



# Compostatge de residus locals en zones periurbanes i adequació de l'ús del compost en finques hortícoles (Projecte Tornasol)

SETEMBRE 2020

## RESUM

El compostatge permet valoritzar els residus municipals i ramaders sobretot en l'àmbit de l'agricultura i la jardineria. La implantació de sistemes de compostatge a mesura de les necessitats de l'agricultor ofereix un marc idoni per l'establiment de sistemes participatius de recerca que contribueixin tant a la seguretat alimentària com a enfortir les relacions entre la ciutat i el camp. L'activitat demostrativa que aquí presentem ha tingut lloc al Parc Natural de la Serra de Collserola, en el marc del projecte Alimentem Collserola que està impulsant el Consorci del Parc Natural de Collserola.

Es parteix de la base que l'aplicació de compost ric en carboni pot portar diversos beneficis per la producció agronòmica. L'activitat de demostració que es presenta en aquesta fitxa consisteix a dissenyar sistemes de compostatge de residus municipals a petita escala per facilitar les pràctiques agrícoles locals. A més, a partir de proves pilot en diverses finques hortícoles s'ha volgut donar a conèixer els beneficis de l'aplicació de compost amb diverses riqueses de nitrogen (C/N 10, C/N 20 i C/N 30). Aquests composts s'han fet a partir de materials disponibles en l'àmbit urbà i periurbà, incloent-hi la ramaderia periurbana, les hípiques i les restes de poda municipals. En primer lloc hem pogut calcular els costos de la producció de compost a escala local i també hem pogut veure de manera preliminar que una primera aplicació d'aquests composts genera beneficis immediats en la fertilitat, en la biologia del sòl i en la producció agronòmica d'enciams, bledes i carbasses. Aquests beneficis s'espera que vagin en augment a mig-llarg termini com a resultat de repetides aplicacions dels diversos composts. A través de la investigació participativa que ha tingut lloc en diverses finques hem vist a més, que els beneficis resultants de l'aplicació de compost depenen de la gestió i de les característiques de cada finca. Finalment hem testat l'efectivitat de l'anàlisi RGB d'imatges digitals convencionals i hem comprovat que aquesta anàlisi en el cas de bledes i enciams es relaciona positivament amb la producció agronòmica i que a més s'ha mostrat més sensible als diversos tractaments d'aplicació de compost que la mateixa producció agronòmica.

## 01. Introducció i Objectius

Una de les problemàtiques identificades en les explotacions hortícoles és el baix contingut de matèria orgànica al sòl. Aquest fet comporta problemes en el funcionament i en la fertilitat del sòl. L'aplicació de materials compostats pot suposar una solució d'aquest problema. Però, tant la disponibilitat de compost de qualitat com la seva gestió fa que molts pagesos no l'utilitzin de manera habitual o en les quantitats necessàries per cada conreu. De fet, no és del tot conegut com dissenyar els plans de fertilització en base a l'ús de composts, ni tampoc es coneix gaire com utilitzar els composts de diverses riqueses en nutrients. L'aplicació de compost contribueix a la construcció de la fertilitat del sòl a partir d'augmentar-ne el contingut de matèria orgànica i nutrients. Si bé les plantes només requereixen nutrients, la matèria orgànica és essencial per un bon funcionament biològic i físic del sòl. Per tant, es parteix de la hipòtesi que la fertilització amb composts rics en carboni pot suposar un valor afegit pel que fa a la regeneració del sòl. Aquest fet, serà especialment important en les explotacions ecològiques en les que la fertilitat del propi sòl juga un paper crucial en la producció de planta.

Els objectius d'aquests projecte demostratiu són:

- Dissenyar un sistema d'aprofitament de la fracció vegetal municipal combinada amb els fems disponibles a la zona d'estudi per tal que la pagesia pugui aprofitar-los per a la valorització agrícola a través del compostatge.
- Acompanyar i assessorar a la pagesia en la realització del compostatge de la fracció vegetal municipal i la seva aplicació en diferents formes de maneig, per mitjà d'un projecte d'investigació participativa en finca.
- Generar una producció anual de composts de diversa qualitat (C/N 10 i C/N 20) i comparar la seva eficàcia amb d'altres composts ja presents a la zona.
- Dissenyar i monitoritzar una prova pilot en diverses finques per veure el benefici d'aquests composts en la producció de diversos conreus (enciam, bleda i carbassa).
- Aportar als agricultors de la zona unes 250 m<sup>3</sup> de compost per fertilitzar els seus conreus d'horta.

- Fer difusió dels resultats i donar a conèixer els beneficis d'una adequada gestió de la fertilitat del sòl a partir de l'ús de compost.

## 02.Descripció de les actuacions realitzades

### Recerca i monitoratge en cultius hortícoles del Parc Natural de la Serra de Collserola

L'àmbit d'aplicació del projecte és el Parc Natural de la Serra de Collserola. El Parc es troba en un context periurbà amb forta pressió antròpica on la pagesia, que gestiona part del territori del Parc, té greus problemes de fertilitat del sòl. En aquest context urbà es generen grans quantitats de matèria orgànica que un cop valoritzades poden ser vitals per a ser recuperades en aquestes explotacions.

#### *El sector agrícola*

Actualment a Collserola hi ha 25 finques professionals, amb una gran diversitat productiva: horta, vinya, olivera, apicultura, cabrum i oví, entre d'altres. Són petites finques amb característiques d'agricultura de muntanya, però amb la peculiaritat que es troben a dins de l'àrea metropolitana de Barcelona. La manca d'aigua i els danys de la fauna salvatge, són algunes de les principals dificultats per a la seva viabilitat.



*Imatge 1. Camp de conreu de Can Monmany, una finca de la zona de Collserola.*

#### *Els municipis*

El Parc Natural està format per nou municipis: El Papiol, Molins de Rei, Sant Feliu de Llobregat, Sant Just Desvern, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Montcada i Reixac, Cerdanyola i Sant Cugat del Vallès. Aquest últim col·labora amb el projecte, realitzant una prova pilot per aprofitar les restes de poda pel procés de compostatge a petita escala per part dels mateixos agricultors.

### Posada a punt del sistema d'autocompostatge

Els materials aptes per al compostatge a les àrees periurbanes són les restes de poda municipals, la fracció orgànica de residus municipals (FORM) i fems procedents d'explotacions ramaderes o d'hípiques que hi pugui haver a la zona i roca volcànica. A causa de les dificultats legals per accedir a la FORM, en aquest projecte hem compostat materials procedents de les restes de poda conjuntament amb materials procedents d'explotacions ramaderes (oví i equí) de l'àmbit de Collserola. Les restes de poda ofereixen un material ric en carboni que suposa un enriquiment en cel·lulosa i lignina de la mescla a compostar. La riquesa en nitrogen dels materials vegetals és generalment baixa, sobretot en els materials llenyosos; molt sovint per sota de l'1% N podent arribar a ser menor del 0.5 % en alguns casos quan la fusta hi és predominant. Les restes de poda utilitzades en el projecte tenien un 0.68 % N. D'altra banda, els fems d'oví i d'equí de la zona, ofereixen uns materials més rics en N. 3.65% N en el cas del fem d'oví i 0.99% N en el cas del fem d'equí. Aquest valor tan baix del fem d'equí pot ser degut a una proporció elevada de llit d'encenalls en el material de partida.



*Imatge 2. Pila de llit de quadres de cavalls amb llit d'encenalls en procés de compostatge.*

#### *Formulació del compostatge*

Com que el valor del compost depèn tant del seu contingut en C -especialment el que està en forma de lignina- i en N, s'ha mirat de produir composts amb riqueses contrastades d'aquests paràmetres. Així, s'han fet les següent relacions de C/N: 10, 20 i 30. Els composts de C/N 10 i 20 s'han produït a partir de barreges entre fem d'oví, restes de poda municipals i roca volcànica, mentre que el de C/N 30 l'hem obtingut d'una explotació local de cavalls (fems d'hípica) on el fem es barreja ja d'antuvi amb un llit d'encenalls. La riquesa de C/N de les barreges inicials han estat de 16 pel compost de 10 i de 30 pel compost de 20. Això ha suposat una proporció en pes de (fem d'ovella/restes de poda) de 4,2, en el cas del C/N de 10, i de 0.97, en el cas del C/N de



20. Per enriquir el compost amb Fe i micronutrients s'hi ha afegit una proporció de 5% de roca volcànica de 0-2mm de gruix. El temps de compostatge de les piles ha estat d'aproximadament mig any.

