

## APPLICATION OF TREATED SEWAGE SLUDGE FOR THE FERTILIZATION OF SUNFLOWER

Plaza Benito, Antonio<sup>1</sup>; Martín, Jose Valero<sup>2</sup>; Miralles De Imperial, Rosario<sup>2</sup>;  
Alonso, Juan<sup>3</sup>; Delgado, Maria del Mar<sup>2</sup>; Lobo, Maria del Carmen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IMIDRA Comunidad de Madrid, <sup>2</sup> INIA, <sup>3</sup> IMIDRA

Energy crops require fast growing plants solely for the production of energy or as raw material for the production of other combustible materials. Sunflower is framed within oilseed crops for the production of vegetable oils can be used as biofuels.

Considering the interest in obtaining better yields of such crops and given the low fertility of soils in our country, the use of urban waste as a source of organic matter and nutrients could be a suitable alternative to recover the soils characteristics and improve crop yield

This study aims to evaluate the use of organic amendments from treated sewage sludge to improve sunflower production as well as evaluate the possible transfer to the culture of the heavy metals present in the waste.

The tests were carried out in experimental plots located in Alcala de Henares applying two doses of treated sewage sludge (composted with pruning waste and thermal drying). During the growing season the effect of these residues on the physico-chemical and biological properties of soils and crop response were evaluated.

**Keywords:** Sewage sludge; Sunflower; Fertilization; Soils

## APLICACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA TRATADOS PARA LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE GIRASOL

Los cultivos energéticos requieren plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras materias combustibles. El girasol se encuadra dentro de los cultivos de semillas oleaginosas destinados a la producción de aceites vegetales que se pueden utilizar como biocarburantes.

Considerando el interés en conseguir mejores producciones de este tipo de cultivos y dado el bajo nivel en fertilidad de los suelos en nuestro país, la utilización residuos urbanos como fuente de materia orgánica y nutrientes podría constituir una alternativa válida para recuperar las características de los suelos y mejorar el rendimiento del cultivo.

El presente estudio tiene como objetivo valorar la utilización de enmiendas orgánicas a partir de lodos de depuradora tratados para mejorar la producción del cultivo de girasol, así como evaluar la posible transferencia al cultivo de los metales pesados que contienen los residuos.

En parcelas experimentales localizadas en Alcalá de Henares se han aplicado dos dosis de lodos de depuradora tratados (compost con restos de poda y secado térmico). Durante el ciclo de cultivo se evalúa el efecto de estos residuos sobre las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, así como la respuesta del cultivo.

**Palabras clave:** Lodos; Girasol; Fertilización; Suelos

## 1. Introducción

El girasol, (*Helianthus annuus*) es una planta herbácea perteneciente a la familia Asteraceae. Contiene hasta un 58% de aceite en su fruto, utilizado para consumo. Tras la extracción del aceite de las pipas, el orujo resultante se utiliza como alimento para el ganado, además la fibra presente en los tallos se puede utilizar para la elaboración de papel.

Actualmente, la necesidad de buscar nuevas alternativas a la utilización de combustibles fósiles ha puesto de manifiesto el interés de aprovechar otras fuentes de biomasa; en este sentido el girasol ha pasado a formar parte en la matriz energética para la producción de biofuel, expandiéndose su producción en muchos países como cultivo energético. El desarrollo de este tipo de cultivos debe ir acompañado del desarrollo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa en combustible, siendo necesario que la producción y la transformación estén estrechamente relacionadas.

La utilización energética supone la necesidad de disponer de producciones constantes y de alta biomasa, lo que puede dar lugar a pérdidas de materia orgánica y nutrientes en los suelos agrícolas, que si no se reponen darán lugar a procesos de degradación y erosión, que en países mediterráneos se ven acrecentados por la climatología.

En este sentido, la utilización de enmiendas orgánicas que mejoren la fertilidad del suelo y aumenten la producción de los cultivos es una alternativa necesaria para contar con adecuadas producciones de biomasa destinadas a la generación de biodiesel.

