Beneficios agronómicos y ambientales del uso de compost rico en carbono en agricultura periurbana. Resultados del proyecto TornaSol.

Con la financiación de:

Activitat finançada a través de l'operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020.

Índice

Concepto y hipótesis 3

Experimentación en finca 4

Diseño experimental 5

Respuesta de los cultivos a las aplicaciones de compost 7

Lechuga 7

Acelga 8

Calabaza 12

Respuesta del suelo a las aplicaciones de compost 12

Efectos de la aplicación de compost en la disponibilidad de N 12

Efectos de la aplicación de compost y del cultivo en la comunidad microbiana del suelo 15

Índice de diversidad funcional microbiana del suelo 15

Actividad microbiana basal 16

Respiración inducida por la aplicación de sustratos orgánicos 17

Balance de Carbono de la elabaoración y aplicación de compost 20

Estimación del secuestro de carbono a partir de las medidas en las parcelas piloto 20

Estimación del balance de C 22

Conclusiones 23

Concepto e hipótesis

La aplicación de compost y otros fertilizantes orgánicos contribuye al secuestro de carbono en los sistemas de cultivo. Estrictamente las plantas no necesitan del carbono del suelo ya que funcionan con el carbono del CO_2 de la atmosfera. En cambio, los microorganismos del suelo responden positivamente a las adiciones de carbono. Se espera que un suelo rico en materia orgánica:

1 Facilite el enraizamiento de las plantas
2 Aumente la disponibilidad de agua
3 Favorezca la diversidad y las funciones microbianas

Entre las funciones microbianas se encuentran

i) la contribución al suministro de nutrientes para las plantas,
ii) proporcionar mejores condiciones para la sanidad vegetal
iii) mejoras en la calidad del producto alimenticio

Sabemos que la composición de los fertilizantes orgánicos (relación C/N) determina en gran manera el comportamiento de los microorganismos del suelo. Podemos decir que:

a) Los microorganismos del suelo responden positivamente a las adiciones de carbono en el caso que tengan suficiente N (Chen et al., 2014).

b) Las adiciones de nitrógeno o de materia orgánica muy rica en N si bien contribuyen al crecimiento inmediato de los microbios y la estabilización de la materia orgánica del suelo (Kopittke et al., 2018), suelen frenar la actividad microbiana asociada a la materia orgánica del propio suelo (Molina-Herrera and Romanyà, 2015) o disminuir la presencia de biofertilizantes; micorrizas u organismos fijadores de N (Vitousek et al., 2002).

c) Por otra parte, las adiciones de materia orgánica rica en C activan a los microbios del suelo a corto y a medio plazo en busca del nitrogeno necesario en el propio suelo (Jilling et al., 2021). Este incremento de demanda de N por parte de los propios microorganismos del suelo puede hacer disminuir transitoriamente la disponibilidad de N para los cultivos y suponer pérdidas en la producción agronómica. Por último, se ha visto que los compost pobres en N suelen ser supresores de enfermedades del suelo (Trillas et al., 2017).

En este contexto se plantea la hipótesis que las adiciones de materia orgánica rica en C pueden activar de manera especial la actividad y por ende los servicios de los microbios del suelo tales como la fijación biológica de N, las micorrizas, la promoción del crecimiento vegetal o incluso promocionar los agentes de control biológico de enfermedades de planta. Como contrapartida hay que mirar si dicha práctica conlleva mermas en producción agronómica asociadas a una posible baja disponibilidad transitoria de N.

Desde el punto de vista ambiental y agronómico, la aplicación de materiales ricos en C puede ser una estrategia para aumentar de manera rápida la materia orgánica del suelo ya que permite mayores dosis que el uso de los materiales ricos en N. De hecho, en este caso, los aportes totales netos de N al sistema de cultivo pueden ser similares o incluso superiores a los aplicados a partir de materiales más ricos en N.

Experimentación en finca

A continuación, se presentan los resultados de una investigación piloto en finca en la que se han aplicado compost de relaciones C/N contrastadas (Tabla 1) en tres fincas periurbanas situadas en el Parque de Collserola en cultivos de huerta (acelga, lechuga y calabaza).

Tabla 1. Propiedades químicas de cada compost.

	Compost C/N 10	Compost C/N 20	Compost C/N 30
Peso seco (%)	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_3^- (mg/kg)	78.8	62.5	124.5
N-NH_4^+ (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
Carbohidratos solubles (µgeq/g)	59.8	40.9	71.3

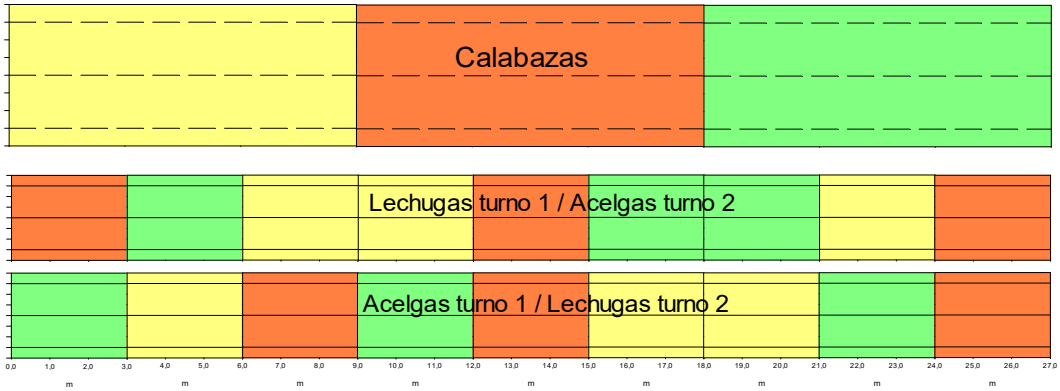
Dos de los compost el de C/N 10 y el de C/N20 se elaboraron a partir de los materiales disponibles en la zona; estiércol de bovino y restos de poda de las poblaciones cercanas. En

estos compost se les añadió una pequeña parte de roca volcánica como aporte de micronutrientes. El tercer compost de C/N30, procedió de una granja de caballos de la zona.

Diseño experimental

En la figura 1 se muestra el diseño experimental aplicado en cada una de las tres fincas. En febrero de 2020 en cada finca se plantó lechuga y acelgas según se puede ver en la figura 1. En la segunda quincena de abril se hizo la primera cosecha de lechugas y acelgas. A principios de mayo se plantaron las calabazas y la segunda plantación de lechugas y acelgas que se sembró de manera alterna, para no repetir el mismo cultivo sobre el mismo lugar. La cosecha de la segunda plantación de lechugas se realizó en julio (sólo en dos fincas) y la de calabaza a principios del mes de agosto en dos de las fincas. Los cultivos de acelga y lechuga se organizaron en dos turnos de manera alterna y fueron replicados tres veces en cada finca. La calabaza sólo se replico una vez en cada finca. En cada subparcela de lechuga-acelga o acelga-lechuga se plantaron tres líneas de 9 plantas dando un total de 27 pies por subparcela. Para evitar el efecto borde se muestrearon en cada parcela 3 pantas de la línea del medio evitando las de los extremos lindantes con otros tratamientos. En las parcelas de calabaza se plantaron 6 plantas por línea dando un total de 18 plantas por parcela.

Figura 1. Distribución de los cultivos y de los tratamientos de aplicación de compost en campo. El color amarillo se refiere al compost de C/N 30, el naranja al de C/N 20 y el verde en el de C/N 10. Todas las subparcelas tienen el mismo tamaño, 6 x 1.2 m para lechugas y acelgas y 2.1 m x 9 m para la calabaza.