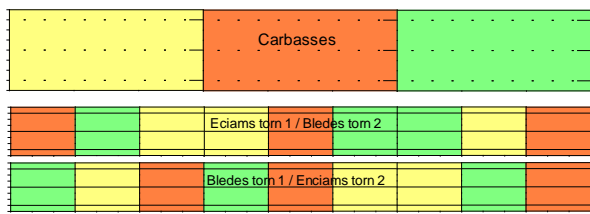
A la taula 1 s'hi pot veure la riquesa en N de cada compost així com algunes propietats (C soluble i glucosa soluble) directament relacionades amb el funcionament microbià del sòl.

Taula 1. Propietats químiques de cada compost.

	Compost C/N 10	Compost C/N 20	Compost C/N 30
Pes sec (%)	41	33	32
C (%)	25.4	27.6	33.5
N (%)	1.89	1.44	1.12
C/N	13.4	19.2	29.9
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)	78.8	62.5	124.5
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	14.0	13.2	8.5
pH	8.36	8.24	8.26
CE (µS/cm)	555	919	1317
C soluble (mg/g)	3.77	2.46	8.3
Carbohidrats solubles (µgeq/g)	59.8	40.9	71.3

### Disseny de la prova pilot en finca

La prova pilot s'ha realitzat en tres finques hortícoles del Parc de Collserola. Al febrer de 2019 a cada finca s'hi va plantar enciam i bledes segons es pot veure a la taula 1. A la segona quinzena d'abril es va fer la primera collita d'enciams i bledes. A principis de maig es varen plantar les carbasses i la segona plantada d'enciams i bledes que es va sembrar de manera alterna, per no repetir el mateix conreu sobre el mateix lloc. La collita de la segona plantada d'enciams es va realitzar al juliol (només a dues finques) i la de carbassa a principis del mes d'agost, també només a dues finques. Els tractaments de compost s'han replicat tres cops per finca en el cas d'enciams i bledes mentre que en el cas de la carbassa, degut a la mida de la planta només s'ha pogut fer una rèplica per finca.



Taula 1. Distribució dels conreus i dels tractaments d'aplicació de compost a camp. El color groc es refereix al compost de C/N 30, el carbassa al de C/N 20 i el verd al de C/N 10. Totes les subparcel·les tenen la mateixa mida, 6 x 1.2 m per enciams i bledes i 2.1 m x 9 m per la carbassa.

### Adequació de l'ús del compost a cada conreu

Per l'adequació de l'ús de cada compost a cada finca s'han calculat les dosis de compost a camp tenint en compte la necessitat de N de cada conreu i evitant passar dels 170 kg N/ha establerts a la legislació en zones vulnerables (Decret 15/2019). Això ha permès aplicar major quantitat de compost en el cas dels més pobres en N. Per als enciams i les bledes les dosis aplicades han estat de 2.41 kg/m<sup>2</sup> pel compost de C/N 10, de 2.51 kg/m<sup>2</sup> pel de C/N 20 i de 3.27 kg/m<sup>2</sup> pel de C/N 30.



Imatge 3. Parcel·la pilot amb carbassa, bleda i enciam a la finca de la Rural (juliol de 2020).

### Pla de divulgació i difusió

El projecte s'ha divulgat a partir d'una jornada tècnica a camp amb una assistència ampla de persones dels sectors agrícola i del compostatge. També s'ha elaborat un tríptic a partir dels primers resultats del projecte. Les accions demostratives (producció de compost i seguiment dels cultius) encara es troben en fase de desenvolupament, ja que el projecte seguirà fins al mes de juny de 2021 amb el finançament de la 'Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico'.

En aquest context, s'ha activat un web explicatiu del projecte Tornasol a l'espai web del Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola i s'ha participat en diferents programes de ràdio (Catalunya Ràdio, Ràdio Molins de Rei i Ràdio Desvern) i s'ha presentat el projecte a la premsa local (Tot Cerdanyola, i notícia a la web del Parc). A més, el projecte ha tingut presència a les xarxes socials a través de Twitter i d'Instagram.

### 03.Resultats

#### Aplicabilitat de composts a finca

El projecte ha demostrat que es viable fer servir el compost fet amb subproductes de proximitat per a l'activitat agrícola. La seva realització s'ha fet amb maquinària agrícola bàsica (tractor amb pala i remolc d'escampar -volteig i homogeneïtzació-) i una configuració de piles trapezoidals de 1,5m d'alçada per 2,5m d'amplada (0,75m<sup>3</sup> de compost/m<sup>2</sup> de pati). D'altra banda, els costos de producció han estat molt variables en funció de la disponibilitat i la distància a les primeres matèries. En el cas de Collserola, el transport de les primeres matèries, fins a lloc de compostatge i del compost fins a finca, ha suposat el 83% del total del preu (91€/m<sup>3</sup>). L'operatòria de compostatge ha suposat el 17% restant. Aquests costos, degut a la idiosincràsia del projecte, no són comparables amb els d'autoproducció a finca que poden oscil·lar entre els 5 i els 18€/m<sup>3</sup>.

#### Aplicació de composts com a fertilitzants a 4 horts del Parc Natural de Collserola

En quatre horts de la zona s'han distribuït 250 m<sup>3</sup> (125 + 125) de compost de C/N 10 i de C/N 20 per ser incorporats com a fertilitzants a les terres d'horta a conveniència de cada agricultor. El lliurament d'aquests compost s'ha fet durant els mesos de gener i juny de 2020.

#### Resultats de la prova pilot: Efectes en el sòl

##### Efectes de l'aplicació de compost en la disponibilitat de N

El nitrogen disponible és necessari per la producció de planta tot i que també cal pels microbis que viuen al sòl. El nitrogen disponible es va mesurar incubant 14 dies les terres fertilitzades unes hores després de l'aplicació en superfície de cada un dels tres composts. Com a control s'ha utilitzat la mateixa terra d'abans de l'aplicació del compost. Per cada condició experimental s'han pres tres mostres compostes de 8 sondes de 0 a 20 cm. Aquestes mostres s'han analitzat per nitrat (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i per l'amoni (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) abans i després d'incubar-les durant 14 dies a 55% de capacitat de camp. El nitrogen disponible inclou el N mineral (nitrat i amoni) inicial a de les terres al moment de plantació del conreu més el nitrogen que es mineralitza o immobilitza durant la incubació al laboratori.

L'acumulació del nitrogen mineralitzat pot frenar l'activitat mineralitzadora dels microbis del sòl. Es per això que en condicions de camp aquest mineralització podria ser superior a la mesurada al laboratori. En tot cas s'han utilitzat el resultats de la incubació com una estima de la disponibilitat de nitrogen en els tractaments de la prova.

A la figura 1 es presenten les dades de nitrats, amoni i del nitrogen disponible que correspon a la suma de les dues formes de nitrogen mineral. ES pot observar que la majoria del nitrogen es troba en forma d'amoni. També es detecta que els composts de C/N 10 i C/N 20 tendeixen a augmentar moderadament el N disponible mentre que el compost de C/N 30 el disminueix de manera clara. Sembla ser doncs que una relació C/N de 20 pot ser suficient per contribuir a la disponibilitat de N dels conreus. Les diferències entre els composts de C/N10 i C/N 20 són petites i no mostren el mateix patró en els tres horts estudiats. El nitrat disponible mostra les diferències més grans entre tractaments.

