

APLICACIÓN DE COMPOST DE RESIDUO URBANO EN UN CULTIVO DE REMOLACHA (*Beta Vulgaris* L.) EN LA PROVINCIA DE BURGOS.

Milagros Navarro, Juana I. López, Carlos Rad, Yolanda Arribas, Belén Alonso, Javier López, Mario Fernández, Susana Peña, Casilda Olalla, Juan Manuel Bustillo y Salvador González.

Grupo de Investigación en Compostaje (UBUCOMP), Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, Avda. de Cantabria s/n, 09006 Burgos. <http://www.ubucomp.com>.

* Autor para la correspondencia: Milagros Navarro González, minago@ubu.es

INTRODUCCIÓN.

La agricultura intensiva que se practica en la España Mediterránea semiárida, ha conducido a una importante pérdida de materia orgánica por el uso exclusivo de una fertilización mineral. Dicha fertilización restituye al suelo los nutrientes principales que serán tomados en parte por los cultivos, el N, P y K principalmente así como otros oligoelementos. Lo que no se restituye en el suelo es la cantidad de materia orgánica en él presente, que ve decrecer sus niveles como fruto de la mineralización y de la disminución drástica de sus aportes. Este descenso de materia orgánica puede suponer una amenaza para la sostenibilidad de los agrosistemas, en los que se establece un contenido entre el 2,3 y el 3% en materia orgánica como garantía de sostenibilidad en largos plazos de tiempo.

Una de las formas de incrementar estos contenidos en materia orgánica en los suelos agrícolas es a través de la incorporación de residuos orgánicos de origen urbano (Johansson *et al.*, 1999): lodos de depuradora o la fracción orgánica de la basura urbana, convenientemente recogidos y tratados a través de procesos de compostaje que los transforman en enmiendas orgánicas con una materia orgánica estabilizada de propiedades, en parte, similares al *humus* del suelo.

Sin embargo el bajo conocimiento real de la composición de los mismos está generando problemas de rechazo por parte de los agricultores y como consecuencia, la aparición de un importante problema de acumulación de dichos residuos dada la inexistencia de una estrategia general que permita una adecuada reutilización.

Es verdad que la materia orgánica residual tiene un contenido variable en componentes iónicos inorgánicos u orgánicos susceptibles de ser mineralizados, tras su adquisición por los microorganismos (Schumann *et al.*, 2000; Pigozzo *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2007), cuyo aporte al suelo constituiría un importante ahorro en el consumo de fertilizantes. Entre los nutrientes más valiosos podemos encontrar el N, P, S (mineralizables) y K, Mg, Fe, y microelementos cuya solubilidad y biodisponibilidad están mucho más limitadas.

En el caso de los compost de la fracción biodegradable de los RU (Residuos Urbanos) la presencia de formas orgánicas de N y P, supondrá una liberación de estos nutrientes más lenta y acorde con las necesidades del cultivo lo cual en el caso del N puede ser beneficioso en términos de disminución de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, algo más acorde con la Directiva 91/676/CCE de protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura. Además, es importante señalar que una de las mayores ventajas que estos residuos

orgánicos pueden aportar al suelo es su contribución a la mejora de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Tampoco hay que olvidar la presencia de elementos contaminantes en ellos, ya sean inorgánicos, especialmente los metales pesados, o compuestos orgánicos persistentes. De los inorgánicos se sabe que en dosis apropiadas de aplicación apenas llegan a las plantas, si bien persiste el problema de su acumulación en la capa arable del suelo o su posterior migración a horizontes más profundos (EC, 2003; Iwegbue *et al.*, 2007). Su acumulación supone un evidente riesgo sobre la salud humana, animal o de las plantas, al quedar acumulados en el suelo o poder ser transportados hacia las aguas superficiales o subterráneas.

La presencia y el tipo de cultivos también afectan al comportamiento de los metales pesados en el suelo, puesto que las condiciones físico-químicas de la zona rizosférica modifican la disponibilidad de estos elementos (Basta and Tabatabai, 1992; Chen *et al.*, 1995).

En 2002 la Comisión de la Comunidades Europea redacta una comunicación “*Hacia una Estrategia Temática para la Protección del Suelo*”, donde salen a la luz como temas preocupantes la erosión, la disminución de la materia orgánica del suelo y la contaminación del suelo. Por lo tanto se prevé que la aplicación de lodos y los residuos urbanos biodegradables a suelos, respecto al contenido de elementos traza va a ser mucho más restrictiva, tal y como apuntan los documentos de trabajo que en este sentido elabora la Comisión Europea respecto a los biosólidos y su tratamiento biológico y que pronto se plasmarán en nuevas directivas.

Es por tanto importante ampliar nuestro conocimiento de los residuos orgánicos, definir dosis, formas y momentos de aplicación de los mismos, así que, el objetivo global del presente trabajo es estudiar la posibilidad de utilizar el compost de la Fracción Orgánica de los Residuos Urbanos (FORSU) como fertilizante del suelo dentro de una agricultura sostenible evitando cualquier riesgo medioambiental, intentando establecer las dosis más adecuadas y la forma de aplicación en función de un incremento del rendimiento en la producción de remolacha.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.