Los lodos de depuradora se han venido reutilizando tradicionalmente en suelos agrícolas como enmendantes orgánicos y fertilizantes desde hace más de 20 años (Costa et al. 1997), existiendo numerosas experiencias de aplicación de lodos en cultivos como olivo, maíz, trigo, girasol, cebada, cardo, etc. Estos estudios se han enfocado a la evaluación de los efectos de la aplicación de lodos residuales sobre las propiedades físico-químicas de suelos agrícolas, su influencia en el crecimiento de los cultivos y las interacciones en el sistema suelo planta (Coker y Mathews, 1983; Vlamis et al. 1985; Sastre, et al., 1996; Chaney, 1994; Oberle y Keeney, 1994; Hooda et al. 1997, Delgado et al., 2002).

En los últimos años los estudios se han encaminado a la realización de ensayos de recuperación y remediación de áreas degradadas y/o contaminadas (Sopper, 1993; Kannavou, et al., 2000; Gil, et al. 2001; Brown, 2003). De esta forma han surgido nuevos usos para los lodos residuales muy relacionados con la mejora y acondicionamiento de suelos forestales, el paisajismo y la remediación de terrenos marginales.

En el IMIDRA desde el año 89 se vienen realizando proyectos de investigación y demostración sobre la caracterización de los diferentes lodos de depuradora tratados (Lobo M.C, 2000a, Lobo M.C.2000b), así como de la respuesta de suelo y planta a su aplicación al suelo (Sastre et al.,2003, Cabezas et al., 2003, Lobo et al., 2004, Gascó et al, 2004, Lobo et al. 2012)). Además de la repercusión positiva de su aplicación desde el punto de vista de la mejora de las propiedades físicas del suelo, el incremento en materia orgánica y nutrientes derivados de su uso, supondría la consecución de mayores producciones de *Helianthus annuus* para su utilización como cultivo agroenergético. Esta aplicación constituye una de las líneas de trabajo que se contemplan en la Plataforma española sobre la biomasa, dentro del apartado de materias primas.

Por otra parte, la utilización de especies de gran porte y biomasa se están considerando en la actualidad por su potencial capacidad para acumular metales pesados en suelos contaminados. En este sentido el girasol, cumple varios de los requisitos necesarios para utilizar plantas fitorremediadoras, está ampliamente adaptada a distintos tipos de suelos y produce gran biomasa, por lo que sería de gran interés valorar su capacidad como especie tolerante y/o acumuladora de metales, procedentes de la aplicación de los lodos.

## 2. Objetivos

El objetivo del estudio es evaluar la eficacia de diferentes enmiendas a partir de lodos de depuradora, lodo compostado con restos de poda y lodo tratado por secado térmico para aumentar la producción de un cultivo de girasol. Al mismo tiempo se evalúa la capacidad del cultivo para traslocar metales pesados del suelo a fin de valorar la posibilidad de utilización de estos cultivos para fitorremediación de suelos contaminados.

## 3. Metodología

Los ensayos se realizaron en un suelo agrícola localizado en Alcalá de Henares (Madrid).

Se seleccionaron parcelas de 10 x 20 m en un diseño de bloques al azar, con cuatro parcelas por tratamiento.

Se aplicaron dos dosis de dos lodos tratados, compostado con restos de poda (CP) y tratado por secado térmico (ST) comparando los resultados con parcelas control sin tratamiento.

Figura 1. Lodo compostado con restos de poda      Figura 2. Lodo tratado por secado térmico



Previamente al diagnóstico de las dosis a aplicar es necesario contar con un análisis completo del suelo, así como de los residuos. En función de los resultados y de las necesidades nutricionales del cultivo se seleccionan las dosis idóneas. En el estudio se aplicó una dosis óptima de 50 t/ha y una alta de 100 t/ha a fin de evaluar la capacidad de traslocación de metales pesados por parte de la planta.

Las características analíticas del suelo y los residuos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características del suelo y lodos tratados a utilizar en el ensayo

	Características químicas					Macroelementos (mg.kg <sup>-1</sup> )				Metales pesados (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	pH	C.E. dS m <sup>-1</sup>	M.O %	N %	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	Ni	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn
Suelo	8,9	0,2	1,20	0,14	21	3954	450	5	268	16	15	0,6	14	37	228
CP	7,5	2,9	22,5	1,6	288	4705	883	352	2034	33	78	0,4	170	248	1602
TD	6,7	4,6	25,9	4,5	400	2770	970	552	974	73	219	1,9	385	280	1118

La aplicación de los residuos se llevó a cabo con maquinaria agrícola adaptada a las características de los materiales. El lodo secado térmico se aplicó con una abonadora centrífuga (Figura 3) y el lodo compostado con restos de poda con un remolque distribuidor de estiércol (Figura 4).