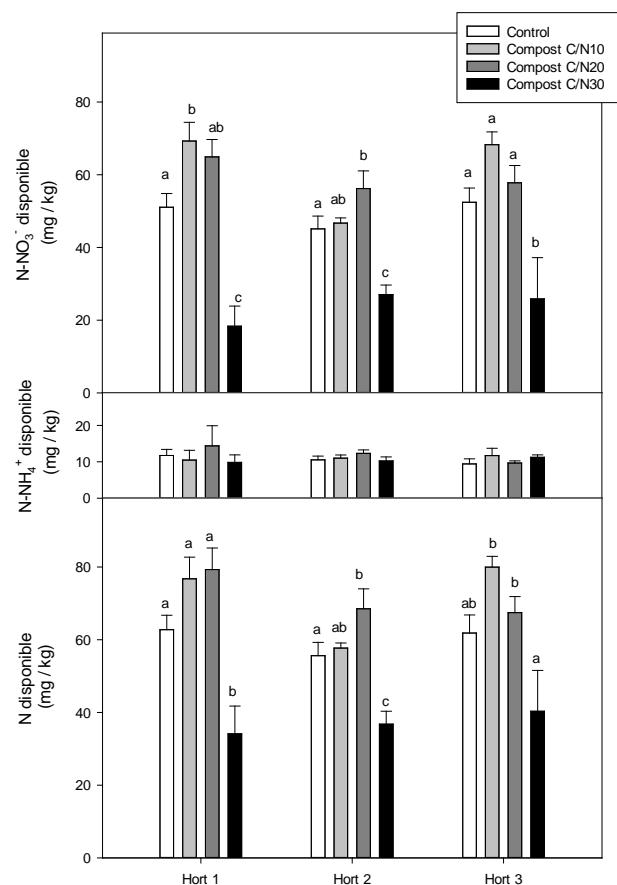


Figura 1. Nitrats, amoni i nitrogen disponible al sòl fertilitzats inicials i als sòls control (sense fertilitzar) després de 14 dies d'incubació per cada un dels horts analitzats (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Els diferents colors corresponen als compost d'estudi sent; blanc sense compost, gris clar compost amb C/N 10, gris fosc compost amb C/N 20 i negre compost amb C/N 30. Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir de l'anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

## Efectes de l'aplicació de compost i del conreu en la qualitat de la matèria orgànica soluble

La matèria orgànica soluble del sòl és el resultat de la solubilització dels components orgànics del sòl a més dels exsudats dels organismes del sòl; microbis i arrels. La matèria orgànica soluble exerceix diverses funcions i es considera fàcilment accessible als microbis del sòl (Rovira et al., 2010). En els sòls que hem estudiat aquí, aquesta fracció de la matèria orgànica del sòl representa entre un 1 i un 3 % del total i pot indicar aspectes relacionats amb el funcionament microbià del sòl alhora que també pot relacionar-se amb l'activitat radicular dels conreus que hi viuen. Així doncs, la matèria orgànica soluble del sòl pot ser sensible tant a l'aplicació de composts com als conreus que hi visquin. Per aquest motiu la matèria orgànica soluble del sòl s'ha analitzat en mostres preses al final del primer torn dels conreus d'enciam i bleda. En aquest apartat es presenten els resultats corresponents al C soluble així com el contingut en carbohidrats mesurat en equivalents de glucosa o en compostos fenòlics mesurats en equivalents a la reacció de l'àcid tànnic.

### Carboni soluble

El carboni soluble varia entre els horts i dintre de cada hort també es veuen variacions entre la zona on s'ha plantat l'enciam i la zona on s'ha plantat la bleda, veure control a la Figura 2. El control es refereix a mostres preses abans de l'aplicació de compost i abans de plantar. Les diferències entre rodals poden tenir a veure amb efectes dels antecedents de gestió dels diversos rodals dins de cada hort. DE fet el carboni soluble presenta una gran variabilitat en l'espai. Tot i així es veuen el efectes de l'aplicació de compost en el cas de l'hort 1 on els composts de C/N 20 i C/N 30 presenten menor quantitat de carboni soluble que el sòl control i l'esmenat amb compost de C/N 10. Aquesta patró de variació no es veu en els altres dos horts.

El fet que l'aplicació de compost disminueixi en algun cas la matèria orgànica soluble del sòl podria ser degut a que aquesta fracció de la matèria orgànica fos utilitzada pels microbis del sòl.

L'efecte de l'espècie de conreu l'observem només en el cas de l'hort tres on en general hi ha més C soluble en el en l'enciam. Aquest fet podria estar associat al rodal on s'ha plantat l'enciam en aquest cas ja que els controls també donen més alts que la bleda.

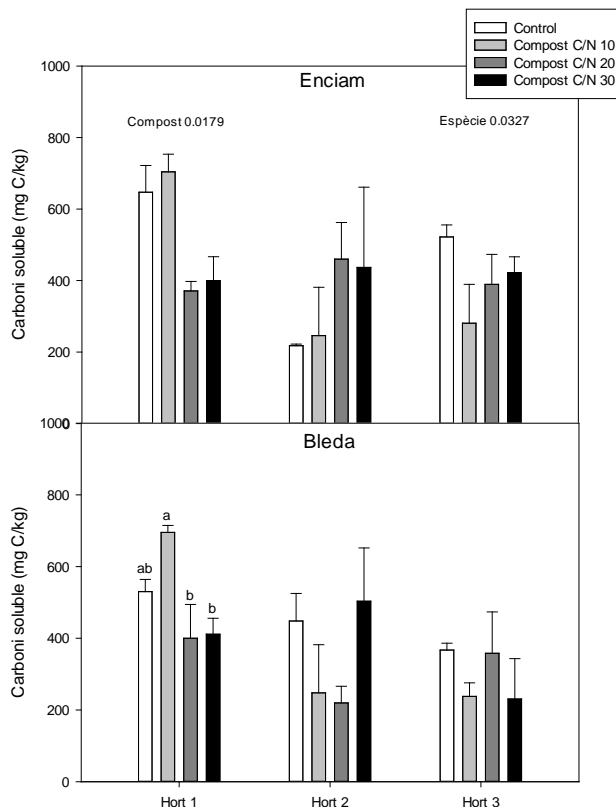


Figura 2. Carboni soluble per cada un dels horts analitzats. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).

### Carbohidrats solubles

L'índex de carbohidrats solubles inclou tan els mono com polisacàrids derivats en part de la cel·lulosa (Whistler i Wolfrom, 1963). L'aplicació de compost al sòl pot augmentar els carbohidrats solubles a partir de la solubilització d'una part dels seus components. Donat que una bona part dels microbis del sòl, sobretot els bacteris viuen immersos en mucíl·lages, els carbohidrats solubles també poden indicar presència microbiana. Per últim el carbohidrats solubles també poden indicar l'abundància de la rizosfera en el volum de sòl i/o l'activitat radicular.

A la figura 3, en la majoria de cassos estudiats, podem veure com l'aplicació de compost augmenta els carbohidrats. La contribució de cada tipus de compost als carbohidrats varia segons l'hort. Aquest fet pot indicar interaccions entre organismes del sòl i la composició i organismes del compost. Pel que fa a l'efecte de les espècies de conreu veiem que també es variable segons l'hort. A l'hort 1, on veurem que la producció és mínima, no hi apareix; a l'hort dos i el tres els sucres són més elevats en el

cas de la bleda. Per tant podem pensar que la bleda afavoreix la presència de carbohidrats solubles al sòl. Es veu doncs com aquest paràmetre ha mostrat ser sensible tan a l'aplicació de compost com al tipus de conreu.