El cultivo de remolacha ha sido tradicionalmente el cultivo más importante para los regadíos de nuestra comunidad y el de mayor seguridad, dada sus características de venta y rentabilidad. La vega del Pisuerga pertenece a la zona productora de remolacha denominada “Zona Duero”. Es la principal zona productora de remolacha de España, y posiblemente la de producciones más elevadas, con rendimientos similares e incluso superiores a los países del Norte de Europa. En los regadíos de esta comarca su cultivo se combina bien en una rotación con trigo (*Triticum aestivum* L.) dado que los suelos, por lo general muy calizos, son apropiados para el mismo.

El compost de RU utilizado en esta experiencia, procede de la recogida selectiva de la ciudad de Burgos (España) que es posteriormente tratada y compostada en la Planta de compostaje de Burgos. En una parcela del municipio de Melgar de Fernamental (Burgos), en un suelo clasificado como Fluvisol Calcárico según la FAO se aplicó compost de RU en febrero de 2005, posteriormente se cultivó remolacha (*Beta vulgaris* L.) variedad “supra”. En enero de 2006 sin repetir la adición de compost se sembró trigo (*Triticum aestivum* L.) variedad “astral”. El suelo utilizado en esta

experiencia agronómica es de textura franco arcillosa cuyas características principales, tanto de él como del compost se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas del Compost de Residuo Urbano (RU) y del suelo de Melgar de Fernamental (M).

Parámetros químicos	Muestras	
	Suelo	Compost R.U.
pH (H ₂ O 1:2.5)	8,53 ± 0,06	7,55
CE 25°C (1:5) mS/cm	0,228 ± 0,007	3,52
Materia Orgánica (%)	0,575 ± 0,034	52,26
Nitrógeno Total (%)	0,074 ± 0,005	1,99
C.I.C. (meq/100g)	13,09 ± 1,18	--
Carbonatos totales (%)	5,59 ± 1,23	--
P disponible	26,50 ± 0,947(ppm)	0,95(%)
K disponible	111,1 ± 16,68 (ppm)	0,95(%)
Ca ⁺² en C.I.C	16,42 ± 0,501 (meq/100g)	5,91(%)
Mg ⁺² en C.I.C	0,450 ± 0,050 (meq/100g)	0,55(%)
Na ⁺ en C.I.C	0,068 ± 0,035(meq/100g)	0,66 (%)
Cd (ppm)	0,638 ± 0,081	1,833 ± 0,346
Cr (ppm)	30,68 ± 0,74	57,00 ± 14,48
Cu (ppm)	10,77 ± 0,41	187,5 ± 19,3
Fe (ppm)	21999,0 ± 663,7	8480,5 ± 953,8
Mn (ppm)	427,8 ± 13,1	130,8 ± 6,9
Ni (ppm)	18,28 ± 0,46	29,84 ± 3,81
Pb (ppm)	18,77 ± 0,62	121,0 ± 6,2
Zn (ppm)	34,57 ± 0,81	294,8 ± 17,2

Durante el desarrollo de la experiencia se realizó una toma inicial de muestra del suelo en febrero de 2005, posteriormente durante el desarrollo del cultivo, primavera de ese mismo año, así como al final de las cosechas en otoño de 2005 y 2006, todo ello de acuerdo con el cronograma adjunto.

Cronograma: Muestreos "Melgar de Fernamental" (Burgos)					
CAMPAÑA	Muestreo inicial suelo	Adición compost RU	Muestreo primavera	Cosecha	Muestreo final suelo
2004-2005	11 Febrero 2005	14 Febrero 2005	25 Junio 2005 Suelo+Planta	22 Noviembre 2005 Suelo+Planta	22 Noviembre 2005
2005-2006		No	-	26 Julio 2006 Planta	2 Septiembre 2006 Suelo

La estimación de la producción se realizó recolectando manualmente las plantas presentes en 14 metros lineales de 24 filas de cada parcela. Del cultivo de la remolacha se hicieron dos muestreos, uno en la primavera de 2005, determinándose parámetros como el diámetro de la raíz (\emptyset), longitud de la raíz, número de hojas y longitud de su parte aérea, y otro en el momento de la cosecha en noviembre de 2005 determinando en esta ocasión, su peso total, la longitud de la raíz, diámetro de la raíz (\emptyset). Finalmente se extrajeron tres núcleos de tejido radicular de acuerdo con el esquema de la Figura 1, en los que tras trituración, se determinó el contenido en azúcares del jugo extraído mediante polarímetro de campo expresando su contenido en grados Brix.

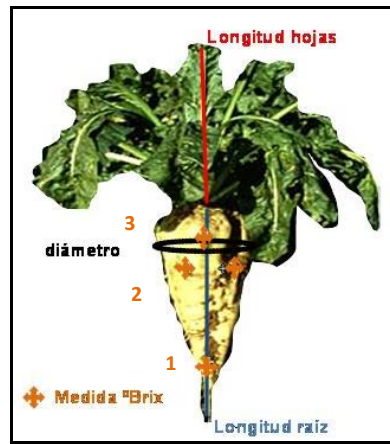


Figura 1. Esquema seguido en la determinación de diversos parámetros fisiológicos en las plantas de remolacha.