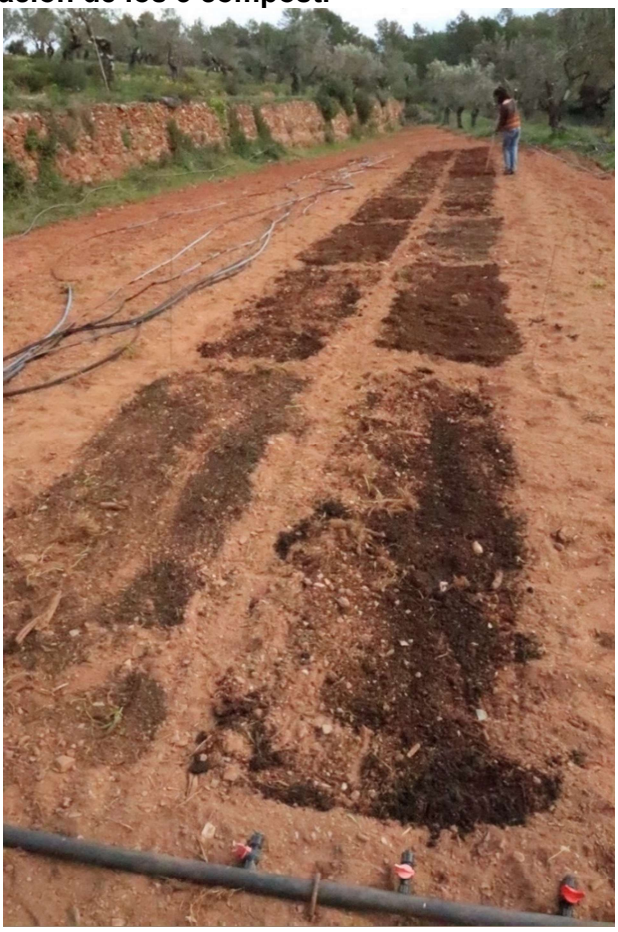


En la tabla 2 se muestran las dosis de compost para cada tipo de compost. La aplicación de compost fue en superficie y única en cada finca. Las dosis fueron calculadas en base a los 170 kg N /ha/año permitidos por el reglamento de agricultura ecológica (2018/848).

Tabla 2. Dosis en kg/m^2 de compost añadidas en las rotaciones de las parcelas experimentales.			
	Lechuga-acelga	**Acelga-lechuga**	**Calabaza**
C/N 10	2.4	2.4	4.2
C/N 20	2.5	2.5	4.4
C/N 30	3.3	3.3	5.6

En la imagen 1 puede verse el aspecto de una de las fincas experimentales al inicio de la experimentación.

Imagen 1. Aspecto de una parcela experimental después de la aplicación de los 3 compost.



Los suelos en los que se han realizado las pruebas piloto son representativos de la agricultuira d ela zona de estudio. Estos suelos poseen unos niveles de materia orgánica medios (Tabla 3).

Tabla 3. Características de los suelos de las fincas hortícolas de Collserola.

	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
C orgánico %	1.7	1.74	2.11
Nitratos mg / kg	32.0	22.2	21.2
Amonio mg / kg	8.2	9.3	9.7
P Olsen mg / kg	32.5	82.0	18.2
pH	7.7	7.6	8.0
CE dS m	224.4	202.8	198.8
Densidad aparente g/cm^3	1.35	1.48	1.38
C soluble mg/g		0.29	0.36
Carbohidratos solubles µg eq glucosa/g	4.36	3.67	4.36
Fenoles µg eq fenol/g	33.9	32.02	50.20
% Arcilla	14.37	17.17	18.1
% Limo	50.66	34.75	37.54
% Arena	34.98	48.08	44.34
Textura	Franco-Limosa	Franca	Franca

Respuesta de los cultivos a las aplicaciones de compost

Lechuga

La producción de lechugas varió mucho según las fincas y según el período de cultivo (Figuras 2 y 3). En el caso del huerto 1 no se plantó en el segundo turno. Las variaciones entre fincas pueden ser debidas a diferencias de suelo o de gestión entre fincas. En el primer turno tenemos datos de disponibilidad de agua en el momento de la cosecha que pueden indicar las diferencias de riego que de hecho coinciden con las de producción (Tabla 4).

Tabla 4. Potencial hídrico del suelo superficial en el momento de la cosecha de lechuga y acelgas (29/04/2020).

	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
Potencial hídrico (kPa)	24	0	3

En el primer turno de plantación efectos de la aplicación de compost no han dado ningún resultado significativo en el caso de la lechuga, de hecho, las diferencias entre tratamientos han sido mínimas. En el segundo turno, cosechado en el mes de julio, se han podido ver las

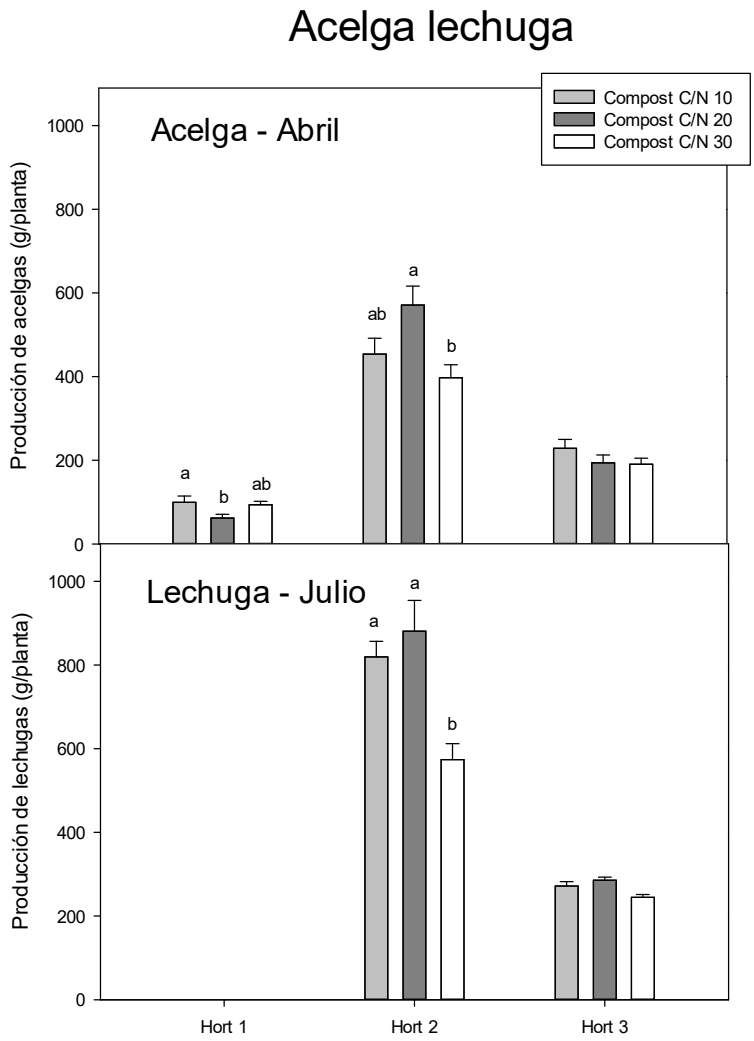
diferencias en el caso del huerto 2 donde la producción ha sido más elevada en los compost de C/N 10 y C/N 20 y menor en el compost de C/N 30. La producción máxima, si bien no significativamente diferente al de C/N 10, se ha conseguido en las lechugas abonadas con el compost de C/N 20. En el caso de la lechuga, el efecto de aplicación de compost, se ha visto más al cabo de unos meses que no inmediatamente después de la aplicación.

En el huerto 3 no se vio ningún efecto de la aplicación de los compost tampoco en el segundo turno. Este hecho podría estar relacionado con un escaso crecimiento general derivado de la gestión. De hecho, en el huerto 3 no se hizo mucho control de las malas hierbas con el consecuente problema de competencia.

Acelga

De manera similar a las lechugas la producción de acelga ha variado mucho entre fincas y entre turnos. De todas formas, los resultados de la acelga no coinciden con los de la lechuga ya que, en este caso, en dos de los huertos, se han detectado diferencias significativas entre tratamientos ya en el primer turno. En este turno, en el huerto dos, se han detectado las mayores producciones de acelga. Tal y como ocurría con la lechuga las producciones máximas se consiguen con la aplicación del compost de C/N 20, en segundo lugar, con el compost de C/N 10 y por último con el de C/N 30. En el huerto 1 no se observa el efecto positivo de la aplicación de compost de C/N 20. En este contexto la limitación de producción seguramente no habrá sido debido a la falta de nitrógeno sino de otros factores tales como la disponibilidad de agua (Tabla 4).

Figura 2. Producción de planta en la rotación de acelga y lechuga. Esta rotación no tivo efecto margen del cultivo de calabaza. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos a partir del análisis de la varianza con un p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).