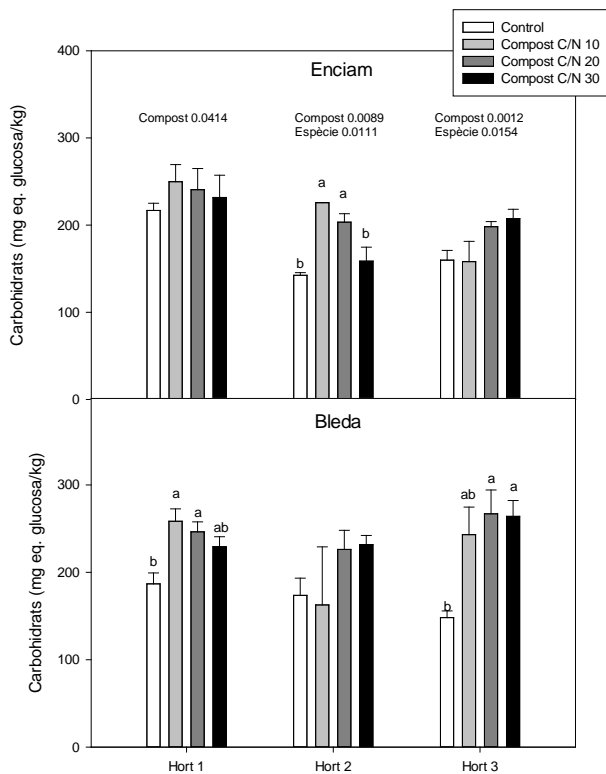


Figura 3. Carbohidrats presents a mostra (mg equivalents a glucosa per kg de sòl) per cada un dels horts analitzats. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).

### Fenols solubles

Els fenols solubles deriven en part de la degradació lignina però també poden estar relacionats amb el metabolisme secundari de les plantes o amb el metabolisme dels microbis del sòl, sobretot fongs. L'índex de fenols que hem mesurat és poc específic i no distingeix entre els mono i els polifenols (Singleton et al., 1999). En general els fenols es consideren poc descomposables. L'índex de fenols podria interpretar-se com un indicador de presència de productes de degradació de la lignina i/o d'activitat fúngica al sòl.

A la figura 4 veiem com l'aplicació de compost augmenta l'índex de fenols en alguns casos. No veiem en cap cas que els fenols augmentin a causa de la riquesa de material vegetal llenyós al compost

(C/N 20 i C/N 30). Tampoc hem vist cap efecte del conreu.

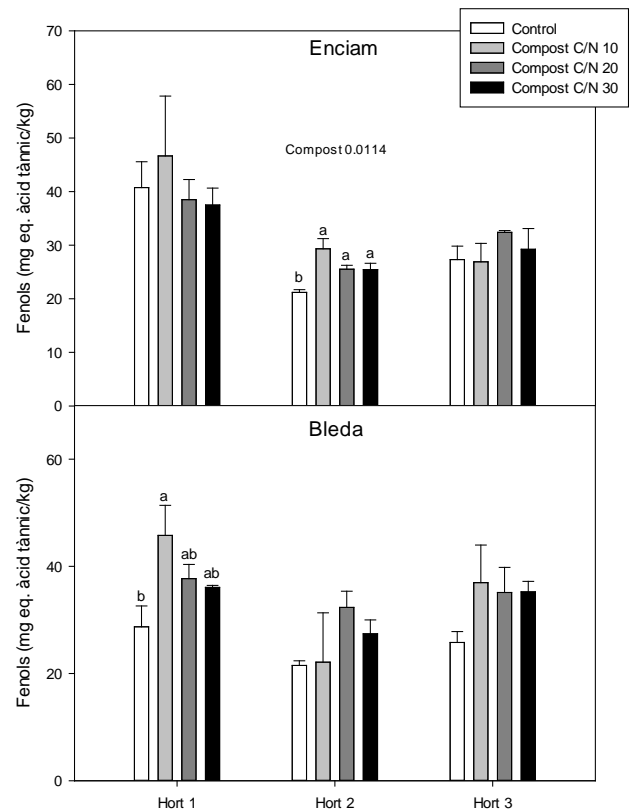


Figura 4. Fenols presents en la mostra (mg equivalents d'àcid tànnic per kg de sòl) per cada un dels horts analitzats. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).

### Efectes de l'aplicació de compost i del conreu en la comunitat microbiana del sòl

#### Índex de diversitat funcional microbiana del sòl

Aquest índex s'ha calculat a partir de la respiració induïda per l'addició al sòl de 16 substrats diferents. De la variació en les respostes es calcula la diversitat funcional de cada tipus de sòl segons l'índex de Shannon. En aquest cas s'ha calculat amb el log en base 10.

L'aplicació de compost al sòl ha fet disminuir la diversitat funcional microbiana en el cas de l'hort 2 (Fig. 5). Les disminucions que es veuen en altres casos no són significatives. En el seguiment fet a l'hort de can Moragues durant dos anys, es veié una disminució de la diversitat microbiana funcional en el primer any després de l'aplicació de compost ric en



carboni. Més endavant, al segon any, es recuperà per acabar sent més elevada que la del punt de partida (Romanyà et al., 2019). Si bé no s'hi veu res significatiu, el patró de comportament de l'hort 3 sembla diferent al dels altres. Aquest fet podria estar relacionat amb la història del lloc ja que aquest hort ha rebut materials llenyosos d'origen forestal en els darrers anys.

En el cas de l'hort 2, el més productiu de tots, es veu també un efecte espècie. El sòls amb bleda mostren menor diversitat funcional que els d'enciam.

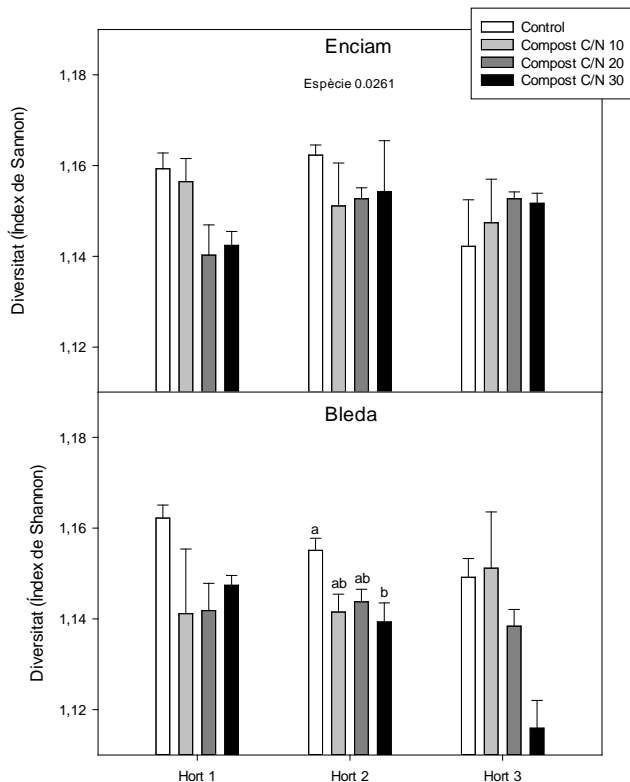


Figura 5. Índex de biodiversitat microbiana del sòl (Índex de Shannon). Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les paraules escrites al gràfic (Compost, Espècie junt amb el p-valor) corresponen a les diferències significatives entre els paràmetres analitzats (tractament, espècie e interacció tractament i espècie) per cada un dels horts d'estudi (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Les lletres minúscules (a,ab,b) corresponen a diferències significatives entre tractaments dins de cada hort i espècie (enciam i bleda). L'anàlisi estadístic es va realitzar a partir d'un a un anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

#### Índex de respiració basal

La respiració basal indica l'activitat microbiana total de cada sòl.

La respiració basal va augmentar després de l'aplicació de compost en el cas de l'hort 2 (Figura 6). L'augment va ser especialment important en el cas del compost més ric en C (C/N 30).