El diseño de la experiencia supuso la subdivisión de la parcela en veinticinco subparcelas de $12 \times 24 \text{ m}^2$, donde se distribuyeron al azar cinco tratamientos, con cinco réplicas por tratamiento. Los tratamientos fueron: tres dosis de compost de RU equivalentes a 5 (U_1), 10 (U_2) y 20 (U_3) $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y dos controles (C) e (I) donde no se adicionó compost. En esta aplicación agronómica y al tratarse de un cultivo de regadío tanto en el control (C) como en los tratamientos U_1 , U_2 y U_3 se añadió fertilización mineral de fondo de 500 Kg/ha del NPK (9-18-10). En el tratamiento inorgánico (I) se añadieron 1000 Kg/ha del NPK (9-18-10). Como abonado de cobertera se aplicaron 500 Kg/ha de NH_4NO_3 33,5%. Las propiedades del suelo que se analizaron fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), N total, P asimilable (Olsen). Los metales fueron determinados en las muestras de suelo inicial y final de cada campaña agrícola mediante espectrometría de absorción atómica (AAS), previa digestión ácida de la muestra (HNO_3 concentrado) en horno de microondas. La determinación de metales en la muestra vegetal se realizó tras secado en estufa a 70°C del tejido vegetal y trituración en molino de bolas y digestión en una mezcla de H_2O_2 y HNO_3 concentrado.

Estadísticamente se utiliza la técnica de ANOVA, mediante la utilización del paquete informático STATGRAPHICS PLUS 5.1.

RESULTADOS

SUELO

Las propiedades del suelo tras la cosecha de remolacha aparecen en la Tabla 2 y su correspondiente representación gráfica en la Figura 2.

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo muestreo final 2005.

Tratamiento	Parámetros del suelo				
	pH	C.E.(μ S/cm)	M.O. (%)	Nt (%)	P asim. (ppm)
MC	8,35 \pm 0,05 ^b	229,2 \pm 12,0 ^a	0,534 \pm 0,022 ^a	0,059 \pm 0,002 ^a	26,81 \pm 2,89 ^a
MI	8,27 \pm 0,03 ^a	264,0 \pm 16,2 ^b	0,562 \pm 0,047 ^a	0,092 \pm 0,005 ^b	27,26 \pm 4,09 ^a
MU ₁	8,35 \pm 0,04 ^b	228,3 \pm 9,2 ^a	0,933 \pm 0,089 ^b	0,093 \pm 0,014 ^b	28,88 \pm 8,83 ^a
MU ₂	8,36 \pm 0,01 ^b	324,5 \pm 8,0	0,858 \pm 0,061 ^b	0,112 \pm 0,016 ^c	41,63 \pm 10,20 ^b
MU ₃	8,29 \pm 0,08 ^a	332,3 \pm 8,6 ^c	0,624 \pm 0,076 ^a	0,110 \pm 0,020 ^{bc}	39,69 \pm 6,71 ^b

Se observa que la adición de compost de RU disminuye el pH del suelo, debido a que este compost presenta valores de pH (7,55) inferiores a los del suelo de partida (8,53). La conductividad eléctrica del compost de RU (3,52 mS/cm) es elevada y hace que aumente este valor en el suelo de forma considerable en los tratamientos con esta enmienda, alcanzándose valores de hasta 332,3 μ S/cm en las parcelas tratadas con la dosis máxima (20 t/ha) sobre los valores iniciales de CE del suelo inicial (228 mS/cm) o del tratamiento control (229,2 mS/cm).