Cabe destacar el hecho que el cultivo de calabaza se plantó al lado de la rotación lechuga-acelga de manera que las calabazas compitieron mucho con el cultivo de acelga del mes de julio. Ver imágenes 8-11. Por este motivo, en el segundo turno las producciones de acelga fueron mucho menores. Parece ser, que en condiciones de competencia los efectos de los tratamientos de aplicación de compost quedan desdibujados.

Figura 3. Producción de planta en la rotación de lechuga y acelga. Esta rotación fue colindante con el cultivo de calabaza en la segunda fase. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos a partir del análisis de la varianza con un p-valor < 0.05 i un test post hoc (Test de Tukey).

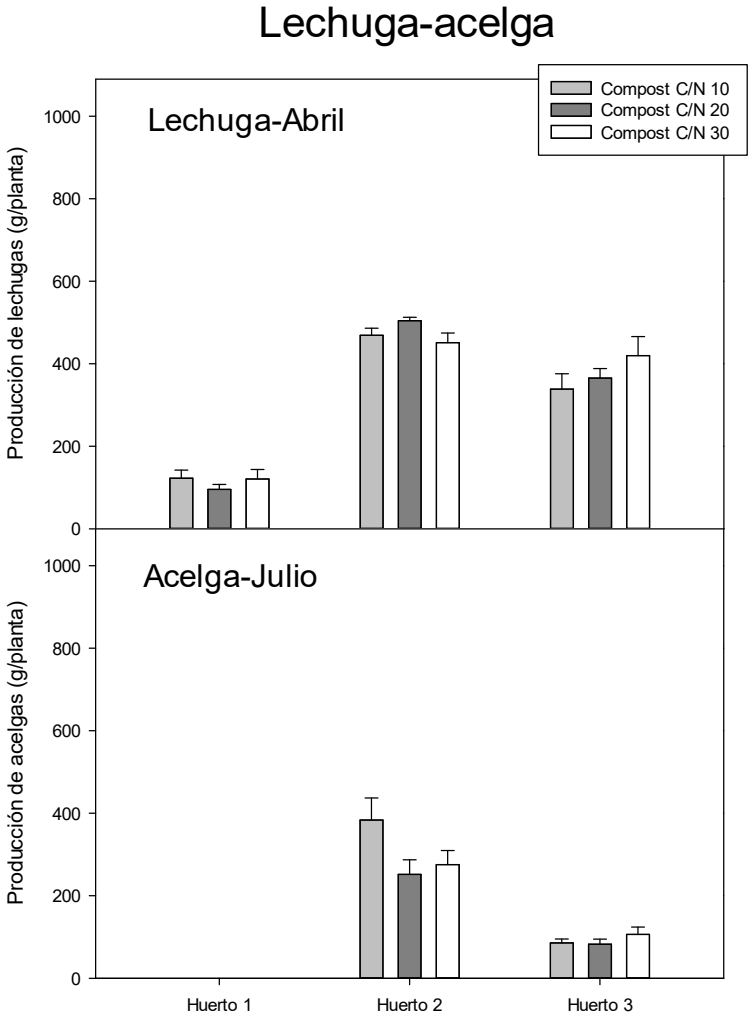


Imagen 2. Huerto 2 primer turno

Imagen 3 Huerto 2 segundo turno. Se pueden ver las acelgas invadidas por la mata de calabaza.

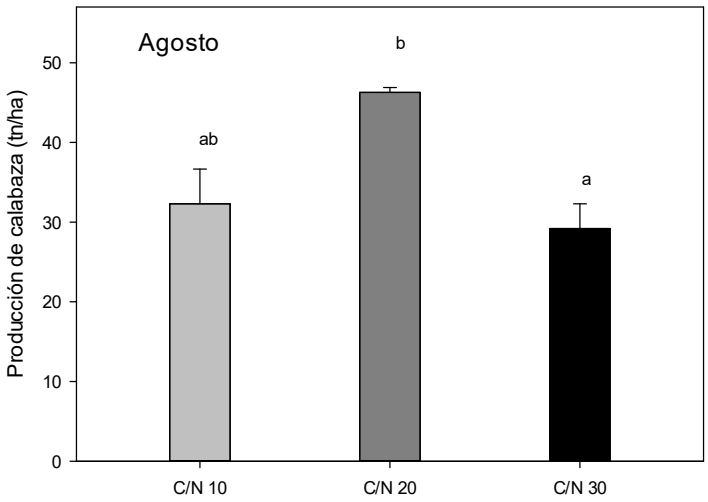
Imagen 4. Huerto 3 primer turno

Imagen 5 Huerto 3 segundo turno. Se pueden ver las acelgas invadidas por la mata de calabaza.

Calabaza

Tal como podemos ver en la figura 4 la producción de calabazas ha sido buena alcanzando producciones de más de 30 Tn / ha. En las dos fincas donde se ha ensayado el cultivo las calabazas han producido más en el caso del compost de C/N 20 mientras que en el caso del compost de C/N 30 las producciones han sido más bajas. Los datos que se presentan en la figura 11 corresponden a los huertos 2 y 3.

Figura 4. Producción de calabaza en dos fincas de Collserola fertilizadas con compost de varias calidades. Las letras que se muestran en el gráfico corresponden a diferencias significativas entre tratamientos a partir del análisis de la varianza ANOVA con p-valor <0,05 y un test post hoc (Test de Tukey).



En resumen, hemos visto que el compost de C/N 20 ha permitido obtener las producciones agronómicas máximas en acelga, lechuga y calabaza, siempre y cuando no haya limitaciones de otros factores tales como la disponibilidad de agua o la competencia con otras plantas. La competencia con la calabaza ha hecho que las acelgas del segundo turno hayan tenido una producción muy baja. En el caso de buena disponibilidad de agua o de falta de competencia, los efectos positivos de la aplicación de compost de C/N 20 y C/N 10 se han mantenido hasta el segundo, durante un periodo de 5 meses, turno en el caso de la lechuga.

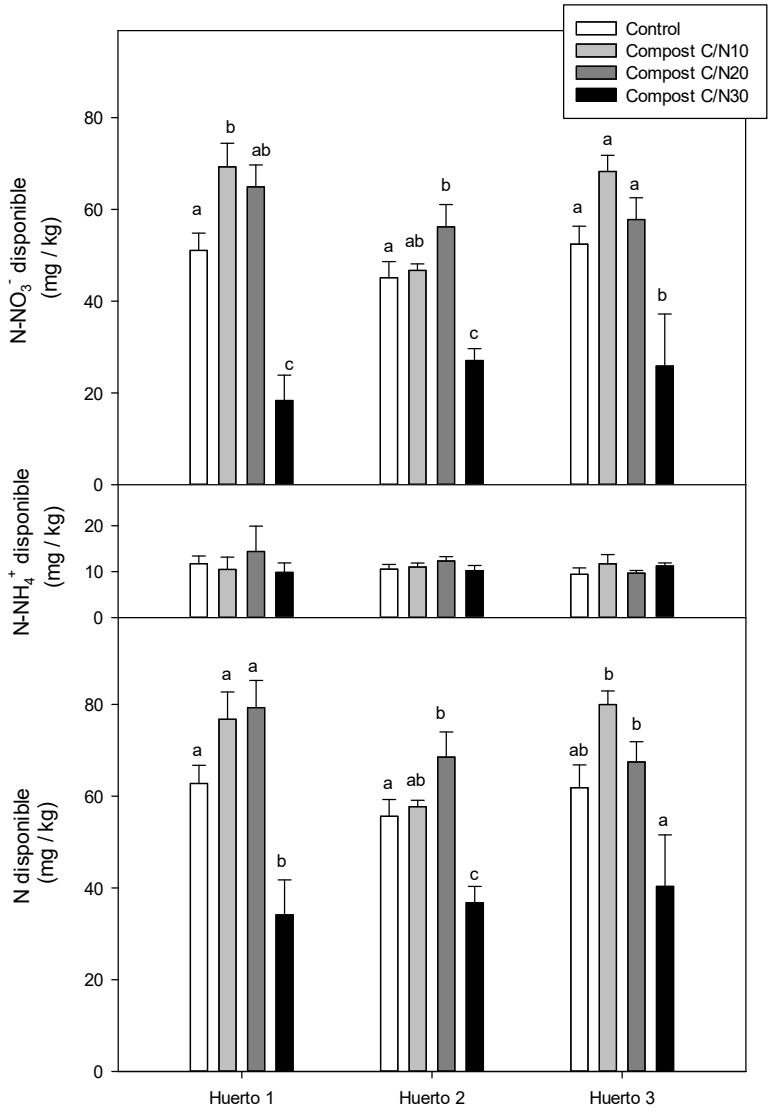
Respuesta del suelo a las aplicaciones de compost

