

ESTUDI DE LES CÀRREGUES AMBIENTALS DEL COMPOSTATGE CASOLÀ. SIMULACIÓ D'UN SISTEMA DE COMPOSTATGE DOMÈSTIC I DETERMINACIÓ D'EMISSIONS DE GASOS CONTAMINANTS.

ESTUDIO DE LAS CARGAS AMBIENTALES DEL COMPOSTAJE CASERO. SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE DOMÉSTICO Y DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES.

STUDY OF HOME COMPOSTING ENVIRONMENTAL LOADS. SIMULATION OF A DOMESTIC COMPOSTING SYSTEM AND DETERMINATION OF THE GASEOUS EMISSIONS

Thais Lleó Leida. Llicenciatura de Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona.

Paraules clau: en negreta

Resum

Aquest treball s'enfoca cap l'anàlisi de les **emissions de gasos** amb un potencial impacte negatiu sobre l'entorn que es poden emetre a l'atmosfera durant el compostatge casolà com són el **metà** i l'**òxid nítrós** pel seu paper de gasos d'efecte hivernacle i l'**amoníac**, però sense oblidar el seguiment dels paràmetres del procés en si i la determinació de la qualitat del **compost** produït.

Durant poc més de 6 mesos s'ha simulat un sistema de **compostatge casolà** tal i com podria donar-se en un domicili particular i s'ha confirmat la seva eficàcia en la reducció en pes del residu tractat així com l'obtenció d'un producte final altament estable i d'una qualitat més que acceptable. Pel que fa a les emissions de gasos, les quantitats determinades no són menyspreables. L'experiment s'ha realitzat per triplicat. Les emissions són molt erràtiques i no s'han trobat patrons clars en la seva evolució durant el procés de compostatge més enllà d'una certa correlació entre les emissions d'amoníac i la diferència de temperatures entre l'ambient i l'interior dels compostadors. Cal destacar un elevat grau de biaix en la determinació d'emissions gasoses a petita escala, com és el cas del compostatge casolà. Finalment constatar que la generació de lixiviats en el compostatge domèstic pot ser important donat el contingut en aigua de la **matèria orgànica** tractada a nivell casolà i el limitat accés a material estructurant sec que es té per a compensar-les.

Resumen

Este trabajo se enfoca hacia el análisis de las **emisiones de gases** con un potencial impacto negativo sobre el entorno y que pueden liberarse a la atmosfera durante el **compostaje casero** como son el

metano y el **óxido nítrico** por su papel de gases de efecto invernadero y el **amoníaco** , pero sin olvidar el seguimiento de los parámetros del proceso en sí y la determinación de la calidad del **compost** producido.

Durante poco más de 6 meses se ha simulado un sistema de compostaje doméstico, tal y como tendría lugar en un domicilio particular y se ha confirmado su eficacia en la reducción en peso del residuo tratado así como la obtención de un producto final altamente estable y de una calidad más que aceptable. En cuanto a las emisiones de gases, las cantidades determinadas no son despreciables. El experimento se ha realizado por triplicado. Las emisiones son muy erráticas y no se han encontrado patrones claros en su evolución durante el proceso más allá de una cierta correlación entre las emisiones de amoníaco y la diferencia de temperaturas entre el ambiente y el interior de los compostadores. Destacar un alto grado de sesgo en la determinación de la emisión de gases a pequeña escala, como es el caso del compostaje casero. Finalmente constatar que la generación de **lixiviados** en el compostaje doméstico puede ser importante dado el contenido en agua de la **materia orgánica** tratada a nivel casero y el limitado acceso a material estructurante seco que se tiene para compensarlas.

Abstract

*This paper focuses on the analysis of **gas emissions** with a potential negative impact on the environment, that can be emitted into the atmosphere through home composting, such as **methane** and **nitrous oxide** for their role as greenhouse effect gases, and **ammonia**, but taking into account the monitoring of process parameters and the analysis of the quality of produced **compost**.*

A home composting system has been simulated for 6 months by triplicate monitoring its effectiveness in reducing the weight of the treated waste and in obtaining a high stable good quality end product. Regarding emissions, the determined amounts are not negligible although the quantification performed in the study had a high degree of bias due to the low scale of the system and this should be taken into consideration. Emissions are very erratic and no clear patterns in their evolution during the composting process had been found beyond a certain correlation between ammonia emissions and the temperature difference between outside and inside the compost bin. The generation of leachate in home composting could be significant because of the water content of the organic matter generated at home scale and the limited access to dry bulking material to compensate it.

INTRODUCCIÓ

La recollida segregada i la gestió de la matèria orgànica és la columna vertebral del sistema de gestió de residus actual. En primer lloc, perquè si es separa correctament en origen, s'obté un producte noble, un adob molt valuós especialment en l'àmbit mediterrani on els sòls són pobres en fracció orgànica i el risc d'erosió i l'impacte per desertificació elevats. En segon lloc, perquè la directiva europea (1999/31/CE) sobre abocadors limita substancialment l'entrada en aquestes instal·lacions de matèria biodegradable i que imposa als estats membres l'obligació d'establir i revisar periòdicament estratègies nacionals de gestió dels residus.

Atès l'actual panorama de generació creixent de residus, les diferents polítiques versades en la seva gestió, ja siguin europees o municipals, s'estan encaminant cap la prevenció de residus a través de mesures que en fomentin la reducció, la reutilització i el tractament en origen com a eixos per a estalviar recursos, costos i contaminació.

Segons l'Agència de Residus de Catalunya (ARC), al 2010 cada català va generar aproximadament 220 kg de residus orgànics, el que suposa un quantitat total de 1.652.723,82 tn¹, de les quals només es van recollir selectivament 517.000,09² tn.

Amb les noves orientacions de les polítiques de gestió de residus no només es prioritza la prevenció de residus, per davant del reciclatge si no que la participació ciutadana passar a ser una de les prioritats d'actuació.

El compostatge i, particularment, el casolà, entès com aquell compostatge de les restes alimentàries que generen els habitants d'una llar i que es porta a terme in situ en el mateix habitatge, a més d'avantatges econòmiques i ambientals, té un valor afegit important, el seu caràcter didàctic i sensibilitzador en vers la ciutadania. A nivell català, és una alternativa de tractament per a la matèria orgànica que desperta força interès tal i com queda recollit en diversos plans de prevenció municipals.