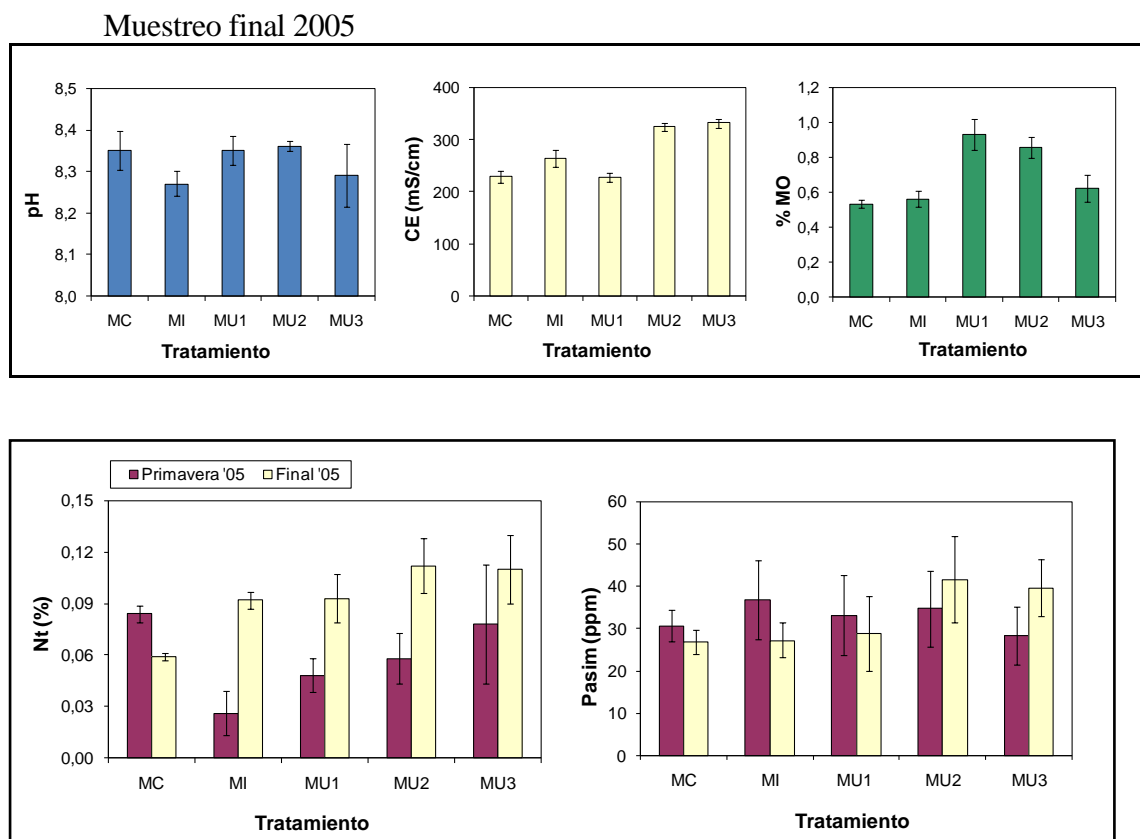


Figura 2. Evolución de los parámetros físicos y químicos en el suelo. Muestras Primavera y Final 2005.

En cuanto a la materia orgánica se aprecia un aumento en todas las parcelas tratadas con compost respecto al control, tal y como era de esperar, ya que esta enmienda

contiene un valor superior al 50% de materia orgánica. El mismo comportamiento presenta el nitrógeno total del suelo y el fósforo asimilable determinado en el extracto Olsen donde se obtuvieron incrementos en torno al 50% para las parcelas donde se aplicaron las dosis máximas. No se debe olvidar que se llevó a cabo una fertilización inorgánica adicional, que dada la climatología árida de la zona en el periodo estival, puede suponer una sobrefertilización que permanece disponible para las siguientes campañas.

PLANTA CULTIVO DE LA REMOLACHA

Los resultados de la caracterización final de las plantas realizada de forma previa a la cosecha, recoge los resultados que aparecen en las Tablas 3 y 4 así como las Figuras 3 y 4.

Tabla 3. Parámetros determinados en la remolacha. Primavera 2005.

Tratamiento	Ø raíz (cm)	Long raíz (cm)	Nº de hojas	Long hojas (cm)
MC	3,391±0,273 ^a	18,08±1,68 ^a	17,12±1,55 ^a	26,56±1,37 ^a
MI	3,455±0,281 ^a	17,39±1,76 ^a	16,64±1,54 ^a	27,06±1,27 ^{ab}
MU ₁	3,674±0,308 ^a	16,94±1,46 ^a	17,08±1,48 ^a	27,90±1,39 ^{ab}
MU ₂	3,690±0,305 ^a	16,97±1,68 ^a	17,92±1,79 ^a	28,62±0,99 ^b
MU ₃	3,813±0,249 ^a	18,55±2,28 ^a	17,88±2,60 ^a	28,52±1,03 ^b

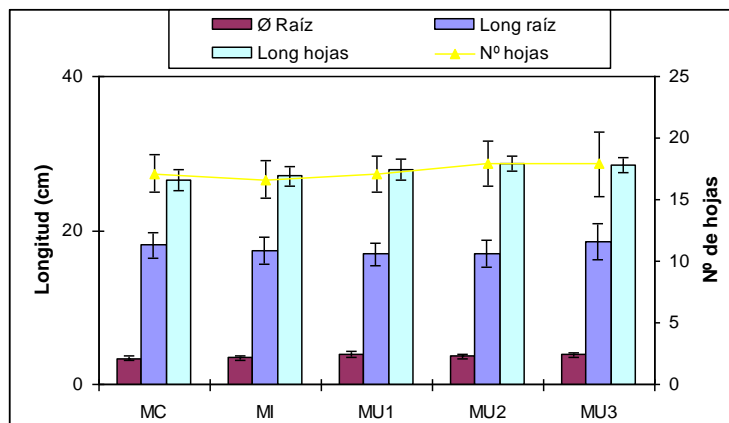


Figura 3. Parámetros determinados en la planta de remolacha. Primavera 2005.

La fertilización inorgánica de fondo que se aplicó a este cultivo de remolacha, como complemento a la orgánica fue probablemente la causa de las escasas diferencias estadísticamente significativas que aparecen en la longitud y en el diámetro de la raíz y en el número y longitud de las hojas en el muestreo de primavera.