Efectos de la aplicación de compost en la disponibilidad de N

El nitrógeno disponible es necesario para la producción de planta, aunque también es necesario para los microbios que viven en el suelo. El nitrógeno disponible se midió incubando 14 días las tierras fertilizadas unas horas después de la aplicación en superficie de cada uno de los tres compost. Como

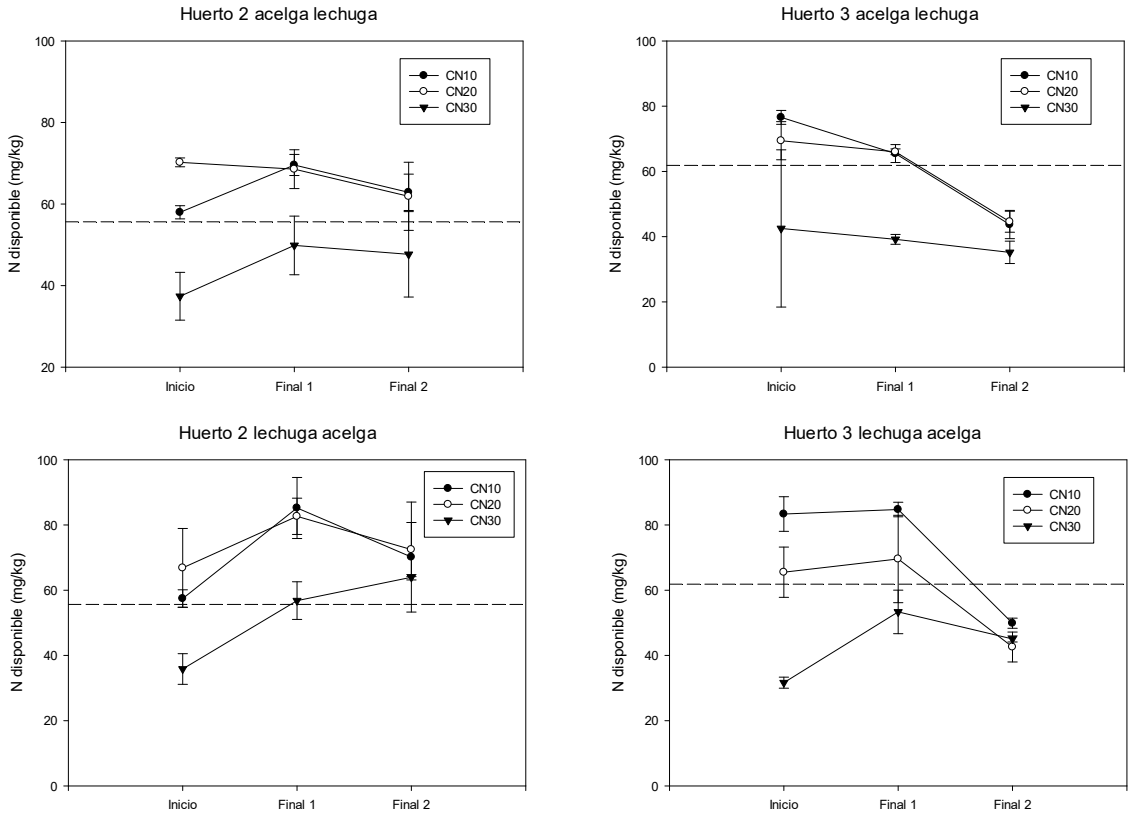
control se utilizó la misma tierra de antes de la aplicación del compost. Para cada condición experimental se analizaron tres réplicas obtenidas de una muestra compuesta de 8 sondas de 0 a 20 cm sacadas de cada subparcela. Estas muestras se analizaron para nitrato ($N\text{-}NO_3^-$) y para el amonio ($N\text{-}NH_4^+$) antes y después de incubarse las durante 14 días a 55% de capacidad de campo. El nitrógeno disponible incluye el N mineral (nitrato y amonio) inicial a de las tierras al momento de plantación del cultivo más el nitrógeno que se mineraliza o inmoviliza durante la incubación en el laboratorio. La acumulación del nitrógeno mineralizado puede frenar la actividad mineralizadora de los microbios del suelo. Es por ello que en condiciones de campo esta mineralización podría ser superior a la medida en el laboratorio. En todo caso se han utilizado los resultados de la incubación como una estima de la disponibilidad de nitrógeno en los tratamientos de la prueba piloto. En la figura 5 se presentan los datos de nitratos, amonio y del nitrógeno disponible que corresponde a la suma de las dos formas de nitrógeno mineral. SE puede observar que la mayoría del nitrógeno se encuentra en forma de amonio. También se detecta que los compost de C/N 10 y C/N 20 tienden a aumentar moderadamente el N disponible mientras que el compost de C/N 30 lo disminuye de manera clara. Parece ser pues que una relación C/N de 20 puede ser suficiente para contribuir a la disponibilidad de N de los cultivos. Las diferencias entre los compost de C/N10 y C /N 20 son pequeñas y no muestran el mismo patrón en los tres huertos estudiados. El nitrato disponible muestra las diferencias más grandes entre tratamientos.

Figura 5. Nitratos, amonio y nitrógeno disponible en suelos fertilizados iniciales y los suelos control (sin fertilizar) después de 14 días de incubación para cada uno de los huertos analizados (Huerto 1, Huerto 2, Huerto 3). Las letras que se muestran en el gráfico corresponden a diferencias significativas entre tratamientos a partir del análisis de varianzas ANOVA con p-valor <0,05 y un test post hoc (test de Tukey).



El aumento de la disponibilidad de nitrógeno que se observó a consecuencia de la aportación de compost de C/N 10 y C/N 20 se mantuvo hasta el final del primer cultivo en todos los casos estudiados y en el huerto más productivo huerto 2 hasta el final del segundo cultivo (Figura 6). En este caso se observa además como el compost de C/N 30 al cabo de unos meses también contribuyó a la disponibilidad de nitrógeno. En el huerto 3 sin embargo, no se observó una pérdida de la disponibilidad de nitrógeno al final del segundo cultivo. Este hecho pude ser debido a los aportes de materia vegetal que se habían hecho en este huerto unos años antes de la prueba piloto. El elevado índice de fenoles en los suelos del huerto tres (Tabla 8) puede que tenga que ver con este hecho.

Figura 6. N disponible al inicio del experimento y al final de las cosechas 1 y 2 en las rotaciones lechuga-acelga y acelga-lechuga. La línea discontinua indica el N disponible antes de la aplicación de compost.