**Figura 3. Aplicación de ST**



**Figura 4. Aplicación de CP**



Tras la aplicación se llevó a cabo la incorporación de los materiales utilizando un rotavator a fin de mezclar el producto con los 20 primeros centímetros del perfil del suelo. Un mes después de la incorporación se procede a la siembra del girasol, utilizándose la variedad Transol Monsanto.

Al final del ciclo de cultivo, se muestrearon los suelos y el material vegetal a fin de llevar a cabo las correspondientes analíticas.

*Análisis.* Las muestras de suelo se recogieron de los 30 primeros centímetros del perfil, se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm; moliéndose una fracción para algunas determinaciones analíticas. Las características físico-químicas se analizaron de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de suelos (MAPA, 1994). En breve, la conductividad eléctrica y el pH se midieron en un extracto 1:2,5 (suelo:agua), la material orgánica y el nitrógeno total se determinaron utilizando los métodos Walkley-Black y Kjeldahl respectivamente. El porcentaje de carbonatos se midió utilizando el calcímetro Bernard. El fósforo disponible se extrajo con bicarbonato sódico a pH 8, valorándose en un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo spectronic HELIOS  $\alpha$ .) Los macronutrientes (Ca, Mg, Na, K) se extrajeron con acetato amónico 0,1N determinándose su concentración con un espectrofotómetro de Absorción atómica (AAS) (AA240FS, Varian, Victoria, Australia). La textura del suelo se determinó con el densímetro de Boyoucos y la capacidad de retención de agua mediante el uso de las membranas de Richard a 0.33 and 1515 kPa. La porosidad del suelo se determine a partir de las medidas de densidad real y aparente según la metodología propuesta por Monnier et al.(1973).

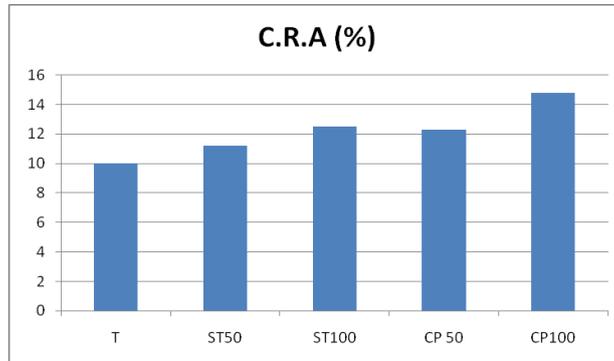
Los metales pesados en suelo se determinaron por Espectrofotometría de Absorción atómica AAS (AA240FS, Varian) y Espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado (Varian LibertyAX, Victoria, Australia), después de una digestión ácida con una mezcla de 6 mL of ácido nítrico y 2 mL of ácido clorhídrico en un sistema de digestión por microondas. En el caso del material vegetal, la extracción de los metales y nutrientes se llevó a cabo por digestión ácida de las cenizas tras calcinación a 540°C. Todas las determinaciones analíticas se llevaron a cabo por duplicado.

#### **4. Resultados**

Tras la cosecha, los análisis de suelos un año después de la aplicación reflejaron una mejora aunque no estadísticamente significativa en las propiedades físicas del suelo observándose una tendencia positiva con respecto al incremento de la capacidad de retención de agua (Figura 5) y la porosidad en los suelos tratados con respecto al control. Este hecho ha sido observado por otros autores (Garrigo et al.,2003), confirmándose los

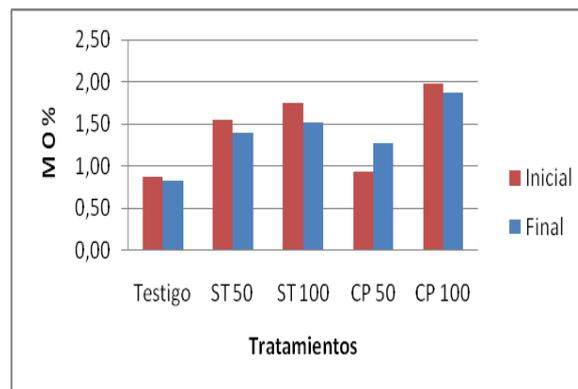
aspectos beneficiosos de la aplicación de la materia orgánica para la mejora de la estructura del suelo y el control de la erosión.