En el muestreo de la cosecha final, el comportamiento de estos parámetros sigue evoluciones diferentes. El diámetro de la raíz tampoco muestra diferentes respuestas frente a la adición de enmienda orgánica, lo cual corrobora los resultados encontrados en el muestreo anterior. Por el contrario la longitud de la raíz es mayor en las parcelas donde se aplicó la fertilización mineral (MI). El comportamiento que se observa con la longitud de las hojas es bien distinto, este parámetro presenta valores mayores cuando se aplican las dosis de compost de 10 y 20 t.ha⁻¹ (MU₂) y (MU₃) y la fertilización mineral (MI). Sin embargo al analizar el contenido en azúcar de la raíz, sí aparece

mayor riqueza en grados Brix en las parcelas con enmiendas orgánicas, si bien con diferencias tan pequeñas que no tienen significación estadística.

Tabla 4. Propiedades de la remolacha. Cosecha 2005

Tratamiento	Long raíz (cm)	Ø raíz (cm)	Long hojas (cm)	°Brix 1	°Brix 2	°Brix 3
MC	25,02±0,90 ^a	38,21±1,921 ^a	41,95±1,220 ^{ab}	22,24±1,799 ^a	22,33±1,058 ^{ab}	21,95±1,486 ^a
MI	26,32±0,84 ^b	38,20±1,851 ^a	42,40±1,269 ^b	22,55±1,418 ^a	21,867±0,861 ^a	21,85±0,845 ^a
MU ₁	24,44±0,86 ^a	39,20±1,870 ^a	40,57±1,187 ^a	22,31±1,150 ^a	23,19±0,647 ^b	22,79±1,190 ^a
MU ₂	24,21±0,750 ^a	40,33±1,495 ^a	44,74±1,076 ^c	23,99±1,020 ^a	23,08±0,483 ^b	22,31±0,695 ^a
MU ₃	24,92±0,802 ^a	39,30±1,777 ^a	42,68±1,163 ^b	23,69±1,217 ^a	23,04±0,608 ^b	22,23±0,693 ^a

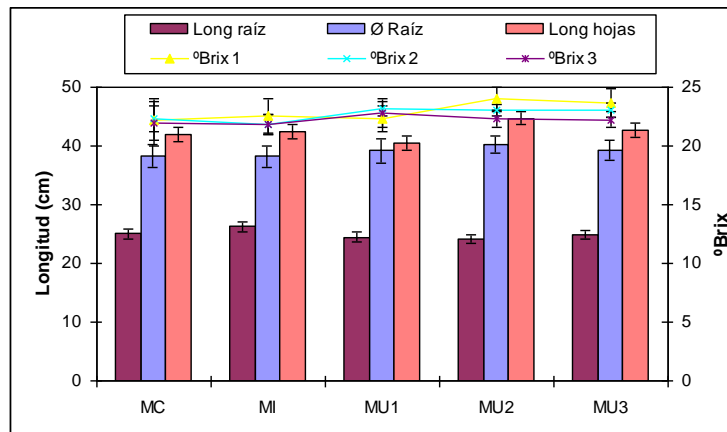


Figura 4. Parámetros determinados en la planta de remolacha. Cosecha 2005.

METALES EN EL SUELO Y EN LA PLANTA DE LA REMOLACHA

El contenido de metales totales en las muestras de suelo al final del cultivo de remolacha aparecen recogidos en la Tabla 5 y reflejan que no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las parcelas ensayadas. Por el contrario Cu, Cr, Ni y Pb aumentan ligeramente en las parcelas tratadas con compost de RU, modificándose el ciclo de estos elementos dando lugar a que aparezcan en cantidades mayores, si bien no suponen afección para las plantas probablemente porque existe equilibrio entre las fracciones disponibles y las no disponibles de estos elementos en el suelo.

El Fe y el Mn presentan variaciones en todas las parcelas estudiadas pero sin relación directa con la dosis de compost aplicada. Estos elementos tienen un comportamiento diferente en el suelo pues forman parte de los constituyentes del suelo como oxi-hidróxidos de Fe y Mn con equilibrios de solubilidad directamente influenciados por factores edáficos como pH, la presencia de ligandos orgánicos, etc.

Tabla 5. Metales pesados del suelo muestreo final 2005.

Tratamiento	Metales pesados (ppm)			
	Cd	Cu	Cr	Fe
MC	0,683±0,101 ^a	10,64±0,62 ^a	27,48±1,86 ^a	21461,2±1614,3 ^a

MI	0,729±0,092 ^a	10,99±0,71 ^a	31,54±1,56 ^b	23836,4±2285,6 ^{bc}
MU ₁	0,792±0,115 ^a	11,70±1,15 ^{ab}	30,39±1,94 ^b	24880,9±1518,6 ^c
MU ₂	0,723±0,112 ^a	12,30±0,83 ^{bc}	29,71±1,20 ^{ab}	22447,4±856,2 ^{ab}
MU ₃	0,722±0,086 ^a	13,02±1,09 ^c	30,15±1,72 ^b	21136,4±1308,1 ^a