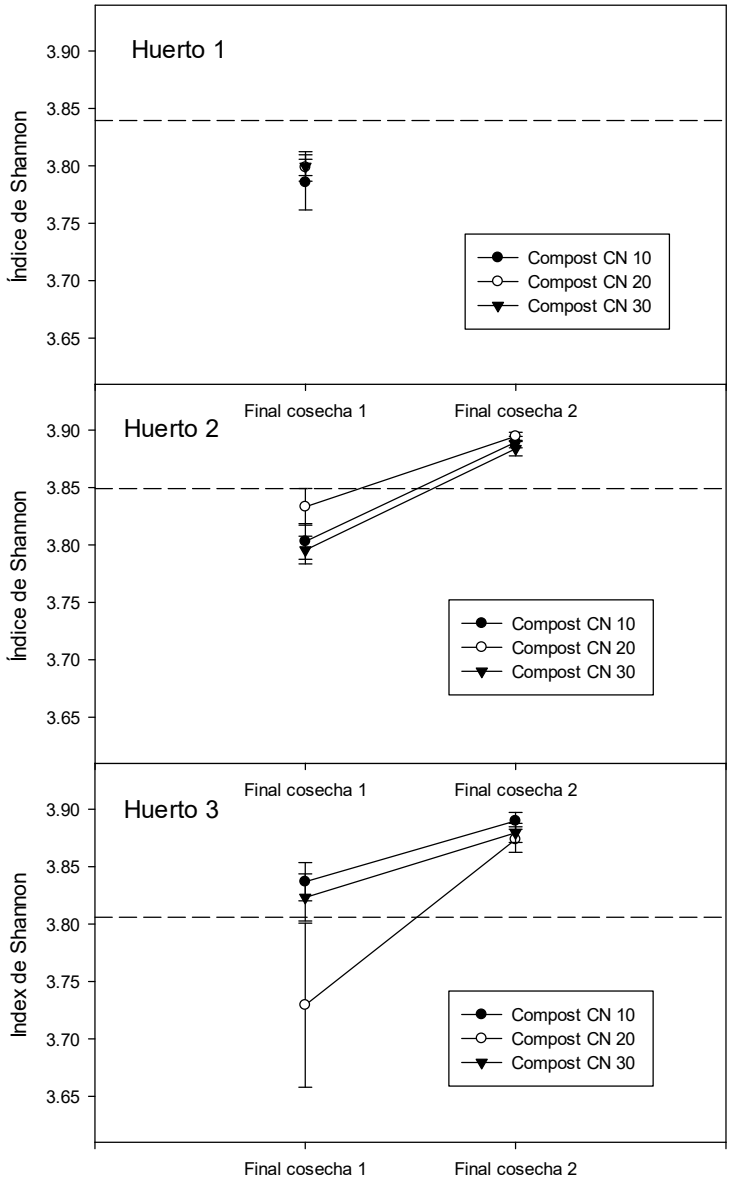


Efectos de la aplicación de compost y del cultivo en la comunidad microbiana del suelo

Índice de diversidad funcional microbiana del suelo

Este índice se ha calculado a partir de la respiración inducida por la adición al suelo de 15 sustratos diferentes. De la variabilidad en las respuestas se calcula la diversidad funcional de cada tipo de suelo según el índice de Shannon. En este caso se ha calculado con el log en base 2. En un primer momento, al final de la primera cosecha, la aplicación de compost al suelo ha hecho disminuir la diversidad funcional microbiana por lo menos en dos de los tres huertos estudiados (Fig. 7). Sin embargo, al final dela segunda cosecha todos la aplicación de compost incrementó el índice de biodiversidad en todos los casos estudiados. Los resultados incluyen las dos rotaciones estudiadas, lechuga-acelga y acelga-lechuga. La línea de puntos indica la biodiversidad de los suelos iniciales, antes de la aplicación de compost. En el seguimiento realizado, en otro proyecto, en el huerto de Can Moragues durante dos años, se vio una disminución de la diversidad microbiana funcional en el primer año después de la aplicación de compost rico en carbono. Más adelante, en el segundo año, se recuperó para acabar siendo más elevada que la del punto de partida (Romanyà et al., 2019).

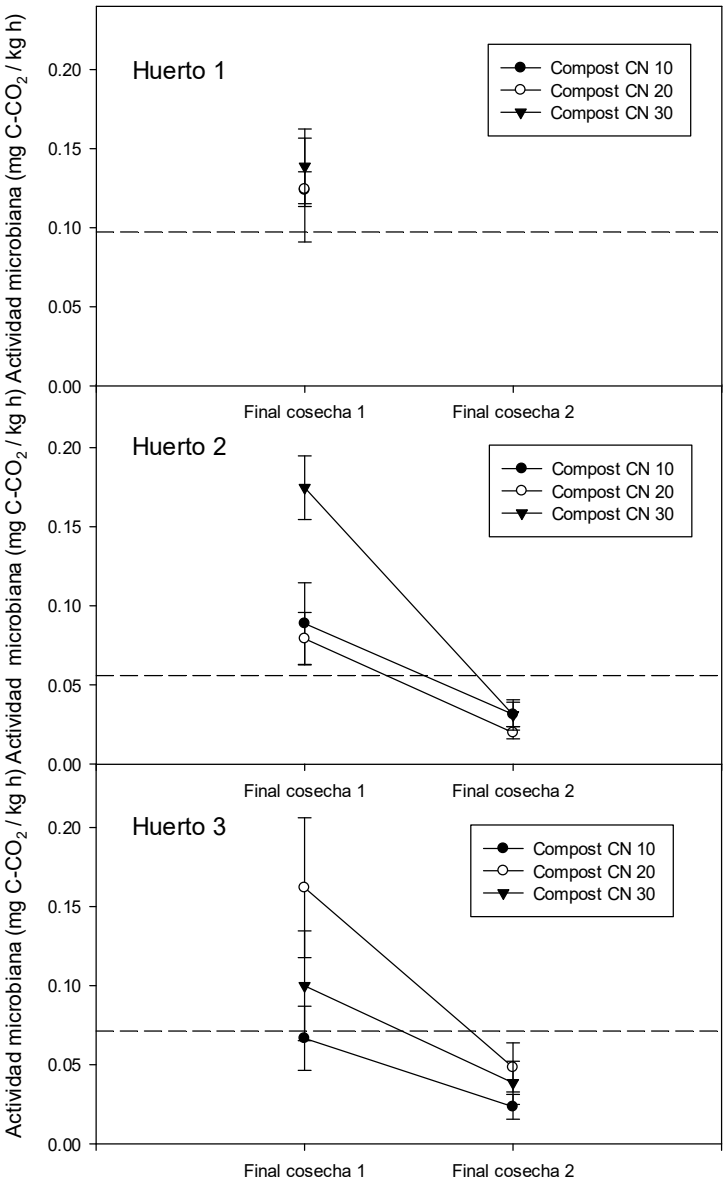
Figura 7. Índice de biodiversidad microbiana de los suelos (Índice de Shannon) de las fincas estudiadas al final de las cosechas. Los resultados incluyen las dos rotaciones. La línea discontinua indica el N disponible antes de la aplicación de compost.



Actividad microbiana basal

La actividad microbiana basal de cada suelo aumentó tras la aplicación de compost y luego disminuyo en al final de la segunda cosecha. en el caso del huerto 2 (Figura 8). En el huerto 2 el aumento fue especialmente importante en el caso del compost más rico en C (C / N 30), mientras que en el huerto 3 el compost de C/N20 dio el mayor aumento.

Figura.8. Actividad microbiana en los suelos de las fincas estudiadas al final de las cosechas. Los resultados incluyen las dos rotaciones. La línea discontinua indica el N disponible antes de la aplicación de compost.



Respiración inducida por la aplicación de sustratos orgánicos

La adición de sustratos lábiles al suelo puede favorecer la actividad microbiana y en muchos casos la movilización de nutrientes (N y P sobre todo). A continuación, presentamos la respuesta media a la aplicación de 15 sustratos orgánicos en los suelos de las rotaciones lechuga-acelga y acelga-lechuga. Parece ser que la respuesta inducida a la respiración al poco tiempo después de la aplicación de compost puede disminuir, sobre todo en el caso del cultivo de lechuga en el huerto 2 (Fig. 9). Esta disminución se acentúa al final de la segunda cosecha independientemente del tipo de cultivo.

Paralelamente la respuesta microbiana a sustratos solubilizadores de fósforo, como seria el caso del ácido cítrico, puede disminuir después de la aplicación de compost en cultivos de lechuga (Fig. 10).

Figura 9. Respiración media inducida por la adición de 15 sustratos en los suelos de las fincas estudiadas al final de las cosechas de la rotación lechuga-acelga y acelga-lechuga. La línea discontinua indica el N disponible antes de la aplicación de compost.

