies químiques inorgàniques, com els metalls pesants, que arriben a concentracions superiors a un determinat llimitar i són aplicats de manera sistemàtica o discontinua, a determinats tipus de sòls, a dosis molt elevades o en moments específics del cicle vegetatiu de les plantes que seran aprofitades directament pels animals domèstics o per l'home (RD 1310/1990).

2.2.4. La problemàtica de l'ús de llots de depuradora: els metalls pesants.

Entre els factors negatius a tenir en compte quan es realitzen aplicacions de llots de depuradora compostats a sòls agrícoles, destaquen els nivells elevats de conductivitat elèctrica, metalls pesants i contaminants orgànics (PCBs, HAPs, detergents), així com l'acumulació i risc de lixiviació de nitrats. D'entre aquests problemes, els metalls pesants tenen especial rellevància, i són limitants per a la seva aplicació.

Els metalls pesants es defineixen com aquells elements químics que, en la seva forma elemental, tenen una densitat major a 6 g/cm^3 (Alloway, 1995; Duffus, 2002) i que el seu pes atòmic és superior a 20 (Kabata-Pendias i Pendias, 1992). Des del punt de vista biològic, aquest concepte té un escàs significat ja que agrupa elements amb distint comportament (López Arias i Grau, 2005). Però malgrat ser un terme imprecís, s'ha utilitzat àmpliament a la bibliografia científica. Aquesta expressió se sol utilitzar en el llenguatge corrent amb una connotació negativa que fa referència al risc de toxicitat que comporta la seva presència quan se superen determinats nivells en els ecosistemes, especialment al sòl.

Dels 38 elements coneguts com a metalls pesants, solen tenir una especial rellevància aquells que poden representar un risc potencial per a la vida o salut de les plantes, animals o de l'home (López-Arias i Grau, 2005). Aquesta consideració limita els metalls pesants principalment a Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn (Jones i Jarvis, 1981). La importància d'aquests elements radica en el seu enorme impacte mediambiental, ja que es tracta d'elements acumulatius i no biodegradables. El seu increment global degut a l'activitat humana és cada vegada més freqüent, donant lloc, en ocasions, a processos de contaminació de sòls i problemes ambientals derivats de la seva toxicitat per a microorganismes, plantes, animals i éssers humans (Beth, 1996).

Dins aquest context, s'ha utilitzat el terme contaminació, un mot que apareix molt fàcilment associat al de metalls pesants, i que sovint no fa referència a una situació real. Per aquest motiu, convé definir què s'entén per contaminació en referència al que els metalls pesants representen en el medi. Alloway (1995) defineix la contaminació com:

“La introducció, per l'home, de substàncies que poden ser nocives per al medi ambient, però que no necessàriament arriben a situacions de toxicitat”.

Malgrat això, referint-se als metalls pesats dels sòls, el terme contaminació s'adopta comunament per fer referència a situacions en les quals es mostren concentracions elevades d'algun dels elements.

La caracterització dels elements metàl·lics als sòls té un major interès en àrees dedicades al cultiu, ja que el caràcter acumulatiu d'alguns d'aquets elements tòxics, o dels seus efectes, fa que s'incorporin a la cadena alimentària d'una forma més directa. S'ha comprovat l'existència de correlacions entre la concentració de metalls pesants en el sòl i els nivells del seu contingut en les plantes (Ross, 1994). El contingut total de metalls pesants als horitzons superficials del sòl pot servir com a indicador de la seva toxicitat potencial (Andreade, 1996). La fitotoxicitat produïda per l'elevada concentració de metalls pesants, que afecta el creixement i desenvolupament vegetal, és degut tant a la toxicitat intrínseca dels metalls, com al caràcter acumulatiu de cada element (Gupta i Gupta, 1998)

2.3. COMPOSTATGE.

2.3.1. *Generalitats del compostatge.*

El compost és el producte resultant de la descomposició (amb la intervenció de bacteris, fongs i insectes detritívors) d'una mescla de materials orgànics, en unes condicions específiques d'aireig, humitat, temperatura i nutrients. Al final del procés s'obté un material estable i inofensiu per als cultius. Jakobsen (1995) apuntà com a efectes beneficiosos del compostatge la reducció del volum dels residus, l'eliminació de patògens presents, descens de la germinació de males herbes i la destrucció de components olorosos.

Les dues finalitats més importants que es volen aconseguir són, per una banda, que sigui una manera racional, econòmica i segura de disposar d'un adob a partir de diferents tipus de residus orgànics, i al mateix temps, conservar i aprofitar els nutrients que hi ha en aquets residus.

Durant el procés de compostatge podem observar tres fases associades a intervals diferents de temperatura: mesofílica, termofílica i refredament (Iglesias, 1991). Durant la primera etapa la temperatura de la pila de compost augment fins a una 40°C actuant principalment fongs i bacteries productores d'àcids. La segona fase és la termofílica, amb temperatures que oscil·len entre 40 i 70°C, quan es produeix la màxima degradació i estabilització de la matèria orgànica. Finalment, durant la fase de refredament descendeixen les temperatures i predominen reaccions de polimerització i condensació, similars al procés d'humificació que ocorre en el medi natural en condicions mesofíliques.

Quan el procés és industrialitzat, s'optimitzen les condicions a partir d'un control continu de determinats paràmetres (concentració d'O₂ i de CO₂, temperatura i humitat) que afavoreixen i asseguren l'activitat descomponedora que duen a terme els microorganismes.

A Mallorca hi ha quatre plantes de compostatge de fangs procedents d'estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), que són les d'Ariany, Felanitx, Marratxí i sa Pobla, i dues plantes de compostatge de la fracció orgànica de recollida municipal (FORM), situades a Calvià i Marratxí. A la **taula 2** es reflexa la generació de llots al 2008, que suposà 69.265 t i que, juntament amb el material estructural que s'hi incorporà, arribaren a la producció de 26.172 t de compost.

2. INTRODUCCIÓ.

Taula 2. Dades anuals de recepció de residus i producció de compost de les principals plantes de compostatge (2008).

Instal·lació	Entrada FORM (t)	Entrada de Llots (t)	Entrada de material estructural (t)	Rebuig (t)	Producció de compost (t)
Ariany	-	35.437	17.045	-	7.795
Felanitx	-	12.105	2.397	-	1.670
Sa Pobla	-	2.773	1.003	-	500
Marratxí	4.526	18.374	11.855	3.107	15.765
Calvià	1.723	576	5.595	1.687	442
TOTAL	6.249	69.265	37.895	4.794	26.172

Font: *www.tirme.com*

La producció més important de l'illa es duu a terme a l'estació de compostatge del Parc de Tecnologies Ambientals de Mallorca, situada al terme municipal de Marratxí. Aquesta planta tracta tots els llots digerits procedents d'EDAR i fracció orgànica de recollida selectiva. Aquests materials es mesclen amb la proporció adequada de material estructural i es destinen a les zones on s'inicia el procés de compostatge. Als tambors fermentadors, aquestes mescles sofreixen una descomposició intensiva i, seguidament, passen als túnels de maduració. En aquest punt, el material es voltejat al llarg dels túnels fins arribar a la zona de descàrrega del material, on serà refinat eliminant la fracció més gruixada i les possibles impureses del material.

2.3.2. Aspectes de la utilització del compost en el sector agrícola.

L'etapa inicial en el creixement de moltes espècies hortícoles, constitueix el moment més crític per a l'obtenció d'una bona producció. La velocitat d'emergència, la uniformitat i taxa de creixement inicial són determinants de plantes de qualitat i en períodes de temps raonables (De Grazia *et al.*, 2004). La finalitat de qualsevol mescla de substrats utilitzada en la producció d'hortícoles és obtenir una planta de qualitat, en el període de temps més curt i amb els costos de producció el més baix possibles (Buyatti, 2000).

En els primers estadis, les plàntules presenten una elevada demanda de nutrients minerals, en part com a resultat de l'alta taxa de creixement en relació amb les plantes adultes (Wien, 1997). A més de presentar una font de nutrients, les esmenes a utilitzar

han de permetre una bona retenció i disponibilitat d'aigua, promoure un intercanvi de gasos eficient i proporcionar un correcte suport físic a la planta (Leskovar i Stoffella, 1995).

En gran mesura, l'ús de materials compostats permet suplir la utilització de recursos no renovables i transformar en substrat aprofitable residus orgànics que, eventualment, contaminen el medi. D'aquesta manera, s'afavoreix el creixement mitjançant un aport de micro i macronutrients que d'altra forma haurien de ser incorporats mitjançant fertilització inorgànica (Prieto, 2005).

2.4. EL CULTIU DE LA TOMATIGUERA.

2.4.1. *Historia del cultiu.*

Segons Nuez (2001) l'origen del gènere *Lycopersicon*, estaria situat a la regió Andina que avui comparteixen Colòmbia, Equador, Perú, Bolívia i Xile. En aquesta àrea creixen espontàniament les diverses espècies del gènere i també és allà on *L. esculentum* mostra la seva major variació.

Encara són molts els aspectes poc clars en el que respecte de l'origen i domesticació de la tomatiguera. Així i tot, hi ha alguns fets amb un grau raonable de certesa (Rick, 1978):

- La tomatiguera cultivada té el seu origen al Nou Món. No es coneixia a Europa ni a la resta del Vell Món abans del descobriment d'Amèrica.
- La tomàtiga havia arribat a una fase avançada de domesticació abans de la seva arribada a Europa i Àsia.
- L'avantpassat més probable de la tomàtiga cultivada és un petit fruit silvestre (*L. esculentum* var. *cerasiforme*). Creix espontàniament a les regions tropicals i subtropicals i s'ha estès al llarg dels tròpics del Vell Món.

Pel que fa al lloc de la seva domesticació, ha estat un tema controvertit. Els noms de *mala peruviana* o *pomi del Perú* que donaren a la tomatiguera alguns botànics del segle XVI, feren que Candolle (1883) suposés que provenien del Perú, on presumiblement s'hauria domesticat. Malgrat això, no pareix haver-hi un fonament

sòlid en aquesta afirmació i, per altra banda, existeixen motius per creure que l'origen de la domesticació se situa a Mèxic.

La primera referència de l'arribada de la tomatiguera a Espanya apareix en el Jardí Botànic d'Aranjuez, on es cultivava experimentalment a finals del segle XVI, mentre que a Mallorca arribà a finals del segle XVII anomenant-se ja al receptari de *fra Jaume Martí* (1712-1788), primera compilació coneguda de cuina a Mallorca. Es té constància de l'existència d'horts amb tomatigueres pels escrits que apareixen a *Les Balears. Descrites per la paraula i la imatge*, de l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria (Socies, 2007).

Pel que fa a la tomàtiga de ramellet, Bota *et al.* (2008) expliquen el seu possible origen a partir de l'entrecreuament de 3 o 4 varietats de tomatigueres introduïdes en diferents episodis. Les introduccions de distintes varietats, juntament amb processos de selecció antròpica, basats sobretot en la seva capacitat de conservació i la possibilitat de conreu a la seca, donaren lloc a una varietat de tomàtiga amb unes marcades característiques comunes (Ochogavía *et al.*, 2011). Es tracta d'un tipus de tomàtiga cultivada antigament als horts particulars dels pagesos de les Balears, molt valorada sobretot per la seva capacitat per conservar-se i per les seves característiques organolèptiques diferencials. D'entre els pobles que més cultivaven la tomatiguera de ramellet cal destacar Banyalbufar que, entre els anys 1920 i 1930, n'exportava setmanalment a Barcelona (Rosselló *et al.*, 2002).

2.4.2. Importància del cultiu: superfície, producció i aspectes econòmics.

La tomàtiga és l'hortalissa més important a nombrosos països i la seva popularitat augmenta constantment. En l'actualitat aquest cultiu ha adquirit importància econòmica a tot el món amb una producció mundial a l'any 1993 d'aproximadament 72 milions de tones (Nuez, 2001).

El valor nutritiu de la tomàtiga no és molt elevat (**taula 3**). Segons un estudi realitzat per Stevens (1974) sobre les principals fruites i hortalisses dels EUA, la tomàtiga ocupa el lloc número 16 en quant a concentració relativa d'un grup de 10 vitamines i minerals. Malgrat això, la seva popularitat, demostrada per l'alt nivell de consum

converteix aquest cultiu en una de les principals fonts de vitamines i minerals de molts països.

Taula 3. Valor nutritiu mitjà de la tomàtiga per 100 g de producte comestible (Grubben, 1977).

Residus	6,0 %	Carotè	0,5 mg
Matèria seca	6,2 g	Tiamina	0,06 mg
Energia	20,0 kcal	Riboflavina	0,04 mg
Proteïnes	1,2 g	Niacina	0,6 mg
Fibra	0,7 g	Vitamina C	23,0 mg
Calci	7,0 mg	Valor nutritiu mitjà (VNM)	2,39
Ferro	0,6 mg	VNM per 100g de matèria seca	38,5

Pel que fa a Espanya, segons dades del cens agrari del 2008, es destinen 360.000 ha al cultiu d'hortalisses, amb una producció de 13 milions de tones, que corresponen a un valor de 6.200 milions d'euros anuals. D'aquestes dades, el cultiu de la tomàtiga a l'estat Espanyol suposa un 15,2% del total de la superfície d'hortalisses cultivades, un 31% de la producció i un 24% del valor obtingut.

A Balears, el cultiu de la tomàtiga ocupa 242 ha, un 0,5% de la superfície cultivada a tot l'estat, amb una producció anual de 11.140 t, el que situa a les Illes en la sisena posició per la cua pel que fa a la producció de tomàtigs (**figura 3**).

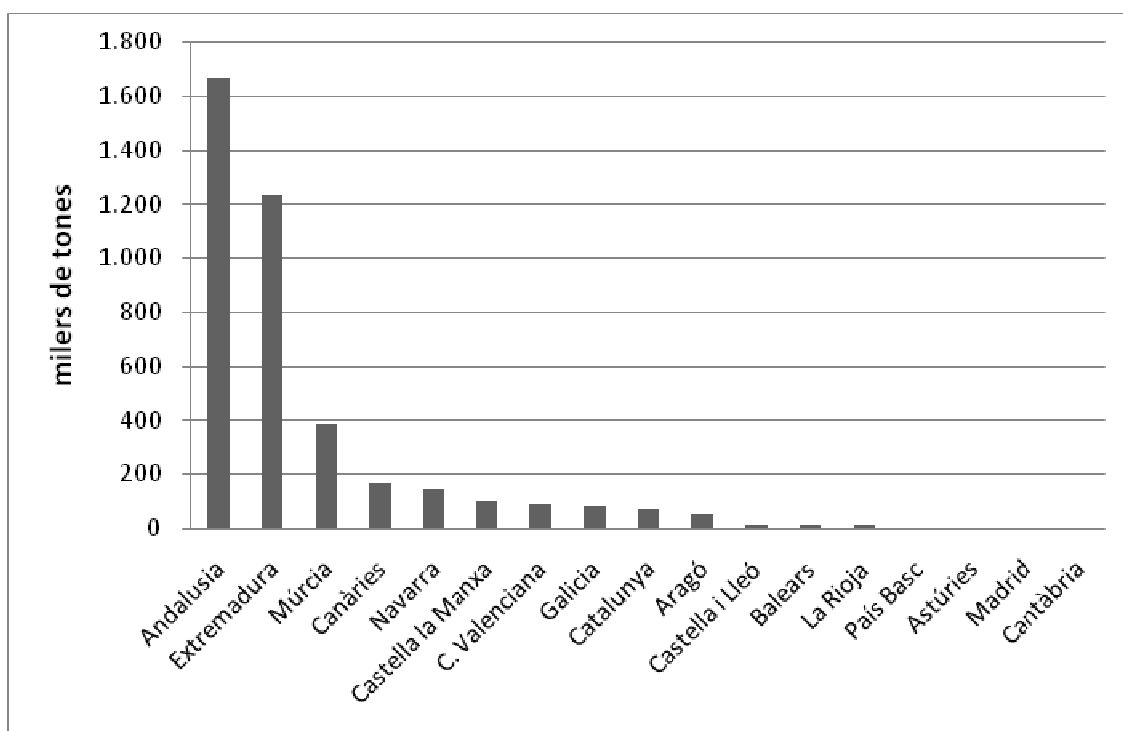


Figura 3. Producció de tomàtiga per comunitats autònomes. Font: Cens agrari (2008).

Pel que fa als sistemes de producció de tomàtiga a Balears (**figura 4**), es poden diferenciar bàsicament tres formes de maneig del cultiu, on el sistema de reguiu és el majoritari amb un 88% de la superfície cultivada, front al 12% restant cultivat a la seca.

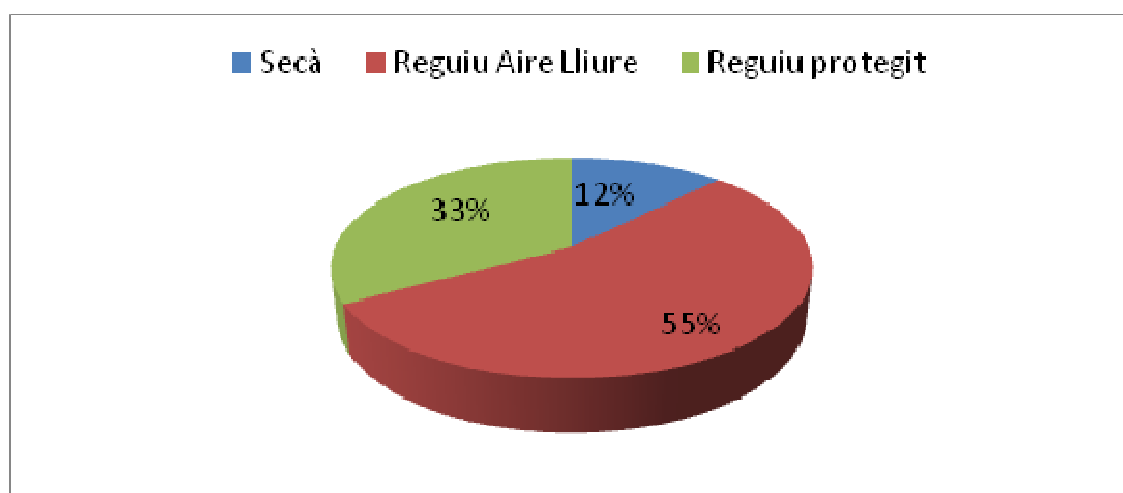


Figura 4. Superfície de tomàtiga cultivada en funció del sistema de cultiu. Font: Cens agrari (2008).

Quant a la tomàtiga de ramellet, Ochogavía (2009), en un estudi de les diferents poblacions d'aquest tipus de tomàtiga a les Illes, fixa la producció en unes 1.800 t/anyals, encara que el mateix autor posa en dubte la fiabilitat de les dades ja que una gran part de la producció es troba en mans de petits productors.

La importància d'aquest cultiu a Balears, segons Ochogavía *et al.* (2011) deriva dels següents caràcters exclusius:

- La seva adaptació als sòl calcaris i al període de sequera estival típic del clima mediterrani.
- La seva capacitat per a conservar-se durant tot l'any, cosa que fa que no sigui necessari la seva sembra a l'època desfavorable.
- Contribueix a enriquir la gastronomia i cultura de Balears.
- La tomàtiga de ramellet presenta una sèrie de caràcters típics que la consoliden com a grup (conservació del fruit i resistència a la sequera), a més d'una gran diversitat morfològica i de característiques de cultiu.

La importància de la tomàtiga de ramellet a Balears, recalcada a l'apartat anterior, l'existència d'experiències anteriors realitzades des de l'Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP) amb el mateix tipus de residus i el mateix cultiu, i el caràcter de cultiu anual de la tomatiguera, que possibilita l'obtenció de resultats en períodes de temps curts, ha incitat a seguir estudiant i aprofundint en el coneixement de la dosi i tipus de residu orgànic més adequat per a aquest cultiu.

OBJECTIUS.

3. OBJECTIUS.

Per tot l'exposat anteriorment, el treball consta de dues vessants importants: ambiental (reutilització de residus i sostenibilitat de pràctiques agrícoles) i local (desenvolupament d'un cultiu propi com és el de la tomatiguera de ramellet). Tenint en compte la problemàtica derivada de l'ús de fertilitzants nitrogenats, el notable increment en la generació de residus com els llots de depuradora i la importància del cultiu dins la societat de les Illes Balears, l'objectiu general del present estudi és:

Avaluar la aptitud d'utilització de composts de diferent origen com a fertilitzants orgànics en el cultiu de tomatiguera de ramellet, front a un fertilitzant comercial.

Degut als diferents factors que formen part de l'experiment, el treball es dividirà en diferents blocs d'estudi, i cada un dels quals es dividirà, a la vegada, en diferents sub-objectius. Així doncs es diferencien els apartats que s'exposen a continuació:

1. En el primer bloc s'estudiaren els **composts originals** per tal d'assolir els següents sub-objectius:

- **S.O.1.** Caracteritzar els diferents composts mitjançant la determinació d'una sèrie de paràmetres fisicoquímics.
- **S.O.2.** Definir la dosi adequada d'aplicació per al cultiu de tomàtiga de ramellet.

2. El segon bloc es fonamentà en **l'estudi del sòl**, a diferents nivells:

- **S.O.3.** Avaluar els possibles efectes de l'aplicació de composts en la composició fisicoquímica del sòl.
- **S.O.4.** Analitzar els canvis en la dinàmica dels nutrients produïts al sòl durant el període de cultiu.

3. El tercer bloc considerarà els efectes de l'aplicació del compost sobre la **fisiologia de la planta**, amb els següents sub-objectius:

- **S.O.5.** Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre diferents paràmetres morfològics i hídrics.
- **S.O.6.** Analitzar la influència de l'aplicació de compost sobre la composició de pigments fotosintètics.

3. OBJECTIUS.

- **S.O.7.** Examinar les conseqüències de l'aplicació de compost sobre els processos d'intercanvi de gasos de la planta.
- **S.O.8.** Estudiar els efectes de l'aplicació de compost sobre el contingut foliar d'elements.

4. El darrer dels blocs s'enfocà en l'estudi del **fruit**, a diferents nivells:

- **S.O.9.** Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre la producció.
- **S.O.10.** Determinar l'eficiència en l'ús dels principals macronutrients aplicats.
- **S.O.11.** Analitzar els efectes de l'aplicació de compost sobre la qualitat del fruit.

MATERIALS I MÈTODES.