Sens dubte, correctament gestionat, el compostatge casolà pot tenir beneficis tant ambientals com econòmics i socials, però no s'ha d'oblidar que tota activitat humana comporta també uns impactes sobre l'entorn, tal com apunten alguns estudis (Colón i col. 2010 i Andersen i col. 2010) i el compostatge, encara que sigui a nivell domèstic, no n'és una excepció.

¹ Sobre una població de 7.512.381 habitants (ARC.2010)

² Sumatori de la FORM (410.011,03 tn) i la FV (106.989,06 tn) recollides selectivament l'any 2010 (ARC. 2010)

Els processos de reciclatge de la matèria orgànica poden tenir un impacte negatiu sobre l'entorn. Les olors, els gasos que es poden emetre a l'atmosfera així com els líquids lixiviats o l'energia consumida constitueixen els aspectes més rellevants a considerar.

A nivell pràctic, les olors i la generació de lixiviats poden generar un rebuig social vers aquests tractaments, però les emissions de gasos com l'amoniac, el metà o l'òxid nitrós suposen un impacte que va més enllà d'una simple molèstia local, un impacte més global. Concretament, tant l'òxid nitrós com el metà, són gasos amb uns potencials d'efecte hivernacle 25 i 298 vegades més elevats que el CO₂ per un horitzó de 100 anys i dos dels sis que el protocol de Kyoto insta a reduir.

Així doncs, tres motius justifiquen el projecte que es presenta. L'interès que desperta el compostatge casolà en les actuals polítiques de gestió de residus pels beneficis que té o pot tenir. Els impactes sobre l'entorn, especialment els deguts a l'emissió a l'atmosfera de gasos contaminants, que aquesta tecnologia pot suposar segons els estudis acadèmics. I finalment, el poc coneixement, a nivell científic, existent sobre d'aquest mètode de compostatge.

Comentar que el projecte final de carrera de Ciències Ambientals que es presenta, té com a punt de partida l'estudi "The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale" (Colón, J., Martínez-Blanco, J., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., Font, X. 2010) i s'emmarca dins el projecte europeu "**Low Cost - Zero Waste Municipality**" (Baix Cost - Zero Residus Municipals) integrat en l'espai MED **Acció 2** per a la protecció del medi ambient i la promoció d'un desenvolupament territorial sostenible. En aquest projecte, entre altres socis europeus, hi participa la Universitat Autònoma de Barcelona, a través del Departament d'Enginyeria Química.

Des d'aquesta perspectiva, l'objectiu d'aquest projecte, de gran càrrega pràctica, ha estat simular el procés de compostatge de residus orgànics tal i com es podria donar en un domicili particular i determinar les emissions de gasos amb un potencial impacte negatiu (metà, òxid nitrós i amoniac) produïdes durant el procés i comparar les dades recollides amb els resultats d'altres estudis malgrat les diferents metodologies emprades i determinar la qualitat del compost final obtingut.

MATERIALS i MÈTODES

El treball de camp en el que es basa aquest projecte ha tingut una durada de 200 dies, de novembre de 2010 a juny de 2011.

Compostadors i Ubicació

Per a aquest projecte d' autocompostatge s'han fet servir tres compostadors modulars idèntics, fets a partir de plàstic de post-consum amb una capacitat de 0,288 m³ cada unitat, que es van ubicar en el lateral de la zona pilot (caseta del Grup de Compostatge) que es troba localitzada als exteriors de l'Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) en una zona relativament ombrejada i sobre paviment per a permetre la recollida dels lixiviats (figura 1).

Alimentació, posada en marxa i seguiment

Els compostadors de l'experiment s'han alimentat exclusivament amb material vegetal (FORM) equiparable al generat per una llar, subministrada per la fruiteria "El Cabàs" de Barcelona³ i el Punt Verd de Mercabarna (PVM). Atesa l'elevada humitat i l'alt grau de compactació de la FORM emprada s'ha utilitzat poda (FV) procedent de l'Ecoparc 2 de Montcada i Reixach i Parcs i Jardins de Barcelona per donar estructura a la barreja i compensar-ne la humitat.

Per engegar el procés, s'ha fet una primera càrrega a cada compostador de 64,65 kg a parts iguals en volum (1:1) de FORM i FV complementada amb un inòcul de compost madur i material recirculat de la planta de compostatge de la Mancomunitat de la Plana. La caracterització d'aquest materials es troba recollida a la taula 1.

Atès que en l'estudi es vol simular el que tindria lloc en un procés de compostatge casolà en una llar, la quantitat de FORM aportada als compostadors cal que sigui representativa del que genera una família tipus de quatre membres. A partir del treball de Vázquez i Sánchez (2005) es calcula una aportació setmanal en dos alimentacions de FORM de 8 kg més l'equivalent en volum 1:1 de FV. Malgrat aquest càlcul de partida es va alterar a partir de la setmana 13 reduït l'aportació de FORM a 4,7 kg per necessitats de la humitat del procés.

Complementant les alimentacions, setmanalment s'han fet aeracions del contingut dels compostadors per homogeneïtzar el material, mantenir les condicions de aerobiosis i regular la humitat. I s'han fet dues descàrregues del material, una a la setmana 13 i l'altra al final de l'experiment, setmana 29.

No s'ha pogut localitzar cap metodologia de seguiment del procés de compostatge casolà per la qual cosa s'ha optat per dissenyar una fitxa pròpia d'observació i seguiment del procés on s'han recollit:

³ Fruiteria El Cabàs tot del camp c/ Provença, 487, 08025 Barcelona

les mesures de temperatura ambient i interior dels compostadors, les olors, el volum de lixiviats recollits a les safates inferiors, la velocitat d'emissió, observació de presència d'organismes, grau de condensació d'aigua (sota la part inferior de la tapa). Aquesta recopilació de dades s'ha complementat amb les anàlisi de mostres de material sòlid de l'interior dels compostadors duts a terme, aproximadament, 1 cop cada 3 setmanes, per a fer el seguiment de l'evolució del procés.

Sobre les mostres sòlides s'han realitzat analítiques de pH, conductivitat, contingut d'humitat, matèria seca i matèria orgànica segons els protocols establerts per US Department of Agriculture and Council. (2001) i sempre que ha estat possible s'ha fet el seguiment del contingut en nitrogen total a través del mètode Kjeldhal.