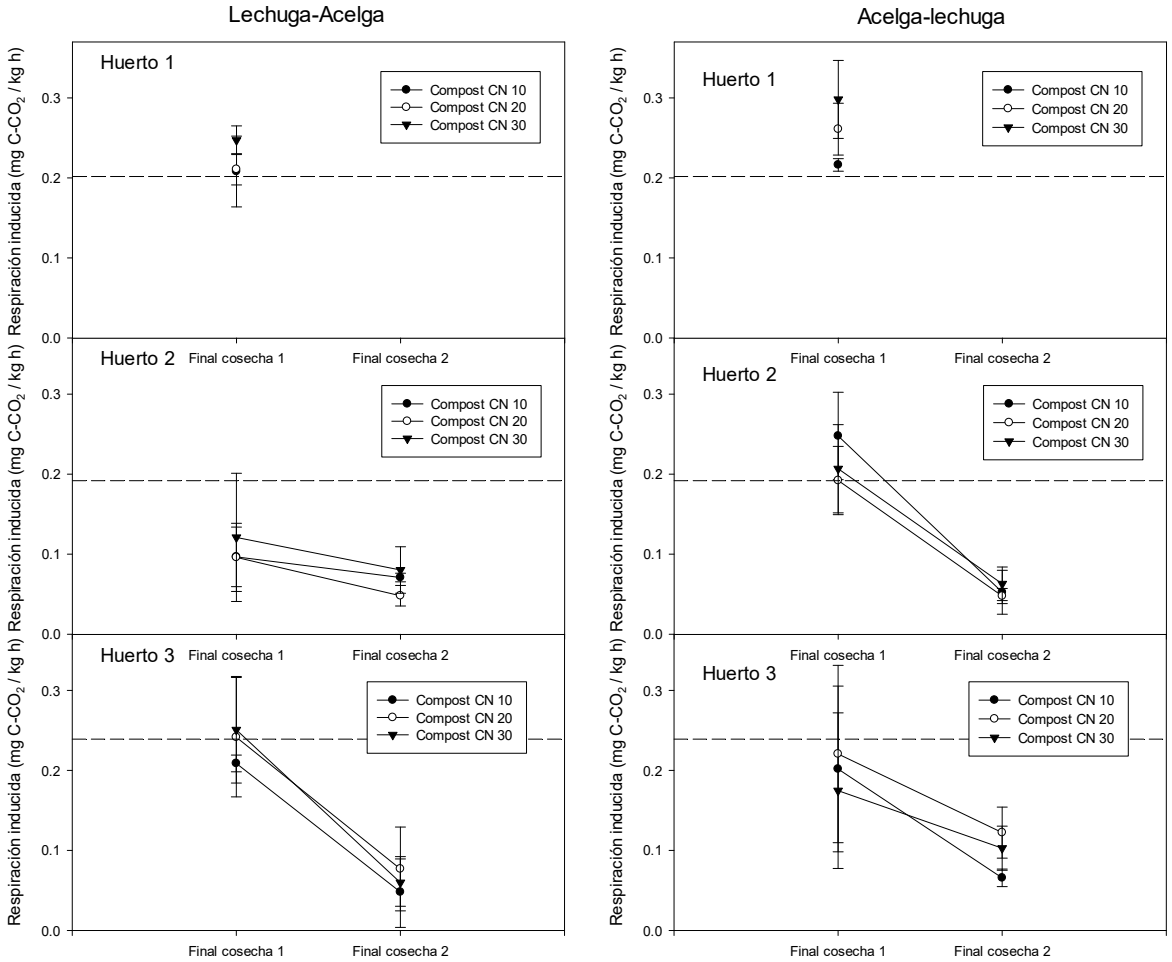
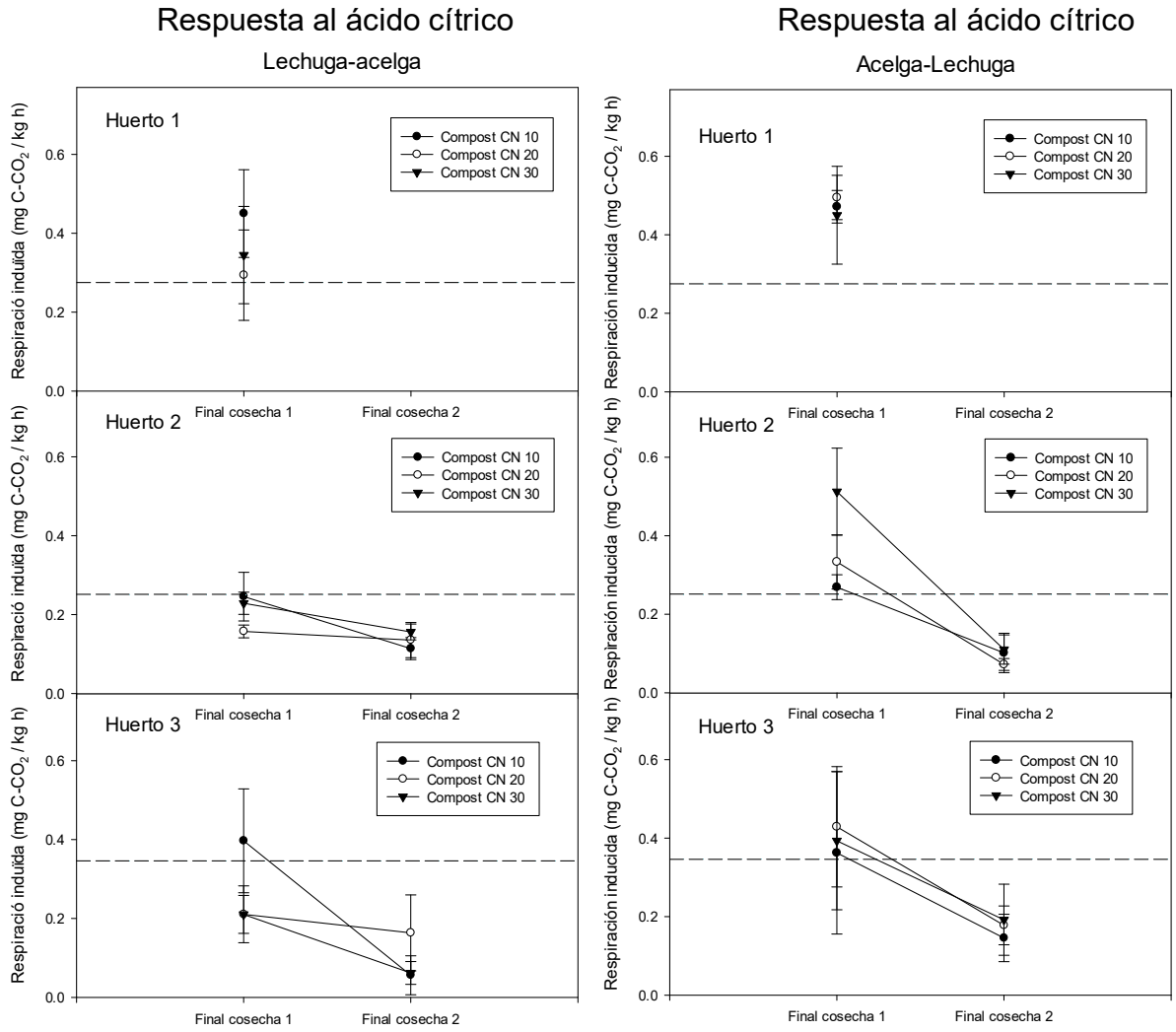


Figura 10. Respiración inducida por la adición de ácido cítrico en los suelos de las fincas estudiadas al final de las cosechas de la rotación lechuga-acelga y acelga-lechuga. La línea discontinua indica el N disponible antes de la aplicación de compost.