4. MATERIALS I MÈTODES.

4.1. LOCALITZACIÓ I DADES METEOROLÒGIQUES.

4.1.1. *Localització.*

La finca de *Ca's Menescal* fou l'escollida per a dur a terme l'experiment. Situada al Pla de Mallorca, és propietat d'un dels majors productors de tomàtiga de ramellet a l'aire lliure, que conrea una superfície total de 14,3 ha, de les quals n'obté unes 140 t de tomàtigs/any. Es tracta d'una finca situada al terme municipal de Petra (coordenades UTM; X: 506890,85; Y: 4385436,68) i amb extensió total de 6,1 ha (**imatge 1a**), de les quals 3,9 estan dedicades tradicionalment al cultiu de tomàtiga de ramellet, amb una producció anual aproximada de 38 t. Del total de la finca, es treballa a una parcel·la rectangular de 0,34 ha (**imatge 1b**) amb un pendent de 2,7%.

DADES DEL PRODUCTOR:

Productor:

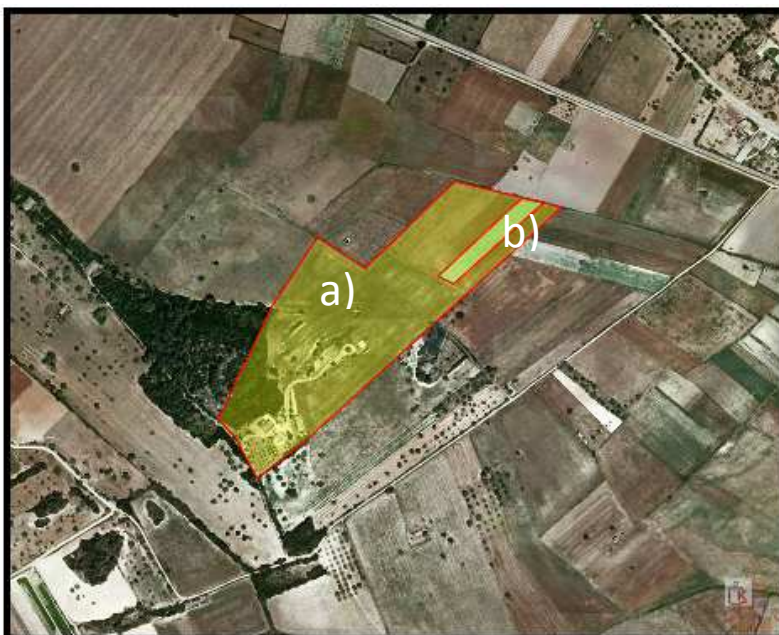
Biel Gibert.

Extensió total cultivada:

14.3 ha, amb
aproximadament 35.000
tomatigueres sembrades.

Producció anual:

140 t/any.



Imatge 1. Dades del productor i vista aèrea de la localització de la finca. a): Delimitació exterior del total de la finca. b): Delimitació de la parcel·la on es desenvolupa el treball.

4.1.2. *Dades meteorològiques.*

La informació meteorològica s'obtingué de les dades diàries enregistrades per l'estació de Manacor durant el període de cultiu, que comprèn des de dia 08/05/2009 fins al 07/10/2009. La temperatura mitjana obtinguda durant el mateix període fou de 22,7°C, amb un valor màxim de 40,6°C (dia 24/07/2009 a les 16:00 h) i un mínim de 7,6°C (dia 16/05/2009 a les 4:50 h). Pel que fa a la precipitació, el màxim enregistrat

fou de 84,4 mm (dia 30/09/2009). La **figura 5** mostra l'evolució de la temperatura mitjana i les precipitacions diàries enregistrades al llarg del període de cultiu.

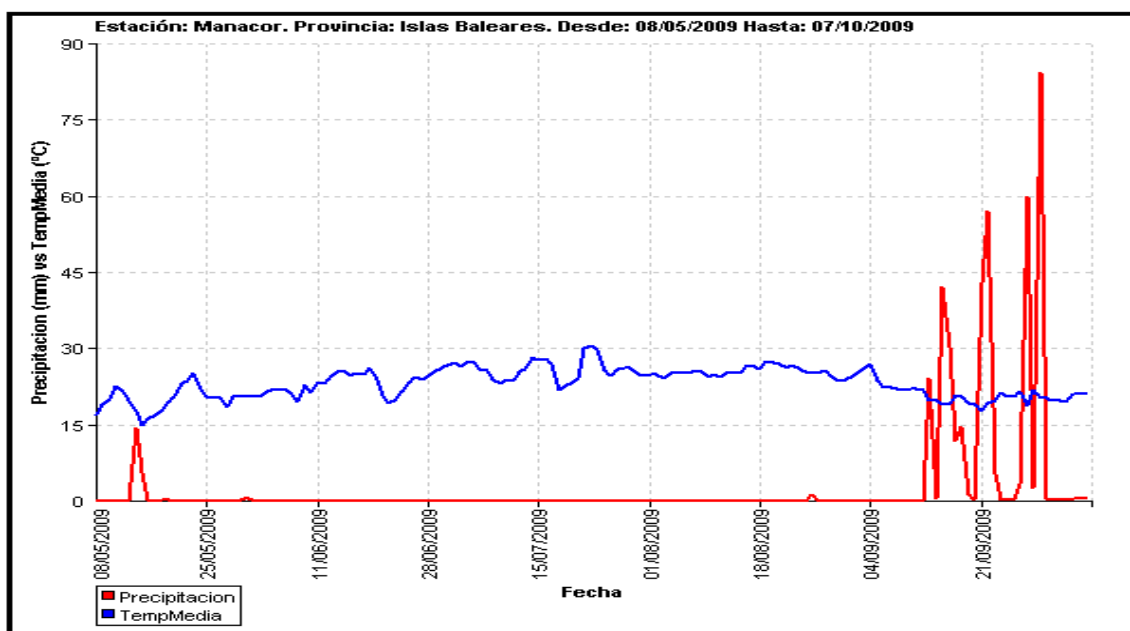


Figura 5. Precipitació (mm) i temperatura (°C) diàries des del 08/05/2009 fins al 07/10/2009. Informació agroclimàtica del Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí. <http://www.mapa.es/siar/Informacion.asp>

A la **taula 4** es presenten els valors mensuals d'humitat relativa i precipitació, així com la resta de variables enregistrades durant el mateix període.

Taula 4. Dades meteorològiques mensuals enregistrades al llarg del període de cultiu.

Mes	HR _{atm} * (%)	HR _{atm} màx. (%)	HR _{atm} min. (%)	Velocitat vent * (m/s)	P (mm)	Radiació * (MJ/m ²)	ETP (mm)
Maig	70,4	94,2	37,2	1,6	28,2	23,4	142,9
Juny	62,2	90,8	31,8	1,4	0,4	26,2	310,8
Juliol	62,5	87,6	32,8	1,5	0,0	25,1	166,6
Agost	64,5	89,5	34,3	1,2	1,6	22,3	153,1
Setembre	75,6	93,6	43,8	1,3	383,2	16,3	253,4
Octubre	67,9	94,2	35,2	1,8	34,8	14,4	86,7

HR_{atm}: Humitat relativa atmosfèrica; P: Precipitació mensual acumulada; ETP: Evapotranspiració potencial acumulada.* Els valors representen la mitjana mensual.

4.2. MATERIAL DE PARTIDA.**4.2.1. Sòl original.**

La zona d'estudi es caracteritza per tenir un sòl amb textura franco-argilosa i un baix contingut en matèria orgànica (1,2%). Presenta un pH lleugerament alcalí de 8,3 i una conductivitat elèctrica de 0,17 dS/m, que el qualifica com a sòl no salí. Conté un baix contingut en nutrients N i P, amb valors que no arriben al 0,2% de N i 6,7 mg/kg de P. Es tracta d'un sòl molt calcari amb un alt contingut en carbonats (46,6%) i un alt percentatge de calcari actiu (12,5%). La **taula 5** mostra altres paràmetres d'interès de la determinació del sòl original.

Taula 5. Anàlisi granulomètrica i principals característiques fisicoquímiques del sòl experimental abans de l'aplicació del composts.

Paràmetre analitzat	Resultat
Arenes (%)	27,0
Llims (%)	45,0
Argiles (%)	28,0
CIC (meq/100 g)	15,1
Relació C/N	6,0
Potassi assimilable (K^+) (mg/kg)	237,0
Magnesi intercanviable (Mg^{2+}) (meq/100 g)	1,2
Calci intercanviable (Ca^{2+}) (meq/100 g)	13,5
Sodi intercanviable (Na^+) (mg/kg)	51,0
Relació Ca^{2+}/Mg^{2+}	10,9
Relació K^+/Mg^{2+}	0,49

4.2.2. Residus orgànics.

Per a l'estudi de fertilització orgànica, s'utilitzaren tres tipus de compost de diferent procedència i grau d'estabilització de la matèria orgànica, aplicats a dues dosis.

El primer dels composts utilitzats (Compost S), el conformen llots generats en les plantes de tractament d'aigües residuals, compostats amb restes de poda, al Parc de tecnologies Ambientals de Marratxí, que utilitza un sistema tancat sota coberta amb compostatge en reactor.

El segon tipus de compost (Compost X), el constitueix una mescla de l'anterior amb purí i fems de porc, amb una proporció en % en volum de 70, 20 i 10, respectivament. El conjunt es deixà en forma de pila de compostatge durant un mes abans de l'aplicació al sòl, i s'efectuaren 2-3 voltejos amb l'objecte de millorar l'aireig a l'interior de la pila (**imatge 2**).

El darrer tipus d'esmena utilitzada (Compost E) està formada per fems i restes vegetals procedents d'una finca inscrita en el sistema de producció agrària ecològica. La pila de compostatge es mantingué al llarg de 9 mesos, durant els quals es voltejà repetides vegades.



Imatge 2. Procés de mescla del compost amb els fems i purí de porc i volteig del Compost X. Incorporació del purí sobre la pila de compostatge i procés mecànic de volteig i airejat.

4.2.3. *Material vegetal.*

El material vegetal escollit foren plàntules de tomatiguera de ramellet *Solanum lycopersicum* procedents de la mateixa explotació agrícola de Petra. Per a l'elaboració del planter de tomatigueres fou necessari un procés de selecció dels fruits destinats a la producció de llavor. Tradicionalment, aquest procés es porta a terme any darrera any per tal d'assegurar una bona producció i homogeneïtat en el planter. Se seleccionaren les plantes més vigoroses i saludables triant els fruits més ben formats, redons i grossos.

Les tomàtiques es xaparen i s'extragueren mecànicament les llavors amb la capa gelatinosa que les envolta, deixant tot el conjunt en aigua durant 2 o 3 dies i agitant-ho diàriament. Dins el recipient hi té lloc un procés fermentatiu que actua damunt la substància gelatinosa que envolta les llavors, evitant així malalties i separant les llavors.

A continuació, les llavors es rentaren amb abundant aigua sobre un colador i s'estengueren damunt un paper. Es deixaren eixugar, sempre a l'ombra, i abans de guardar-les es fregaren per separar-les. Es conservaren en pots de vidre, bosses de paper o tela, a un lloc sec, fresc i poc il·luminat.

Una vegada finalitzat el procés i aproximadament un mes abans de la seva sembra, les llavors es portaren a una empresa de vivers que elaborarà el planter en safates de plàstic per al seu posterior transplantament.

4.3. CONDICIONS DEL CULTIU.

4.3.1. *Preparació del terreny.*

Durant els mesos de febrer i març es realitzà una llaurada amb arada per voltejar el sòl i eliminar les males herbes existents. Després d'aquesta primera labor es realitzaren diverses passades de cultivadors per desfer els terrossos i deixar la terra en les condicions òptimes pel desenvolupament del cultiu. Abans de col·locar l'encoixinat es donà una passada de fresadora per deixar la terra fina, i així facilitar l'arrelament de les

tomatigueres. Una vegada realitzada la plantació, es continuaren realitzant labors de cultivadors entre les fileres, per mantenir el camp net de males herbes i evitar així la competència per l'aigua i nutrients.

4.3.2. Sistema de cultiu.

El sistema de cultiu utilitzat fou encoixinat amb plàstic de 60 galgues de grossor per tal d'evitar les males herbes i reduir la pèrdua d'aigua del sòl. El sistema de reg incorporat al cultiu va ser de tipus localitzat per degoteig. L'aplicació del sistema de cultiu es realitzà mitjançant maquinària amb la qual es col·locà el plàstic i la canonada de reg en la mateixa operació (**imatge 3**). De la mateixa manera, també es realitzà l'abonat mineral a les parcel·les usades com a control, incorporant-lo a una profunditat d'uns 10 cm (veure apartat 4.4).



Imatge 3. Imatges de la maquinària emprada per el muntatge de l'encoixinat plàstic, sistema de reg i aplicació de l'adob mineral emprat com a tractament control.

El muntatge del sistema de reg localitzat per degoteig es realitzà emprant canonada amb goters autocompensants incorporats, d'un cabdal de $1,5 \text{ l h}^{-1}$. En la primera etapa del cultiu, des del mes de maig fins a la primera setmana de juny, s'efectuà un reg cada cinc dies amb una aportació aproximada d'un litre per planta i reg. A partir d'aquesta etapa, concretament des de juny fins al mes d'agost es reduí l'interval entre regs, fins arribar a realitzar una aplicació cada dos dies, amb una aportació de 0,7-1,5 litres per planta en l'època de màxima demanda del cultiu.

4.4. DISSENY EXPERIMENTAL.

La zona d'estudi es dividí en parcel·les d'una àrea de 12,8 m² distribuïdes a l'atzar, on es situaren els diferents tractaments amb quatre repeticions per a cada un. Les parcel·les es col·locaren de manera que sols dues de les quatre repeticions quedessin a la mateixa línia de reg, per tal d'evitar influències del terreny. Es plantaren vuit tomatigueres per parcel·la, separades a una distància de 0,8 m entre plantes i de 2 m entre fileres distintes.

Per a cada tractament, s'aplicaren dues dosis de compost, una baixa de 14 t/ha (D1) i una dosi alta de 21 t/ha (D2) segons es descriu a la **taula 6**. Com a tractament control, s'emprà un adob comercial d'alliberació lenta (ENTEC 14-7-17) més sulfat de potassa, a una dosi total de 600 kg/ha, seguint les recomanacions del fabricant.

Taula 6: Nombre de tractaments, nomenclatura, dosi aplicada i kg d'adob aplicats per cada parcel·la.

	Tractaments	Dosi (kg/ha)	Dosi (kg/parcel·la)
1	D1-X	14.000	17,92
2	D2-X	21.000	26,88
3	D1-S	14.000	17,92
4	D2-S	21.000	26,88
5	D1-E	14.000	17,92
6	D2-E	21.000	26,88
7	CONTROL	600	0,66

D1: Dosi baixa (14 t/ha); D2: Dosi alta (21 t/ha). X, S i E fan referència a cada un dels tres composts usats en l'experiment.

A la **taula 7** es pot observar el cronograma de les tasques realitzades durant el període de cultiu.

4. MATERIALS I MÈTODES.

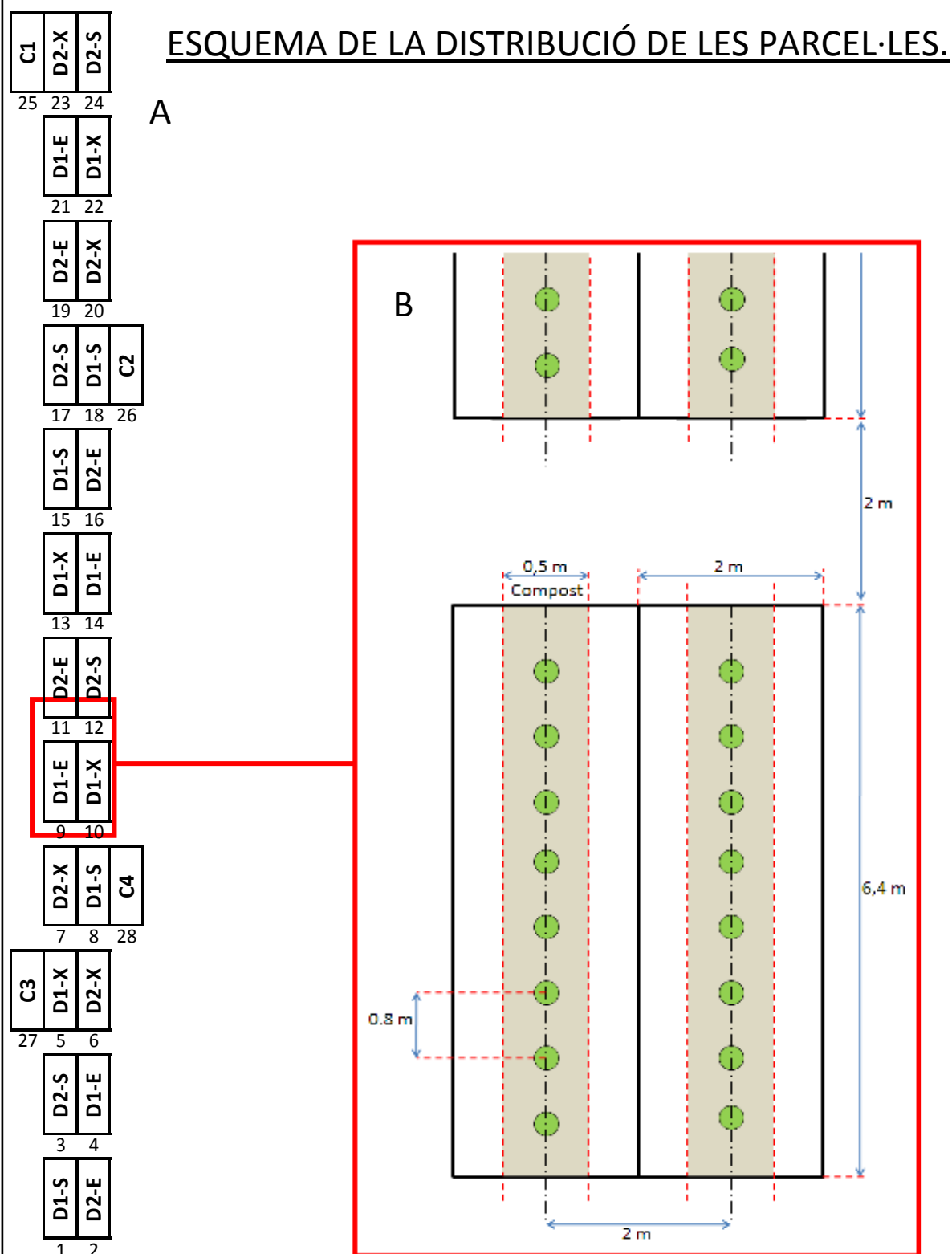
	MAIG				JUNY	JULIOL				AGOST				SETEMBRE				OCTUBRE
	4-10	11-17	18-24	25-31	1-30	6-12	13-19	20-26	27-31	3-9	10-16	17-23	24-31	1-6	7-13	14-20	21-27	5-11
Aplicació composts																		
Plantació																		
SÒLS																		
Mostreig sòls																		
ANÀLISI FOLIAR																		
Mostreig foliar																		
MESURES FISIOLÒGIQUES																		
Mostreig CH i PE																		
Pes planta																		
Longitud planta																		
Pigments																		
Intercanvi de gasos																		
FRUIT																		
Collites																		
Qualitat																		

Taula 7. Cronograma de les diferents tasques realitzades durant el període de cultiu. CH: Contingut hídric; PE: Pes específic

Els diferents composts i l'abonat mineral foren aplicats manualment (04/05/09) i incorporats al sòl mitjançant una labor de cultivadors i una posterior passada de fresadora per deixar el terreny en òptimes condicions per al cultiu (**imatge 4**). La distribució dels diferents tractaments, delimitació i distància entre parcel·les, així com el marc de plantació i zona d'aplicació del compost es realitzà tal i com es mostra a la **figura 6**. Quatre dies després de l'aplicació del compost es realitzà el muntatge del plàstic i el sistema de reg per a la plantació.



Imatge 4. Imatges de l'aplicació del compost a cada una de les diferents parcel·les abans del muntatge de l'encoixinat i el sistema de reg.



A: Numeració de les parcel·les i distribució dels diferents tractaments dins la finca.

B: Àrea de cada parcel·la, marc de plantació, zona d'aplicació del compost i distància entre parcel·les.

Figura 6. Distribució dels diferents tractaments, delimitació i distància entre parcel·les, marc de plantació i zona d'aplicació del compost.

MÈTODES D'ANÀLISI.

4.5. ANÀLISI DEL SÒL.

Amb l'objectiu d'avaluar la dinàmica dels nutrients en el sòl durant el període de cultiu es recolliren mostres de sòl dues vegades, a meitat i final del cultiu, dates que corresponen als 67 i 149 dies després de la plantació (**taula 7**). El mostreig es realitzà agafant sòl de tres punts diferents de cada parcel·la, per tal d'assegurar la representivitat. Les mostres foren extretes amb una barrina a una profunditat d'entre 15-35 cm, eliminant les restes orgàniques superficials.

4.5.1. *Preparació de la mostra.*

Per a la preparació de la mostra per a la seva anàlisi es dugué a terme el següent procediment:

- Extensió de la mostra i primer disgregat del conglomerats existents.
- Assecat a l'aire fins a l'equilibri amb la humitat del laboratori (**imatge 5**).
- Disgregació mecànica mitjançant un martell de goma.
- Tamisat amb un pas de 2 mm de llum per homogeneïtzar la mostra.
- Procés de moltura amb un pas de porus de 0,5 mm de llum.



Imatge 5. Procés d'assecat i disgregació del sòl en safates de plàstic abans del transport a laboratori per a la seva anàlisi.

4.5.2. Anàlisi fisicoquímica del sòl i composts originals.

Es realitzà una descripció fisicoquímica tant del compost original com del sòl una vegada realitzada l'aplicació del compost. La caracterització del sòl es dugué a terme d'acord amb els mètodes oficials d'anàlisi de sòls del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (MAPA, 1994), a l'Institut de Biologia Animal de Balears (IBABSA), on es realitzaren les següents determinacions per a cada un dels tractaments:

-El calcari actiu fou calculat tractant el sòl amb àcid clorhídric 6N en un calcímetre a pressió i temperatura constants. La mesura del volum del CO₂ que és després permet calcular el contingut en carbonats.

-El fòsfor assimilable es determinà mitjançant el mètode Olsen-Watanabe (Olsen et al., 1954). El procediment consta d'una primera fase d'extracció del fòsfor amb NaHCO₃ 0,5 M (pH 8,5). A la segona fase, es mesurà espectrofotomètricament, a una longitud d'ona de 882 nm, la concentració del complex de color blau format per la reducció amb àcid ascòrbic del fosfomolibdat. La concentració de P (mg/kg) s'obtingué mitjançant l'elaboració d'una recta patró amb solucions de P de concentració coneguda.

Nota: Per a la determinació de P als composts originals, s'afegiren dos punts extrems a la recta patró a causa de l'elevada concentració d'aquest element, comparat amb l'anàlisi de sòls.