Tant del material de la càrrega inicial (matèria orgànica pre-tractament) com del compost retirat en les dues extraccions i el final s'han dut a terme anàlisis respiromètriques. Seguint les recomanacions europees, per a determinar l'estabilitat de les mostres de l'estudi s'ha fet servir l'Índex Respiromètric Dinàmic per a residus urbans orgànics segons el protocol establert pel Grup de compostatge de residus sòlids orgànics del Departament d'Enginyeria Química de la UAB (GICOM, 2008).

Sobre els lixiviats recollits s'han realitzat les analítiques bàsiques (ph, conductivitat i contingut en matèria orgànica) a més de determinar mitjançant un TOC de líquids el seu contingut en carboni orgànic.

Determinació de les emissions gasoses

El NH_3 és el gas que més atenció centra en els estudis perquè es sol produir en quantitats significatives durant el compostatge (després del CO_2) i que a grans quantitats genera olors a més de contaminació. En l'estudi, el mostreig d'aquest gas s'ha fet quasi setmanalment, des de finals de novembre de 2010 fins a principis de juny de 2011 i les mesures s'han realitzat directament amb un detector Multigas model ITX amb un rang de mesura de 0 a 200 ppmv i un límits de detecció d'1 ppmv.

Per l'anàlisi de N_2O i CH_4 s'ha fet servir una metodologia desenvolupada per Cadena (2009) i adaptada al compostatge casolà. Les mesures s'han pres en un sol punt de la superfície del material assumint que l'emissió és homogènia en tota la superfície del compostador ($0,36 \text{ m}^2$) en cada mostreig. . Per altra banda, l'anàlisi en procediment, ha tingut lloc durant dos mesos, d'abril a juny.

Les mostres gasoses s'han recollit utilitzant bosses Tedlar® d'un litre i posteriorment s'ha mesurat la concentració de CH_4 i N_2O mitjançant cromatografia de gasos. L'equip emprat està equipat amb una

columna semicapil·lar HP-PLOT Q de 30 m x 0,53 mm x 40,0 µm film i una trampa de partícules, post-columna, de 2m film i s'ha usat un detector de flama (FID) per a la detecció del CH₄ i un detector de captura d'electrons (ECD) pel N₂O. Les condicions d'anàlisi s'especifiquen en la taula 2.

Per a realitzar els càlculs d'emissió de contaminants és necessari obtenir la velocitat de sortida de l'aire en la superfície del compostador, a més de les concentracions dels gasos d'estudi. Donada la baixa velocitat d'emissió dels compostadors, s'ha fet necessari l'ús d'un tub Venturi (Veeken i col. 2002) que incrementa la velocitat de l'aire mesurada per l'anemòmetre en 41,5 vegades i aconseguir d'aquesta manera una mesura més fiable. Per tal d'evitar interferències de l'aire ambient s'ha completat el muntatge amb una protecció .

Càlculs d'emissions

Per a calcular les emissions de cada rèplica, s'ha mesurat la velocitat de sortida de l'aire (m/s) i la concentració de gasos a analitzar (mg/m³) al centre del compostador, obtenint les emissions contaminants (mg · m⁻² · s⁻¹). Aquest valor resultant, s'ha multiplicat per l'àrea total de la superfície d'emissió del material en el compostador (0,36 m²) per a obtenir com a resultat l'emissió del gas determinat del compostador per unitat de temps.

A partir d'aquests càlculs s'obté la taxa d'emissió total de contaminant assumint com a constant en el dia de mostreig. Determinant aquest valor respecte al temps de procés i determinant l'àrea sota la corba obtinguda es pot determinar la quantitat total de contaminant emès per kg de FORM tractada.

Les determinacions dels gasos s'ha fet amb mostrejos puntuals i els resultats s'han extrapolat al global del procés i volum total d'aliment.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Sobre el funcionament del procés

Un dels principals trets de l'ús del compostatge com a tractament de la fracció orgànica dels residus és la reducció del pes i volum d'aquests per la pèrdua d'aigua i degradació de la matèria orgànica. En l'experiment de camp aquesta ha estat força significativa, d' un 40,76 s.m.s i de fins un 64,76 %, sobre material total, valor superior al 59 % registrat per Amlinger i col. (2008)

La temperatura, juntament amb la humitat, són els dos paràmetres clau en el seguiment del procés. Durant el treball de camp s'han registrat temperatures mitjanes entre els 5 i els 54,4 °C però només s'han assolit les temperatures d'higienització durant la setmana directament posterior a la càrrega

inicial. S'ha detectat que després d'una alimentació es dona un increment en la diferència de temperatura entre l'exterior i l'interior dels compostadors d'una mitjana de més de 8°C. La part negativa, tal i com apunten Colon i col.(2010) és que a aquest rang de temperatures no es pot assegurar una correcta higienització del material i el compost final pot contenir encara organismes patògens i llavors de males herbes.

La humitat és el paràmetre del procés que més problemes ha generat durant la fase experimental. La humitat òptima de la barreja ha de mantenir-se entre el 40 % i 60 %, tot i que depèn del material d'entrada. En el treball, la FORM d'entrada tenia un contingut mitjà d'aigua elevat, per sobre del 85 %. En aquests casos la FV, a més d'una funció estructurant, ha de contribuir a la regulació de la humitat, però la FV utilitzada també presentava uns nivells d'humitat al voltant del 40 % i barreges en volum 1:1 no van reduir suficientment aquesta humitat. A aquesta situació cal afegir que l'experiment es trobava als mesos de desembre – gener i que durant aquest període es van produir alguns episodis de pluja intensa. Com a resultat, durant les primeres 7 setmanes de procés la humitat de la barreja ha estat per sobre del 70 % (arribant en una de les rèpliques al 79 %). Per tal de reduir la humitat es van interrompre les alimentacions 4 setmanes coincidint amb la arribada al límit de la capacitat dels compostadors, s'incrementà la freqüència de les aeracions, i s'optà per seguir diferents estratègies amb les rèpliques per reduir-ne la humitat (afegint una càrrega extra de FV o emprant oueres trinxades com estructurant alternatiu). Tot i disminuir, la humitat del contingut de les rèpliques s'ha mantingut per sobre del 60% durant tot el treball, només ha notat una reducció al final de l'experiment coincidint amb el canvi de temps i la pujada de les temperatures.