**Figura 5. Capacidad de retención de agua de los suelos del ensayo**

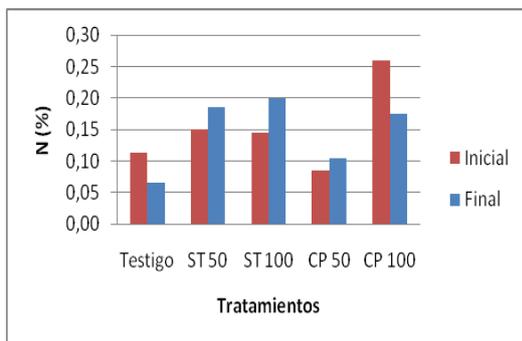


Desde el punto de vista químico, cabe destacar el incremento de la materia orgánica del suelo y de los contenidos de nitrógeno y fósforo tras el tratamiento y en relación con el suelo control. En las gráficas (6-8) se presentan los valores iniciales tras la aplicación de la enmienda y los finales coincidiendo con la recogida de la cosecha.

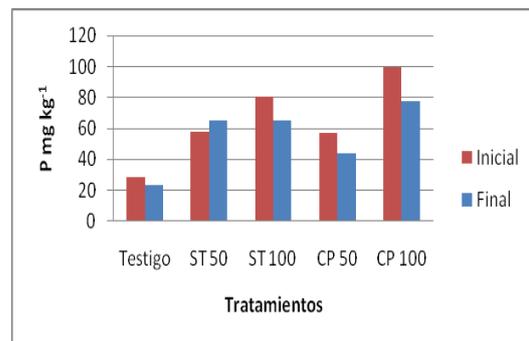
**Figura 6. Materia orgánica en el suelo**



**Figura 7. Nitrógeno total en el suelo**



**Figura 8. Fósforo asimilable en el suelo**

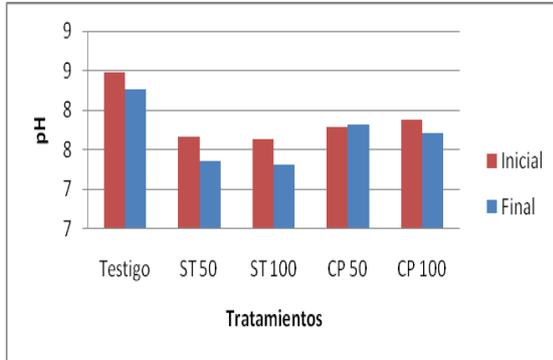


Tras la aplicación de las enmiendas se produce una ligera disminución del pH en los suelos tratados y un incremento en los valores de conductividad eléctrica de los suelos. Este último dato es de gran interés ya que puede ser un factor limitante a la hora de aplicar este tipo de materiales.

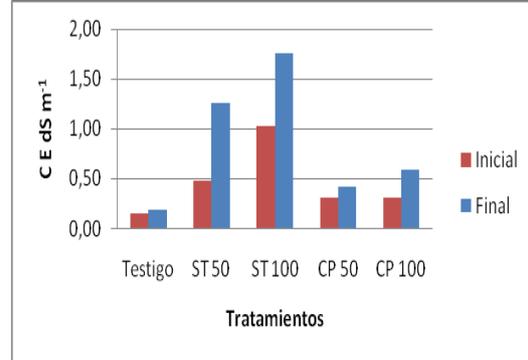
Como puede observarse en la gráfica 11, el tratamiento de secado térmico aumenta significativamente la conductividad eléctrica del suelo, observándose valores superiores a

1,5 en el caso de la dosis alta. Como se comentó al principio la dosis agrícola sería de 50 t/ha y en este caso los valores no sobrepasan  $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$ , por lo que no existiría ningún riesgo de salinidad. El tratamiento de lodo compostado con restos de poda aumenta ligeramente la conductividad, oscilando los valores entre 0,3 y  $0,6 \text{ dS.m}^{-1}$