-La matèria orgànica del sòl es calculà segons el mètode d'oxidació-reducció descrit per Walkey i Black (1932). La matèria orgànica és oxidada amb dicromat potàssic 1N en un medi àcid, donant lloc a Cr³⁺, de coloració verda. L'excés d'oxidant (dicromat potàssic) es valorà amb sulfat ferrós amònic i es calculà el carboni oxidat a partir de la quantitat de dicromat reduït.

-El nitrogen total s'obtingué mitjançant el mètode descrit per Kjeldahl, (1883), que és un mètode estàndard per a la determinació d'aquest element. El procediment consisteix en tres passes. En primer lloc, la mostra ha de ser digerida a altes temperatures (gradient de temperatura que varia de 100 a 365 °C durant 2 h) amb àcid sulfúric (96%) i en presència d'un catalitzador Kjeldahl (de Cu-Se), per tal de convertir tot el nitrogen proteic en ió amoni. En segon lloc, es dugué a terme una destil·lació de

l'amoníac amb excés de NaOH (40%), per finalment valorar l'amoníac amb àcid clorhídric 1M.

-El pH i la conductivitat elèctrica s'analitzaren amb mostra porgada a 2 mm. Les mesures de pH es realitzaren en una solució sòl/aigua (1:2,5) (g/ml). La conductivitat es mesurà en una solució aigua/sòl (1:5) (g/ml).

-L'extracció de metalls pesants es realitzà mitjançant una digestió prèvia amb HNO₃ en microones i una posterior determinació amb espectrofotometria d'absorció en plasma.

-Els cations d'intercanvi (K⁺, Na⁺ i Mg²⁺), després d'una extracció prèvia amb acetat amònic a pH 7, es determinaren mitjançant espectrofotometria d'absorció atòmica (**imatge 6**).



Imatge 6. Procés i maquinària emprada per a la determinació dels cations d'intercanvi mitjançant absorció atòmica.

4.6. ANÀLISI FOLIAR.

Per al diagnòstic foliar es mostrejaren 30 fulles de cada tractament, escollint la fulla més jova totalment expandida. Les mostres foren recollides dia 31/07/2009 (87 dies després de la plantació) i transportades a les instal·lacions d'IBABSA, en bossa de plàstic amb lliure accés d'aire, on es realitzà l'anàlisi fisicoquímica. L'anàlisi es dugué a terme d'acord amb els mètodes oficials d'anàlisi foliars del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (MAPA, 1994).

4.6.1. Preparació de la mostra.

Previ a l'anàlisi fisicoquímica de les fulles es dugué a terme la preparació de la mostra per a la seva anàlisi seguint la metodologia proposta per la Junta d'Extremadura a *Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado (Normas básicas)*. El procediment va consistir en un primer rentat amb aigua de xarxa, seguit de tres rentats amb aigua destil·lada. A continuació, el material es va assecar en estufa amb aire forçat a 60°C, entre 16 i 24 h per a, una vegada assecat, trossejar i molturar la mostra amb un molinet d'aspes metàl·liques. Finalment, es va moldre el material per un pas de llum de 0,5 mm. Una vegada reduïda a pols, la mostra s'introdueix en un recipient hermètic, es desseca unes hores destapada i es tapa per al seu emmagatzemat.

Per a la determinació d'alguns paràmetres químics en fulles, com són els principals cations estudiats i el fòsfor total, fou necessari un pas previ de mineralització per a la destrucció de la matèria orgànica mitjançant incineració en mufla a 500°C. En una primera etapa, la mostra es dessecà en estufa durant 24 h a 105°C per tal de calcular el percentatge de matèria seca (**imatge 7**). A continuació, s'introduí a la mufla i s'elevà la temperatura des de 100°C fins a 500°C en un interval de 4 h, per a la incineració de la mostra. Les cendres obtingudes es tractaren amb aigua i àcid clorhídric 37%, s'encalentiren fins a l'aparició dels primers vapors i finalment es filtraren per a la seva anàlisi.



Imatge 7. Mostres foliars assecades i molturades i posterior tractament amb aigua i àcid clorhídric.

4.6.2. Anàlisi fisicoquímica foliar.

Per a cada un dels tractaments es realitzaren les següents determinacions:

- El nitrogen foliar es determinà mitjançant una modificació del mètode Kjeldahl descrit prèviament a l'apartat **2.4.2.** per a l'anàlisi del nitrogen del sòl.
- El carboni total s'obtingué a partir de la diferència de pes entre la mostra seca (MS) i la mostra incinerada (MI) i calculat com:

$$(MS - MI) \cdot 100 / 2 \cdot MS \quad (\%) \quad [1]$$

- El fòsfor total s'avaluà en reaccionar el fosfat present en la mostra amb el reactiu nitrovanadomolíbdic que origina una coloració groga (**imatge 8**). Aquest complex format es quantifica mitjançant espectrofotometria a una longitud d'ona de 430 nm. La concentració de P (mg/kg) s'obtingué mitjançant l'elaboració d'una recta patró amb solucions de P de concentració coneguda.



Imatge 8. Reacció del fosfat present en la mostra amb el reactiu nitrovanadomolíbdic que origina una coloració groga.

- Tant els macronutrients (K^+ , Ca^+ i Mg^{2+}), com els micronutrients (Fe, Zn i Mn) foren determinats mitjançant absorció atòmica, després d'una extracció amb acetat amònic a pH 7.

4.7. MESURES FISIOLÒGIQUES EN PLANTA.

Per a l'estudi de la fisiologia es marcà una planta per parcel·la (quatre plantes/tractament). Per evitar efectes d'altres tractaments, s'escolliren individus de la zona central de la parcel·la, lliures de símptomes d'afeccions, plagues o malalties, per tal de realitzar-hi totes les mesures fisiològiques.

4.7.1. *Paràmetres morfològics i hídrics*

Es mesurà gravimètricament el contingut hídric de les fulles per tal de descartar diferències en l'estat hídric de les plantes. Per a tal efecte, se seccionaren deu discs de diàmetre 11,42 mm de la fulla més jove i completament expandida, amb una àrea total de tots els discs de 10,24 cm². El contingut hídric (CH), es calculà com;

$$\text{CH} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PF}) \cdot 100 \quad (\%) \quad [2]$$

On el pes fresc (PF), és el pes del disc foliar immediatament després de la seva escissió. El pes sec (PS) correspon al pes de la mateixa mostra després de 24 h de dessecació en estufa a 60°C.

El pes específic de la fulla (PE) s'avaluà amb l'objecte de determinar possibles diferències d'inversió en carboni en les fulles dels diferents tractaments. El PE és la relació entre el pes sec (PS) de la fulla i la seva àrea (A), i es calculà segons:

$$\text{PE} = \text{PS} / A \quad (\text{g/m}^2) \quad [3]$$

Adicionalment, i amb l'objectiu d'avaluar el creixement de les plantes, s'arrabassaren al final del cultiu 16 plantes de cada tractament i es mesurà la longitud màxima de la tija (m) i el pes fresc total de la part aèria (kg). Per a les mesures del pes s'emprà un dinamòmetre digital model HDB 5K5 (KERN. Alemanya).

4.7.2. *Pigments fotosintètics.*

La determinació de la concentració dels principals pigments fotosintètics es mesurà als 67 dies després de la plantació. Per això, s'empraren discs amb una àrea total de 1,88 cm², extrets de la secció central del folíol terminal, de la fulla més jove i totalment expandida dels quatre individus marcats de cada tractament. Les mostres foren preses per duplicat per a cada parcel·la. L'extracció de pigments es dugué a terme amb

acetona 80%, en condicions de baixa llum i temperatura (**imatge 9**). Els discs de fulla s'homogeneïtzaren en un morter amb acetona 80% (v/v), l'extracte fou filtrat i centrifugat a 500 x g durant 5 minuts. Es recollí el sobrenedant i s'efectuaren lectures a 662 i 645 nm per les clorofil·les *a* i *b* i a 470 nm per al contingut en carotenoides. La concentració de clorofil·les i carotenoides es determinà segons les equacions descrites per Lichtenthaler (1987):

$$\text{Clorofil·la a (C}_a\text{)} = 12,25 A_{662} - 2,79 A_{645} \quad (\text{mg cm}^{-2}) \quad [4]$$

$$\text{Clorofil·la b (C}_b\text{)} = 21,50 A_{645} - 5,10 A_{662} \quad (\text{mg cm}^{-2}) \quad [5]$$

$$\text{Clorofil·la a+b (C}_{a+b}\text{)} = 7,15 A_{662} + 18,71 A_{645} \quad (\text{mg cm}^{-2}) \quad [6]$$

$$\text{Carotenoides (C}_{x+c}\text{)} = (1000 A_{470} - 1,82C_a - 85,02C_b)/198 \quad (\text{mg cm}^{-2}) \quad [7]$$



Imatge 9. Imatges del procés d'extracció dels pigments fotosintètics. Homogeneïtzació en morter en condicions de fred i preparació de la mostra per a la seva lectura espectrofotomètrica.

4.7.3. Intercanvi de gasos foliar.

Les mesures d'intercanvi de gasos es dugueren a terme *in situ*, dia 07/08/2009 entre les 10 i les 12 h, a la secció central del folíol terminal de la fulla més jove i totalment expandida dels quatre individus marcats de cada tractament (**imatge 10**). S'utilitzà un sistema obert de mesura d'intercanvi de gasos per infrarojos (IRGA), model Li-6400 (LI-COR Inc., EUA). Les condicions establertes a la cubeta foliar foren les següents: llum saturant de 1500 $\mu\text{mol s}^{-1}$ i una concentració de CO_2 de 400 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ d'aire. El valors de temperatura de la fulla i de dèficit de pressió de vapor (VPD) oscil·laren dins la cambra de mesura entre els 29,4 i 32,9°C i entre els 1,6 a 2,3 kPa,

respectivament. Es determinaren els paràmetres següents: taxa neta d'assimilació de CO_2 sota condicions de llum saturant (A_{max}), conductància estomàtica (g_s) i transpiració (E). L'eficiència instantània en l'ús de l'aigua (WUE_i) es calculà com la ràtio entre l'assimilació neta de CO_2 i la transpiració (A/E).



Imatge 10. Imatges de l'IRGA, Li-Cor model Li-6400-40 en el moment de la presa de dades *in situ* del procés d'intercanvi de gasos.

4.8. ANÀLISI DEL FRUIT.

4.8.1. *Producció i eficiència agronòmica.*

El període de recol·lecció estigué comprès entre 11/08/2009 i 08/09/2009, època durant la qual es realitzarà una collita setmanal, fins a un total de cinc. Es recolliren els fruits madurs de cada parcel·la, per separat, anotant el nombre d'unitats i el pes total de la parcel·la.

S'analitzaren el nombre d'unitats totals i la producció total acumulada per les quatre repeticions de cada un dels tractaments. Els individus amb deformacions, efectes de plagues o alguna irregularitat (unitats no comercials) foren recomptats i pesats per separat.

De manera addicional, es calculà l'eficiència agronòmica (EA) dels diferents tractaments, com la ràtio entre la producció mitjana de cada una de les parcel·les i les unitats fertilitzants dels principals macronutrients (N, P, K) aportades per cada tractament, d'acord amb la següent expressió:

$$EA = \text{Producció total} / \sum \text{NPK}_{\text{aplicats}} \quad (\text{kg tomàtiga} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ NPK}) \quad [8]$$

Els resultats foren expressats com kg de tomàtiga produïda/ kg de NPK aplicats.

Paral·lelament, es mesurà de forma individual per a cada un dels macronutrients, l'eficiència de la producció per cada un d'ells, segons:

$$EA_N = \text{Producció total} / N_{\text{aplicat}} \quad (\text{kg tomàtiga} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}) \quad [9]$$

$$EA_P = \text{Producció total} / P_{\text{aplicat}} \quad (\text{kg tomàtiga} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ P}) \quad [10]$$

$$EA_K = \text{Producció total} / K_{\text{aplicat}} \quad (\text{kg tomàtiga} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ K}) \quad [11]$$

S'aplicà un factor de correcció que introdueix el grau de mineralització (i per tant, aprofitament per les plantes) durant el primer any de cada un dels elements estudiats en funció de la procedència del compost emprat, tal i com descriu la **taula 8**.

Taula 8. Percentatges de mineralització dels principals elements fertilitzants segons l'origen del residu emprat.

Grau de mineralització de l'element durant el primer any (%).

Element	Llots de depuradora	Fems
N	30	45
P	75	80
K	100	100

Font: Pomares i Canet (2001).

4.8.2. Qualitat.

L'estudi de la qualitat es dugué a terme amb els fruits obtinguts de les dues primeres collites que corresponen a les recol·leccions efectuades els dies 11/08/09 i 19/08/09, aproximadament 131 i 139 dies després de la plantació.

Per a l'estudi dels diferents paràmetres de qualitat es seguien les indicacions marcades pel Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (MAPA 1994). Es mostrejaren deu fruits per parcel·la que representen un total de 40 fruits per tractament i es seccionaren en quarts. Un quart de cada un dels fruits es liquà per a la determinació de sòlids solubles, pH i acidesa. El segon quart es triturà per a l'estimació de la humitat, mitjançant l'assecat en estufa a 60°C, durant 24 h.

-El contingut en sòlids solubles totals (SST) es mesurà a partir d'una alíquota del suc del fruit fresc liquat, mitjançant un refractòmetre manual ZUZI sèrie 50301130. Els resultats s'expressaren en °Brix.

-El pH s'obtingué a partir de 20 ml de fruit fresc liquat i filtrat, mitjançant un pHímetre model pH-Meter Basic 20+ (CRISON Instruments SA, Espanya).

-L'àcidesa total (A) s'obtingué a partir de 20 ml de fruit fresc liquat i filtrat, mitjançant una valoració amb NaOH 0,1 N fins arribar a un pH de 8,1. Els resultats s'expressaren en g àcid cítric·100 ml⁻¹.

-La duresa dels fruits es mesurà amb un duròmetre digital i portàtil model HPE-II Fff (BAREISS. Alemanya), prenent dues mesures a la regió equatorial de cinc fruits de cada parcel·la (20 fruits/tractament; 40 mesures/tractament). Els resultats foren expressats en unitats de duresa SHORES.

- El contingut hídric del fruit es mesurà per diferència de pes després de la dessecació de la mostra en estufa a 60°C i durant 24 h.

4.9. ANÀLISI ESTADÍSTICA.

Les dades foren tractades mitjançant una anàlisi de variança per a un sol factor (One-Way ANOVA) emprant STATGRAPHICS *plus* 4.1 per Windows. S'aplicà el test de rangs múltiples de Fisher, LSD (mètode de la menor diferència significativa) per avaluar les diferències entre tractaments a un nivell de significació del 5%.

RESULTATS I DISCUSSIÓ.

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ.

5.1. RESIDUS ORGÀNICS.

5.1.1. *Descripció fisicoquímica.*

Les característiques dels residus orgànics abans de la seva aplicació com a esmenes es presenten a la **taula 9**. Els valors de pH en els tres casos estudiats estigueren pròxims a la neutralitat, variant en un rang de 7,2 fins a 7,5. El valor més alt, es donà al compost E, mentre que l'anàlisi estadística revelà que no existeixen diferències entre les dades obtingudes per als altres dos composts. Alguns autors senyalen que valors de pH entre 6,5-7,0 són indicatius d'estabilitat en el material compostat (Sesay *et al.*, 1997), no obstant, això dependrà del material de partida.

Taula 9. Principals paràmetres fisicoquímics analitzats als residus orgànics abans de la seva aplicació com a fertilitzants.

Paràmetres	Residus orgànics		
	Compost E	Compost X	Compost S
pH	7,5 ± 0,04 b	7,3 ± 0,01 a	7,2 ± 0,04 a
CE* (dS·m⁻¹)	11,2 ± 0,54 a	19,4 ± 0,76 c	16,0 ± 0,23 b
MO* (%)	19,0 ± 0,08 a	26,9 ± 0,79 c	25,5 ± 0,06 b
C (%)	11,0 ± 0,05 a	15,5 ± 0,46 c	14,8 ± 0,03 b
N (%)	1,5 ± 0,05 a	1,8 ± 0,04 a	1,7 ± 0,60 a
C/N	7,6 ± 0,06 a	9,7 ± 4,26 a	8,4 ± 0,16 a
P (mg·kg⁻¹)	372,2 ± 15,42 a	436,2 ± 22,74 b	421,8 ± 11,06 b
K⁺ (mg·kg⁻¹)	6313,7 ± 83,29 b	5632,2 ± 148,48 a	5602,7 ± 180,65 a
Na⁺ (mg·kg⁻¹)	1253,6 ± 55,08 a	2184,8 ± 79,56 b	1444,2 ± 62,21 a
Ca²⁺ (mg·kg⁻¹)	12543,9 ± 4617,42 a	14611,7 ± 4305,06 a	17081,1 ± 4208,02 a
Mg²⁺ (mg·kg⁻¹)	1875,7 ± 23,18 a	2053,8 ± 249,51 a	2025,4 ± 261,18 a

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de tres repeticions ± desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa fila indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. *CE: conductivitat elèctrica; MO: matèria orgànica.

En cultius hortícoles, la CE és un paràmetre important, especialment pel que fa a la relació amb el fruit. De fet, es coneixen efectes de la CE sobre la producció, aparença

externa, qualitat organolèptica i aspectes econòmics a cultius de tomàtiguers en condicions climàtiques mediterrànies (Magán *et al.*, 2008). Els resultats obtinguts de CE mostraren diferències significatives per a cada un dels composts estudiats. El major valor de CE ($19,4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) es donà al compost X, fet que concorda amb el major contingut en Na^+ trobat també al mateix compost (**taula 6**). El compost E fou el que menor conductivitat elèctrica presentà ($11,2 \text{ dS/m}$). Els valors obtinguts de CE en aquest treball són, en general, majors als descrits per Canet i Pomares (2001) per als composts procedents de plantes de compostatge de la Comunitat Valenciana (entre $3,9$ i $14,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$). De manera general, la conductivitat elèctrica dels composts és molt més alta que la dels sòls agrícoles a causa del seu major contingut en soluts dissolts (Hargreaves *et al.*, 2008), fet que denota la importància del seguiment d'aquest paràmetre una vegada aplicats al sòl degut al seu possible efecte negatiu, ja sigui sobre la salinitat del sòl, la fauna edàfica, així com sobre la fisiologia de la planta.

El contingut en MO varià significativament entre els tres composts, amb un rang que varià entre $19,0$ i $26,9\%$, essent el compost X el que presentà un major percentatge de matèria orgànica. Aquests valors són en general menors als descrits per Canet *et al.* (2001), que senyalen un ampli rang de variació en la composició en matèria orgànica del composts, oscil·lant entre un 25 i 70% i superant normalment la xifra de 50% . De la mateixa manera, Stabnikova *et al.* (2005), obtingueren valors de $64,7 \pm 0,5\%$ en MO per a un compost format per restes vegetals i de $72,4 \pm 0,6\%$ per a llots de depuradora compostats.

La relació C/N determina el balanç entre energia i nutrients del material compostat i s'empra com a criteri per orientar el maneig de MO al sòl. García-Gomez *et al.* (2003) assenyalen la importància de la relació C/N en el procés, afirmant que composts immadurs poden ocasionar immobilitzacions de N degut a una elevada relació entre aquests dos elements i presenten un rang de variació típic comprés entre 8 i 14 , amb un valor òptim de 10 al final del procés de compostatge. Els valors obtinguts de C/N compresos entre $7,6$ i $9,7$ indiquen un estat avançat del procés als tres composts. Tiquia i Tam (1999), descriuen un descens de la relació C/N des d'un valor inicial de $19,3$ fins a $11,0$ després de 77 dies de compostatge en forma de pila, d'un material format per la mescla de fems i llots de depuradora.

5.1.2. Contingut en metalls pesants i classificació.

Els continguts en metalls pesants dels tres composts estudiats es presenten a la **taula 10**. La tendència general mostrà com el compost ecològic E és el que presentà el menor contingut en tot els elements, seguit del compost S i, finalment, el compost mescla X.

Les concentracions de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i Cr obtingudes per als dos composts que presenten llots de depuradora (X i S), no excediren el marges establerts pel Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (Reial Decret 1310/1990). El mateix decret regula la utilització de llots de depuració en el sector agrari i marca els valors límits de concentració de metalls pesants a llots destinats a la seva utilització agrària. Aquests límits en termes de $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de matèria seca i per a un sòl amb pH major de 7, són els següents: Cd, 40; Cu, 1750; Ni, 400; Pb, 1200; Zn, 4000; Cr, 1500. Per tant, els llots de depuradora emprats en aquesta investigació no presentaren en cap cas problemes de toxicitat per metalls pesants.

Taula 10. Principals metalls pesants analitzats als residus orgànics abans de la seva aplicació com a fertilitzants.

Paràmetres	Residus orgànics		
	Compost E	Compost X	Compost S
Cd ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,5 $\pm$ 0,04 a	1,6 $\pm$ 0,14 c	1,1 $\pm$ 0,0 b
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	48,0 $\pm$ 9,90 a	320,5 $\pm$ 4,95 c	240,5 $\pm$ 16,26 b
Ni ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	24,7 $\pm$ 0,49 a	49,2 $\pm$ 0,99 c	38,8 $\pm$ 0,64 b
Pb ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	32,0 $\pm$ 1,41 a	105,0 $\pm$ 2,55 c	83,5 $\pm$ 3,04 b
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	178,3 $\pm$ 12,23 a	707,3 $\pm$ 24,04 c	436,3 $\pm$ 7,07 b
Cr ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	19,0 $\pm$ 1,77 a	45,0 $\pm$ 3,25 c	34,0 $\pm$ 2,12 b

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de dues repeticions $\pm$ desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa fila indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Per altra banda, el Reial Decret 824/2005 sobre productes fertilitzants, estableix que els fertilitzants elaborats amb matèries primeres d'origen animal o vegetal no podran superar el contingut de metalls pesants que apareix en la **taula 11**, i els classifica segons aquest contingut en classe A, B o C.

Taula 11. Límits de concentració establerts pel RD 824/2005 i classe assignada a cada un dels composts.

	Límit de concentració			Classe assignada al compost		
	Classe A	Classe B	Classe C	Compost E	Compost X	Compost S
Cd	0,70	2	3	A	B	B
Cu	70	300	400	A	C	B
Ni	25	90	100	A	B	B
Pb	45	150	200	A	B	B
Zn	200	500	1000	A	C	B
Cr	70	250	300	A	A	A
				A*	C*	B*

Valors referits a mg/kg de matèria seca. *Classe X: Productes fertilitzants, els quals el seu contingut en metalls pesants no supera en cap cas els valors de la columna X.