Pel que fa al pH, es registra un pH baix al principi del procés però que tot seguit s'enfila per sobre el 8. El rang de pH de treball de les rèpliques ha estat entre 7,87 i el 9,25. Aquests valors, una mica elevats, podrien ser deguts a la presència d'amoniac a la barreja i a la baixa aportació de restes àcides.

En el sistema estudiat, la conductivitat s'ha mantingut en un interval comprès entre els 1,4 i 2,3 mS/cm uns valors que denoten uns continguts baixos en sals comparats amb els registrats per Català (2010). La FORM fresca i la poda ja presenten per si uns nivells baixos al que caldria afegir la pèrdua de part d'aquestes sals a través dels lixiviats.

Finalment, comentar que la distribució de la humitat dins els compostadors no és homogènia. S'ha observat que en les cantonades del recipient el material s'asseca, el que suposa haver de remenar dels cantons cap el centre per equilibrar.

Determinació d'emissions de gasos

Remarcar que la determinació d'aquestes emissions s'ha basat en mostres puntuals de les emissions (no s'han realitzat un monitoratge en continu de les mateixes), per una fase concreta del procés, la de descomposició i que no s'ha pogut recollir informació des del primer moment. Els resultats obtinguts en aquest estudi cal prendre'ls amb cura atès que es fonamenten sobre un nombre relativament baix de mesures que s'han hagut d'extrapolat per al global del procés.

A partir d'aquestes s'han extrapolat els resultat al global de l'experiment i pel total d'aliment i FORM subministrada obtenint la massa de gas emès per massa de FORM alimentada, per tal de poder comparar els resultats obtinguts amb els d'altres estudis.

S'han fet 50 mesures puntuals, per rèplica, de les concentracions de NH_3 emeses pels compostadors durant aquest 200 dies d'experiment amb concentracions que van des de 0 a 19 ppmv. Registres elevats si es compara amb els reportats per Colón i col. (2010) que estaven per sota el rang de detecció del sensor de 1 ppmv.

Les concentracions de NH_3 s'han pres des de quasi el començament de l'experiment però no ha estat així amb la velocitat d'emissió, només es poden fer els càlculs d'emissió a partir del dia 33 de l'experiment.

Amb les 38 lectures de velocitat d'emissió realitzades, s'obtenen taxes d'emissió d'entre $1,336 \cdot 10^{-4}$ i $0,031$ mg/s de NH_3 . Donat que no es va mesurar la velocitat d'emissió al començament de l'experiment (figura 3), no és possible saber si les emissions més altes es van donar durant la fase termòfila tot i que si es van mesurar les concentracions de gas.

Les dades gràfiques (figures 3 i 4) es troben representades en dos períodes, del dia 33 al 61 i del dia 89 fins el 193. Això es deu a que entre els dies 61 a 89 es va aturar les alimentacions dels compostadors per saturació i excés d'humitat i no es van registrar mesures.

Si s'observen les figures, es pot apreciar com després de les alimentacions augmenten les emissions, tot i que no es veu un patró clar. Les concentracions i les emissions són més altes en el període a partir del dia 89 (figura 3) quan es donava la meitat de la càrrega de matèria orgànica.

Pel que fa a la temperatura, en la primera part de registres, si es percep una relació entre la temperatura en la que es troben els compostadors i les concentracions de gas registrades però aquesta es veu menys al relacionar-la amb la taxa d'emissió sobretot pel fet de tenir encara menys punts de referència. Això també es pot apreciar en la segona tanda de registres. Els pics de

concentració que es donen els dies 92, 108, 127, 138, 171, 184 (figura 5) corresponen a temperatures més elevades, per sobre els 20 – 25 °C.

Per a quantificar les emissions s'han integrat les àrees sota la corba de la taxa d'emissió de NH_3 per cada compostador amb el programa Sigmaplot i a partir d'aquests valors s'han calculat les emissions respecte els grams d'aliment i FORM subministrats durant aquests períodes per obtenir les emissions per massa humida d'aliment subministrat. Com a resultat obtenim unes emissions promig de 0,87 g NH_3 / kg aliment fresc o de 1,3 g NH_3 / kg de FORM, valors que es troben una mica per sobre dels valors bibliogràfics. Com s'apuntava anteriorment, el pH de l'experiment ha estat quasi des del primer moment una mica alt i, tal i com comenta Pagans i col. (2006), els pH elevats afavoreixen la volatilització del NH_3 , però no es tenen suficients registres de pH de les barreges com per confirmar aquesta hipòtesis. Les temperatures baixes de compostatge, no gaire més de 25 °C, no es corresponen amb uns baixos nivells d'emissions. Però si que es veu correlació amb la diferència de les temperatures entre l'interior i l'exterior dels compostadors, els registres més alts d'emissions es corresponen amb les diferències de temperatura més acusades.

Les mesures de la concentració de CH_4 ha tingut lloc a partir del dia 115 del procés i, sempre que ha estat possible, s'ha procurat fer mesures pre i post alimentació (fins 48 h) per provar de detectar si l'alimentació influeix a les emissions del gas. Durant aquest període s'han fet 14 mesures, que han estat analitzades mitjançant cromatografia de gasos, amb concentracions d'entre 1,754 i 16,25 ppmv. Pel que fa a la taxa d'emissió, aquesta fluctua entre els 0,001 als 0,021 mg /s.

Les emissions promig obtingudes per compostador són de 1,03 g de CH_4 / Kg d'aliment i, si només ens referim a les restes de FORM, de 1,25 g de CH_4 / kg FORM, resultats que estan dins els valors registrats per Amlinger i col. (2008) i Còlon i col.(2010) però són un 14,85 % més alts que els registrats per Andersen i col. (2010) en el seu estudi amb compostadors casolans. Aquests resultats poden fer sospitar que durant l'experiment, atès l'excés d'humitat que ha patit el compostador, en alguns punts dels compostadors hi hagi mancat oxigen al ser desplaçat per l'aigua.

Pel que fa al N_2O es tenen poques mesures per determinar unes tendències clares per aquest gas. La concentració màxima mesurada correspon a 17,243 ppmv però hi ha sospites de que aquesta no sigui correcta, mentre que la concentració mínima de 0,304 ppmv similar a la concentració del N_2O en l'aire. No es detecta relació entre les alimentacions i les emissions d'aquest gas i els pics de emissions coincidents amb episodis de pluja són insuficients per atribuir increments d'aquest gas a la pluviometria. Tampoc es pot relacionar amb la producció de lixiviats per que el compostador que més ha lixiviat una setmana no és el que més ha emès i però si que ha estat així en el segon cas.