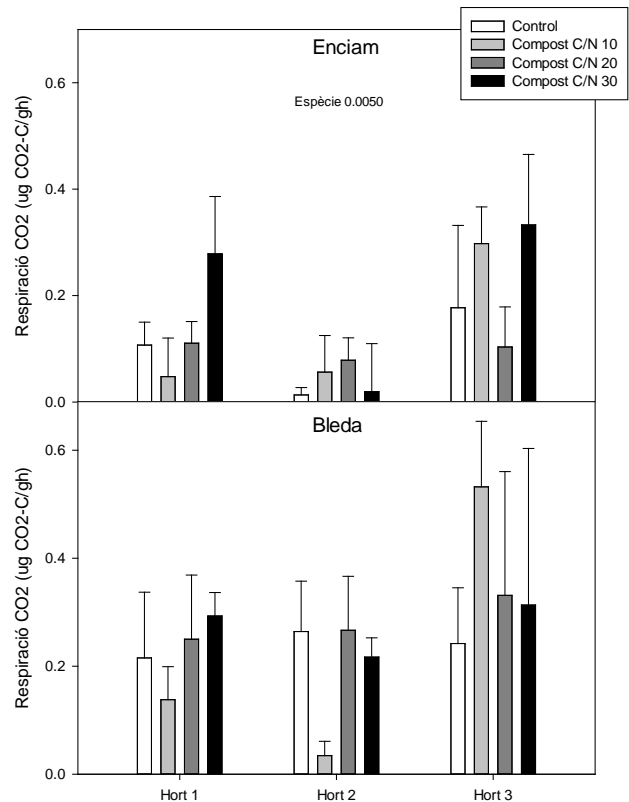


Figura 6. Respiració basal de la mostra. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les paraules escrites al gràfic (Compost, Espècie, Comp\*Esp junt amb el p-valor) corresponen a les diferències significatives entre els paràmetres analitzats (tractament, espècie e interacció tractament i espècie) per cada un dels horts d'estudi (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Les lletres minúscules (a,ab,b) corresponen a diferències significatives entre tractaments dins de cada hort i espècie (enciam i bleda). L'anàlisi estadístic es va realitzar a partir d'un a un anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

#### Respiració induïda per l'addició de sucres (glucosa i fructosa)

L'addició de sucres al sòl pot afavorir l'activitat microbiana i en conseqüència la mineralització de nitrogen (Yuan et al., 2018).

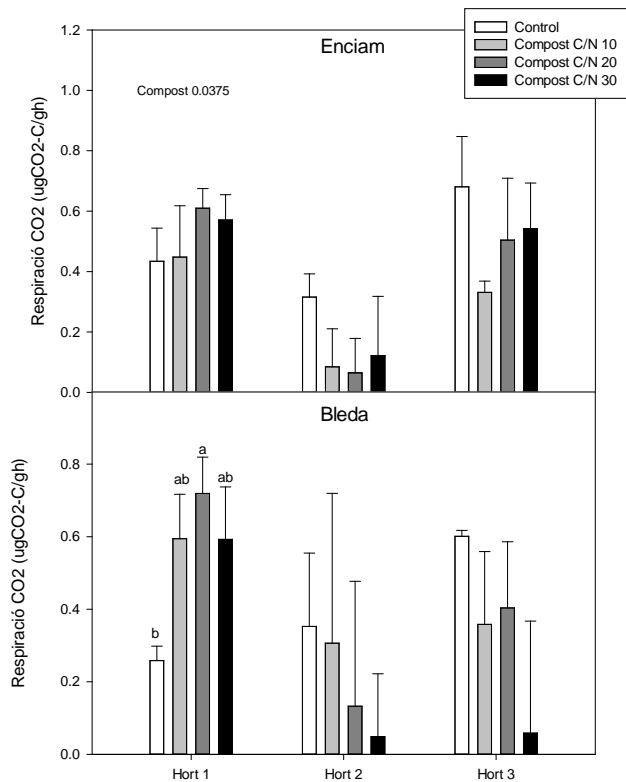


Figura 7. Respiració induïda per la glucosa. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les paraules escrites al gràfic (Compost, Espècie, Comp\*Esp junt amb el p-valor) corresponen a les diferències significatives entre els paràmetres analitzats (tractament, espècie e interacció tractament i espècie) per cada un dels horts d'estudi (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Les lletres minúscules (a,ab,b) corresponen a diferències significatives entre tractaments dins de cada hort i espècie (enciam i bleda). L'anàlisi estadístic es va realitzar a partir d'un a un anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

Els nostres resultats mostren un augment de la respiració induïda per glucosa després de l'aplicació de compost només en l'hort 1, el menys productiu de tots (Fig. 7). En aquest cas, el compost de C/N 20 és el que mostra un major augment en resposta a la glucosa. En els altres dos horts l'aplicació de compost o mostra cap augment de la respiració induïda per glucosa .

La respiració induïda per l'aplicació de fructosa mostra un patró molt semblat a l'addició de glucosa (Fig. 8). En aquest cas els composts de C/N 20 i 30 mostren la resposta màxima, també només a l'hort 1.

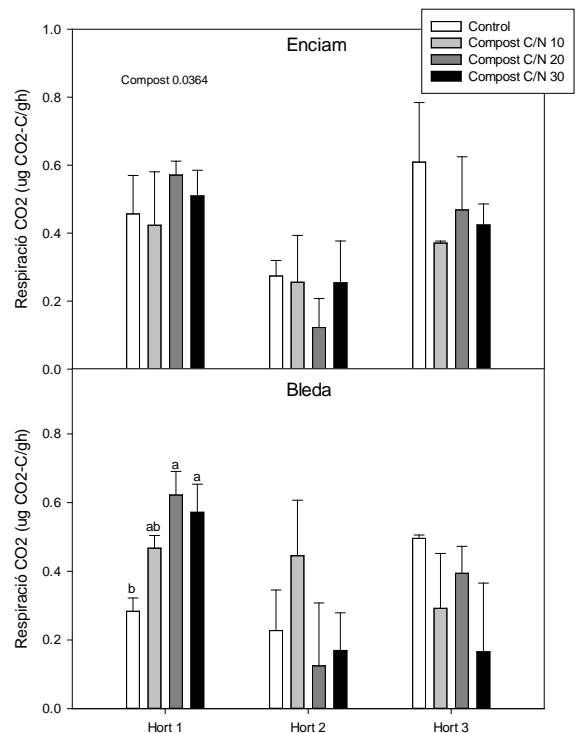


Figura 8. Respiració induïda per la fructosa. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les paraules escrites al gràfic (Compost, Espècie, Comp\*Esp junt amb el p-valor) corresponen a les diferències significatives entre els paràmetres analitzats (tractament, espècie e interacció tractament i espècie) per cada un dels horts d'estudi (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Les lletres minúscules (a,ab,b) corresponen a diferències significatives entre tractaments dins de cada hort i espècie (enciam i bleda). L'anàlisi estadístic es va realitzar a partir d'un a un anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

#### Respiració induïda per l'addició d'àcid glucònic

Àcid glucònic es troba en gran quantitats en teixits vegetals afectats per *Penicillium expansum*, *Monilinia fructícola*, *Botrytis cinera* i *Pectobacterium* sp. (Hadas et al., 2007, Cirou et al., 2009, De Cal et al., 2013, Fernández et al. 2017). Alguns agents de control biològic metabolitzen aquest àcid orgànic de manera que la respiració induïda per l'àcid glucònic podria ser un indicador de presència d'antagonistes d'aquests patògens al sòl.