Com es pot observar a la taula anterior, les concentracions dels diferents metalls pesants del compost E, no excedeixen en cap cas els límits que estableix la classe A. En el cas del compost S, únicament el Cr es troba en la concentració marcada per la classe A, per tant, el compost es classificà com a compost de classe B. Al darrer dels composts usats en l'estudi, la presència de Cu i Zn en concentracions superiors al marcat per la classe B, fan que aquest compost sigui classificat com a compost de classe C.

Pel que fa a limitacions, la normativa restringeix l'ús dels productes de la classe C, els quals no podran aplicar-se a sòls agrícoles a dosis superiors a cinc tones de matèria seca per hectàrea i any.

5.2. ANÀLISI DE L'EFFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA AL SÒL.

5.2.1. *Anàlisi fisicoquímica del sòl després de l'aplicació de compost.*

Per a la descripció fisicoquímica del sòl, una vegada aplicat el compost s'analitzaren una sèrie de paràmetres, els resultats dels quals s'exposen a la **taula 12**.

Al comparar els resultats de **pH** obtinguts a les parcel·les fertilitzades de manera orgànica amb les dades obtingudes al control, es pot observar com no existeixen diferències significatives per aquest paràmetre. En general, s'observen valors de pH lleugerament alcalins, que oscil·len entre 8,3 de D1-X fins als 8,43 de D2-S.

Encara que no s'ha donat al present estudi, Mkhabela i Warman (2005) assenyalen l'augment del pH com la major avantatge de l'ús de composts de residus urbans, ja que l'assimilació per part de les plantes d'alguns elements es veu afectada pel pH del sòl. Aquest augment de pH és, normalment proporcional al rati d'aplicació, i probablement degut a la mineralització del carboni amb la subseqüent producció d'ions OH^- , així com la introducció de cations bàsics com K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} .

De totes maneres, la naturalesa calcària dels sòls de les Balears i la capacitat de tamponament d'aquests faria esperable que no es donés l'augment de pH abans esmentat, ja que al nostre sòl inicial ja es partia d'un valor lleugerament alcalí de 8,3, superior als valors mitjos dels composts originals (**taula 9**).

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ.

Taula 12. Paràmetres descriptors del sòl corresponent al mostreig efectuat dia 07/10/09, 67 dies després de la plantació.

Tractaments	pH	MO*	N	C/N	Calcari actiu	CIC*	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
		(%)	(%)		(%)	(meq·100g ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)
Control C	8,4 ± 0,07 a	1,4 ± 0,10 ab	0,12 ± 0,01 a	7,2 ± 0,57 c	10,8 ± 0,21 b	14,0 ± 2,03 a	271,9 ± 18,03 ab	126,7 ± 50,29 a	271,4 ± 55,47 abc
Compost E									
D1	8,4 ± 0,16 a	1,6 ± 0,22 b	0,14 ± 0,02 b	6,6 ± 0,05 abc	10,4 ± 0,15 ab	19,8 ± 0,60 b	221,5 ± 23,33 a	189,7 ± 31,56 b	299,1 ± 25,71 bcd
D2	8,4 ± 0,16 a	1,6 ± 0,13 b	0,14 ± 0,01 b	6,5 ± 0,35 abc	10,6 ± 0,11 ab	20,0 ± 0,46 b	330,5 ± 36,06 b	128,5 ± 16,26 ab	298,2 ± 41,52 bcd
Compost X									
D1	8,3 ± 0,11 a	1,5 ± 0,15 ab	0,14 ± 0,01 b	6,1 ± 0,76 ab	10,5 ± 0,39 ab	19,4 ± 0,50 b	260,7 ± 51,43 ab	169,0 ± 20,81 ab	236,1 ± 20,60 a
D2	8,4 ± 0,24 a	1,5 ± 0,21 ab	0,13 ± 0,01 ab	6,5 ± 0,91 abc	10,3 ± 0,08 a	18,5 ± 2,89 b	224,7 ± 46,52 a	152,50 ± 34,26 ab	328,7 ± 40,90 cd
Compost S									
D1	8,4 ± 0,25 a	1,6 ± 0,28 b	0,16 ± 0,01 b	7,2 ± 1,18 bc	10,7 ± 0,47 ab	17,9 ± 1,93 b	253,0 ± 34,66 ab	188,5 ± 29,78 b	251,8 ± 10,87 ab
D2	8,4 ± 0,21 a	1,2 ± 0,22 a	0,12 ± 0,02 a	6,0 ± 0,61 a	10,8 ± 0,61 b	18,1 ± 3,16 b	249,75 ± 54,02 a	155,7 ± 22,05 ab	345,1 ± 37,17 d

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions ± desviació estàndard.

Lletres diferents a una mateixa columna indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

* MO: Matèria orgànica oxidable.

* CIC: Capacitat d'intercanvi catiònic.

La **matèria orgànica** del sòl té una acció física, química i biològica (Villar i Arán, 2008). L'acció física es relaciona amb els efectes de la millora de l'estructura del sòl, afavorint la formació d'agregats millorant l'aireació, la circulació d'aigua i protegint-lo de l'erosió. Els efectes de tipus químic es manifesten en l'augment de la capacitat d'intercanvi i de reserva de nutrients, especialment de N. La acció biològica inclou una activació de la vida microbiana del sòl.

El contingut en matèria orgànica al sòl no mostrà diferències a les parcel·les tractades de manera orgànica respecte de la fertilització mineral. No obstant això, l'aplicació de compost augmentà el contingut d'aquest paràmetre respecte al sòl original de partida (**taula 5**). Cal destacar el cas del sòl amb compost S amb el valor de matèria orgànica més alt (1,6%) obtingut a la dosi baixa d'aplicació, i a la vegada el valor més baix (1,2%) a la dosi alta d'aplicació.

D'acord amb el criteri de Villar i Arán (2008) en la *Guia d'interpretació d'anàlisis de sòls i plantes*, els sòls del present estudi es classifiquen com a sòls amb contingut en MO mitjà-baix. Els mateixos autors apunten que la majoria de sòls cultivats contenen de l'ordre de l'1 al 5% de matèria orgànica, bàsicament en els primers 25 cm de perfil. Aquesta quantitat és suficient per modificar les propietats físiques i químiques d'aquests sòls, com ocorre en totes les parcel·les analitzades en aquest estudi.

Pel que fa al **N** total, s'observà un increment per sobre del control en tots els tractaments a excepció de D2-X i D2-S amb valors de 0,13 i 0,12%, respectivament. Aquest fet contrasta amb les dades aportades per alguns autors que mostren com en alguns estudis les aplicacions de compost augmentaren significativament el contingut de N al sòl. No obstant, aquestes pràctiques són sovint citades com a menys efectives a l'hora de suplir el N disponible durant el primer any de cultiu, comparat amb un fertilitzant mineral (Iglesias-Jiménez i Álvarez, 1993).

Un fet destacable del present estudi és el que ocorre en el compost S, on es donà el valor més alt a la dosi baixa i el més baix a la dosi alta d'aplicació, de manera similar al descrit en la MO per al mateix compost.

La proporció de carboni orgànic total i nitrogen total (**C/N**) representa el mètode tradicional de tractar la naturalesa de la matèria orgànica present al sòl. La premissa bàsica d'aquesta relació és que el C orgànic és la font primària d'energia per als microorganismes del sòl, però a la vegada aquests requereixen N per a multiplicar-se i emprar aquesta energia (Fuentes, 1997). Altes relacions C/N poden causar un efecte d'immobilització de N al sòl, degut a les necessitats de N per els microorganismes. Malgrat això, una vegada que aquesta relació cau per davall de 25, la MO en descomposició produeix N mineralitzat en excedent per als requeriments dels microorganismes. En el present estudi es registraren valors de la ràtio C/N compresos entre 6,0 mesurats a la parcel·la D2-S, i 7,2 obtinguts a la D1-S, (**taula 12**). La tendència general mostra valors lleugerament inferiors d'aquest paràmetre als tractaments de fertilització orgànica, malgrat els únics valors estadísticament més baixos són a la D1-X i D2-S.

Una determinació que es realitza amb freqüència pel seu interès en certs cultius és la determinació del **calcarí actiu**. El calcari actiu és una fracció de total de carbonats que presenta una reactivitat química alta i que pot tenir importància en els fenòmens de clorosi fèrrica, d'aquí la denominació de calcari "actiu". Al present estudi, els valors obtinguts per aquest paràmetre oscil·laren entre 10,3% (D2-X) i 10,8% (D2-S), essent el primer l'únic valor estadísticament inferior al control. Segons el criteri de Villar i Arán (2008), aquests sòls es classificarien com a sòls amb contingut de calcari actiu alt o clorosant. En altres zones de cultiu de la mediterrània s'han descrit valors de fins al 40%, que suposen problemes per a les propietats físiques del sòl (Villar i Arán, 2008).

La Capacitat d'Intercanvi Catiónic (**CIC**) es coneix com la quantitat màxima de cations que pot adsorbir el complex argilo-húmic del sòl per unitat de pes de sòl, i depèn dels fenòmens d'atracció o repulsió generats per la càrrega elèctrica del ions presents al sòl (Fuentes, 1997). Els ions adsorbits es mantenen al sòl i no són lixiviat per l'efecte de l'aigua. Per tant la, fertilitat d'un sòl depèn de la capacitat d'aquest per a retenir ions, es a dir, de la capacitat d'intercanvi catiónic. És en l'estudi d'aquest paràmetre on s'apreciaren les diferències més marcades de la fertilització orgànica respecte del control (**taula 12**). L'anàlisi estadística revelà dos grups homogenis ben separats. Al primer grup, el tractament control presenta un

valor mitjà de 14,0 meq/100g, mentre que el segon grup homogeni agrupa tots els tractaments amb valors que van de 17,9 (D1-S) a 20,0 meq/100g (D2-E).

En el cas del K^+ no s'observaren diferències dels tractaments respecte del control (**taula 12**). Les úniques diferències marcades es donen entre les dues dosis del compost d'origen ecològic E. El major percentatge de K^+ fou per a la dosi alta del compost E, probablement relacionat amb el major contingut d'aquest element en la descripció fisicoquímica dels composts originals (**Taula 9**). Per a la interpretació dels nivells de K^+ al sòl es pren com a normal-alt el rang de valors compresos entre 175-250 mg/kg i com a alts els valors superiors a 250 mg/kg.

Les concentracions de Na^+ al sòl mostraren un lleuger increment a les parcel·les fertilitzades de manera orgànica, encara que els únics augments rellevants en relació a la fertilització mineral tingueren lloc a la D1-E amb 189,7 mg Na/kg i a la D1-S amb 188,5 mg Na/kg, sense apreciar diferències entre les dosis d'un mateix tractament (**taula 12**). El Na^+ és un dels cations responsables de la salinitat del sòl i diferents autors assenyalen augments de les concentracions de Na^+ tant al sòl com als teixits dels cultius en experiments amb composts procedents de residus sòlids urbans (Hargreaves *et al.* 2008). No obstant, en el present estudi, les diferències respecte del fertilitzant mineral no foren molt marcades, indicatiu que les concentracions de Na^+ no suposen un problema a les dosis aplicades.

Pel que fa al Mg^{2+} , l'únic fet estadísticament destacable és un augment de la concentració de Mg^{2+} al sòl a la dosi alta d'aplicació del compost S (**taula 12**). A excepció del compost E, on no apareixen diferències entre dosis ni respecte del control, els altres tractaments mostren concentracions de Mg^{2+} al sòl proporcionals a les dosis d'aplicació, és a dir, concentracions de Mg^{2+} al sòl lleugerament inferiors al control a les dosis baixes d'aplicació i superiors al control a les dosis altes. Els valors obtinguts al present estudi es troben per damunt de la concentració de 250 mg Mg^{2+} /kg que Villar i Arán (2008) interpreten com a un nivell alt de magnesi al sòl.

5.2.2. Anàlisi de la dinàmica de nutrients i conductivitat elèctrica durant el cultiu.

S'analitzà l'evolució d'una sèrie de paràmetres al llarg del temps, per tal d'observar els possibles canvis en la dinàmica de la composició del sòl durant dos estadis vegetatius del cultiu, juliol (15/07) i octubre (07/10), 67 i 149 dies després de la plantació, respectivament.

El primer dels paràmetres que mostrà diferències significatives al llarg del temps fou la conductivitat elèctrica (**figura 7**). La tendència general mostra resultats més baixos al final del cultiu, encara que els dos únics valors estadísticament inferiors es troben a les dosis altes dels composts X i S. Aquests resultats estan en consonància amb les dades de Zhang *et al.* (2006), que observaren que els augments de CE al sòl tendeixen a declinar al llarg del temps, i apunten com a possible causa l'extracció de nutrients per part del cultiu i la lixiviació. Les abundants pluges enregistrades als mesos de setembre i octubre podrien haver causat una important lixiviació (**taula 4**).

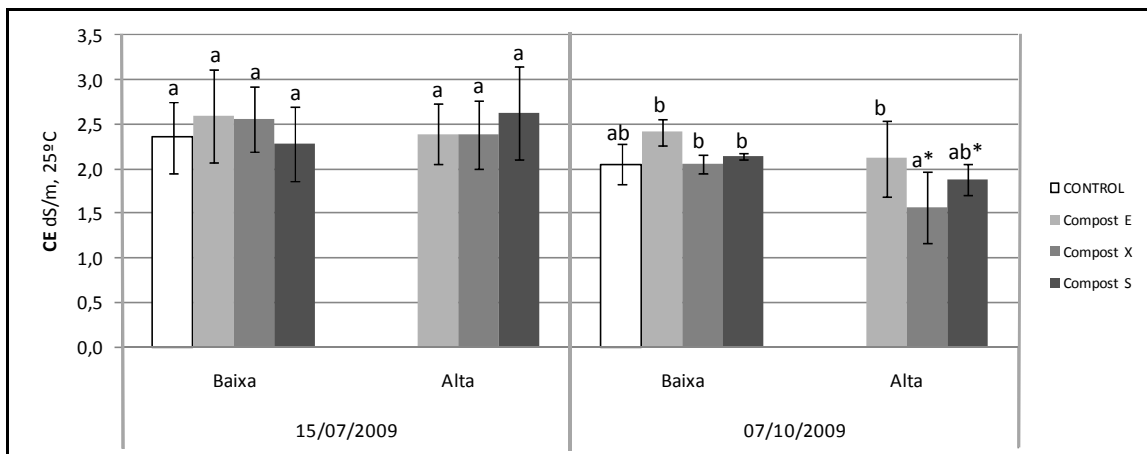


Figura 7. Evolució de la conductivitat elèctrica (CE) en els dos mostresos de sòl realitzats. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments i dosis dins un mateix mostreig, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. *Diferències significatives respecte del seu homòleg del mostreig anterior.

Els resultats obtinguts de CE es troben al voltant de 2 dS/m i són considerats relativament alts segons la classificació de Pascale i Barbieri (1995), que senyalaren valors de 1,8 dS/m com potencialment perjudicials per als cultius sensibles a estrès per salinitat. L'augment de la salinitat del sòl ha estat citat com un dels aspectes negatius de l'ús de composts en agricultura (Hargreaves *et al.* 2008). En alguns

casos l'ús d'aquests composts pot conduir a nivells de CE del sòl que poden ser excessius i inhibir el creixement de les plantes, mentre que en altres casos, com en el present experiment, no causà problemes al cultiu, ja que no s'observà aquest efecte ni en el creixement ni en la producció de les parcel·les fertilitzades de manera orgànica.

El **P** és l'element que presentà les diferències més marcades respecte del control (**figura 8**). Tots els tractaments dels dos mostrejos mostren concentracions de P al sòl majors que les obtingudes al control. Per al mostreig realitzat al final del cultiu, el control presentà un valor de 6,2 mg/kg, considerat un valor baix de P al sòl ja que entra en el rang de valors compresos entre 6-12 marcat per (Villar i Arán, 2008). Els composts E i X es mouen al voltant de 30 mg/kg, considerats com a valors alts, mentre que s'interpreten com a molt alts els valors superiors a 36 mg/kg.

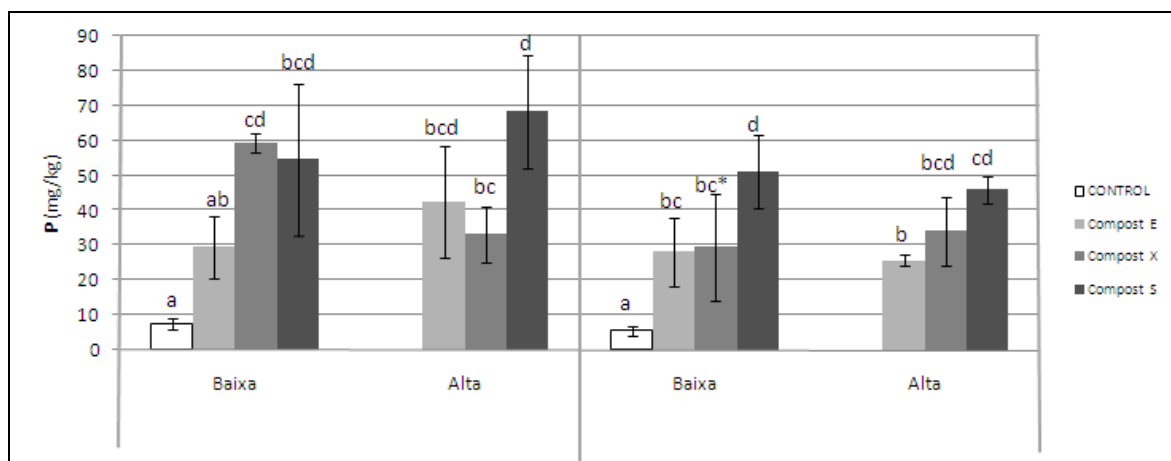


Figura 8. Evolució del fòsfor (P) en els dos mostrejos de sòl realitzats. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments i dosis dins un mateix mostreig, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. *Diferències significatives respecte del seu homòleg del mostreig anterior.

Al realitzar l'anàlisi en el temps, es veu com s'ha produït una disminució significativa a la dosi baixa del compost X per al mostreig d'octubre.

La **figura 9** mostra l'evolució del **carboni** en els dos mostrejos de sòl realitzats. No s'observaren diferències significatives respecte del control i d'acord amb aquestes dades, es detecta una disminució significativa en el contingut de C en la dosi alta del compost S respecte del seu homòleg del mostreig anterior.

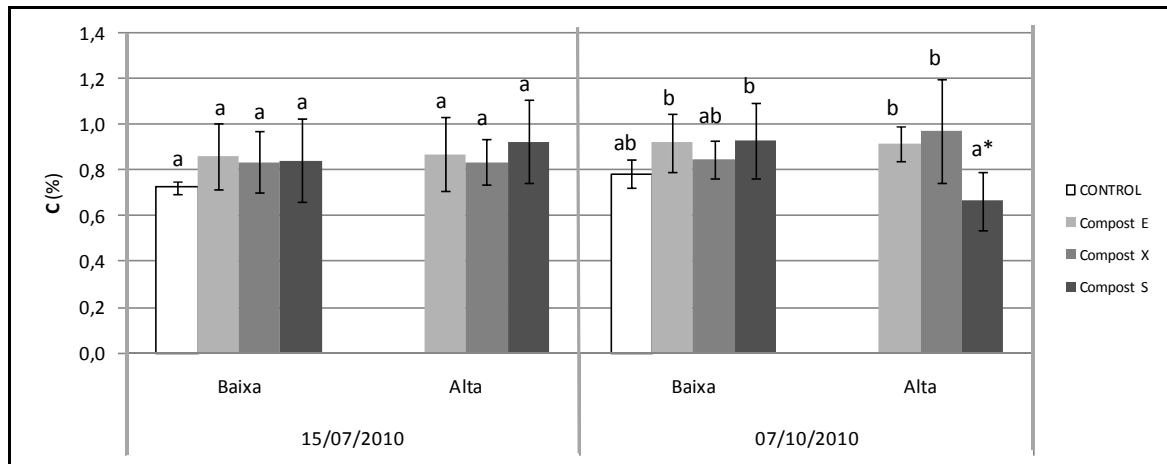


Figura 9. Evolució del carboni (C) en els dos mostrejos de sòl realitzats. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments i dosis dins un mateix mostreig, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. *Diferències significatives respecte del seu homòleg del mostreig anterior.

De manera general, l'anàlisi del sòl en el temps mostrà canvis significatius en la CE i el contingut de P i de C. En tots els casos es donà una disminució significativa en el mostreig d'octubre respecte de l'anterior, fet atribuïble, en primer lloc, a la extracció de nutrients per part del cultiu, i en segon lloc, al possible rentat de sòl produït per les abundants pluges enregistrades al final de cultiu.

5.3. ANÀLISI DE L'EFFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA EN LA PLANTA.

5.3.1. *Paràmetres morfològics i hídrics.*

Per tal d'observar possibles efectes de la fertilització orgànica sobre l'estat hídric de la planta i sobre aspectes de la morfologia de la fulla, es calculà el contingut hídric (CH) i pes específic (PE) de fragments de fulles (**figura 10**).

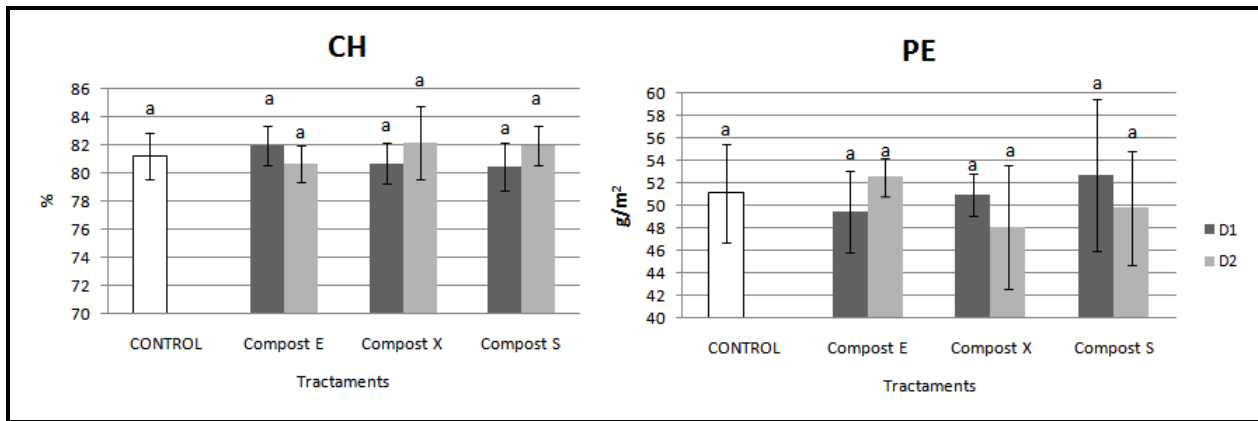


Figura 10. Contingut hídic foliar (CH) i pes específic foliar (PE), obtinguts per als diferents tractaments. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Els diferents valors de contingut hídic foliar no mostraren diferències significatives respecte del control, ni entre les dosis d'un mateix tractament, amb valors del voltant d'un 80% en tots els tractaments (**figura 10**).