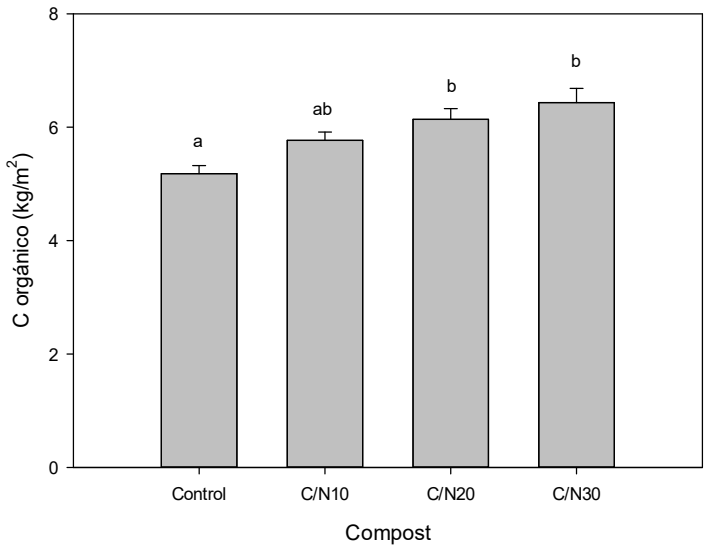
En resumen, podemos decir que la aplicación de compost de C/N 20 mejora moderadamente la disponibilidad de nitrógeno a corto plazo y a medio plazo de manera similar a un compost estándar de C/N10. En cambio, el compost de C / N 30 hace disminuir la disponibilidad de nitrógeno en los primeros meses, aunque pueda tener efectos positivos a los 5 meses de su aplicación. La aplicación de compost favorece la diversidad microbiana funcional a medio plazo, aunque en este plazo de tiempo reduce la actividad microbiana y la respuesta microbiana a la adición de sustratos. Este hecho puede tener efectos positivos para el secuestro de C en suelos receptores de compost.

Balance de Carbono de la elaboración y aplicación de compost

Estimación del secuestro de carbono a partir de las medidas en las parcelas piloto

En este proyecto hemos medido el secuestro de carbono de diversos compost seleccionados en base a su riqueza en C. Las dosis aplicables al suelo de los compost se calculan a partir de su contenido en N, de manera que los compost más pobres en N permiten unas mayores dosis de aplicación de C al suelo. Este efecto a corto plazo puede que no se mantenga a medio plazo debido a los procesos de estabilización de la materia orgánica al suelo son sensibles a la disponibilidad de nitrógeno.
En los tres huertos experimentales se ha medido el aumento de carbono orgánico en los primeros 20 cm de suelo antes y después de la aplicación de compost. En la figura 11 se ven los aumentos correspondientes a cada tipo de compost. Tal como era esperable, los compost más ricos en C son los que produjeron aumentos más importantes.

Figura 11. Carbono orgánico en el suelo en las 3 fincas experimentales del Parque de Collserola antes y después de la aplicación de compost.

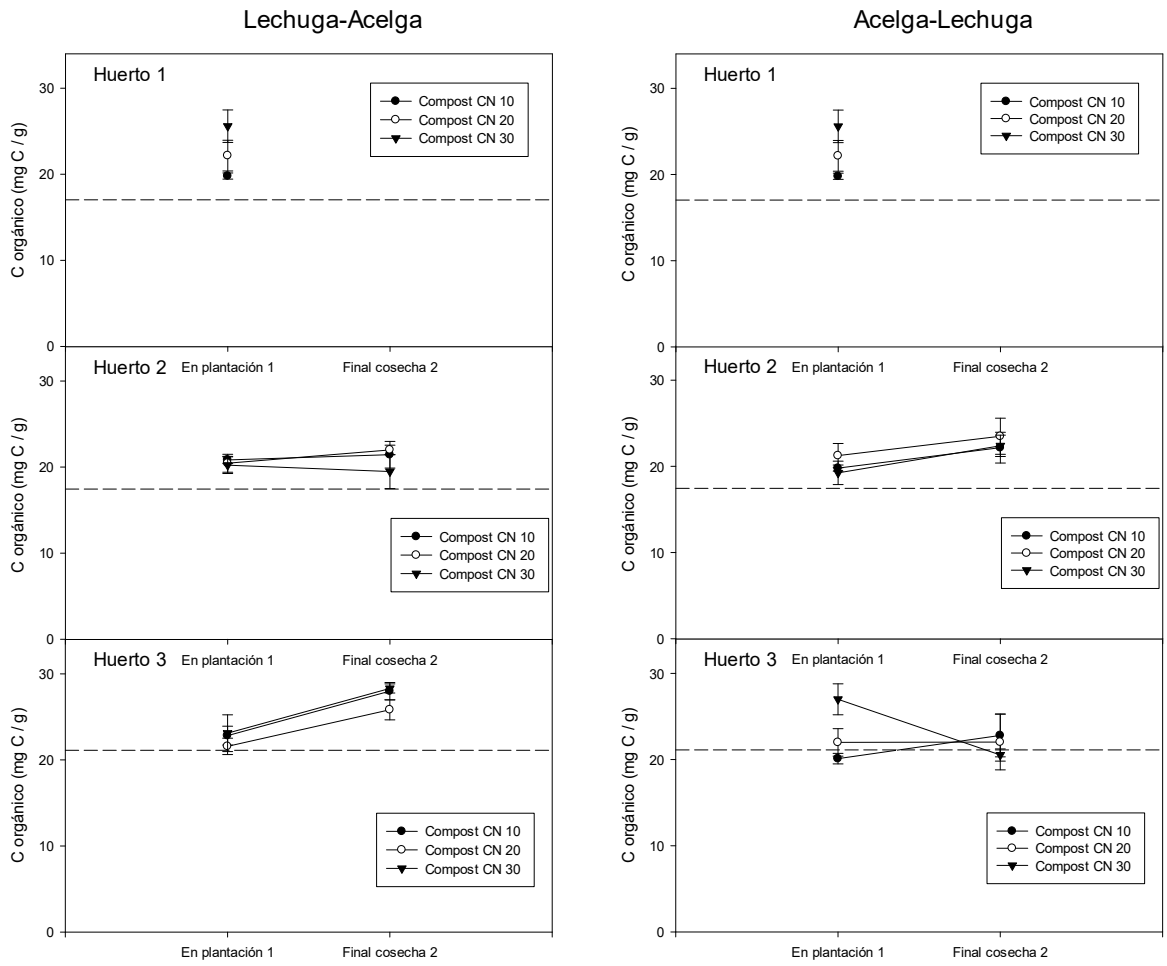


Para determinar la estabilidad del carbono secuestrado en el tiempo en un segundo muestreo se hizo un seguimiento de los cambios en el tiempo en los dos huertos en los que se estableció el segundo turno de plantación de lechuga y acelga. Los resultados se pueden ver en la figura 13. Si observamos la rotación acelga lechuga observamos una tendencia al aumento del C orgánico del suelo en el huerto más productivo (huerto 2) mientras que en el huerto 3 esta tendencia no se ve. En este caso el compost de C/N30 muestra una disminución entre los dos tiempos estudiados. disminución en los En la rotación lechuga acelga no se observan disminuciones de C orgánico en ningún caso. En el caso del huerto 3 se observa un aumento que podría estar relacionado con la invasión de la calabaza a la zona de cultivo de la acelga (ver imagen 5).

En resumen, podemos decir que la aplicación de compost ricos en C (C/N 20 y C7N30) aumenta más el C orgánico del suelo que la aplicación del compost rico en nitrógeno (C/N 10). El aumento de materia orgánica que resulta de la aplicación de compost se mantiene durante al menos medio año. Este hecho puede tener que ver con la reducción de la actividad microbiana que hemos observado en estos suelos enmendados en compost unos meses después de su aplicación. Cultivos de alta producción de biomasa también contribuyen a la reserva de C del suelo. Por lo que la obtención de buenas producciones agrícolas, o el uso de cultivos productores de grandes cantidades de biomasa, como sería el caso de la calabaza, puede también tener un beneficio ambiental incluyendo la mitigación al cambio climático.

Por último, en el presente proyecto hemos demostrado que el compost producido en finca, sin maquinaria especifica ni gran experiencia del personal puede dar un producto de buena calidad para la regeneración del suelo y para contribuir en la lucha contra el cambio climático.

Figura 12. C orgánico en los huertos estudiados en el momento de la plantación del primer turno de acelga o lechuga y en el momento de la cosecha de acelga o lechuga del segundo turno.