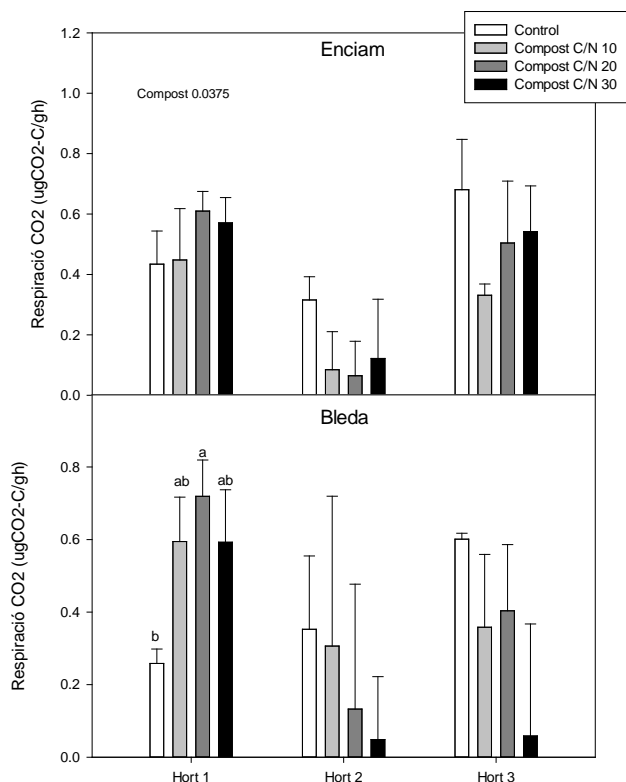


Figura 9. Respiració induïda per l'àcid glucònic. Els diferents colors corresponen als diferents compost d'estudi (sense compost, compost amb C/N 10, compost amb C/N 20 i compost amb C/N 30). Les paraules escrites al gràfic (Compost, Espècie, Comp\*Esp junt amb el p-valor) corresponen a les diferències significatives entre els paràmetres analitzats (tractament, espècie e interacció tractament i espècie) per cada un dels horts d'estudi (Hort 1, Hort 2, Hort 3). Les lletres minúscules (a,ab,b) corresponen a diferències significatives entre tractaments dins de cada hort i espècie (enciam i bleda). L'anàlisi estadístic es va realitzar a partir d'un a un anàlisi de variàncies ANOVA amb p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

En els sòls estudiats la respiració induïda per l'àcid glucònic ha mostrat un efecte espècie de conreu només en el cas de l'hort dos. De tota manera com que aquest efecte es veu també en els sòls control sembla que sigui degut al rodal de l'hort on s'han plantat les dues espècies en qüestió. A l'hort tres s'hi veu una tendència a augmentar aquest paràmetre com a resultat de l'aplicació de compost. Caldrien més repeticions per poder confirmar aquest fet.

### Efectes en la producció de planta

En aquesta prova s'han comparat els efectes de l'aplicació de tres composts de diferent riquesa en nitrogen en la producció de tres cultius, enciam,

bleda i carbassa. El compost de C/N 10 seria el que s'ha utilitzat de manera més general com a fertilitzant orgànic a les finques. El de CN 20 i CN 30 són menys utilitzats pel temor que causin problemes de falta de nitrogen. A continuació presentem els resultats corresponents a dos torns d'enciam i bleda i a un torn de carbassa.

### Enciam

La producció d'enciams ha variat molt segons les finques i segons el període de conreu (Figura 9). En el cas de l'hort 1 no s'ha va plantat en el segon torn. Les variacions entre finques poden ser degudes a diferències de sòl o de gestió entre finques. En el primer torn tenim dades de disponibilitat d'aigua en el moment de la collita que poden indicar les diferències de reg que de fet coincideixen amb les de producció (Taula 2).

Taula 2. Potencial hídic en el moment de la collita d'enciams i bledes (29/04/2020).

	Hort 1	Hort 2	Hort 3
Potencial hídic (kPa)	24	0	3

Al primer torn de plantació l'efecte de l'aplicació de compost no ha donat cap resultat significatiu, de fet, les diferències entre tractaments han estat mínimes. Al segon torn, collit al mes de juliol, s'han pogut veure les diferències en el cas de l'hort 2 on la producció ha estat més elevada en els composts de C/N 10 i C/N 20 i menor en el compost de C/N 30. La producció màxima, si bé no significativament diferent al de C/N 10, s'ha aconseguit en els enciams esmenats amb el compost de C/N 20. En el cas de l'enciam, l'efecte d'aplicació de compost, s'ha vist més al cap d'uns mesos que no pas immediatament després de l'aplicació.

A l'hort 3 no es va veure cap efecte de l'aplicació de composts tampoc en el segon torn. Aquest fet podria estar relacionat amb un escàs creixement general derivat de la gestió. De fet a l'hort 3 no es va fer gaire control de les males herbes amb el conseqüent problema de competència.

### Bleda

De manera similar als enciams la producció de Bleda ha variat molt entre finques i entre torns. De tota manera els resultats de la bleda no coincideixen amb els de l'enciam ja que en aquest cas, en dos

dels horts, s'han detectat diferències significatives entre tractaments ja al primer torn. En aquest torn, a l'hort dos, s'han detectat les majors produccions de bleda. Tal i com passava amb l'enciam les produccions màximes s'aconsegueixen amb l'aplicació del compost de C/N 20, en segon lloc amb el compost de C/N 10 i per últim amb el de C/N 30. A l'hort 1 no s'observa l'efecte positiu de l'aplicació de compost de C/N 20. En aquest context la limitació de producció segurament no haurà estat a causa de la falta de nitrogen sinó d'altres factors com ara la disponibilitat d'aigua (Taula 2).

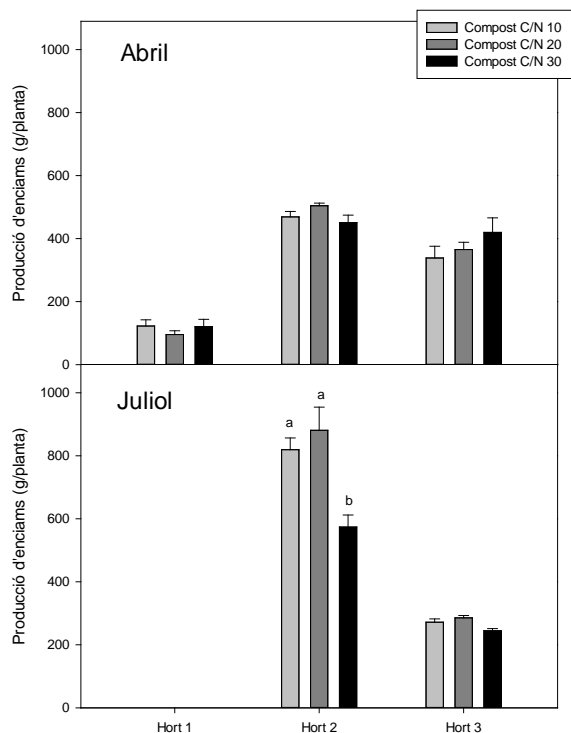


Figura 9. Producció d'enciams en tres Horts diferents en els que s'hi ha aplicat tres tipus de compost. Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).

Al segon torn les produccions de bleda, als dos horts on es va seguir l'assaig, han estat molt menors. Aquest fet segurament es relaciona amb les carbasseres de la prova del costat que s'han menjat l'espai de les bledes competint, sobretot, per la llum. Sembla ser, doncs, que en condicions de competència els efectes dels tractaments d'aplicació de compost queden desdibuixats.