De la mateixa manera, la fertilització orgànica no afectà significativament el PE de les tomàtiguers tractades. No s'observaren diferències per aquest paràmetre entre els tractaments i el control, ni entre les diferents dosis aplicades per a cada tractament (**figura 10**). Els valors obtinguts oscil·laren al voltant de 50 g/m² de fulla en tots els casos.

Les mesures preses al final del cultiu mostraren que l'aplicació d'esmenes orgàniques afectà significativament al creixement de la tija (**figura 11**). La longitud màxima de la tija augmentà a totes les parcel·les tractades respecte de les control. Concretament, al control s'obtingué un valor promig de 1,02 m, mentre que a la resta de parcel·les fou de 1,33 m. De la **figura 11** també es desprèn que no existiren diferències entre les diferents dosis aplicades a un mateix tractament.

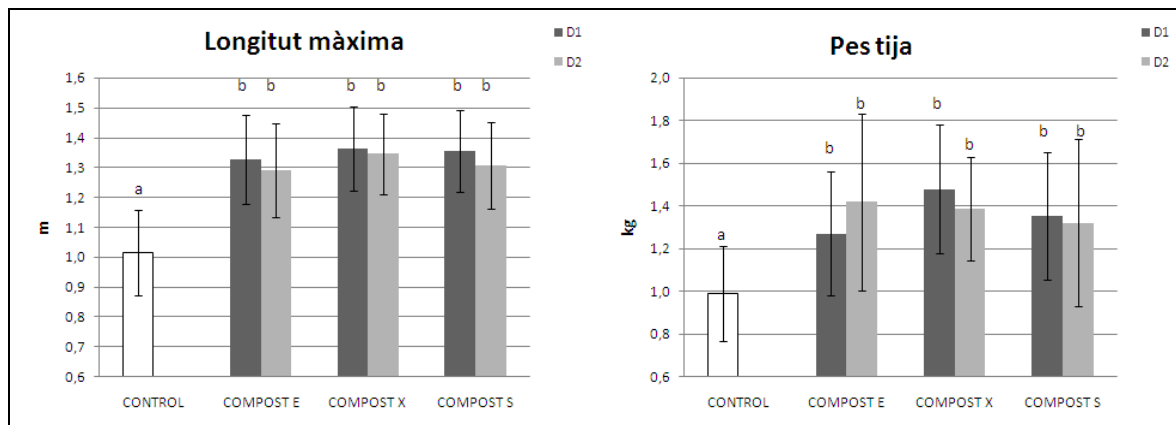


Figura 11. Longitud màxima de la tija i pes total. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de setze repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Els resultats obtinguts per al pes fresc total de la part aèria arrabassada al final del cultiu suggereixen que la fertilització orgànica afectà de manera significativa aquest paràmetre (**figura 11**). El pes mitjà de 0,99 kg obtingut al control fou estadísticament inferior al obtingut a la resta de tractaments. De la mateixa manera que al cas anterior, tampoc no s'observaren diferències significatives entre les dues dosis aplicades a la resta de parcel·les, que assoliren un valor mitjà de 1,37 kg.

5.3.2. Pigments fotosintètics.

La fertilització orgànica afectà de manera significativa el contingut en pigments fotosintètics. La tendència general mostrà una disminució del contingut en clorofil·les i carotenoides als diferents tractaments de fertilització orgànica respecte del control (**figura 12**), a excepció de la clorofil·la *b*, per a la qual la única disminució significativa s'observa a D1-E.

No s'observaren diferències significatives en el contingut total de clorofil·les (*a+b*), a excepció dels tractaments amb dosis baixes dels composts E i S, els quals resultaren en valors més baixos que el control. Aquesta disminució fou bàsicament deguda a un menor contingut en clorofil·la *a*, ja que la concentració de clorofil·la *b* per àrea fou estadísticament igual al control en tots els tractaments exceptuant D1-E (**figura 12**).

Els valors obtinguts per a la suma d'ambdues clorofil·les oscil·la entre aproximadament 0,05 i 0,07 mg de clorofil·la/cm², dades que concorden amb les

obtingudes per Kebede *et al.* (1994) en estudis d'anatomia foliar de *L. esculentum*, on reportaren valors totals de clorofil·la ($a+b$) de 0,07 mg/cm².

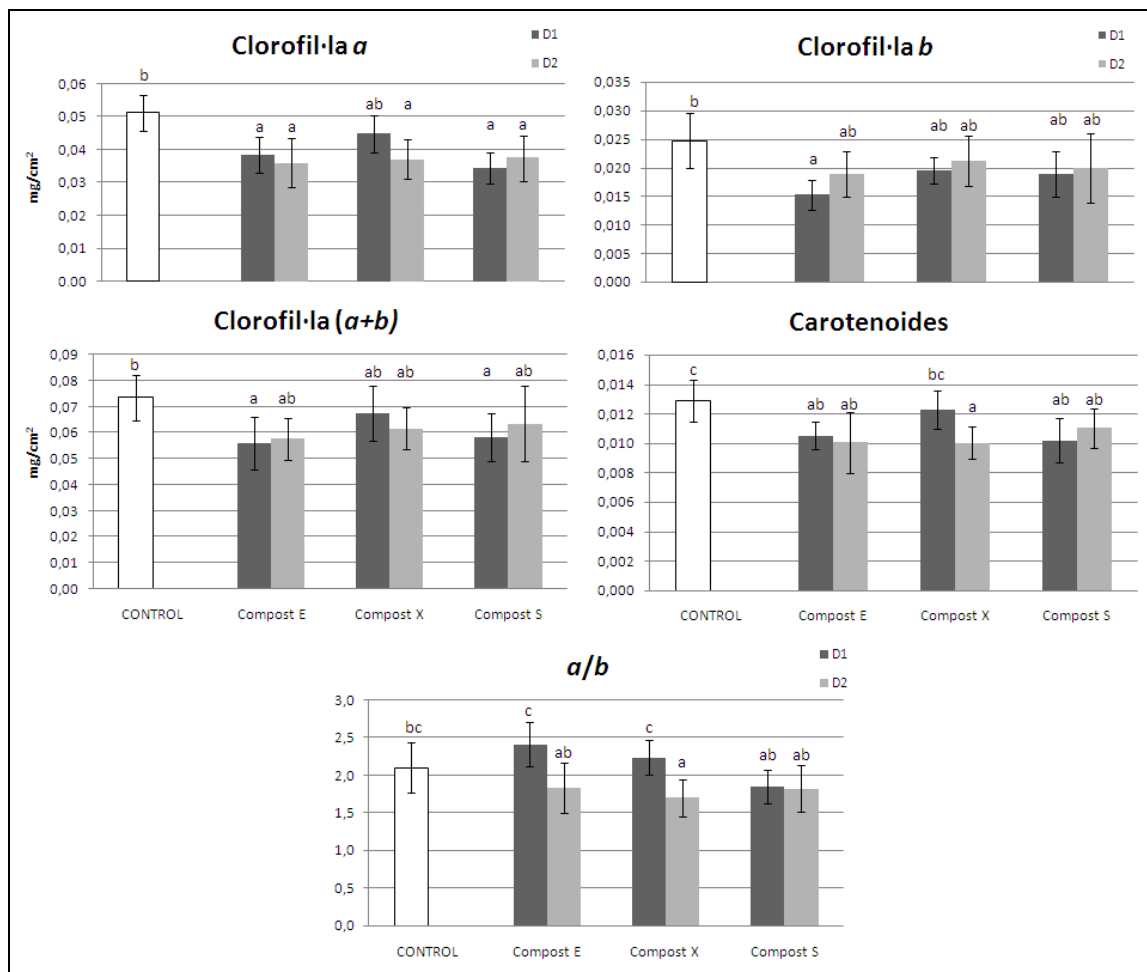


Figura 12. Principals pigments fotosintètics analitzats en fulles. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de vuit repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Lichtenthaler (1987) afirmà que ambdues clorofil·les són els components principals de les membranes fotosintètiques i donà valors de la ràtio a/b d'entre 1 i 3. Les condicions de creixement i factors ambientals poden modificar aquesta ràtio. Així, plantes de sol exhibeixen típicament valors de 3,2 a 4, mentre plantes d'ombra mostren valors d'entre 2,5 a 2,9 (Lichtenthaler, 1987). En el present experiment, es donaren valors de clorofil·la a/b inferiors als citats anteriorment, probablement com a mecanisme d'adaptació que ha desenvolupat aquest genotip al llarg del procés de selecció antròpica. Aquest fet estaria relacionat amb les fortes radiacions a les s'exposa el cultiu durant el període de sequera estival, tradicionalment conduït

“a la seca”. S’observaren diferències estadístiques entre les dosis als tractaments E i X (**figura 12**).

Pel que fa als carotenoides totals (xantofil·les i β -caroté), s’observà una disminució significativa en tots els tractaments excepte a D1-X. Camejo *et al.* (2005) apunten que estressos, com altes temperatures o manca d’aigua, poden donar lloc a augments en el contingut de carotenoides, disminuint així la ràtio entre clorofil·les i carotenoides, ja que aquests últims no només juguen un paper com a pigments accessoris en la intercepció de llum, sinó també en la protecció dels sistemes fotosintètics. Aquest fet podria indicar que en el present experiment les tomatigueres, al tenir les seves necessitats hídriques cobertes, no sofriren cap dels estressos abans esmentats.

Juan *et al.* (2005) suggereixen baixos continguts en pigments fotosintètics degut a la salinitat i exposen aquests baixos continguts de clorofil·les i carotenoides com a un dels paràmetres de tolerància a la salinitat als cultius, cosa que concorda amb els alts valors de CE obtinguts al present estudi.

5.3.3. *Mesures d’intercanvi de gasos.*

En general, les taxes d’assimilació neta de CO_2 (A_{max}) no mostraren diferències significatives entre els diferents tractaments i respecte del control (**taula 13**). L’únic tractament amb majors taxes d’ A_{max} fou el compost S amb dosi D1, amb un valor de $23,9 \mu\text{mols CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$.

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

Taula 13. Valors de fotosíntesis neta sota condicions de llum saturant (A_{max}), conductància estomàtica pel vapor d'aigua (g_s), transpiració (E) i eficiència instantània en l'ús de l'aigua (A/E , WUE_i).

Tractaments	A_{max}	g_s	E	WUE_i
	$\mu\text{mols CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$	$\text{mols H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$	$\text{mmols H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$	$\mu\text{mols CO}_2/\text{mmols H}_2\text{O}$
Control C	$16,7 \pm 2,45 \text{ a}$	$0,31 \pm 0,03 \text{ a}$	$6,94 \pm 0,52 \text{ a}$	$2,43 \pm 0,46 \text{ a}$
Compost E				
D1*	$18,8 \pm 2,07 \text{ a}$	$0,47 \pm 0,04 \text{ b}$	$8,24 \pm 0,37 \text{ b}$	$2,29 \pm 0,24 \text{ a}$
D2*	$15,9 \pm 1,18 \text{ a}$	$0,51 \pm 0,08 \text{ b}$	$8,70 \pm 0,58 \text{ b}$	$2,28 \pm 0,50 \text{ a}$
Compost X				
D1	$18,7 \pm 3,63 \text{ a}$	$0,48 \pm 0,09 \text{ b}$	$8,35 \pm 1,02 \text{ b}$	$2,37 \pm 0,20 \text{ a}$
D2	$18,7 \pm 4,15 \text{ a}$	$0,49 \pm 0,08 \text{ b}$	$8,49 \pm 0,71 \text{ b}$	$2,19 \pm 0,33 \text{ a}$
Compost S				
D1	$23,9 \pm 3,23 \text{ b}$	$0,49 \pm 0,10 \text{ b}$	$8,32 \pm 1,07 \text{ b}$	$2,78 \pm 0,54 \text{ a}$
D2	$17,3 \pm 2,00 \text{ a}$	$0,42 \pm 0,10 \text{ ab}$	$7,54 \pm 1,38 \text{ ab}$	$2,38 \pm 0,69 \text{ a}$

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa columna indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. *D1: Dosi corresponent a 14 t de compost/ha; D2: Dosi corresponent a 21 t de compost/ha.

Per altra banda, la conductància estomàtica (g_s) varià des dels $0,31 \text{ mols H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ obtinguts al control fins als $0,51 \text{ mols H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ mesurats a la D2 del compost d'origen ecològic E (**taula 13**). En general, la g_s mesurada als tractaments fou un 50% major a la mesurada al control, excepte el compost S amb D2. La transpiració (E) seguí el mateix comportament observat a g_s (**taula 13**), esperable per la relació de linealitat i alt ajust ($R^2 = 0,907$) existent entre aquests dos paràmetres (Kang *et al.*, 2001).

De manera general, els valors d' A_{max} i g_s obtinguts al present estudi són similars als obtinguts per Galmés *et al.* (2011) en un estudi amb diferents accessions de tomàtiga de ramellet on presenten, per al seu tractament de reg, valors entre 17 i $20 \mu\text{mols CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$, i entre 0,197 i $0,318 \text{ mols H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$, per A_{max} i g_s respectivament.

Els resultats d'intercanvi foliar de gasos obtinguts suggereixen que la fertilització orgànica, en general, no afectà significativament l'assimilació neta de carboni, excepció feta del compost S amb D1, però sí incrementà, també de manera general,

la conductància estomàtica i la transpiració. Aquest fet hauria d'implicar una disminució de l'eficiència instantània de l'ús de l'aigua (WUE_i) als tractaments (**taula 13**). Si bé els valors obtinguts són lleugerament inferiors als tractaments, les diferències observades no són significatives en cap cas.

L'obertura estomàtica és altament sensible al dèficit de pressió de vapor de l'atmosfera, VPD. Per això és important que les mesures d'intercanvi de gasos tinguin lloc sota condicions similars de VPD. No obstant, els valors de VPD enregistrats al control foren significativament superiors als tractaments (**figura 13**). Concretament, al control s'obtingué un valor de $2,22 \pm 0,06$ kPa mentre que els valors enregistrats als tractaments oscil·laren al voltant d'una mitja de $1,78 \pm 0,11$ kPa. Aquestes diferències en els valors de VPD podrien explicar els valors més baixos de g_s del control (**taula 13**).

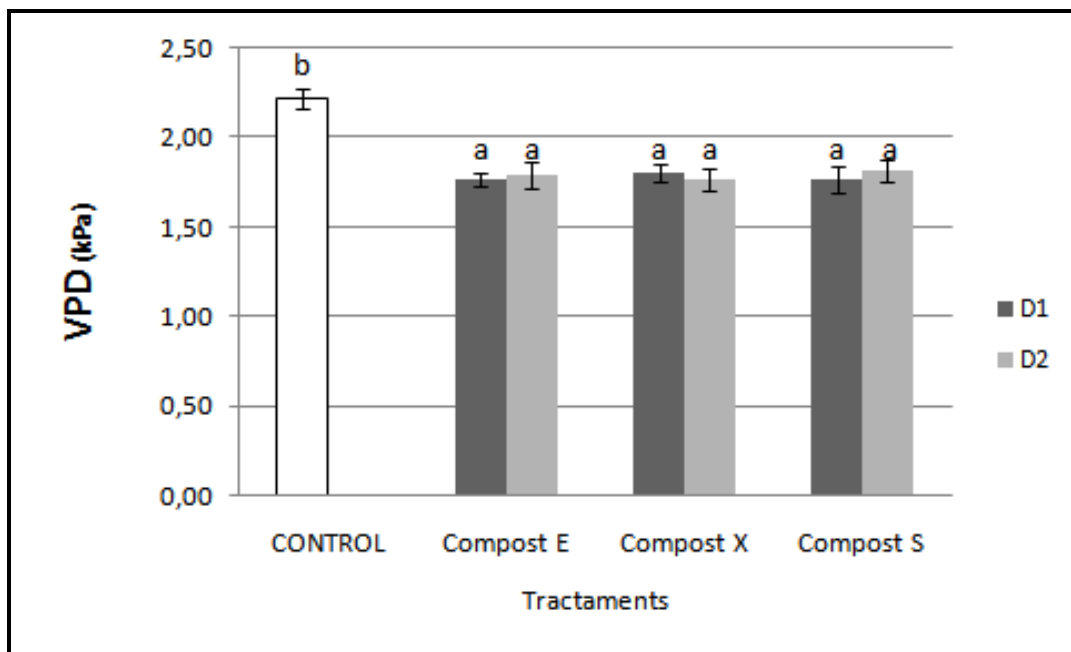


Figura 13. Dèficit de pressió de vapor d'aigua (VPD). Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions (columnes) $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Paralelament, s'estimà l'intercanvi de gasos a nivell de la planta sencera. A falta de mesures de tota la biomassa aèria de les plantes, sí que es mesurà el pes de la tija. Mitjançant la multiplicació d' A_{max} pel pes de la tija s'obtingué la taxa d'assimilació de CO_2 a nivell de planta sencera (**figura 14**). És evident que aquesta estimació du un important nombre d'errors associats. Entre ells que la ràtio tija/fulla no té perquè ser constant entre els tractaments, que les mesures d'intercanvi de gasos

s'han fet sota condicions de llum saturant i dins de la *canopy* de la tomatiguera hi haurà fulles ombrejades, etc.

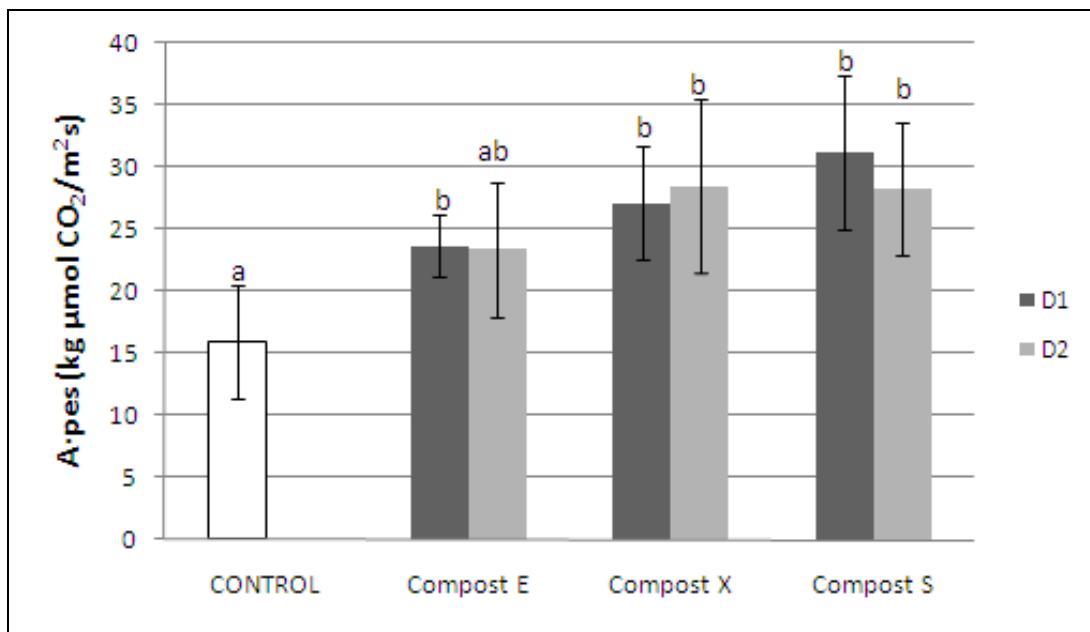


Figura 14. Taxa d'assimilació de CO₂ a nivell de planta sencera. Les columnes representen les mitjanes per a quatre repeticions i les barres la desviació estàndard. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Els resultats obtinguts per a l'anàlisi d'assimilació de CO₂ a nivell de planta sencera mostraren un increment significatiu dels valors de fotosíntesi a les parcel·les fertilitzades de manera orgànica, excepte a la D2-E (**figura 14**). Per al compost E, s'observà un augment mitjà d'un 47% per damunt dels valors del control, mentre que per als composts X i S s'obtingueren increments de 73% i 86%, respectivament. No s'observaren deferències entre les dosis dins d'un mateix tractament.

5.3.4. Anàlisi foliar.

L'anàlisi del carboni foliar (**figura 15**), mostrà uns valors mitjans al voltant d'un 10% per a tots els tractaments. Encara que la tendència mostrà un lleuger increment en el percentatge de C foliar, l'únic augment estadísticament rellevant es donà al compost X amb D1.

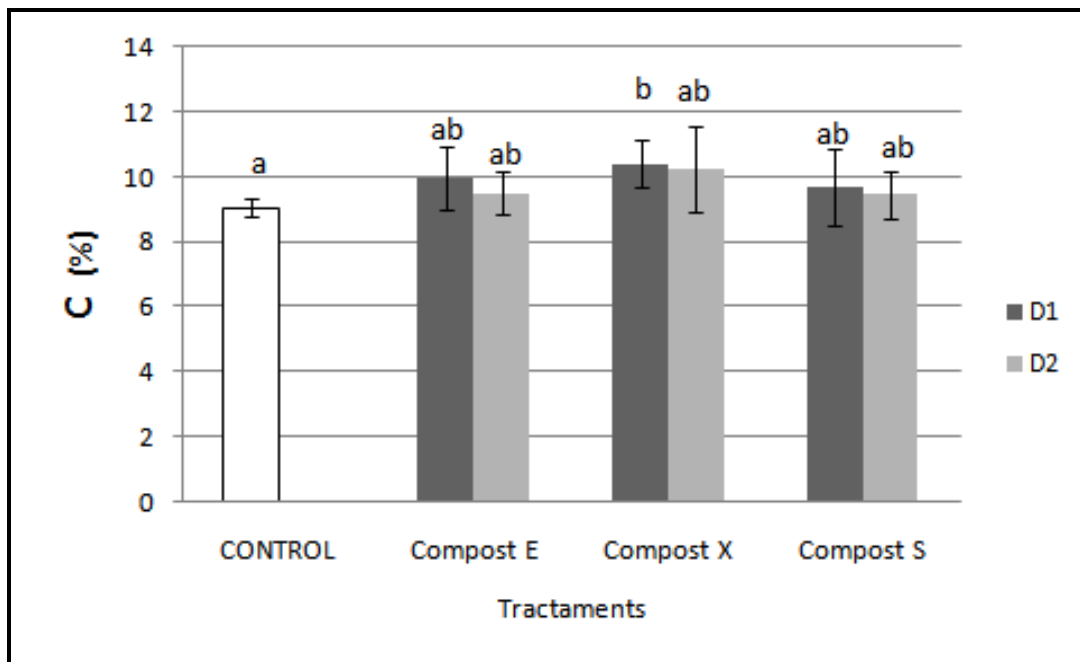


Figura 15. Carboni foliar. Les columnes representen les mitjanes per a quatre repeticions i les barres la desviació estàndard. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

MACRONUTRIENTS.