Tratamiento	Metales pesados (ppm)			
	Mn	Ni	Pb	Zn
MC	373,6±19,2 ^b	15,00±0,97 ^a	13,09±1,76 ^a	46,81±3,750 ^{ab}
MI	384,5±14,7 ^b	16,63±0,96 ^{bc}	16,29±1,14 ^b	43,41±2,117 ^a
MU ₁	390,4±18,3 ^b	17,10±1,01 ^c	17,33±1,52 ^{bc}	43,29±3,411 ^a
MU ₂	385,8±16,0 ^b	15,70±0,77 ^{ab}	16,99±1,22 ^{bc}	44,77±2,186 ^{ab}
MU ₃	341,1±17,2 ^a	16,30±0,65 ^{bc}	18,76±2,25 ^c	48,23±3,359 ^b

Dado el alto riesgo que supone la presencia de metales pesados en el suelo para la salud humana (U.S.EPA 1989 y National Research Council 1996) es importante conocer las posibles rutas de exposición, si bien el riesgo es mayor para las que están directamente conectadas con la cadena trófica. La absorción de metales por parte de las plantas está condicionada por el elemento, su concentración y disponibilidad, especie vegetal y su interacción con macronutrientes del suelo (Felipó, 2001).

Estudios realizados del coeficiente de transferencia (relación de incrementos de concentración entre el vegetal y el suelo por aporte de residuo) revelan que la biodisponibilidad de metales en el sistema suelo-planta es más elevada para el Cd y el Zn, si bien en ningún caso la cantidad de metal transferida a los vegetales cultivados para consumo acostumbra a ser superior al 0.05 % de la cantidad total aportada por los residuos.

Evaluados los contenidos en metales pesados en la raíz de la remolacha (tabla 6) se observa como para Cu, Cr, Fe y Zn no hay diferencias estadísticamente significativas en las parcelas ensayadas, sin embargo Pb y Ni aumentan con el incremento de compost aplicado. La evolución del Mn se muestra independiente de la cantidad de enmienda añadida.

Tabla 6. Metales pesados en la raíz de remolacha. Cosecha 2005 (nd, no determinable).

Tratamiento	Metales pesados (ppm)							
	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
MC	nd	2,431±0,349 ^a	0,370±0,185 ^a	122,8±22,2 ^a	22,42±0,75 ^a	0,861±0,234 ^b	0,393±0,218 ^a	2,631±0,149 ^a
MI	nd	2,036±0,413 ^a	0,521±0,094 ^a	122,7±14,9 ^a	27,92±0,78 ^c	0,645±0,207 ^{ab}	0,480±0,301 ^a	2,317±0,312 ^a
MU ₁	nd	2,550±0,589 ^a	0,536±0,063 ^a	114,5±16,9 ^a	22,69±1,34 ^c	0,415±0,186 ^a	0,390±0,175 ^a	3,286±0,236 ^b
MU ₂	nd	2,050±0,465 ^a	0,520±0,145 ^a	117,7±14,1 ^a	22,12±0,69 ^a	0,666±0,157 ^{ab}	1,420±0,336 ^b	3,299±0,455 ^b
MU ₃	nd	2,040±0,337 ^a	0,367±0,074 ^a	101,5±19,4 ^a	24,46±1,22 ^b	0,576±0,206 ^{ab}	1,446±0,340 ^b	3,141±0,235 ^b

Las hojas de la planta de remolacha no presentan problemas de acumulación de metales, como se puede ver en la tabla 7 no existen diferencias estadísticamente significativas para Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en las parcelas ensayadas, por otro lado el Cr aumenta en los ensayos realizados con aporte de compost, al mismo ritmo que la adición respecto al control.

Tabla 7. Metales pesados en las hojas de remolacha. Cosecha 2005.

Tratamiento	Metales pesados (ppm)							
	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
MC	0,154±0,053 ^b	7,955±0,524 ^b	0,950±0,171 ^a	237,4±44,81 ^a	36,32±3,817 ^a	0,534±0,150 ^a	1,517±0,477 ^a	32,71±4,058 ^b
MI	0,152±0,080 ^b	7,596±1,061 ^{ab}	1,110±0,197 ^a	215,9±41,21 ^a	43,82±10,49 ^{ab}	0,793±0,353 ^{ab}	2,518±1,030 ^{ab}	28,76±6,379 ^{ab}
MU ₁	0,158±0,057 ^b	6,519±1,094 ^a	1,356±0,149 ^b	357,3±72,47 ^b	53,55±11,68 ^b	0,955±0,294 ^b	3,215±0,924 ^b	24,87±5,929 ^a
MU ₂	0,087±0,061 ^{ab}	8,060±0,911 ^b	1,423±0,189 ^b	272,6±99,66 ^{ab}	37,13±7,619 ^a	0,544±0,262 ^a	2,317±0,942 ^{ab}	32,66±5,023 ^b
MU ₃	0,058±0,043 ^a	8,052±0,671 ^b	1,439±0,149 ^b	299,8±57,34 ^{ab}	40,80±6,620 ^a	0,670±0,302 ^{ab}	1,959±0,651 ^a	28,38±3,389 ^{ab}