Malgrat que les emissions de N_2O es troben afavorides per temperatures per sota els $45\text{ }^\circ\text{C}$ (Amlinger i col. 2008) com les que s'han donat durant quasi tot el procés, unes emissions tan elevades com les calculades d'entre 1,16 i 1,30 mg de N_2O/g de FORM, suposen de l'ordre del doble de les assenyalades en altres estudis de compostatge casolà. Es sospita que aquests valors tant elevats són errors en la quantificació de les concentracions en cromatografia de gasos i que s'hagi quantificat línia base com a N_2O , donant com a resultat valors sobreestimats.

Lixiviats

Tot i que no s'esperava generació de lixiviats en un compostatge casolà, durant el treball de camp, s'han recollit més de 51 l de lixiviats amb un pH lleugerament alcalí ($8,97 \pm 0,09$) que es considera conseqüència dels compostos nitrogenats produïts durant la descomposició de la matèria orgànica arrossegats per l'aigua. La conductivitat elèctrica, més variable durant el procés, s'ha registrat valors d'entre 2,89 mS/cm i 27,60 mS/cm i sembla estar relacionada amb la quantitat de líquid que es lixivia. Tant el contingut de carboni (41,5 %) com el TOC amb un promig de 4,5 g de C /l denoten una pèrdua significativa de carboni a través d'aquests líquids.

Aquesta elevada quantitat de lixiviats s'atribueix a l'alt contingut en aigua de les restes tractades així com a una deficient protecció del compostador enfront el episodis de pluja.

Compost final

La taula 3 resum la caracterització del compost obtingut en cadascuna de les extraccions així com la del compost final. En global, mitjançant el compostatge casolà s'han tractat 709 kg de matèria orgànica i s'han obtingut 250 kg de compost (ambdues dades sobre matèria humida). La qualitat del compost obtingut és troba dins el barems establerts per la normativa tant catalana com espanyola per la majoria dels paràmetres analitzats. Només destacar que els valors del contingut en nitrogen resulten una mica baixos però això no és massa estrany donat que els valors de partida del nitrogen de la FORM i especialment la FV també ho són i el grau d'humitat elevada però a causa d'unes pluges de darrera hora que en van humitejar el material. Pel que fa a l'estabilitat, es partia d'uns valors d'IRD inicials de quasi $3,5\text{ g O}_2 / \text{kg ST} \cdot \text{h}$ s'ha arribat a un material amb nivells força per sota del llindar recollit en l'esborrany del tractat sobre Bioresidus de la Unió Europea de $1000\text{ mg O}_2 / \text{tn ST} \cdot \text{h}$.

CONCLUSIONS

Es confirma que en el compostatge casolà es dona una disminució important del pes dels residus (un 40,76 % s.m.s. i un 64,76 % s.m.h.) i que el producte resultant té un elevat grau d'estabilitat (IRD24h de 0,32 g O₂/kg ST/h) i una bona qualitat. És per tant una alternativa viable per a la gestió de la fracció orgànica dels residus domèstics a petita escala.

En el compostatge casolà no assoleixen temperatures termòfiles si el volum d'aportacions és reduït, tot i que si es donen uns increments de temperatura respecte l'ambient que poden ser importants. La proporció de 1:1 de FORM:FV no assegura uns índexs d'humitat de la barreja òptims. S'han d'incrementar les aportacions de FV o procurar reduir el contingut d'aigua de la FORM per limitar els problemes d'excés d'humitat i associats (lixiviats). Sobre aquest punt, ressaltar que, aconseguir la FV triturada i en les condicions d'humitat correcte per aquest treball no ha estat fàcil i, a escala real, tampoc ho és especialment si la llar no disposa d'un bon jardí o accés a la poda del servei municipal.

La producció de lixiviats en el compostatge casolà no es pot menysprear, pot arribar a ser elevada per les aportacions de FORM molt fresca com demostren els més de 17 litres per compostador recollits en el treball. A més són un punt d'escapament de nutrients, tot i que no s'ha pogut confirmar en quina mesura.

Els valors d'emissió obtinguts són: 1,3 g de NH₃ / kg de FORM, 1,25 g de CH₄ /kg de FORM i 1,16 g de N₂O /kg de FORM. Donats aquest valor, les emissions de gasos d'efecte hivernacle (CH₄ i N₂O) no són menyspreables i especialment altes pel cas del N₂O, el que porta a pensar en un error en la determinació d'aquest gas que ha dut a una sobreestimació del mateix. Apuntar que les mesures obtingudes pels diferents gasos són força erràtiques. No es detecta un patró clar d'evolució d'aquestes emissions en funció de cap de les variables disponibles (alimentacions, precipitació, temperatura), a excepció de relació percebuda en les emissions de NH₃. que semblen afavorides quan les diferències de temperatura entre l'interior i l'exterior del compostador són més acusades.

Sobre el model de compostador emprat en l'estudi i donat que, a part de les emissions de gasos, és el compostador l'altre aspecte clau si es vol fer una Anàlisi de Cicle de Vida del compostatge casolà i que sembla contribueix en major mesura als potencials impactes en el global del procés (Colón i col. 2010), apuntar que un compostador d'un volum de 300 litres és insuficient per a les restes d'una unitat familiar de 4 membres amb una alimentació saludable. Comentar també alguns aspectes de disseny que caldria millorar con la distribució de l'aire en els seu interior, les cantonades s'assequen, la tapa que acumula aigua durant les pluges que si no s'evapora acaba caient dins el compostador humitejant innecessàriament el contingut i la safata de recollida de lixiviats que es fa insuficient en

volum i en dimensions, sobretot després d'episodis de pluja. En l'estudi de l'Anàlisi de Cicle de Vida del compostatge casolà (Colón i col. 2010) s'estima una durabilitat del recipient de 10 anys. Ateses les deformacions que s'aprecien en algunes parts (varetes i plaques inferiors) en menys d'un any, possiblement aquesta dada estigui sobreestimada.