Els resultats de la concentració en macronutrients de les fulles es presenta a la **taula 14**. L'anàlisi foliar indicà que la majoria dels macronutrients estudiats com per exemple el N, K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} , no es venen afectats per la fertilització orgànica aplicada. No obstant, en el cas del P, s'observà un efecte dels tractaments sobre el contingut d'aquest element en fulla.

Les dades de **N** foliar oscil·laren al voltant d'un valor mitjà de $43,4 \pm 1,0$ g/kg (**taula 14**), comprés dins un rang de valors coherent amb els resultats reportats per altres autors. Muñoz *et al.* (2006) aplicant solucions amb diferent concentració de N a un cultiu de tomàtiga del cultivar Bond® obtingueren un valor de N foliar de 26 g/kg, lleugerament inferior als obtinguts al present estudi, mentre que Valenzuela *et al.* (1997) aporten valors de N foliar de 59 g/kg de matèria seca per al seu tractament control en un estudi de fertirrigació, per sobre dels valors mesurats en aquest experiment.

De la mateixa manera, el contingut en K^+ foliar no es va veure modificat pels tractaments aplicats, assolint un valor mitjà de $17,5 \pm 0,93$ g/kg per a tots els

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

tractaments, situat entre les dades obtingudes per Muñoz *et al.* (2006) de 21 g/kg i per Valenzuela *et al.* (1997) de 5,0 g/kg.

Taula 14. Principals macronutrients estudiats a l'anàlisi foliar. Resultats expressats en g/kg de matèria seca.

Tractaments	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
(g/kg)					
CONTROL C	43,4 ± 1,10 a	1,8 ± 0,08 a	18,9 ± 1,68 a	35,2 ± 1,61 a	4,6 ± 0,28 a
Compost E					
D1*	44,8 ± 4,11 a	2,2 ± 0,33 b	18,3 ± 3,52 a	41,2 ± 8,57 a	4,6 ± 1,12 a
D2*	43,2 ± 3,52 a	2,1 ± 0,27 ab	16,9 ± 2,09 a	36,7 ± 6,04 a	4,5 ± 1,05 a
Compost X					
D1	44,2 ± 3,94 a	2,2 ± 0,13 b	17,2 ± 2,03 a	43,6 ± 4,37 a	4,9 ± 0,48 a
D2	42,7 ± 4,84 a	2,2 ± 0,14 b	16,2 ± 3,85 a	42,1 ± 8,79 a	5,1 ± 1,10 a
Compost S					
D1	43,2 ± 6,38 a	2,1 ± 0,29 ab	17,3 ± 2,89 a	39,7 ± 7,31 a	4,8 ± 0,40 a
D2	41,8 ± 3,12 a	2,1 ± 0,13 b	18,1 ± 0,62 a	35,7 ± 1,95 a	4,5 ± 0,56 a

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions ± desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa columna indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$. * D1: Dosi corresponent a 14t de compost/ha; D2: Dosi corresponent a 21t de compost/ha.

El Ca²⁺ i Mg²⁺ tampoc no presentaren diferències significatives entre els diferents tractaments, ni entre aquests i el control, ni entre les dues dosis aplicades per a cada tractament (**taula 14**). Els valors mitjans per a aquests dos elements foren de 39,2 ± 3,35 g/kg per al Ca²⁺, i de 4,7 ± 0,22 g/kg per al Mg²⁺. Els valors exposats al present estudi resultaren lleugerament inferiors als obtinguts per Muñoz *et al.* (2006) en l'assaig de fertilització nitrogenada en tomatiguers, amb concentracions d'entre 67 g Ca²⁺/kg i 7 g Mg²⁺/kg, respectivament.

El contingut foliar de P oscil·là entre 1,8 ± 0,08 g/kg obtingut en les mostres del control i 2,2 ± 0,13 g/kg obtingut a la D1 del compost X. De tots els tractaments estudiats, únicament els tractaments D2-E i D1-S no mostraren diferències significatives respecte del control.

El **P** és l'únic dels macronutrients estudiats que presentà diferències significatives en els tractaments on s'aplicà fertilització orgànica, experimentant un augment general de l'element en relació als valors registrats per al control (**taula 14**). Aquest fet es relaciona amb l'augment de P al sòl observat a les parcel·les fertilitzades de manera orgànica (**figura 8**).

Aquest augment en la concentració foliar de P, podria ser un punt important degut a l'elevada participació d'aquest element en molts processos de creixement i síntesis de composts constituents de la planta, ja que el fòsfor constitueix un component essencial de les proteïnes del nucli, àcids nucleics, fosfolípids, etc., a més d'intervenir en processos fonamentals de respiració i fotosíntesi.

MICRONUTRIENTS.

A diferència dels elements majoritaris, és a l'estudi dels micronutrients on es detecten majors diferències en la composició de les fulles dels diferents tractaments. La **figura 16** mostra els resultats obtinguts per el Zn, Fe i Mn en l'estudi de fertilització orgànica.

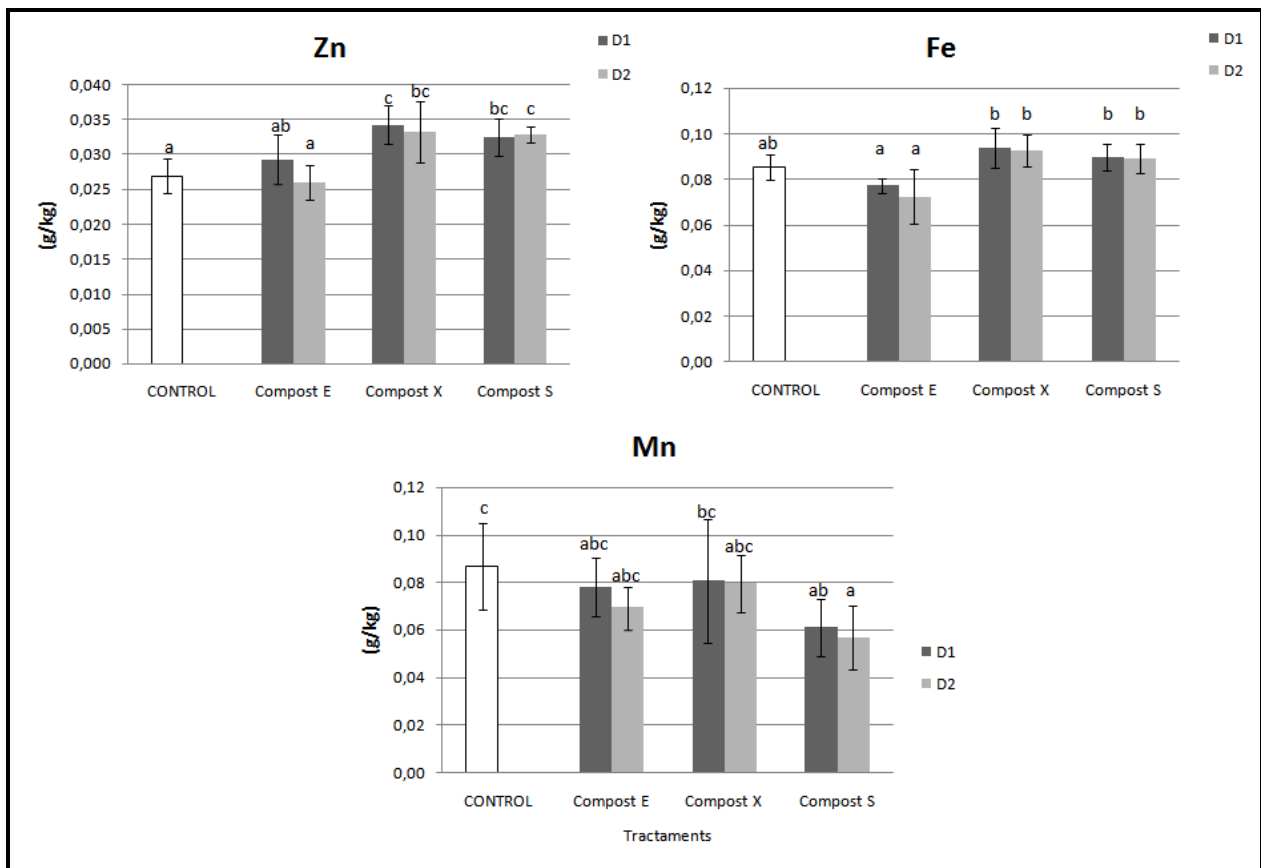


Figura 16. Principals micronutrients estudiats en fulles. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

A l'analitzar els resultats obtinguts per al **Zn** es pot observar com es donaren diferències entre alguns dels tractaments i el control però en cap cas entre les dues dosis dins un mateix tractament, presentant un rang de variació des de valors de 0,025 (D2-E) fins a 0,034 g/kg (D1-X). Les concentracions a les fulles de les plantes on s'aplicà composts X i S resultaren superiors al control mentre que amb el compost d'origen ecològic no es trobaren diferències en el contingut de Zn respecte del control, seguint el mateix patró observat en la concentració de Zn dels composts originals (**taula 10**) on X i S presenten valors estadísticament superiors a E. Segons Navarro i Navarro (2000) el contingut en Zn, degut a la seva condició de micronutrient, és normalment baix i sol oscil·lar entre 0,02 i 0,1 g/kg. Aquests valors són funció dels seus baixos requeriments però poden variar segons l'espècie, varietat i condicions de creixement. El mateixos autors assenyalen la importància de les funcions d'aquest element en la fisiologia de la planta, la gran majoria conseqüència de la seva participació en la formació i funcionament de diversos sistemes enzimàtics.

En el cas del **Fe**, cap dels tractaments resultà estadísticament diferent al control (**figura 16**). Existeix un grup homogeni, que inclou els dos tractaments basats en composts de llots de depuradora, amb valors lleugerament superiors al control, i estadísticament superiors al compost d'origen ecològic E. Si es compara l'abundant presència de ferro en els sòls, el contingut d'aquest element a les plantes sol ser escàs, encara que en la majoria de vegades és més elevat que altres oligoelements (Navarro i Navarro, 2000). Els mateixos autors assenyalen un rang de variació de 0,025 a més de 0,25 g/kg de pes sec, depenent de la part de la planta que es consideri i de l'espècie, i indiquen com a principals funcions que realitza en les plantes, l'activació de diferents enzims en les que participa com a grup prostètic, i la formació de clorofil·la.

En el cas del **Mn**, s'observà un rang de variació dels valors que oscil·là des de $0,09 \pm 0,02$ g Mn/kg de matèria seca enregistrats al control fins als $0,06 \pm 0,01$ g/kg del tractament D2-S. Les dues dosis del tractament S resultaren estadísticament inferiors al obtingut del control, mentre que els dos altres tractaments, E i X no es varen veure afectats per la fertilització orgànica. Per Navarro i Navarro (2000) les necessitats quantitatives de les plantes en Mn són relativament petites, però varien més que per a qualsevol altre micronutrient. Els seus continguts fluctuen segons l'espècie vegetal, essent els teixits verds els que contenen una major concentració, amb valors a les fulles que poden oscil·lar entre 0,03 i 0,50 g/kg de pes sec.

A mode de resum, a continuació es presenta una classificació de l'adequació per al cultiu de tomàtiga de cada un dels elements en funció de la seva concentració. Existeixen treballs on s'intenta establir per cada un dels diferents nutrients, quina és la concentració que pot resultar deficient per al cultiu, òptima o ocasionar problemes de toxicitat. Wilcox (1993) publicà una relació de concentracions dels principals nutrients que considerà deficientes o adequats per a un cultiu de tomàtiga, i es complementen a la **taula 15** amb valors extrets de la *Junta de Extremadura a Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado, (Normas básicas)*.

Taula 15. Composició en nutrients de fulles de tomatiguera totalment expandides durant el període de producció.

Element	Concentració		
	Deficient ^a	Adequada ^a	Alta ^b
N (%)	< 2,5	> 3,5	>5,6
P (%)	< 0,12	> 0,2	>0,81
K⁺ (%)	< 2,3	> 3,5	>5,1
Ca⁺ (%)	< 1,0	> 3,0	>4,1
Mg²⁺ (%)	< 0,3	> 0,42	>0,61
Fe (mg/kg)	< 50	> 100	>301
Mn (mg/kg)	< 24	> 35	>351
Zn (mg/kg)	< 10	> 15	>80

^a Les concentracions de nutrients que estan entre el nivell adequat i deficient poden induir qualche tipus de resposta a la planta. Wilcox, (1993).

^b Dades extretes de Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado, (Normas básicas). Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Comercio.

Els nivells de nutrients recopilats a la bibliografia no poden ser comparables amb els que s'obtidrien a zones diferents, amb característiques edafo-climàtiques diferents. Per tant aquests valors només poden ser emprats com a guia orientativa de diagnòstic.

En aquest sentit, la **taula 16** recull els valors mitjans de concentració obtinguts al present experiment i els agrupa mitjançant un codi de colors basat amb els rangs marcats pels autors abans esmentats.

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

Taula 16. Interpretació dels valors mitjans de concentració del diferents nutrients estudiats.

Element	CONTROL	Compost E		Compost X		Compost S	
		D1	D2	D1	D2	D1	D2
Macronutrients (%)							
N	4,3	4,5	4,3	4,4	4,3	4,3	41,8
P	0,18	0,22	0,21	0,23	0,22	0,21	0,21
K	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8
Ca	3,5	4,1	3,7	4,4	4,2	3,9	3,6
Mg	0,46	0,47	0,45	0,49	0,51	0,48	0,45
Micronutrients (mg/kg)							
Fe	85,0	77,0	77,0	93,0	92,0	89,0	89,0
Mn	87,0	78,0	69,0	80,0	79,0	61,0	56,0
Zn	27,0	29,0	25,0	34,0	33,0	32,0	32,0
Deficient		Inducció resposta		Adequat		Alt	

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions.

Al comparar les dades obtingudes amb els valors de referència es pot observar com la majoria de nutrients es troben en el rang d'adequació establert per al cultiu de tomàtiga. El potassi seria l'únic element que es trobaria en concentracions de deficiència en tots els tractaments, ja que el seu valor òptim de concentració vendria donat per 3,5 g de K/ 100 g de matèria seca.

En el cas del ferro, Wilcox (1993) estableix el límit de deficiència en 50 mg/kg, però afirma que valors de concentració per sota de 100 mg/kg, com és el cas en tots els tractaments, podrien induir algun tipus de resposta a la planta. El mateix cas ocorre al P que presenta un valor sub-òptim de 0,18% mentre que el límit d'adequació d'aquest element per al cultiu de tomàtiga està establert per a valors superiors a 0,2%.

L'únic cas de possible excés d'algun element en la planta en aquest estudi, el presenta el Ca^{2+} , que per a les dues dosis de compost X (D1-X i D2-X) i a la D1-E, els valors són

superiors a un 4,1% de Ca^{2+} en fulla, el qual és considerat com a valor alt per aquest element i cultiu, segons els criteris definits per la *Junta de Extremadura*.

5.4. ANÀLISI DE L'EFFECTE DE LA FERTILITZACIÓ ORGÀNICA EN EL FRUIT.

5.4.1. *Producció.*

L'estudi de la fertilització orgànica mostrà un augment significatiu de la producció a les parcel·les tractades respecte al control (**taula 17**). S'observà un increment mitjà per sobre del control en la producció acumulada del 57 % per al compost E i un 56 i 38 % per als composts X i S, respectivament. L'únic increment que no fou estadísticament rellevant es produí a la D1-S. Aquests resultats difereixen dels obtinguts per Muñoz *et al.* (2008), el quals, aplicant dosis de 20 t/ha (similars a les del present estudi), de composts procedents de residus sòlids urbans no obtingueren millores significatives en la producció de tomàtigs.

Taula 17. Producció acumulada i producció no comercial de cada una dels tractaments.

Tractaments	Producció (kg/planta)	
	Acumulada	No comercial
CONTROL	2,7 ± 0,23 a	0,3 ± 0,11 a
Compost E		
D1	4,0 ± 0,65 b	0,4 ± 0,10 a
D2	4,5 ± 0,95 b	0,3 ± 0,07 a
Compost X		
D1	4,6 ± 0,51 b	0,4 ± 0,19 a
D2	3,9 ± 0,78 b	0,4 ± 0,12 a
Compost S		
D1	3,7 ± 0,53 ab	0,3 ± 0,17 a
D2	3,8 ± 0,76 b	0,3 ± 0,19 a

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions ± desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa columna indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Pel que fa a la producció no comercial, no es detectà una major incidència de plagues, malalties o deformacions a cap de les parcel·les tractades amb fertilització orgànica. Encara que la tendència mostrà un lleuger increment en la producció no comercial als tractaments, l'elevada variació en les dades obtingudes fan que els resultats per aquest paràmetre no siguin significatius.

Al comparar els resultats de producció obtinguts a les diferents collites, s'observà un efecte de precocitat de la producció de tomàtigs en les parcel·les tractades de manera orgànica. A la **figura 17** s'observa com a la primera collita (dia 11/08/2009), les produccions obtingudes per als diferents tractaments estaren properes a un valor mitjà de 9,5 kg/tractament, mentre que al control la producció mitjana corresponent al mateix període només arribà als 2,1 kg/tractament. A aquesta mateixa collita fou D2-X el tractament que presentà una major producció, amb un valor de 12,9 kg/tractament. No és fins a la tercera collita on les produccions obtingudes al control i als diferents tractaments s'igualen obtenint un rang de valors que oscil·là entre 6,2 (D2-X) i 10,0 kg/tractament (control).

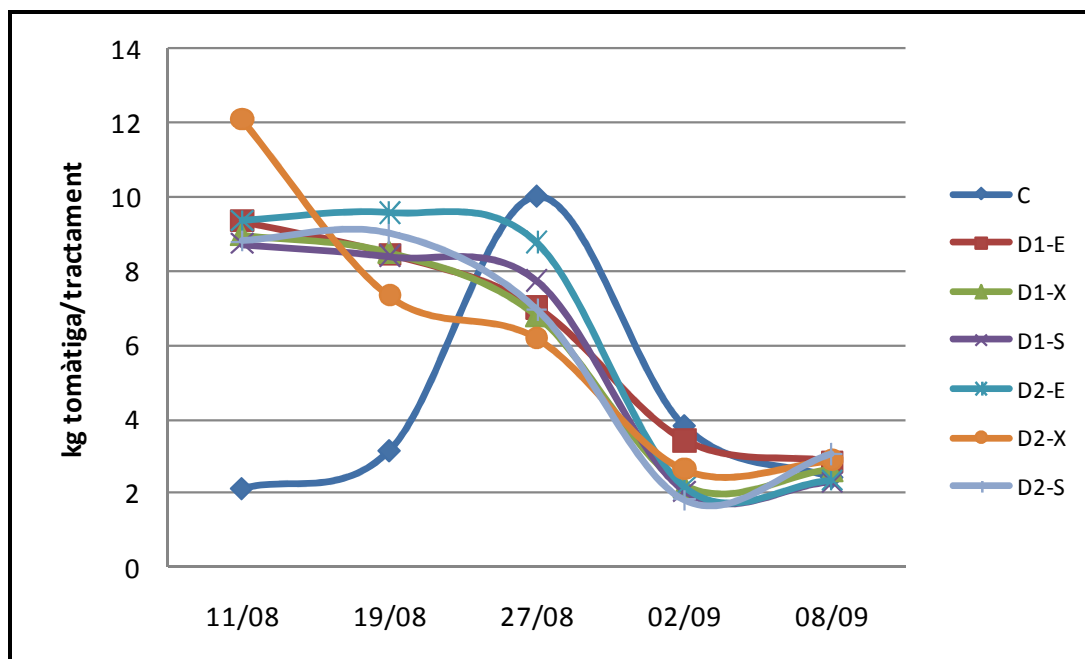


Figura 17. Valors mitjans de producció de les quatre parcel·les d'un mateix tractament al llarg de les diferents collites. 11/08, 19/08, 27/08, 02/09, 08/09 corresponen a les dates de cada una de les collites, 95, 103, 111, 117 i 123 dies després de la sembra, respectivament.

De Gracia *et al.* (2006), observaren el mateix comportament de precocitat aplicant mescles amb diferents percentatges de material vegetal compostat a un cultiu de pebre (*Capsicum annuum* L.), encara que aquest efecte no es traduí en diferències significatives respecte al rendiment obtingut al final de tot el cicle. Aquest efecte en la precocitat del cultiu podria resultar interessant des d'un punt de vista comercial a l'hora d'avançar la producció de tomàtigs, evitant possibles pluges, més freqüents al mes de setembre i, en conseqüència major incidència de plagues i malalties.

5.4.2. Eficiència agronòmica (EA).

Una vegada obtingudes les dades de producció, s'estudià l'eficiència en l'ús del fertilitzant aplicat referent a la producció. En primer lloc, s'avaluà l'eficiència en l'ús de la suma total d'unitats fertilitzants de N,P i K (**figura 18**). Els resultats mostraren com, a excepció de la D2-E, l'eficiència en l'ús d'NPK fou major a tots els tractaments comparats amb el control. De manera general, els resultats obtinguts variaren entre 70,4 obtingut al control, i 177,4 kg produïts/kg NPK_{aplicat} de D1-X, valors lleugerament inferiors als reportats per Hebbar *et al.* (2004) en estudis de fertirrigació a cultius de tomàtiga, que oscil·laren en un rang d'entre 170 i 226,5 kg produïts/kg NPK_{aplicat}. Els majors valors d'eficiència s'obtingueren a les dosis baixes d'aplicació, essent en aquest cas la D1-X la que presentà una major eficiència ($177,4 \pm 19,92$) seguida de la D1-S i la D1-E, amb valors de $147,3 \pm 21,53$ i $134,7 \pm 21,91$ kg produïts/kg NPK_{aplicat}, respectivament.