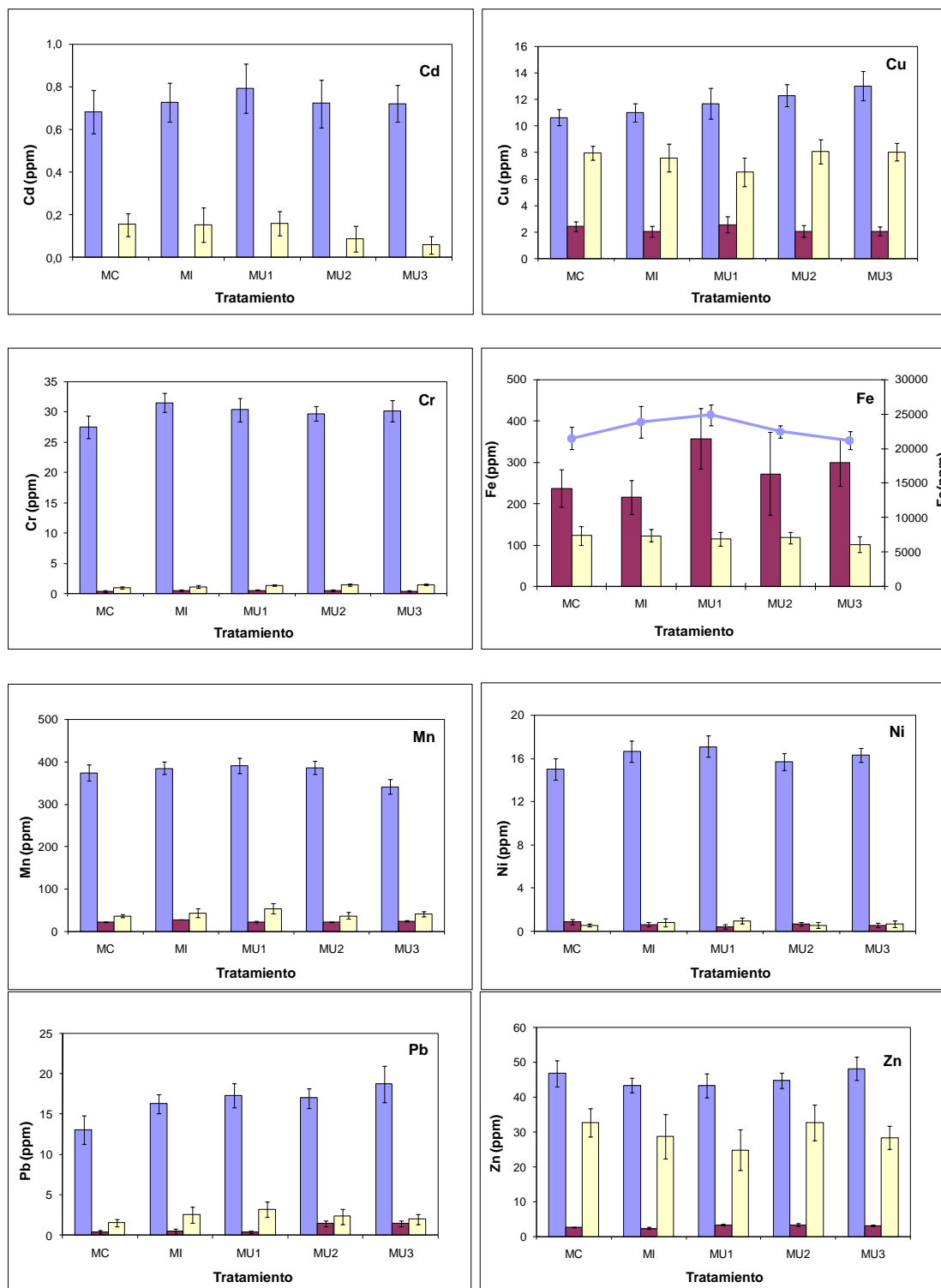


Figura 4. Evolución de los metales en el suelo, raíz y hojas. Muestreo Final 2005.

Los rendimientos obtenidos para el cultivo de la remolachas se reflejan en la Tabla 8, donde se puede observar como la mayor dosis de compost de RU (20 t/ha) resulta ser la más eficaz con respecto al resto de los tratamientos. Resultado análogos obtuvieron Speir *et al.*, (2004) con la remolacha (*Beta vulgaris* L.) donde la producción aumenta a la misma velocidad que la adición de compost.

Las producciones de remolacha en España fluctúan mucho, en regadío entre 50.000 y 110.000 kg/ha y en secano entre 15.000 y 50.000 kg/ha.

Tabla 8. Rendimiento del cultivo de las Remolacha en función de la aplicación del compost. Cosecha 2005.