De cara a futurs estudis sobre compostatge casolà fora interessant avançar en la recerca d'una metodologia més fiable pel mostreig dels gasos emesos en el compostatge a aquesta escala. Especialment pel que fa referència a la mesura de la velocitat d'emissió. Durant el procés és molt important la regulació del grau d'humitat de la barreja controlant el contingut d'humitat dels aliments, tant de la FV com de la FORM. Finalment, atès que la producció de lixiviats no es pot menysprear en el compostatge casolà, preveure en el disseny dels experiments des d'un inici quines proves analítiques serien d'interès a realitzar als lixiviats que es puguin produir.

BIBLIOGRAFIA

- Agència de Residus de Catalunya, 2010. **Balanç de les dades estadístiques de residus de l'any 2010.** [www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Actualitat/2011/22-07 Presentacio dades rs Catalunya 2010/150711 DOSSIER DADES 2010 RM RCD RI.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Actualitat/2011/22-07_Presentacio_dades_rs_Catalunya_2010/150711_DOSSIER_DADES_2010_RM_RCD_RI.pdf) (agost 2011)
- Amlinger, F., Peyr, S., Cuhls, C. 2008. **Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment.** Waste Management & Research 26, 47-60.
- Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., Scheutz, C. 2010. **Greenhouse gas emissions from composting organic household waste.** Waste Management 30, 2475 – 2482.
- B. Beck-Friis, M. Pell, U. Sonesson, H. Jönsson and H. Kirchmann. **Formation and Emission of N₂O and CH₄ from Compost Heaps of Organic Household Waster.** Environmental Monitoring and Assessment. Volume 62, Number 3, 317-33
- Barrena, R. 2006. **Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.** Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Cadena, E. 2007. **Estudio de las cargas ambientales asociadas al proceso de compostaje: desarrollo de la metodología y su aplicación al compostaje de FORM.** Tesis doctoral. Ciències Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Catalán, E. 2011. **Estudio de la calidad del compost casero producido en Cataluña (Proyecto Low Cost – Zero Waste).** Proyecto final de carrera d'Enginyeria tècnica Industrial. Escola d'Enginyeria Universitat Autònoma de Barcelona.
- Colón, J., Martínez-Blanco, J., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., Font, X. 2010. **Enviromental assessment of home composting.** Resources, Conservation and Recycling 54, 893-904.
- Colón, J., Martínez-Blanco, J., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., Font, X. 2010. **The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting al home and full scale.** Waste Management 30, 983 – 994.

- Grup de compostatge (GICOM). 2008. **Protocol per a la determinació de l'estabilitat biològica mitjançant l'Índex Respiromètric Dinàmic (IRD) en mostres de residus urbans orgànics**. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Enginyeria Química.
- Huerta, O., López, M. 2009. **Guia de l'usuari: el compostatge casolà**. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Barcelona.
- Huerta, O., López, M., Soliva, M. 2010. **Procés de compostatge: caracterització de mostres**. Col·lecció Estudis. Sèrie_Medi Ambient, 2. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Barcelona.
- Liao, P., Vizcarra, A., Chen, A. 1993. **Composting of separated solid swine manure**. J Environ.Sci.Health nº 28.
- Low Cost - Zero Waste Municipality. www.med-zerowaste.eu/index_es.html (novembre 2010)
- Méteo Cerdanyola. 2011. **Dades mensuals de l'estació**. www.meteocerdanyola.com (juliol 2011)
-
- Pagans, E., Barrena, R., Font, X., Sánchez, A. 2006. **Ammonia emissions from composting of different organic wastes**. Dependency on process temperature. Chemosphere 62, 1534 – 1542.
- Panell Intergovernamental pel Canvi Climàtic (IPCC). www.ipcc.ch (agost 2011)
-
- Sánchez, A. i Mayoral, J. 2005. **Backyard composting of organic wastes Process evolution and compost characteristics**. Biocycle 46, 75-78.
- Soliva, M. 2001. **Compostatge i gestió de residus orgànics**. Estudis i monografies nº 21. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Barcelona.
- US Department of Agriculture and Us Composting Council. 2001. **Test methods for the examination of Composting amb Compost**. Edaphos International, Houston, TX.
- Vázquez, F. i Sánchez, A. 2005. **Generación y composición de los RSU en el Área Metropolitana de Barcelona**. Residuos 86 (setembre-octubre) 30-33.
-

FIGURES I TAULES



Figura 1 Compostadors de l'estudi.

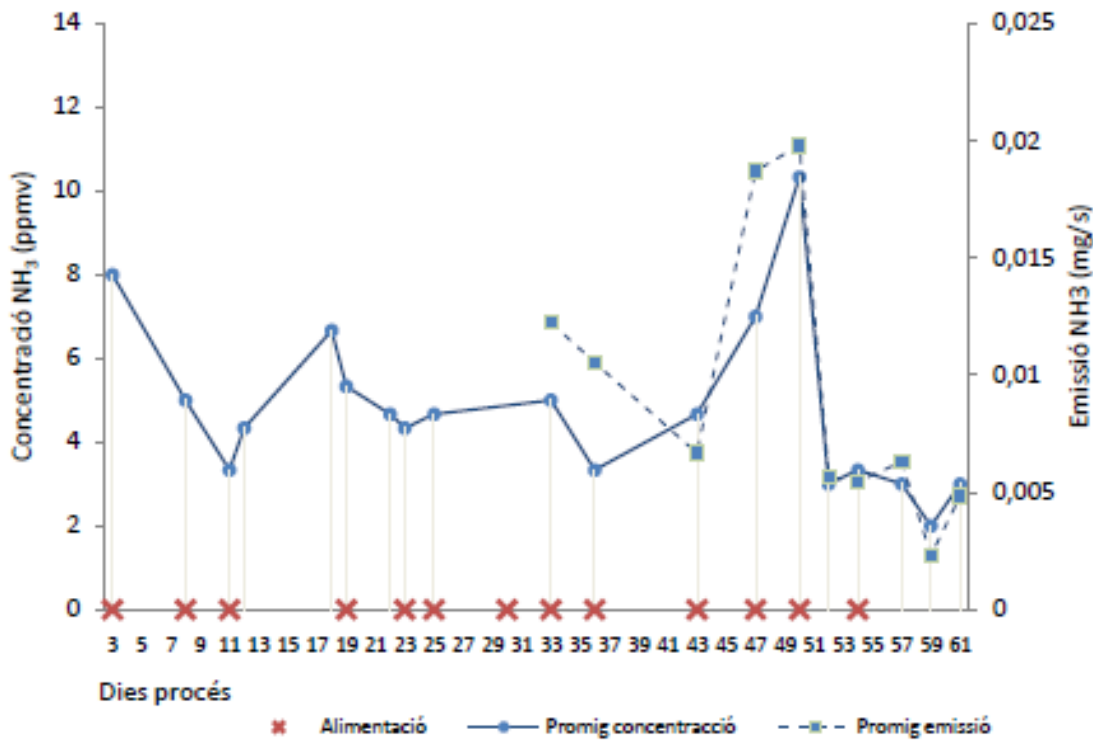


Figura 2 Evolució de la concentració i la taxa d'emissió de NH₃ (del dia 1 fins el 61 de procés)