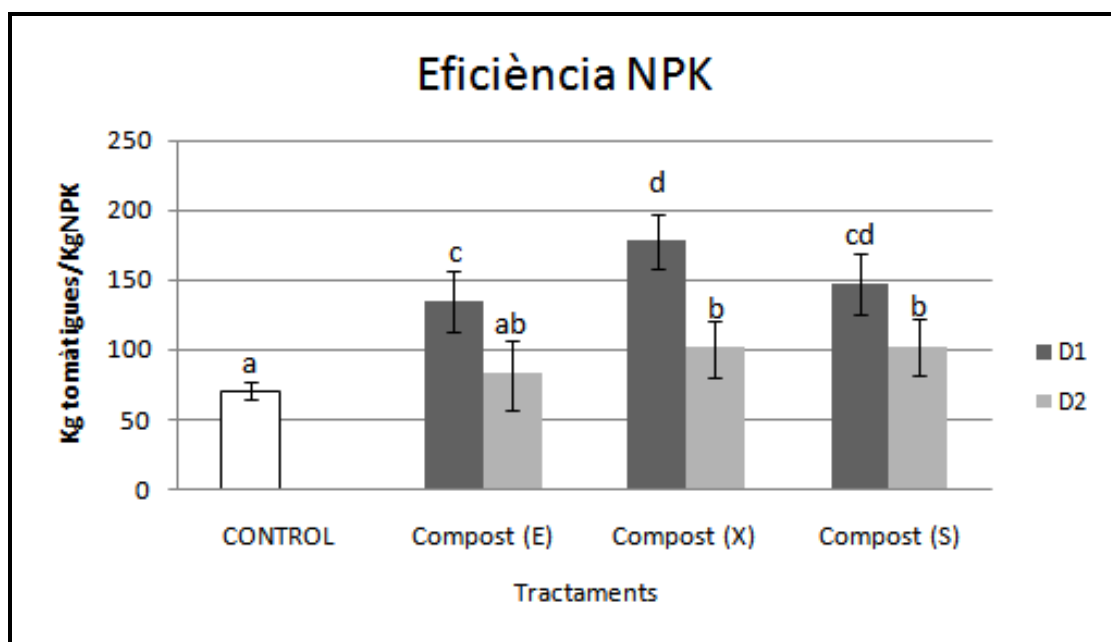


Figura 18. Eficiència en l'ús del fertilitzant. Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de quatre repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Les dades obtingudes mostraren que l'aplicació de fertilitzants afectà a l'eficiència en el seu ús, i aquesta fou major a la dosi de 14 t/ha (D1), comparada amb a la de 21 t/ha (D2). La disminució en l'eficiència agronòmica a dosis altes d'aplicació de NPK és degut a que un augment en els kg de NPK aplicats no es tradueixen en un augment proporcional de la producció. Aquest fet podria indicar que les plantes fertilitzades a

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

dosis altes no són capaces d'absorbir els nutrients quan aquests són aplicats en excés, degut a la possible saturació dels seus mecanismes d'absorció (Dordas i Sioulas, 2008).

A l'anàlisi per separat de cada un dels elements (**taula 18**), es pot veure com la tendència és la mateixa; els majors valors d'eficiència foren registrats a les dosis baixes d'aplicació.

Taula 18. Eficiència agronòmica en l'ús de cada un dels elements per separat.

Tractaments	Eficiència		
	<i>(kg produïts/ kg element aplicat)</i>		
	N	P	K
CONTROL	241,2 ± 20,9 b	482,5 ± 41,8 a	125,0 ± 10,8 a
Compost E			
D1	268,5 ± 43,6 bc	6004,8 ± 976,4 c	283,2 ± 46,0 c
D2	163,9 ± 49,8 a	3666,4 ± 1114,5 b	172,9 ± 52,6 ab
Compost X			
D1	369,0 ± 41,4 d	6225,8 ± 698,9 c	361,7 ± 40,6 d
D2	210,1 ± 42,0 ab	3544,3 ± 709,3 b	205,9 ± 41,2 b
Compost S			
D1	316,2 ± 46,2 cd	5157,8 ± 754,1 c	291,2 ± 42,6 c
D2	218,9 ± 43,9 ab	3569,9 ± 717,5 b	201,6 ± 40,5 b

Els valors representen les mitjanes obtingudes a partir de quatre repeticions ± desviació estàndard. Lletres diferents a una mateixa columna indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

En el cas del **N** els resultats oscil·laren entre 163,9 i 369,0 kg tomàtiga/kg N_{aplicat} . Les dosis altes resultaren en eficiències similars al control (Compost X i S), i inclús inferiors (compost E).

L'eficiència en l'ús del nitrogen (NUE) és normalment emprada per descriure la utilització dels "inputs" de N en relació als nivells de N aplicat (Fageria i Baligar, 2005). La disminució de la NUE a dosis altes d'aplicació es deu a que el increment en la producció fou menor que l'increment en l'aplicació de N. Es pot dir que no existeix relació de linealitat entre el increment de producció i la concentració de N al sòl, i a major proporció de N no és dona una major producció. A més, com a aspecte negatiu cal afegir que una major quantitat de N contingut al sòl, estarà subjecte a majors

pèrdues per volatilització de NH_3 , lixiviació i desnitrificació, amb els problemes que això comporta (Dordas i Sioulas, 2008). Malgrat això, alguns estudis suggereixen que aplicant dosis de l'ordre de 40-50 t/ha de composts procedents de residus sòlids urbans, es poden obtenir increments en la producció de raigràs proporcionals a la dosi d'aplicació (Iglesias-Jiménez i Álvarez, 1993).

En **P**, fou l'element que donà major rendiment pel que fa a la producció. De l'anàlisi estadística de l'eficiència en l'ús del P es desprenen tres grups homogenis totalment separats. Per una banda, el control presenta valors significativament més baixos que la resta ($482,5 \pm 41,8$ kg tomàtiga/kg P_{aplicat}). El segon grup el formen les tres dosis altes amb un valor mitjà d'aproximadament 3500 kg tomàtiga/kg P_{aplicat} , i finalment les dosis baixes, amb valors que oscil·laren entre 5157 i 6225 kg tomàtiga/kg P_{aplicat} . Un ús eficient del P comporta un fet ambiental considerable ja que la lixiviació d'aquest element podria estimular el creixement de plantes i algues aquàtiques i conduir a accelerar l'eutrofització de l'aigua (Sharpley *et al.* 1994).

Per al **K**, el rang de valors obtinguts és semblant als del N. A les dosis altes d'aplicació, els valors variaren des de 172,9 fins a 205,9 kg tomàtiga/kg K_{aplicat} , essent D2-E l'únic tractament que no resultà estadísticament diferent del control. Les tres dosis baixes foren estadísticament superiors al control, amb un rang de valors comprès entre 283,2 i 361,6 kg tomàtiga/kg K_{aplicat} .

5.4.3. Qualitat del fruit.

La qualitat del fruit s'avaluà mitjançant l'estudi del seu contingut en sòlids solubles totals (SST), acidesa (A), pH, duresa i contingut d'aigua.

S'observaren diferències significatives entre tractaments per al contingut en sòlids solubles totals i acidesa, però no així respecte del control (**figura 19**). Per altra banda, els valors de pH, contingut hídric i duresa del fruit no mostraren variació per als diferents tractaments de fertilització orgànica estudiats.

El contingut en SST no mostrà diferències significatives respecte al control i assolí valors compresos entre $5,90 \pm 0,11$ i $6,18 \pm 0,52$ °Brix, obtinguts a la D1-X i D1-E, respectivament (**figura 19**). Els valors de SST obtinguts concorden amb els aportats per Rivera *et al.* (2007) en una avaluació de paràmetres de qualitat de setze cultivars i

ecotipus de tomàtigs per al consum en fresc, i que obtingueren una variació entre 4,95 i 6,43 °Brix.

Els valors del contingut d'aigua del fruit no mostraren cap diferència per als diferents tractaments, presentant un valor mitjà de 91,9% d'humitat. Segons Campos *et al.* (2009), valors similars entre els diferents tractaments en el contingut d'aigua i en les taxes d'assimilació de CO₂, contribueixen a la homogeneïtat de resultats en el contingut de sòlids solubles totals.

Pel que fa als valors de pH, aquests no mostraren variacions en relació amb el control ni entre els diferents tractaments (**figura 19**). El rang de variació obtingut fou de $3,97 \pm 0,03$ de la D2-S fins a $4,01 \pm 0,05$ de D2-X, valors lleugerament inferiors als aportats per Rivera *et al.* (2007) que reporten un rang de valors de 4,09 fins a 4,31. San Miguel *et al.* (2007), en una avaluació de qualitat de tomàtigs de Cantàbria, consideraren que valors de pH entre 4 i 5 al llarg del cicle de cultiu són necessaris per a un bon sabor de la tomàtiga.

De manera similar al comportament dels valors de pH, la duresa del fruit no mostrà diferències respecte del control, i oscil·là al voltant de 45 unitats de duresa Shores (**figura 19**).

L'acidesa expressada en grams d'àcid cítric no mostrà diferències respecte del control, i varià entre $0,61 \pm 0,04$ i $0,69 \pm 0,05$ g àcid cítric/100 ml, valors obtinguts a la D1 i D2 del compost S, respectivament (**figura 19**). Les dades obtingudes al present estudi representen valors més elevats als obtinguts per altres autors. Rivera *et al.* (2007) mostraren diferències significatives entre cultivars diferents amb valors que variaren entre 0,25 i 0,41 g àcid cítric/100 ml. De la mateixa manera, Campos *et al.* (2008) obtingué un valor promig de $0,36 \pm 0,02$ g àcid cítric/100 ml en tomàtigs tipus "ensalada" cv. Toro F1.

A diferència de l'observat al present treball, Toor *et al.* (2006), en un estudi de la influència de diferents tipus de fertilitzants en la qualitat de la tomàtiga, descriuen un augment significatiu de l'acidesa del fruit en tomàtiguers cultivades sota un "mulch" orgànic.

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

Campos *et al.* 2009 indiquen que, a més de l'àcid cítric, un dels responsables de la variació de l'acidesa del fruit és l'àcid ascòrbic, a la vegada font important de vitamina C. Per tant, els elevats valors obtinguts podrien representar beneficis addicionals de la qualitat del fruit.

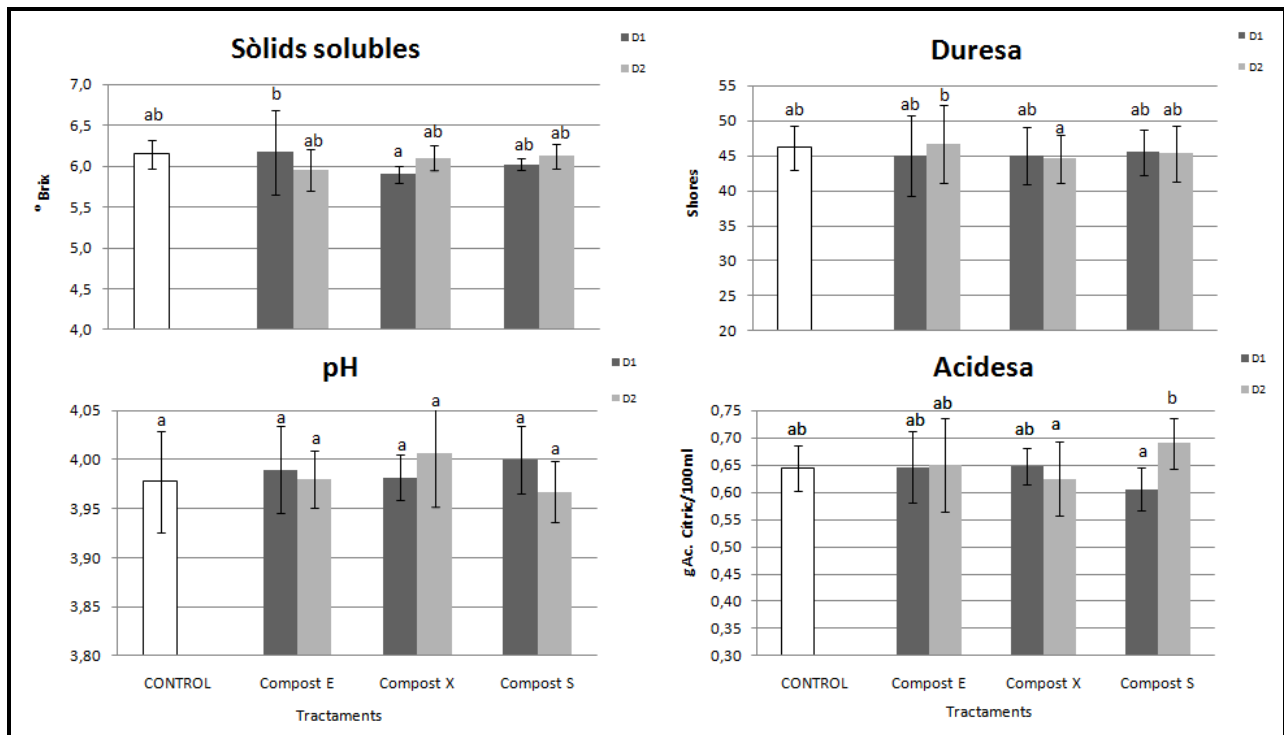


Figura 19. Principals paràmetres de qualitat analitzats al fruit. Les columnes per als sòlids solubles , pH i acidesa mostren la mitjana obtinguda a partir de vuit repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Les columnes per a la duresa del fruit mostren la mitjana obtinguda a partir de quaranta repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

Anza *et al.* (2006) assenyalen la importància de l'estimació del quocient SST/A en la qualitat del fruit, ja que els possibles canvis en aquesta relació són els que influeixen en l'acceptació del fruit per part del consumidor. De la mateixa manera Rivera *et al.* (2007) apunten l'existència de relació entre les dades experimentals del quocient SST/A i les valoracions de consumidors escollits a l'atzar. Els mateixos autors denominen tomàtiques "saboroses" a les que presenten una relació SST/A superior a 10, i aporten valors entre 14 i 25 per a tomàtiques destinades al consum en fresc. Atenent als resultats presentats a la **figura 20**, tant les mitjanes dels diferents tractaments com la del control, no superaren en cap cas el valor de 10. S'hauria de tenir en compte, però, que les tomàtiques emprades en aquest estudi són consumides de manera diferent al ser considerades "de fregar", i per tant, els baixos valors de la

relació SST/A no representarien un aspecte negatiu per a la qualitat d'aquest tipus de tomàtiga.

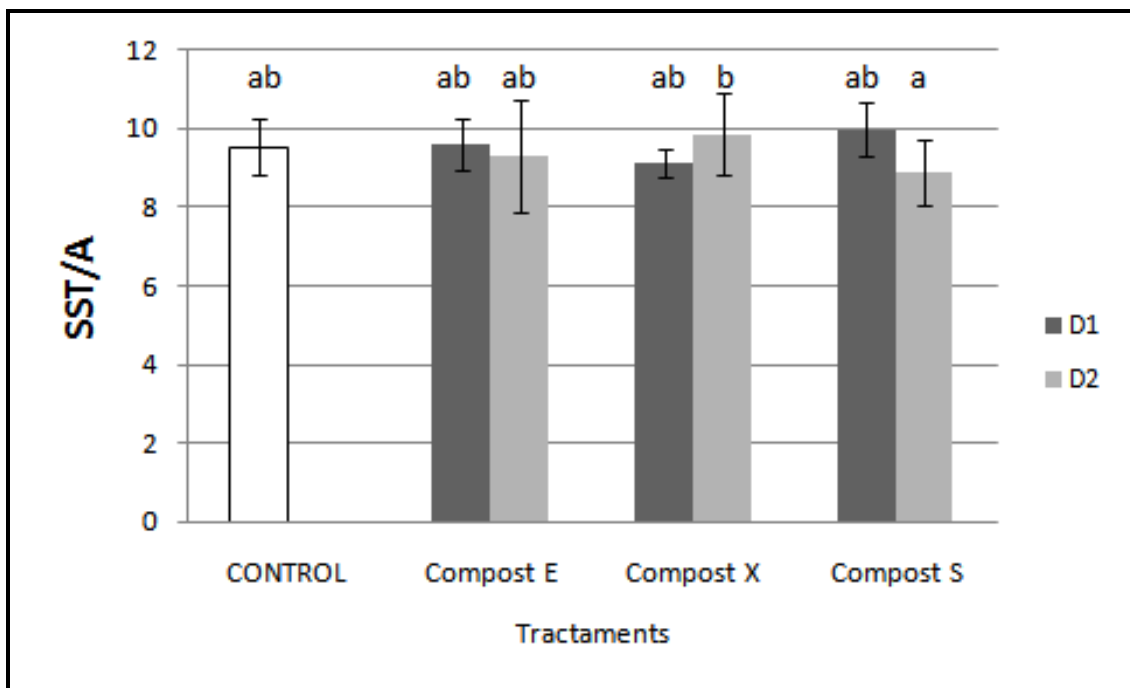


Figura 20. Relació entre sòlids solubles totals (SST) i acidesa (A). Les columnes mostren la mitjana obtinguda a partir de vuit repeticions $\pm$ desviació estàndard (barres). Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments, d'acord amb el test de rangs múltiples de Fisher per a la menor diferència significativa (LSD) a $P < 0,05$.

En el present estudi, els resultats obtinguts per aquest quocient, no presentaren diferències respecte del control (**figura 20**). S'aprecià l'existència de diferències entre la D2-X i D2-S, fet que concorden amb els resultats d'acidesa obtinguts per aquests dos tractaments. Aquest fet podria indicar que, en el present estudi, la relació SST/A està més influenciada per l'acidesa del fruit, ja que els sòlids solubles totals per aquests dos tractaments resultaren estadísticament iguals.

5.5. RESUM DELS RESULTATS.

A mode de resum, la **taula 19** agrupa els resultats obtinguts en els diferents blocs de l'apartat anterior i s'assigna un codi de colors seguint el següent criteri:

	Resultats estadísticament iguals al control a $P < 0,05$.
	Resultats estadísticament superiors al control a $P < 0,05$.
	Resultats estadísticament inferiors al control a $P < 0,05$.

De la mateixa manera, amb la finalitat d'observar quin dels blocs estudiats ha estat el més afectat per la fertilització orgànica, s'assignà un valor numèric de 1 a tots els casos diferents del control (**taula 19**), creant així un índex d'afecció relatiu (núm. de casos afectats · 100 / núm. de casos totals per a cada bloc) que dona una estimació de quin dels diferents apartats s'ha vist més afectat per la fertilització orgànica (**taula 20**).

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

Taula 19. Taula resum dels resultats. Diferències per sobre o per sota del control obtingudes a cada un dels blocs.

MESURES FISIOLÒGIQUES.		Compost E		Compost X		Compost S	
Determinació	Unitats	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Paràmetres morfològics i hídrics							
Contingut Hídric	%						
Pes específic	g/m ²						
Longitud màxima	m	1	1	1	1	1	1
Pes planta	kg	1	1	1	1	1	1
Pigments fotosintètics							
Clorofil·la <i>a</i>	mg/cm ²	1	1		1	1	1
Clorofil·la <i>b</i>	mg/cm ²	1					
Clorofil·la (<i>a+b</i>)	mg/cm ²	1				1	
Clorofil·la <i>a/b</i>	mg/cm ²				1		
Carotenoides	mg/cm ²	1	1		1	1	1
Intercanvi de gasos							
<i>A</i> _(max)	μmols CO ₂ /m ² s					1	
<i>g</i> _s	mols H ₂ O/m ² s	1	1	1	1	1	
<i>E</i>	mmols H ₂ O/m ² s	1	1	1	1	1	
<i>WUE</i> _i	μmols/ mmols						
Anàlisi foliar (Macronutrients)							
C	%			1			
N	g/kg						
P	g/kg	1		1	1		1
K ⁺	g/kg						
Ca ²⁺	g/kg						
Mg ²⁺	g/kg						
Anàlisi foliar (Micronutrients)							
Zn	g/kg			1	1	1	1
Fe	g/kg						
Mn	g/kg					1	1

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

ANÀLISI DEL FRUIT.		Compost E		Compost X		Compost S	
Determinació	Unitats	D1	D2	D1	D2	D1	D2
PRODUCCIÓ							
Acumulada	kg/planta	1	1	1	1		1
No comercial	kg/planta						
EFICIÈNCIA							
N	kg/kg N		1	1		1	
P	kg/kg P	1	1	1	1	1	1
K	kg/kg k	1		1	1	1	1
NPK	kg/kg NPK	1		1	1	1	1
QUALITAT DEL FRUIT							
pH							
Acidesa	g àcid cítric/100 ml						
Sòlids solubles	°Brix						
Duresa	Shores						
SST/A							
ANÀLISI FÍSICOQUÍMICA DEL SÒL.							
Determinació	Unitats	D1	D2	D1	D2	D1	D2
pH							
CE	dS/m, 25°C						
Carbonats	%						
Calcarí Act.	%				1		
MO	%						
C	%						
N	%	1	1	1		1	
C/N				1			1
P	mg/kg	1	1	1	1	1	1
Na⁺	mg/kg	1				1	
K⁺	mg/kg						
Mg²⁺	mg/kg						1
CIC	mg/kg	1	1	1	1	1	1

5. RESULTATS I DISCUSIÓ.

Taula 20. Resum numèric dels casos on es detectaren diferències respecte del tractament control.

	núm. de paràmetres analitzats	Compost E		Compost X		Compost S		núm. de casos afectats	IA (%)
		D1	D2	D1	D2	D1	D2		
MESURES FISIOLÒGIQUES.									
Paràmetres morfològics i hídrics	4	2	2	2	2	2	2	12	50
Pigments fotosintètics	5	4	2	0	3	3	2	14	47
Intercanvi de gasos	4	2	2	2	2	3	0	11	46
Anàlisi foliar (macronutrients)	6	1	0	2	1	0	1	5	14
Anàlisi foliar (micronutrients)	3	0	0	1	1	2	2	6	33
Total	22	9	6	7	9	10	7	48	36
ANÀLISI DEL FRUIT.									
Producció	2	1	1	1	1	0	1	5	42
Eficiència	4	3	2	4	3	4	3	19	79
Qualitat del fruit	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11	4	3	5	4	4	4	24	36
ANÀLISI FISCOQUÍMICA DEL SÒL.									
Total	13	4	3	4	3	4	4	22	28
TOTAL DOSI		17	12	16	16	18	15		
TOTAL COMPOST		29		32		33			

De la **taula 20** es desprén que el bloc de mesures fisiològiques juntament amb el dedicat a l'anàlisi del fruit han estat els més afectats per la fertilització orgànica, amb un índex d'afecció de 36%. Del primer del blocs, cal destacar els paràmetres morfològics i hídrics com els més afectats per la fertilització orgànica, mentre que de l'apartat dedicat a la qualitat del fruit, destaquen com a més afectats, l'eficiència en l'ús de macronutrients i la producció. També cal destacar que en l'estudi de la qualitat del fruit no s'observa ni un sol cas significativament diferent al control.

En darrer lloc trobam el bloc dedicat al sòl, amb un grau d'afecció de 28%, essent el contingut en P i la capacitat d'intercanvi catiònic els paràmetres amb major nombre de diferències respecte al control.