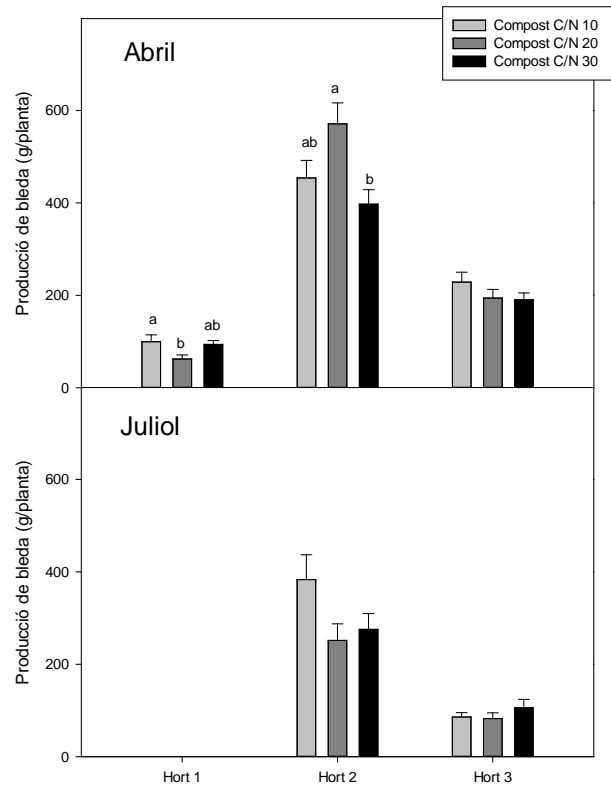
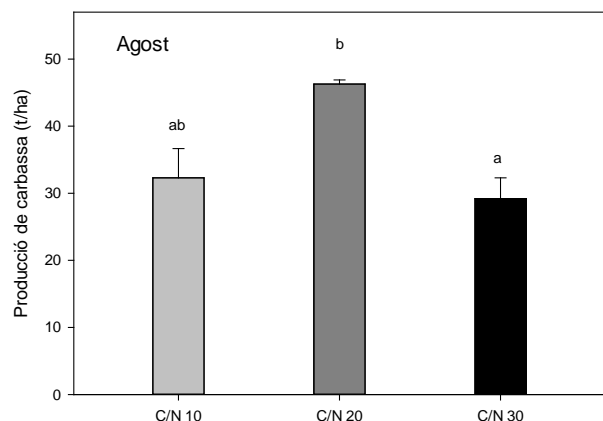


Figura 10. Producció d'enciams en tres Horts diferents en els que s'hi ha aplicat tres tipus de compost. Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).



Figura,11. Producció de carbassa en dues finques de Collserola fertilitzades amb composts de diverses qualitats. Les lletres que es mostren al gràfic corresponen a diferències significatives entre tractaments a partir del anàlisi de variàncies ANOVA amb  $p$ -valor  $< 0.05$  i un test post hoc (Test de Tukey).

## Carbasses

Tal com podem veure a la figura 11 la producció de carbasses ha estat bona. En les dues finques on s'ha assajat el conreu les carbasseres han produït més en el cas del compost de C/N 20 mentre que en el cas del compost de C/N 30 les produccions han estat més baixes. Les dades que es presenten a la figura 11 corresponen als horts 2 i 3.

### Índexs RGB: Indicadors de producció i de qualitat de planta.

A partir de l'anàlisi RGB d'imatges obtingudes de fotos digitals preses amb una càmera convencional es pot obtenir informació sobre l'estat fisiològic i sanitari de les plantes (Casadesús i Villegas 2014, Sancho et al., 2019). L'anàlisi d'imatges s'ha fet a partir del programa Breedpix adaptat a JAVA i integrat a FIJI. Aquest programari es troba lliure a internet (<https://integrativecropecophysiology.com/software-development/cerealscanner/>) i permet calcular diversos paràmetres i índexs.

Taula 3. Correlacions significatives ( $p < 0.05$ ) entre la producció d'enciams i els paràmetres RGB obtinguts a partir de l'anàlisi de fotos digitals de les plantes de tres horts comercials del Parc de Collserola ( $n=27$ ).

Enciam abril			
	Hort 1	Hort 2	Hort 3
a	0.473	0.412	n.s.
b	0.520	n.s.	n.s.
u*	0.453	0.399	n.s.
v*	0.442	n.s.	n.s.
GA	0.468	n.s.	n.s.
GGA	0.448	n.s.	n.s.
CSI	n.s.	n.s.	n.s.
NGRDI	0.392	n.s.	n.s.
TGI	0.518	0.415	n.s.

Enciam juliol			
	Hort 1	Hort 2	Hort 3
a	-	0.795	n.s.
b	-	0.709	n.s.
u*	-	0.804	n.s.
v*	-	0.703	n.s.
GA	-	0.805	n.s.
GGA	-	0.739	n.s.
CSI	-	-0.504	n.s.
NGRDI	-	0.808	n.s.
TGI	-	0.759	n.s.

A les taules 3 i 4 es presenten els paràmetres a, b, u\* i v\* corresponents als espais de color Cie-Lab (a i b) i Cie-Luv (u\* i v\*). La a i la u\* indiquen la qualitat del color verd de la foto mentre que la b i la v\* indiquen la qualitat del groc. A continuació es presenten una sèrie d'índexs que indiquen la superfície verda de cada imatge (GA; *green area*), la

superfície verda intensa (GGA; *greener area*), l'índex de senescència del cultiu (CSI; *crop senescence index*) que determina la proporció de verd no intens (GA-GGA) en relació al verd total (GA) de la foto. Per últim ens queda l'NGRDI; *Normalized Green Red Difference Index*, que podria indicar l'estat nutricional de la planta i TGI; *Triangular Greenness Index*, que podria relacionar-se amb el contingut de clorofil·la al dossier dels conreus (Fernández-Gallego et al., 2019). En les taules 3 i 4 es presenten les correlacions entre aquests paràmetres i índexs i la producció d'enciams i bledes a cada un dels horts analitzats.

Taula 4. Correlacions significatives ( $p < 0.05$ ) entre la producció de bleda i els paràmetres RGB obtinguts a partir de l'anàlisi de fotos digitals de les plantes de tres horts comercials del Parc de Collserola ( $n=27$ ).

Bleda abril			
	Hort 1	Hort 2	Hort 3
a	0.756	n.s.	0.604
b	0.640	n.s.	0.458
u*	0.742	n.s.	0.609
v*	0.539	n.s.	0.401
GA	0.705	0.414	0.618
GGA	0.761	0.465	0.587
CSI	-0.760	-0.435	-0.470
NGRDI	0.726	n.s.	0.619
TGI	0.757	n.s.	0.569

Bleda juliol			
	Hort 1	Hort 2	Hort 3
a	-	0.527	0.531
b	-	n.s.	0.593
u*	-	0.574	0.408
v*	-	n.s.	0.643
GA	-	0.668	0.575
GGA	-	0.695	n.s.
CSI	-	-0.653	n.s.
NGRDI	-	0.684	0.447
TGI	-	n.s.	0.615

Si analitzem les correlacions entre producció d'enciams i bledes i els paràmetres i índexs RGB obtinguts a partir de les fotos zenitals preses a 47 cm de la superfície del sòl s'observa que aquestes relacions depenen molt del lloc, de l'estació de mesura i també del conreu en qüestió. En el cas de l'enciam les relacions van ser febles al primer torn (abril), mentre que al segon torn (juliol) van millorar molt en el cas de l'hort 2 coincidint amb la màxima productivitat d'aquest conreu. La relació de la producció amb els paràmetres i índexs va ser sempre positiva amb l'excepció del paràmetre que mesura la senescència (CSI) que va donar negativa tal com era esperable.

En el cas de les bledes al primer torn les correlacions de paràmetres i índexs amb producció van ser més fortes que al segon torn i comunes a tots els horts. L'hort amb produccions més elevades

va mostrar les correlacions més febles. A diferència del primer torn d'enciams, les bledes van correlacionar molt amb l'índex de senescència sobretot a l'hort 1 on les produccions van ser menors. Al segon torn les bledes van mostrar correlacions més febles amb els paràmetres i índexs RGB excepte en el cas de l'hort 2. Podria ser que aquest fet tingues a veure amb el primer torn de l'hort 2 les bledes havien crescut molt i sortien àmpliament del l'enquadrament de la foto.

Les correlacions es van obtenir fins i tot en els casos en que no hi havia diferències entre les diferents aportacions de compost. De fet diversos anàlisis de la variància, que no mostren, indiquen que els paràmetres i índexs RGB si be en general varien en el mateix sentit que la producció, aquests mostren major sensibilitat als tractaments que la producció de la planta, de manera que podrien ser utilitzats per predir situacions d'estrès.