Rendimientos REMOLACHA(Kg/ha)				
MC	MI	MU ₁	MU ₂	MU ₃
82407,86	85916,37	84113,74	88345,57	93536,86

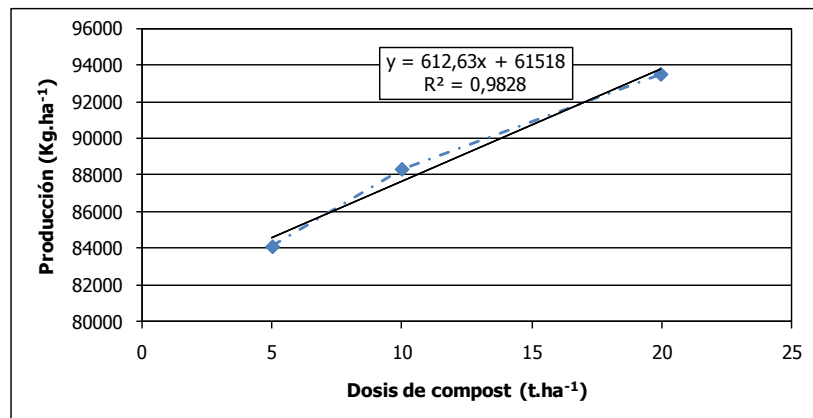


Figura 5. Rendimiento del cultivo de la Remolacha en función de la aplicación del compost. Cosecha 2005.

CONCLUSIONES

- ✓ Los parámetros estudiados en el suelo reflejan que el pH continúa una evolución en descenso en las parcelas tratadas con el compost, la Materia Orgánica, N total y P asimilable aumentan con la aplicación del compost.
- ✓ En cuanto a la movilidad de los metales pesados se observa que mientras el Cr llega a la hoja, el Pb y el Zn se quedan en la raíz de la remolacha, si bien aparecen en concentraciones por debajo de los legislados, no existiendo riesgo de transferencia a la cadena trófica.
- ✓ La producción para el cultivo de la remolacha aumenta significativamente con el incremento en la dosis de compost.

BIBLIOGRAFIA

- Basta, N. T., Tabaiabai M. A. (1992) Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: competitive adsorption. Soil Science 153, 331-337.
- CCE, (2002). *Hacia una Estrategia Temática para la Protección del Suelo*. Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité

- Económico y Social y el Comité de las regiones. COM (2002) 179 final. Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas
- Chen, J.H., Czajka, D.R., Lion, L. W., Shuler, M.L., Ghiorse, W.C. (1995) Trace metal mobilization in soil by bacterial polymers. *Environ. Health Perspect.* 103, 53-58.
- EC, European Commission, (2003). Report from the Commission to the Council and the European parliament on the implementation of Community waste legislation for the period 1998-2000, COM (2003) 250 final, 19.5.2003. <http://europa.eu.int/comm/environment/waste/reporting/index.htm>.
- Felipó, M. T., (2001). Los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como criterio en la aplicación de residuos orgánicos al suelo. Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Eds. J. Boixadera y M. R. Teira. Universidad de Lleida. pg. 159-174.
- Iwegbue, C.M.A., Emuh, F.N., Isirimah, N.O., Egun, A.C., 2007. Fractionation, characterization and speciation of heavy metals in composts and compost-amended soils. *Afr. J. Biotechnol.* 6 (2), 67-78.
- Johansson, M., Stenberg, B., Torstensson, L. (1999). Microbiological and chemical changes in two arable soil after a long-term sludge amendments. *Biol. Fertil. Soils* 30, 160-167.
- Jordao, C.P., Nascentes, C.C., Cecon, P.R., Fontes, R.L., Pereira, J.L., 2006. Heavy metals availability in soil amended with composted urban solid wastes. *Environ. Monit. Assess.* 112, 309-326.
- Perez, D.V., Alcantra, S., Ribeiro, C.C., Pereira, R.E., Fontes, G.C., Wasserman, M.A., Venezuela, T.C., Meneguelli, N.A., Parradas, C.A.A. (2007). Composted municipal waste effects on chemical properties of Brazilian soil. *Biores. Technol.* 98, 525-533.
- Pigozzo, A.T.G., Lenzi, E., Junior, J.L., Scapin, C., Da Costa, A.C.S. (2006). Transition metal rates in latosol twice treated with sewage sludge. *Brazil. Arch. Biol. Technol.* 49 (3), 515-526.
- Schumann, A.W., Sumner, M.E. (2000). Chemical evaluation of nutrient supply from fly ash-biosolids mixtures. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 419-426.
- Speir, T. W., Horswell, J., van Schaik, A. P., McLaren, R. G. and Fietje, G. (2004). Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. *Biol Fertil Soils* 40: 349-358.
- U.S. EPA, U.S. FDA, and U.S. DA. 1981. Land Application of Municipal Sewage Sludge for the Production of Fruits and Vegetables. A Statement of Federal Policy and Guidance. Joint Policy Statement SW-905. 60 pg. USEPA. Washington.

Agradecimientos: Estos trabajos están siendo financiados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León mediante convenio suscrito con el Grupo de Investigación en Compostaje de la Universidad de Burgos. Los autores agradecen la colaboración prestada por el agricultor Enrique de Alba en el desarrollo de los trabajos de campo.