**Figura 10. pH en el suelo**



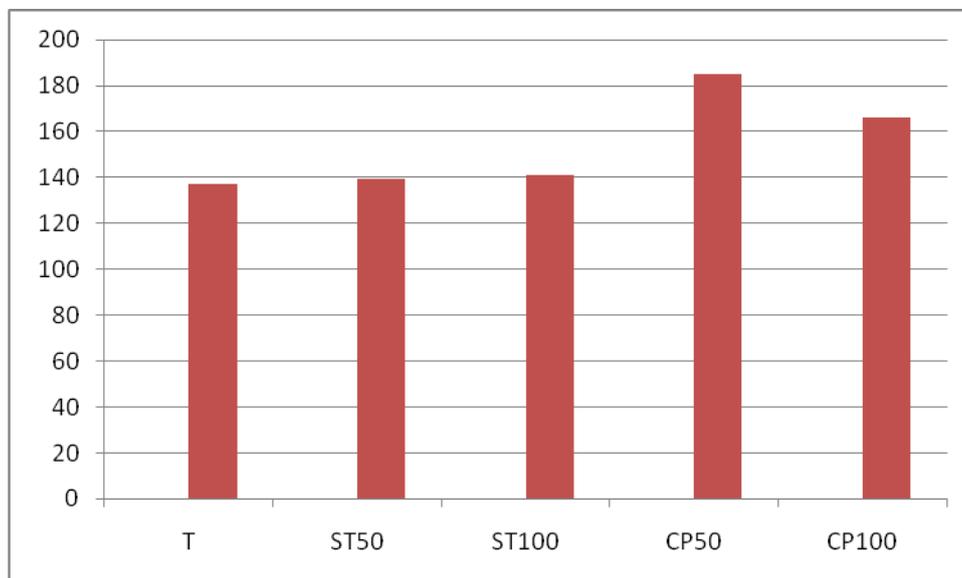
**Figura 11. Conductividad eléctrica en el suelo**



Tras el primer año de aplicación, los contenidos en metales pesados en suelo no superaron en ningún caso los límites establecidos por la legislación (EU Directiva 86/278/CEE y Orden AAA/1072/2013). Este hecho fue observado en estudios realizados por Lavado R.S (2006). Del mismo modo la concentración de metales en material vegetal sólo permitió observar traslocación de metales en la dosis alta que se había previsto para tal fin.

En cuanto a los valores de producción, se observaron incrementos significativos con la aplicación del compost con restos de poda, no observándose diferencias con respecto al control en el tratamiento de secado térmico (Figura 12).

**Figura 12. Producción de materia seca (peso biomasa en  $1\text{m}^2$ ) de los diferentes tratamientos**



## 5. Conclusiones

La aplicación de lodos de depuradora tratados supone beneficios desde el punto de vista de la mejora de la fertilidad de los suelos, incrementando fundamentalmente los contenidos de materia orgánica y nutrientes, así como mejorando las propiedades físicas lo que contribuirá

al freno de los procesos de degradación. El tratamiento con lodos compostados con restos de poda supuso un significativo incremento de producción con respecto al control.

Una dosis racional, establecida en función de las características de los materiales y del suelo a tratar, así como de las necesidades del cultivo no supone efectos negativos en relación al incremento de metales en el suelo o en el cultivo.

Es importante considerar que al irse degradando las enmiendas en el suelo el aporte de nutrientes continuará en la siguiente cosecha.

Por otra parte y en relación al segundo objetivo, se ha observado la traslocación de metales a la parte aérea en los tratamientos con dosis elevada, por lo que se continúan los estudios a fin de valorar la capacidad fitorremediadora de esta especie.