A l'observar el comportament dels diferents composts, trobam que el major nombre de diferències respecte del control (33) es donà degut al compost S, amb major importància de la D1 per sobre de la D2, seguit del compost X, amb 32 casos diferents al control, i finalment el compost E amb un total de 28.

CONCLUSIONS.

6. CONCLUSIONS.

De l'apartat de resultats i discussió exposat anteriorment, es poden extreure una sèrie de conclusions per tal de respondre als objectius marcats en el present estudi.

OBJECTIU GENERAL:

- Avaluar la aptitud d'utilització de composts de diferent origen com a fertilitzants orgànics en el cultiu de tomàtiga de ramellet, front a un fertilitzant comercial.

1. La fertilització d'origen orgànic a diferents dosi en el cultiu de tomàtiga de ramellet ha afectat de forma diferent tant al cicle del sòl, a la fisiologia de la planta, a la producció i qualitat, i ha aconseguit avançar la precocitat del cultiu augmentant la producció i sense afectar la qualitat del fruit.

OBJECTIUS ESPECÍFICS:

- S.O.1. Caracteritzar els diferents composts mitjançant la determinació d'una sèrie de paràmetres fisicoquímics.

2. Els diferents paràmetres analitzats a cada un dels tipus de compost variaren amb valors compresos dins dels rangs establerts per diferents autors en estudis amb composts similars.

3. En l'estudi dels metalls pesants continguts als composts, en cap cas s'excediren els marges establerts pel Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació en el Reial Decret 1310/1990, que regula la utilització de llocs de depuració en el sector agrari.

- S.O.2. Definir la dosi adequada d'aplicació per al cultiu de tomàtiga de ramellet.

4. La majoria de paràmetres analitzats no mostraren diferències entre les dosis aplicades. Malgrat això, les diferències més marcades entre dosis d'un mateix tractament es donaren en l'estudi de l'eficiència en l'ús dels nutrients aplicats on, de manera general s'obtingueren resultats més elevats per aquest paràmetre a les dosis baixes d'aplicació.

5. Els dos fets explicats, a més de l'absència de millores significatives en la producció de tomàtigs a la D2 per sobre D1, condueixen a descartar la aplicació de 21 t/ha de compost per al cultiu de la tomàtiga.

- S.O.3. Avaluar els possibles efectes de l'aplicació de composts en la composició fisicoquímica del sòl.

6. La fertilització orgànica millorà de manera significativa el contingut en nitrogen, fòsfor i capacitat d'intercanvi catiònic del sòl.

7. De la mateixa manera, s'enregistraren canvis respecte del detectat al control en la concentració de calcari actiu, la relació C/N, i el contingut en Na^+ i Mg^{2+} de les parcel·les fertilitzades de manera orgànica.

- S.O.4. Analitzar els canvis produïts al sòl durant el període de cultiu.

8. L'anàlisi fisicoquímica del sòl en el temps mostrà canvis significatius en la conductivitat elèctrica i les concentracions de P i C. De manera general, es donà una disminució en el mostreig d'octubre respecte de l'anterior, fet atribuïble, en primer lloc, a l'extracció de nutrients per part del cultiu, i en segon lloc, al possible rentat de sòl produït per les abundants pluges enregistrades al final de cultiu.

- S.O.5. Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre diferents paràmetres hídrics i morfològics.

9. El contingut hídric foliar i el pes específic foliar no es veren afectats per la fertilització orgànica.

10. Tant la longitud màxima de la planta com el seu pes total experimentaren al final del cultiu un augment significatiu per sobre del control en tots els casos estudiats.

- S.O.6. *Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre la composició de pigments fotosintètics.*

11. Les parcel·les fertilitzades de manera orgànica presentaren una disminució en el seu contingut en pigments fotosintètics, essent la clorofil·la *a* i els carotenoides els que enregistraren aquest descens en la major part dels casos.

- S.O.7. *Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre els processos d'intercanvi de gasos de la planta.*

12. L'aplicació de compost no afectà de manera significativa la fotosíntesi neta sota condicions de llum saturant ni la eficiència en l'ús de l'aigua.

13. Els resultats indicaren un augment de la conductància estomàtica per sobre del control, probablement degut a diferències en el dèficit de pressió de vapor enregistrades durant el procés de presa de dades.

14. L'anàlisi de la taxa d'assimilació de CO₂ a nivell de planta sencera mostrà un augment significatiu a tots els tractaments, a excepció de D2-E.

- S.O.8. *Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre el contingut foliar d'elements.*

15. El P és l'únic dels macronutrients estudiats en fulla que mostrà diferències significatives respecte del control, exhibint de manera general un augment en el seu contingut, probablement degut a la major concentració d'aquest element enregistrada al sòl de les parcel·les fertilitzades de manera orgànica.

16. En l'estudi foliar de micronutrients, s'observà un augment en la concentració de Zn a les parcel·les on s'aplicaren composts formats per llots de depuradora.

17. Al comparar les dades obtingudes amb els valors de referència es pot observar que el potassi és l'únic element que es troba en concentracions de deficiència en tots els tractaments.

- S.O.9. Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre la producció.

18. L'aplicació de composts suposà una millora significativa pel que fa a la producció, aconseguint uns augments, front al fertilitzant mineral, de 57%, 56% i 38% per als composts E, X i S, respectivament.

19. La producció no comercial no es va veure afectada per la fertilització orgànica.

20. S'observà un efecte en la precocitat de la producció de tomàtigs en les parcel·les fertilitzades de manera orgànica, fet que podria resultar important a l'hora d'avançar el cultiu i evitar així possibles pluges, més freqüents al mes de setembre.

- S.O.10. Avaluar l'eficiència en l'ús dels principals macronutrients aplicats.

21. L'aplicació de composts suposà un augment en l'eficiència en l'ús dels macronutrients aplicats quan referim aquest paràmetre a la producció obtinguda a cada parcel·la.

22. La dosi de 14 t/ha obtingué una major eficiència en l'ús del fertilitzant quan es comparà amb la dosi de 21 t/ha.

- S.O.11. Avaluar els efectes de l'aplicació de compost sobre la qualitat del fruit.

23. En cap cas, l'aplicació de compost afectà els paràmetres de qualitat del fruit estudiats, per tant, l'ús de fertilitzants orgànics no disminueix en cap cas la seva qualitat.

RECOMANACIONS.

7. RECOMANACIONS.

L'estudi de l'aplicació de compost com a fertilitzant orgànic en el cultiu de tomàtiga de ramellet ha permès adquirir experiència i profunditzar en el tema, no obstant això, durant el desenvolupament del treball s'han generat nous dubtes i interrogants que ara es proposen com a base d'investigacions futures:

1. Ampliar la caracterització dels composts mitjançant de l'estudi de possibles agents patògens.
2. Estudiar els possibles rentats o lixiviació dels nutrients, comparant els diferents tipus de composts front als fertilitzants convencionals.
3. Realitzar un estudi econòmic, fent un balanç de les despeses i els beneficis de producció de cada tipus de tractament en comparació amb la fertilització mineral tradicional.
4. Estudiar la possible influència de l'aplicació de composts sobre els caràcters exclusius de la tomàtiga de ramellet: la resistència a la sequera del cultiu i la perdurabilitat del fruit.
5. Profunditzar en l'estudi de metalls pesants, determinant la composició de metalls pesants segons la zona de procedència del compost, així com el conseqüent estudi del contingut de metalls pesants al fruit.
6. Analitzar els efectes de l'aplicació de compost sobre la biomassa de la planta i l'índex d'àrea foliar.
7. Avaluar la possibilitat d'extrapolació dels resultats obtinguts a altres cultius hortícoles de comportament similar com el pebre, meló, síndria, etc.
8. Reproduir l'experiment sota condicions de laboratori amb un major control de les diferents variables que hi participen (factors climàtics, edafològics), evitant la complexitat de totes les variables no controlables que intervenen al sòl.

BIBLIOGRAFIA.

8. BIBLIOGRAFIA.

- Alloway B.J. (1995). Soil processes and the behavior of metals. En: Heavy Metals in soils . 11-37. (Ed.): Alloway B.J. Blackie, Chapman & Hall. Londres.
- Anza M., Riga P., Garbisu C. (2006). Effects of variety and growth season on the organoleptic and nutritional quality of hydroponically grown tomato. Journal of Food Quality. 29: 16-37.
- Bota J., Cifre J., Rosselló J., Medrano H., Robbins M., Sim S., Francis D. (2008). Morphological and DNA sequence variation in local varieties of tomato from the Balearic Archipelago. Plant and Animal Genomes XVI Conference. 429 p. January 12-16, 2008. Town & Country Convention Center. San Diego, CA. USA.
- Bressler E. (1997). Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. Advances in Agronomy. 29: 344-393.
- Buyatti M. (2000). Evaluación del comportamiento agronómico del aserrín de salicáceas compostado en mezcla con perlita para la producción de plantines florales. Horticultura Argentina. 19: 94.
- Cajigas A. (1991). Directiva Comunitaria sobre tratamientos de aguas residuales municipales. Ingeniería Química, Julio 1991. 147-152.
- Camejo D., Rodríguez P., Morales M.A., Dell'Amico J.M., Torrecillas A., Alarcón J.J. (2005). High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. Journal of Plant Physiology. 162: 281-289.
- Campos H., Trejo C., Peña-Valdivia C.B., Ramírez-Ayala C., Sánchez-García P. (2009). Effect of partial rootzone drying on growth, gas Exchange, and yield of tomato (*solanum lycopersicum* L.). Scientia Horticulturae. 120: 493-499.
- Candolle A. (1883). Origine des plantes cultivées. 10ª edición. Baillière, París.
- Canet R., Pomares F., Albiach R., Tarazona F., Ibañez M.A., Ingelmo F. (2001). Chemical and physiochemical properties of MSW composts in the area of Valencia (Eastern-Spain). Compost Science and Utilization.
- Cristóbal F. (1990). Visión general sobre la gestión del fango en España. Revista Técnica de Medio Ambiente. 2: 57-70.
- De gracia J., Tittonell P.A., Chiesa A. (2004). Growth and quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) transplants as affected by substrate properties and irrigation frequency. Advances in Horticultural Sciences 18: 181-187.

- De Gracia J., Tuttonell P.A., Chiesa A. (2006). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). Ciencia e Investigación Agraria. 34(3): 195-204.
- Decret 116/2010, de 19 de novembre, de determinació i delimitació de zones vulnerables per la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries i el seu programa de seguiment i control del domini públic hidràulic. BOIB núm. 170 de 23 de novembre de 2010.
- Directiva 91/271/CEE del Consell, de 21 de maig de 1991, sobre el tractament de les aigües residuals urbanes. DOCE núm. L 135, de 30 de maig de 1991.
- Directiva 99/31/CEE del Consell, de 26 d'abril de 1999, relativa a l'abocament de residus. DOCE núm. L 182, de 16 de juliol de 1999.
- Dordas C.A., Sioulas C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial crops and products. 27: 75-85.
- Duffus J.H. (2002), Heavy metals: a meaningless term? Pure and Applied Chemistry. 74: 793-807.
- Fageria N.K., Bagliar V.C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185.
- Fuentes J.L. (1997). Manual Práctico sobre utilización de Suelo y Fertilizantes. 159 p. (Eds.): Ediciones Mundi-Prensa, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Galmés J., Conesa M.A., Ochogavía J.M., Perdomo J.A., Francis D.M., Ribas-Carbó M., Savé R., Flexas J., Medrano H., Cifre J. (2011). Physiological and morphological adaptations in relation to water use efficiency in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*. Plant, Cell and Environment. 34: 245-260.
- García-Gomez A., Bernal M., Roig A. (2003). Carbon mineralization and plant growth in soil amended with compost samples at different degrees of maturity. Waste Management and Research. 21: 161-171.
- Grubben G.J.H. (1977). Tropical vegetables and their genetic resources. AGPE: IBPGR 77/23.
- Gupta U.C., Gupta S.C. (1998). Trace elements toxicity relationships to crop productions and livestock and human health: Implication for management. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 29: 1491-1522.

- Hargreaves J.C., Adl M.S., Warman P.R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 123: 1-14.
- Hebbbar S.S., Ramachandrappa B.K., Nanjappa H.V., Prabhakar M. (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *European Journal of Agronomy*. 21: 117-127.
- Iglesias E. (1991). Estudio del compostaje termófilo y aerobio de los residuos sólidos urbanos de Tenerife. Poder estabilizante del compost y dinámica de los nutrientes aportados en un sistema suelo-planta. Tesis Doctoral. (Ed): Secretariado de publicaciones, Universidad de La Laguna, Tenerife.
- Iglesias-Jiménez E., Álvarez C. (1993). Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*. 16: 313-318.
- Iglesias-Jiménez E., García V., Espino M., Hernández J. (1993). City refuse compost as a phosphorus source to overcome the P-fixation capacity of sesquioxide-rich soils. *Plant Soil*. 148: 115-127.
- Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado, (Normas básicas). 280 p. (Coed.): Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Comercio. (Ed.): Mundi-prensa. (1992). Madrid.
- Jakobsen S. (1995). Aerobic decomposition of organic wastes 2. Value of compost as fertilizer. *Resources, Conservation and Recycling*. 13: 57-71.
- Jones L.H., Jarvis S.C. (1981). The fate of Heavy Metals. En: *The Chemistry of Soil Process*. 615 p. (Eds.): Greenland D.J., Hayes M.H. John Wiley and Sons. UK.
- Juan M., Rivero R.M., Romero L., Ruiz J.M. (2005). Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. *Environmental and Experimental Botany*. 54(3): 193-201.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. (1992). *Trace Elements in Soils and Plants*, 2ª ed. 365 p. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Kang S., Zhang L., Hu X., Li Z., Jeire P. (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial root. *Scientia Horticulturae*. 89: 257-267.
- Kebede H., Martin B., Nienhuis J., King G. (1994). Leaf Anatomy of Two *Lycopersicon* Species with Contrasting Gas Exchange Properties. *Crop Science*. 34: 108-113.
- Kjeldahl J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*. 22: 366.

- Leskovar D.I., and Stofella P.J. (1995). Vegetable seedling root systems: Morphology, development, and importance. *HortScience*. 30: 1153-1159.
- Lichtenthaler H.K. (1978). Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. En: *Methods in Enzymology*. 148: 350-382. (Eds): Douce R. and Packer L. Academic Press Inc., Nova York.
- Llei 10/1998, de 21 d'abril, de residus. BOE núm. 96, de 22 d'abril de 1998.
- López Arias M., Grau J.M. (2005). Metales Pesados, Materia Orgànica y otros Parámetros de la Capa Superficial de los Suelos Agrícolas y de Pastos de la España Peninsular I. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación. Madrid.
- Magán J.J., Gallardo M., Thompson R.B., Lorenzo P. (2008). Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 95: 1041-1055.
- MAPA. (1994). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Métodos oficiales de análisis. Métodos oficiales de análisis de plantas. Tomo III: 13-38.
- MAPA. (1994). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Métodos oficiales de análisis. Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riego. Tomo III: 205-324.
- MAPA. (1994). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Métodos oficiales de análisis. Métodos oficiales de análisis de zumos de frutas, otros vegetales y sus derivados. Tomo I: 643-694.
- MAPA. (1996). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dades procedents del Registro Nacional de Lodos Agrícolas, en comunicació de desembre de 1996.
- Mkhabela M., Warman P.R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops, grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 106: 57-67.
- Muñoz P., Anton A., Doltra J., Ariño J., Huerta O., López M. (2008). Aplicación de compost procedente de residuos sólidos urbanos para la producción de tomate. En: *Proceso y destino del compost, formación, información e interrelaciones entre los agentes del sector; Ponencias y comunicaciones de las I Jornadas de la Red Española de Compostaje*. 244-247. (Eds.): Huerta O., Martínez F.X., López M., Barcelona.
- Muñoz P., Anton A., Montero J.I. (2006). Efectos de la reducción de la fertilización nitrogenada en un cultivo de tomate en invernadero. En: XXXVI Seminario de

- técnicos y especialistas en horticultura. 455-462. (Ed.): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Ibiza.
- Navarro S., Navarro G. (2000). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 488 p. (Ed.): Mundi-Prensa, Madrid.
- Nuez F. (2001). El cultivo del tomate. 793 p. (Ed.): Mundi-Prensa, Madrid.
- Ochogavía J.M. (2009). Estudi morfològic, fenològic i productiu de les poblacions de tomàtiga de ramellet de les Illes Balears. Directrius per a la seva conservació. 123 p. Projecte per a l'obtenció del títol de grau en Enginyeria Tècnica Agrícola en hortofruïticultura i jardineria. Universitat de les Illes Balears.
- Ochogavía J.M., López M., Rigo M., Garau M.M., March J., Moscardó J., Jaume J., Conesa M.A., Galmés J., Bota J., Francis D., Medrano H., Martorell A., Cifre J. (2011). Caracterització de les poblacions de tomàtiga de ramellet de les Illes Balears. 100 p. (Ed.): Conselleria de Presidència. Agricultura i Pesca.
- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. Department of Agriculture. Circular 939. U.S. Washington, D. C.
- Ordre de la Consellera de Medi Ambient de 24 de febrer de 2000, de designació de les zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats procedents de fonts agrícoles i Programa d'actuació en matèria de seguiment i control del domini públic hidràulic. BOIB núm. 31 d' 11 de març de 2000.
- Ordre del Conseller d'Agricultura i Pesca de 21 de setembre de 2001, en el qual s'aprova el programa d'actuació aplicable a la zona declarada vulnerable en relació amb la contaminació per nitrats d'origen agrari. BOIB núm. 118 de 2 d'octubre de 2001.
- Pascale S.D., Barbieri G. (1995). Effects of salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. Scientia Horticulturae. 64: 145-157.
- Pérez C. (1998). Métodos estadísticos con STATGRAPHICS para Windows. Técnicas básicas. 705 p. (Ed.): Ra-ma, Madrid.
- Pomares F., Canet R. (2001). Residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. 1-15. (Eds.): Boixadera J., Teira M.R., Lleida.
- Prieto F.S. (2005). Calidad del plantín de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivado en sustratos adicionados con lombricompuesto. Tesis de grado. 14 p. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

- Rallo J. (2006). Nitrats agrícoles: Alerta! Risc de contaminació de les aigües. 116 p. (Ed.): Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario. BOE núm. 262.
- Real Decreto 824/2005, de 8 de Julio, sobre productos fertilizantes. BOE núm. 171.
- Resolució de la Consellera d'Agricultura i Pesca de 6 de maig de 2009, per la qual s'aprova el programa d'actuació aplicable a les zones declarades vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats d'origen agrari de les Illes Balears. BOIB núm. 73 EXT. del 20 de maig de 2009.
- Rick C.M. (1978). El tomate. Investigación y Ciencia. 25: 45-55.
- Rivera A., Pomar F., Taboada A., Fernández J.A., Rodríguez U. (2007). Evaluación de parámetros de calidad en cultivares y ecotipos de tomate para el consumo en fresco. En: XXXVII Seminario de técnicos y especialistas en horticultura. 561-569. (Ed.): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Almería.
- Rodríguez J.A., López M., Grau J.M. (2009). Metales Pesados, Materia Orgánica y otros Parámetros de los Suelos Agrícolas Y Pastos de España. 225 p. (Ed.): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ross S. (1994). Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. En: Toxic metals in soil-plant systems. 469 p. (Ed.): Ross S. Wiley, Chichester.
- Rosselló C., Bestard I., Cañellas J., Femenia A., Simal S. (2002). Conèixer i gaudir els aliments a les Illes Balears. (Ed): Universitat de les Illes Balears i Conselleria d'Agricultura i Pesca. Palma de Mallorca.
- San Miguel B., Fernández S., Gutiérrez S., García E.M., Gutiérrez M. (2007). Evaluación agronómica y de calidad de diferentes cultivares de tomate "CC. Calidad controlada" de Cantabria. En: XXXVII Seminario de técnicos y especialistas en horticultura. 541-559. (Ed.): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Almería.
- Sessay A.A., Lasaridi K., Stentiford E., Budd T. (1997). Controlled composting of paper pulp sludge using the aerated static pile method. Compost Science and Utilization. 5(1): 82-96.
- Sharpley A., Chapra S., Wedepohl R., Sims J., Daniel T., Reddy K. (1994). Managing agricultural phosphorous for protection of surface waters: issues and options. Journal of Environmental Quality. 23: 437-451.

- Sociés A.M. (2007). Bases para un estudio transdisciplinario, de la tomàtiga de ramellet, *Lycopersicon esculentum* Mill., varietat local de la isla de Mallorca. 124 p. Tesis per a l'obtenció de títol de Màster: Agroecologia: Un enfocament sustentable de la Agricultura Ecològica. Universidad de Córdoba-Universidad Internacional de Andalucía.
- Stabnikova O., Goh W.K., Ding H.B., Tay J.H., Wang J.Y. (2005). The use of sewage sludge and horticultural waste to develop artificial soil for plant cultivation in Singapore. *Bioresource Technology*. 96: 1073-1080.
- Stevens M.A. (1974). Varietal influence on nutritional value. En: Nutritional qualities of fresh fruits and vegetables. 87-110. (Eds): White P.L., Silvey N. Futura Publications. New York.
- Tiquia S.M., Tam N.F.Y. (2000). Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration. *Bioresource Technology*. 72: 1-7.
- Toor R.K., Savage G.P., Heeb A. (2006). Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 20-27.
- Valenzuela J.L., Murcia D., Lozano J.F., Aguilera C. (1997). Fertirrigación carbónica en tomate.1. Efectos en el suelo y en el contenido foliar de nutrientes. En: Actas de horticultura. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación (Tomo 1, Vol. 19). 202-208. A.M.V. Ediciones. Madrid.
- Vázquez N., Pardo A., Suso M.L., Quemada M. (2006). Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 112: 313-323.
- Vergara J.M., Vera J., Colombàs M. (2006). El Compost com a Substrat Alternatiu en Viverisme i Hidroponia. 23 p. (Ed.): Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- Villar P., Arán M. (2008). Guia d'interpretació d'anàlisis de sòls i plantes. 78 p. (Eds.): Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció rural, i Consell Català de la Producció Integrada.
- Walkey A., Black I.A. (1932). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modifications of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.
- Wien H.C. (1997). Transplanting. In: The physiology of Vegetable Crops. 37-67. (Ed): H.C. Wien. CAB International, Oxon, UK.
- Wilcox G.E. (1993). Chapter 13. Tomato. En: Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants. 137-141. (Ed): Bennett W.F., Texas.

8. BIBLIOGRAFIA.

Zhang M., Heaney D., Henriquez B., Solberg E., Bittner E. (2006). A four year study on influence of biosolids/MSW cocompost applications in less productive soils I Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science And Utilization*. 14(1): 68-80.