## 04. Conclusions

- El projecte ha demostrat que es viable i beneficiós fer servir per a l'activitat agrícola el compost fet amb subproductes de proximitat.
- Els costos d'autoproducció en finca poden oscil·lar entre els 5 i els 18€/m<sup>3</sup>. En el cas del procés experimental han estat molt superiors, degut al transport.
- El compost amb C/N 20 han permès obtenir les produccions agròniques màximes en bleda, enciam i carbassa, sempre i quan no hi hagi limitacions d'altres factors com ara la disponibilitat d'aigua o la competència amb altres plantes.
- En el cas de bona disponibilitat d'aigua o de falta de competència els efectes positius de l'aplicació de composts de C/N 20 i C/N 10 s'han mantingut fins al segon torn en el cas de l'enciam.
- L'aplicació de composts de C/N 20 o menor millora moderadament la disponibilitat de nitrogen a curt termini. En canvi, el compost de C/N 30 la fa disminuir.
- Els carbohidrats solubles s'han mostrat sensibles tan a l'aplicació de compost com als tipus de conreu mentre que els fenols només han mostrat sensibilitat a l'aplicació de compost.
- L'índex de diversitat microbiana (Shannon) en alguns casos disminueix a curt termini després de l'aplicació de compost. Aquest índex té a veure amb la gestió prèvia de cada hort.
- L'anàlisi RGB d'imatges ha resultat ser una bona eina de detecció dels canvis que tenen lloc en els cultius després d'una l'aplicació de compost.

## Referències

- Casadesús, J., & Villegas, D. (2014). Conventional digital cameras as a tool for assessing leaf area index and biomass for cereal breeding. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56(1), 7–14. <https://doi.org/10.1111/jipb.12117>
- Cirou A., Uroz S., Chapelle, E., Latour, X. Orange, N., Faure, D. and Dessaux. Y.2009. Quorum Sensing as a Target for Novel Biocontrol Strategies Directed at *Pectobacterium*. In: Recent developments in management of plant diseases, editors U. Gisi, I. Chet, M.L. Gullino . Springer Capitol 10 " pàgines 121 - 132.
- De Cal A, Sand\_in-Espa~na P, Martinez F et al., 2013. Role of gluconic acid and pH modulation in virulence of *Monilinia fructicola* on peach fruit. *Postharvest Biology and Technology* 86, 418–23.
- Fernández, E., Trillas, M. I., & Segarra, G. (2017). Increased rhizosphere populations of *Trichoderma asperellum* strain T34 caused by secretion pattern of root exudates in tomato plants inoculated with *Botrytis cinerea*. *Plant Pathology*, 66(7), 1110–1116. <https://doi.org/10.1111/ppa.12668>
- Fernandez-Gallego, J. A., Kefauver, S. C., Vatter, T., Aparicio Gutiérrez, N., Nieto-Taladriz, M. T., & Araus, J. L. (2019). Low-cost assessment of grain yield in durum wheat using RGB images. *European Journal of Agronomy*, 105(December 2018), 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.007>
- Hadas Y, Goldberg I, Pines O, Prusky D, 2007. Involvement of gluconic acid and glucose oxidase in the pathogenicity of *Penicillium expansum* in apples. *Phytopathology* 97, 384–90.
- Romanyà, J. Trillas M.I. Achotegui A. Puig J. 2019. L'aplicació de compost madur ric en carboni produït a la pròpia finca beneficia al medi ambient i permet minimitzar l'ús de fertilitzants i fitosanitaris Fitxa tècnica Final Activitats demostració operació 01-02.01.
- Rovira, P., Jorba, M., & Romanyà, J. (2010). Active and passive organic matter fractions in Mediterranean forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, 46(4), 355–369. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0437-0>
- Sancho-Adamson, M., Trillas, M. I., Bort, J., Fernandez-gallego, J. A., & Romanyà, J. (2019). Use of RGB Vegetation Indexes in Assessing Early Effects of *Verticillium Wilt* of Olive in Asymptomatic Plants in High and Low Fertility Scenarios. *Remote Sensing*, *Vd.* <https://doi.org/10.3390/rs11060607>
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol*; 299: 152-178.
- Whistler, Roy L.; Wolfrom, M. L. 1963. Methods in carbohydrate chemistry. Volume 1, analysis and preparation of sugars. *J. Chem. Educ.* 1963, 40, 5, A394. <https://doi.org/10.1021/ed040pA394> <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.03.002>
- Yuan, Y., Zhao, W., Zhang, Z., Xiao, J., Li, D., Liu, Q., & Yin, H. (2018). Impacts of oxalic acid and glucose additions on N transformation in microcosms via artificial roots. *Soil Biology and Biochemistry*, 121(9), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.03.002>



## DADES DEL CENTRE DE RECERCA

---

**NOM:** Universitat de Barcelona. Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

**ADREÇA:** Joan XXIII 27-31. 08028 Barcelona

**WEB:** [https://www.researchgate.net/profile/Joan\\_Romanya](https://www.researchgate.net/profile/Joan_Romanya)

**DADES DE CONTACTE:** Joan Romanyà

**Autors:** Míriam Briones<sup>1,2</sup>, Jordi Puig<sup>3</sup>, Ana Corroero<sup>4</sup>, M Isabel Trillas<sup>2</sup>, Joan Romanyà<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Secció de Sanitat Ambiental i Edafologia, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Universitat de Barcelona ([jromanya@ub.edu](mailto:jromanya@ub.edu), [briones.sendra@gmail.com](mailto:briones.sendra@gmail.com))

<sup>2</sup>Secció de Fisiologia Vegetal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona ([mtrillas@ub.edu](mailto:mtrillas@ub.edu))

<sup>3</sup>L'Espigall ([jordi@espigall.cat](mailto:jordi@espigall.cat))

<sup>4</sup>Arran de Terra ([info@arrandeterra.org](mailto:info@arrandeterra.org))



## PRESSUPOST

---

**Pressupost total del projecte:** 29.986,00 €

**Contribució de la UE al pressupost:** 12.893,98 €

## DIFUSIÓ DEL PROJECTE

---

Bon dia i Bona Hora/ Radio Molins de Rei

[https://www.radiomolinsderei.cat/#!/programs/bondiaibonahora2016/radiomolinsderei\\_podcast\\_21372](https://www.radiomolinsderei.cat/#!/programs/bondiaibonahora2016/radiomolinsderei_podcast_21372)

Jornada tècnica: Fertilització orgànica i diagnosi de la qualitat del sòl". RuralCat

Meteomauri/ Catalunya Radio

'MeteoTerra 274, El Parc de Collserola, una proposta per la producció agrària aggroecològica.

Notícia a la web del Parc: <https://www.parcnaturalcollserola.cat/recerca-participativa-sobre-millora-de-la-fertilitat-del-sol/>

Notícia a Tot Cerdanyola: [https://www.totcerdanyola.cat/actualitat/societat/posa-marxa-projecte-tornasol-conreu-aliments-collserola\\_2113508102.html](https://www.totcerdanyola.cat/actualitat/societat/posa-marxa-projecte-tornasol-conreu-aliments-collserola_2113508102.html)

Jordi Puig, Ana Corroero, Míriam Briones, M Isabel Trillas, Joan Romanyà. **Tríptic. 2020.** Projecte Tornasol: Compostatge de residus locals en zones periurbanes i adequació de l'ús de compost en finques hortícoles.

Web explicativa del projecte Tornasol. Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola:

<https://www.parcnaturalcollserola.cat/pla-agropecuari/alimentem-collserola/projecte-tornasol/>

## Amb el finançament de:

---



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Agricultura,  
Ramaderia, Pesca i Alimentació**



**Fons Europeu Agrícola  
de Desenvolupament Rural:**  
Europa inverteix en les zones rurals

Ref: 068\_2018



Fons Europeu Agrícola  
de Desenvolupament Rural:  
Europa inverteix en les zones rurals

P 013



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Agricultura,  
Ramaderia, Pesca i Alimentació**



**xarxa-i.cat**  
Xarxa d'Innovació Agroalimentària  
i Rural de Catalunya