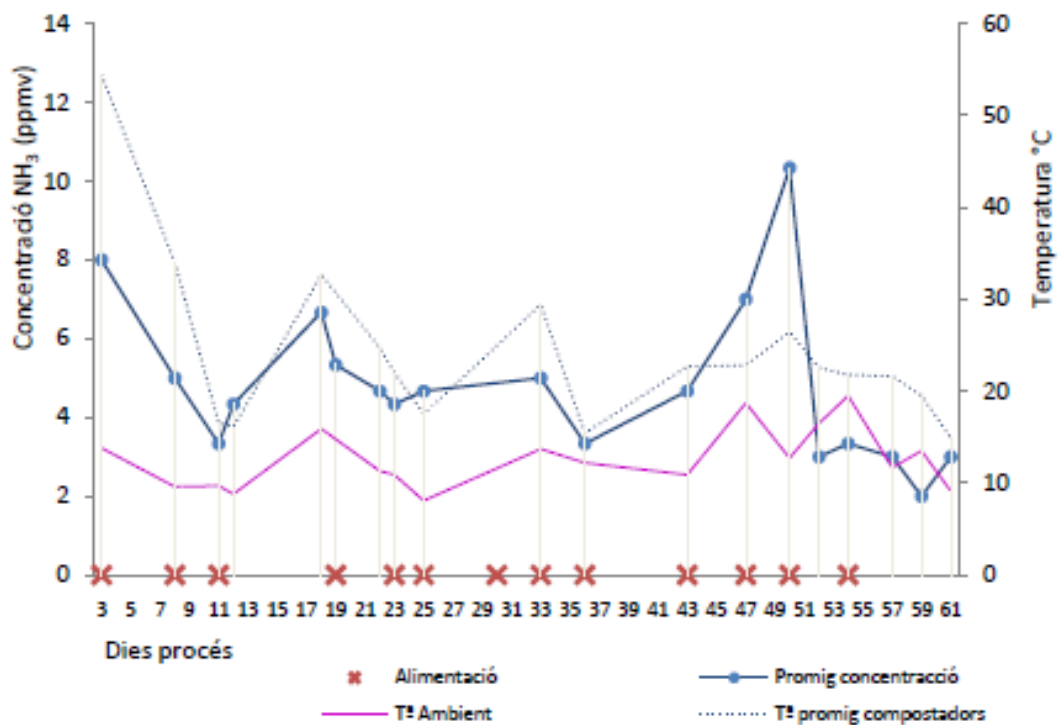


Figura 3 Evolució de la concentració de NH₃ en front de la temperatura (del dia 1 fins el 61 de procés)

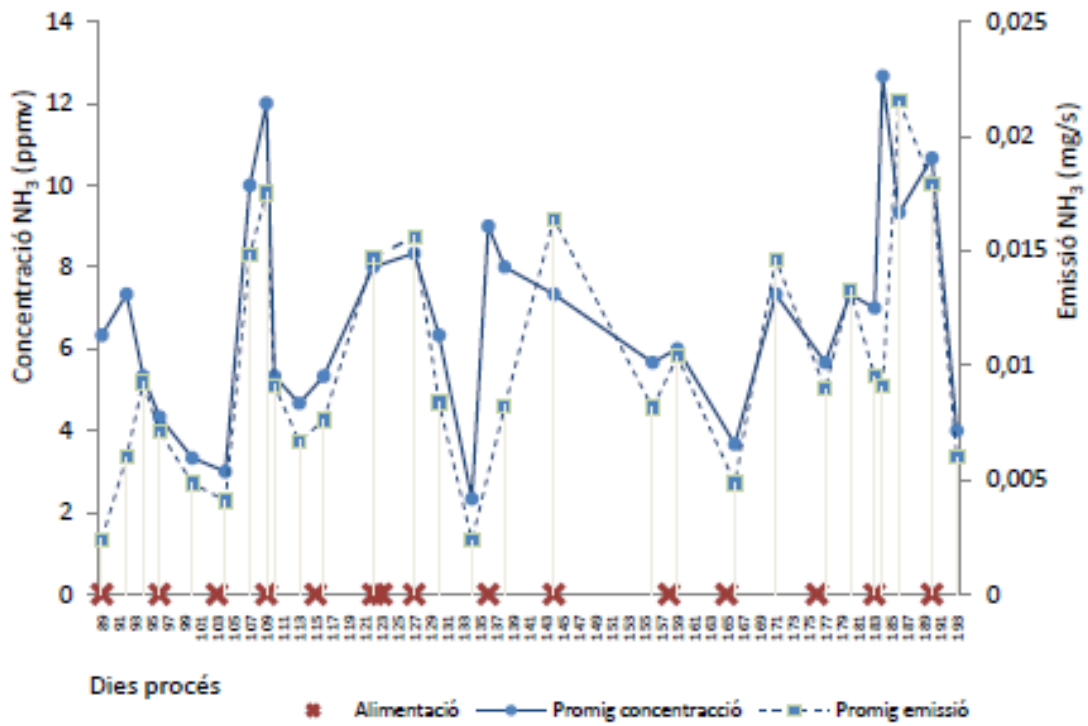


Figura 4 Evolució de la concentració i la taxa d'emissió de NH₃ (a partir del dia 89)