Estimación del balance de C

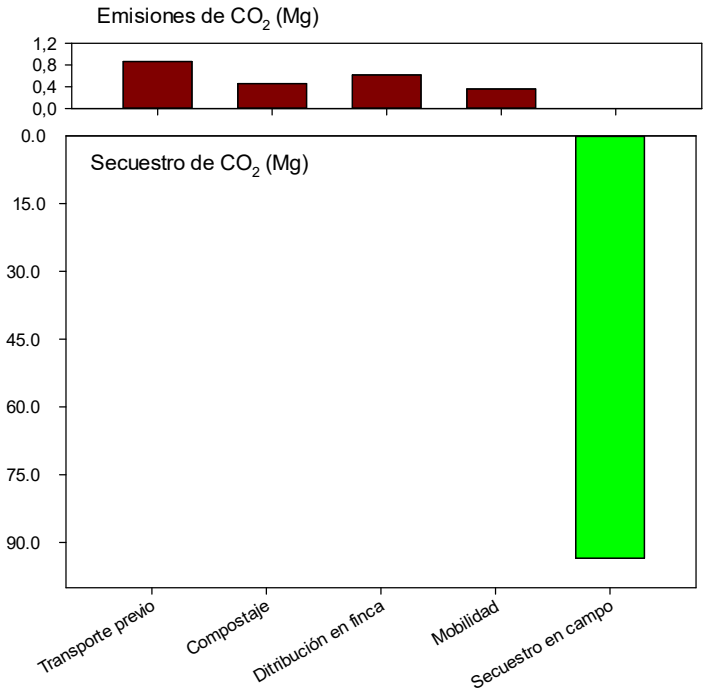
Durante el proyecto hemos elaborado un documento de cálculo de las emisiones de CO_2 asociadas con las actividades del proyecto, incluyendo visitas a campo, muestreos, reuniones y también la maquinaria para la elaboración y el transporte del compost. El detalle de los cálculos se encuentra en la hoja Excel complementaria (taulafinalemissionstornasol3). En la tabla 5 se puede ver que para cada m^3 de compost que se prepara y suministra a les campos del área de trabajo las tareas de transporte (el transporte de materia prima más el transporte de compost a las fincas situadas en el mismo parque) suponen un 65 % del total de las emisiones, mientras que el proceso de compostaje, básicamente por la construcción y el volteo de las pilas, representa un 20 %, una tercera parte del transporte. Este hecho pone de manifiesto la importancia de promover el microcompostaje en finca y de esta manera reducir las emisiones de CO_2. Esta idea se ha recogido en el modelo Austriaco de compostaje descentralizado en el sector agrícola (Kaza et al., 2016). Las tareas de movilidad se refieren a las reuniones, visitas a fincas para asesorar a los agricultores y para el control de la elaboración del compost, reuniones de coordinación etc. Los viajes incluyen todo el personal implicado en el proyecto y representan un 16 % de las emisiones totales. Esta cantidad podría obviarse en una situación en que el sistema de compostaje y reparto estuviera ya bien establecido.

Tabla 5. Emisiones de CO_2 a causa de las actividades llevadas a cabo en el proyecto.

RESUMEN	Kg CO_2	%	Kgco2/m3 compost
MOBILIDAD	360.10	16%	1.41
TRANSPORT MATERIAS PRIMAS	863.39	38%	3.37
COMPOSTAJE	458.68	20%	1.79
TRANSPORTE COMPOST FINCAS	617.80	27%	2.41
TOTAL	**2299.96**	**100%**	**8.98**

Si consideramos que en el proyecto se han producido 256 m^3 de compost, las emisiones totales han sido de 2298.88 kg CO_2. Por otra parte, sabemos que la retención de C-CO_2 en los suelos receptores de los compost producidos en el proyecto ha sido de 25500 kg de C-CO_2. Una vez transformados estos kg de C a CO^2 serian 93500 kg. Es decir 40 veces más que las emisiones (Fig. 13). En consecuencia, el secuestro neto de C del proyecto a consecuencia de la incorporación de los compost en el campo sería de 91201 kg de CO_2. Esta diferencia de magnitud hace del proceso del compostaje y su posterior incorporación en el suelo una praxis muy adecuada para favorecer el secuestro de carbono.

Figura 13. Emisiones y secuestro bruto de CO_2 en el proyecto. La escala de las emisiones está ampliada 10 veces.



Conclusiones

- La aplicación de compost ricos en C, como seria el caso de un compost de C/N 20, puede favorecer la producción de planta durante un mínimo de dos cultivos consecutivos de la misma manera como lo haría un compost más rico en N (compost de C/N10). Este efecto positivo se ha visto en calabaza y en los cultivos de lechuga y acelga en los casos que la producción no haya sido limitada por otros factores como la disponibilidad de agua o la competencia con otras plantas.
- El compost rico en C ha permitido mantener la disponibilidad de N durante un mínimo de 5 meses. El compost más pobre en N (compost de C/N 30) puede tener en algunos casos efectos positivos en la disponibilidad de N al cabo de 5 meses.
- La aplicación de compost ricos en C (C/N 20 y C/N 30) aumenta más el C orgánico del suelo que la aplicación de un compost más rico en N (C/N 10).
- La aplicación de compost favorece la diversidad microbiana funcional a medio plazo si bien reduce la actividad microbiana y la respuesta a la adición de sustratos. Este hecho, observado en todos los compost independientemente de su relación C/N, puede favorecer la retención de carbono en el suelo a medio o a largo plazo.

- El aumento de materia orgánica como resultado de la aplicación de compost se mantiene como mínimo durante medio año.
- Mantener una buena productividad agronómica o utilizar cultivos de alta producción de biomasa puede suponer también un aumento de la materia orgánica del suelo.
- El compostaje y su aplicación en campo a escala local supone un secuestro de CO_2 40 veces superior al CO2 producido por las tareas de compostaje. El transporte de los materiales para el compostaje y del compost a finca constituye la mayoría (65%) de las emisiones de CO2 asociadas al proceso.

En resumen, podemos decir que la producción y aplicación de materiales compostados ricos en C puede ser de gran utilidad para la regeneración de suelos agrícolas empobrecidos en materia orgánica y para el secuestro de carbono.

Referencias

Chen, R., Senbayram, M., Blagodatsky, S., Myachina, O., Dittert, K., Lin, X., et al. (2014). Soil C and N availability determine the priming effect: Microbial N mining and stoichiometric decomposition theories. *Glob. Chang. Biol.* 20, 2356–2367. doi:10.1111/gcb.12475.

Jilling, A., Keiluweit, M., Gutknecht, J., and Grandy, A. S. (2021). Priming Mechanisms Providing Plants And Microbes Access To Mineral-Associated Organic Matter. *Soil Biol. Biochem.* 158, 108265. doi:10.1016/j.soilbio.2021.108265.

Kaza, S., Yao, L., and Stowell, A. (2016). Sustainable Financing and Policy Models for Municipal Composting. *Sustain. Financ. Policy Model. Munic. Compost.* doi:10.1596/26286.

Kopittke, P. M., Hernandez-Soriano, M. C., Dalal, R. C., Finn, D., Menzies, N. W., Hoeschen, C., et al. (2018). Nitrogen-rich microbial products provide new organo-mineral associations for the stabilization of soil organic matter. *Glob. Chang. Biol.* 24, 1762–1770. doi:10.1111/gcb.14009.

Molina-Herrera, S., and Romanyà, J. (2015). Synergistic and antagonistic interactions among organic amendments of contrasted stability, nutrient availability and soil organic matter in the regulation of C mineralisation. *Eur. J. Soil Biol.* 70, 118–125. doi:10.1016/j.ejsobi.2015.09.001.

Romanyà, J. Trillas M.I. Achotegui A. Puig J. 2019. L'aplicació de compost madur ric en carboni produit a la pròpia finca beneficia al medi ambient i permet minimtizar l'ús de fertilitzants i fitosanitaris Fitxa tència Final Activitats demostració operació 01-02.01.

Trillas, M.I., Iñigo, A., Garcia-Pausas, J., Romanyà, J., 2017. Capacitat fertilitzant i supressivitat natural de compost de fems, restes agrícoles i residus urbans a Fusarium oxysporum. PAE- Fitxa Tècnica 6.

Vitousek, P. M., Hättenschwiler, S., Olander, L., and Allison, S. (2002). Nitrogen and nature. *Ambio* 31, 97–101. doi:10.1579/0044-7447-31.2.97.

Autores: Míriam Briones[1, 2], Jordi Puig[3], Ana Correro[4], M Isabel Trillas[2], Joan Romanyà[1]

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

[2]Secció de Fisiologia Vegetal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona (mtrillas@ub.edu)

[3]L'Espigall (jordi@espigall.cat)

[4] Arran de Terra (info@arrandeterra.org)