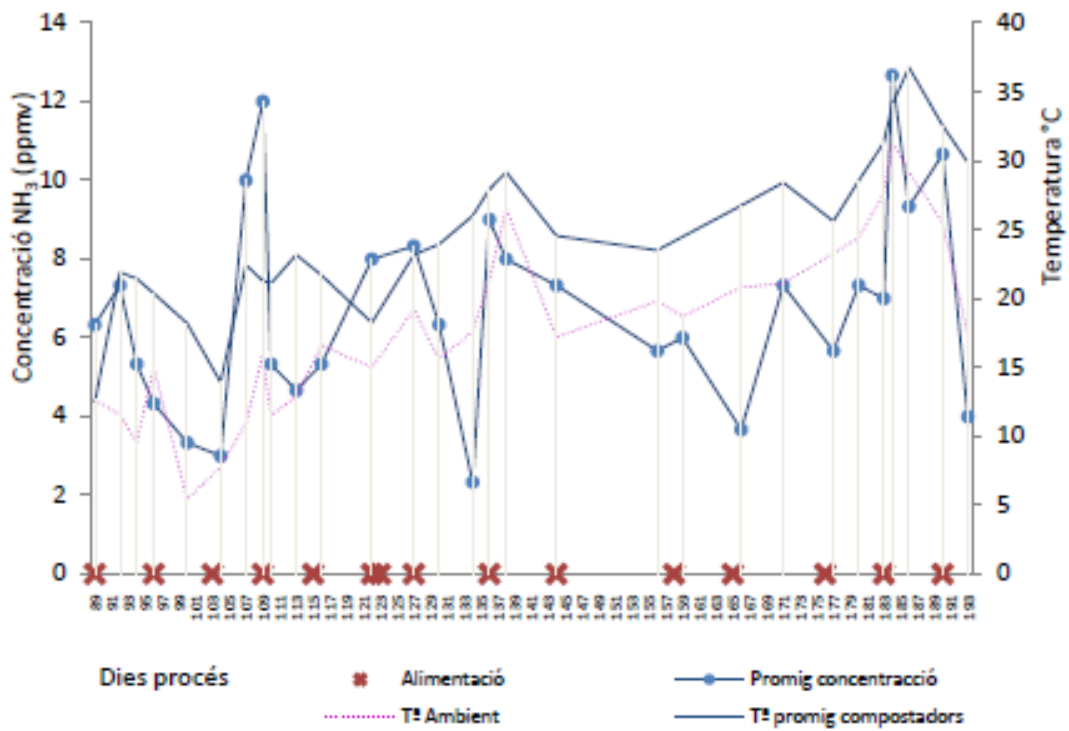


Figura 5 Evolució de la concentració de NH₃ en front de la temperatura (a partir del dia 89)

Taula 1 Caracterització de la FORM, la FV i altres materials.

	FORM	FV Ecoparc 2	FV Parcs i Jardins	Compost Madur**	Recirculat	Oueres
Kg aliment (s.m.h)	454,24	52,14 + 61,9*	40,45 + 78,32	13,5	7,5	1,46
pH (sobre extracte aquós 1:5 s.m.h)		7,9*	8,37	8,18		
Conductivitat dS/m (sobre extracte aquós 1:5 s.m.h)		2,25*	1,002	4,63		
Humitat (% s.m.h)	85,96 ± 0,90	53,45*	30,29 ± 2,34	48,58		5,46
Matèria Seca (% s.m.s)	14,04 ± 0,90	46,55*	69,71 ± 2,34	51,42		94,54
Matèria orgànica (% s.m.s)	93,85 ± 0,65	76,52*	94,21 ± 4,73	67,86		
N- Kjeldhal (% s.m.s)	1,51 ± 0,30	1,92 ± 0,69*	0,37 ± 0,07	1,65 ± 0,13		
Carboni (% s.m.s)	52,14	42,51*	52,34	37,7		
Relació C/N	34,53	22,14*	163,56	22,85		
IRD24h (g O2/Kg m.s/h)		1,34 ± 0,15*		0,071 ± 0,011		
AT4 (g O2/kg m.s)		105,05 ± 17,05*		4,4 ± 1,0		

* Aquestes dades corresponen únicament a la segona tanda de material provinent de l'Ecoparc 2.

** Font dades: Català, 2011

Taula 2 Condicions d'anàlisi cromatogràfic N₂O i CH₄

	CH ₄	N ₂ O
Gas Portador	N ₂ 4 psi amb split 1:2	N ₂ 4 psi amb split 1:2
Mkup (N ₂)	10	30
Temperatura de l'injector	240 °C	120 °C
Temperatura del detector	250 °C	345 °C
Temperatura del forn	isoterm a 60 °C	isoterm a 60 °C
Temps d'anàlisi	4 minuts	4 minuts
Volum d'injecció	500 µl	500 µl

Taula 3 Caracterització compost resultant

Compostador	1a extracció			2a extracció			Final	
	E	C	D	E	C	D		
kg aliment (s.m.h)		72,05			177,95		250,00	+ 7,65*
pH (sobre extracte aquós 1:5 s.m.h)	8,85	8,59	9,00	9,04	9,21	9,00	8,97	
Conductivitat mS/cm (sobre extracte aquós 1:5 s.m.h)	1,616	1,626	1,664	1,941	1,553	1,889	1,715	
Humitat (% s.m.h)	69,77	68,56	67,96	67,08 ± 1,96	68,34 ± 0,29	63,93 ± 0,20	50,27 ± 0,93	
Matèria Seca (% s.m.s)	30,23	31,44	32,04	32,92 ± 1,97	31,63 ± 0,30	36,07 ± 0,21	49,73 ± 0,93	
Matèria orgànica (% s.m.s)	79,12	79,27	80,11	79,04 ± 0,32	77,67 ± 1,17	76,64 ± 2,50	75,00 ± 2,93	
N- Kjeldhal (% s.m.s)	1,77	1,42	1,75	1,86 ± 0,10	1,80 ± 0,07	1,93 ± 0,02	1,66 ± 0,52	
Carboni (% s.m.s)				43,93 ± 0,17	43,15 ± 0,652	42,58 ± 1,40	41,67 ± 1,63	
Relació C/N							24,70	
IRD24h (g O ₂ /kg m.s/h)	0,58 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,77 ± 0,21	0,3 ± 0,02	0,26 ± 0,039	0,38 ± 0,02	0,32 ± 0,03	
AT4 (g O ₂ /kg m.s)	42,99 ± 0,81	45,51 ± 4,84	62,99 ± 19,72	27,33 ± 1,96	23,38 ± 3,16	35,50 ± 2,05	23,54 ± 2,00	
Densitat aparent (g/cm ³)							0,48 ± 0,05	
FAS (Liao i col. 2003)							0,58 ± 0,04	