## 6. Referencias

- Brown, S.L., Henry, C., Chaney, H., Compton, H. and DeVolder, P. (2003). Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas. *Plant and Soil* 249: 203–215.
- Cabezas, J.G, Alonso, J, Yebenes, L, Vicente, M.A. y Lobo, M.C. .2003.- Aplicación de lodos residuales para la restauración de la cubierta vegetal en suelos degradados. *Control de la Erosión y Degradación del suelo*. Bienes R y Marques, M.M eds. 666 pp. ISBN: 84-688-2336-6
- Coker, E.G., Matthews, P.J. 1983. Metals in sewage sludge and their potential effects in agriculture. *Water Science Technology* 15: 209-225.
- Costa, F., Hernández, M.T., Moreno, J.I., 1987. Utilización agrícola de lodos de depuradora. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura. 121 p.
- Chaney, R.L. 1994. Trace metal movements. Soil-Plant system and bioavailability of biosolids-applied metals. In: *Sewage sludge: Land utilization and the environment*, SSSA. Miscellaneous Publication. Clapp, C.E., Larson, W.E., Dowdy R.H. (Eds.)
- Delgado, M., Miralles de Imperial, R., Porcel, M.A., Beltrán, E. M., Beringola, L., Martín, J.V., Bigeriego, M. 2002. Ensayo sobre el efecto como fertilizantes del compost de lodo y del RSU, para su empleo en la forestación de tierras agrarias. *Montes*, nº67: 54-57.
- EU Directiva 86/278/EEC de 12 June 1986 sobre la protección del medioambiente y en particular del suelo cuando se utilizan los lodos residuales en agricultura
- Garrigó, J; Pérez de Laborda, I. 2003. Efecto de los lodos de EDAR en las propiedades estructurales de los suelos degradados. *Control de la erosión y la degradación del suelo*. Pag 267-270.
- Gascó, G, Martínez Iñigo, M.J Y Lobo, M.C. 2004.-Soil Organic matter transformation after a sewage sludge application. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 3(4).
- Gascó, G, Martínez Iñigo, M.J Y Lobo, M.C. 2004.-Soil Organic matter transformation after a sewage sludge application. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 3(4).
- Gil, F.J. ; de Andrés, E.F. ; Tenorio, J.L.; Martínez F., and Walter I. (2001). Sewage sludge effects on production of wild legume shrubs. *Bioprocessing of Solid Waste and Sludge*. <http://www.orbit-online.net/journal>, Vol. 1, N°4.
- Hooda, P.S., McNulty, D., Alloway, B.J., Aitken, M.N. 1997. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with applications of sewage sludge. *J. Sci. Food Agric*. 73: 446-454.
- Kannavou, A., Chronopoulou-Sereli, A. And Chronopoulos, J. (2000). Lead uptake by native mediterranean plants grown on the metalliferous soils of Lavrio-Attica, Greece. pp 116.

- Lavado R. S. 2006. Effects of Sewage-Sludge Application on Soils and Sunflower Yield: Quality and Toxic Element Accumulation *Journal of Plant Nutrition* 29, 6
- Lobo, M.C. 2000. Resultados proyecto CAO97-017-C5-3
- Lobo, M.C. 2000. Resultados proyecto SC97-084. INIA.
- Lobo, M.C ; Cabezas, J.G; Sastre-Conde, I; Martínez-Iñigo, M.J and Pinilla, P. 2004. Composting versus thermal drying: The influence of the sewage sludge treatment on the amendment quality. World Environmental congress and Exhibition. Proceedings. ISWA.
- Lobo MC, Martínez-Iñigo MA, Pérez-Sanz A, Cabezas G, Plaza A, Vicente MA, Sastre-Conde I, 2012. Evaluation of the Biological Activity in a Gypsiferous Soil Co-Amended with Residues. In: Trasar C., Hernández T., García C., Rad C., González-Carcedo S. (Eds.). *Soil Enzymology in the Recycling of Organic Wastes and Environmental Restoration*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp: 195-210.
- MAPA, 1994. *Métodos Oficiales de Análisis*, vol. III, Spain
- MAGRAMA. 2013, Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario
- Monnier G Stengel P, Fies J.C., Une Méthode de Mesure de la Densité Apparente de Petits Agglomérats Terreux: Application a l'analyse des Systèmes de Porosité du Sol. *Ann. Agron.* 1973, 24, 533-545.
- Oberle, S.L., Keeney, D.R. 1994. Interaction of sewage sludge with soil-crop-water systems. In: *Sewage sludge land utilization and the environment*, SSSA. Miscellaneous Publication. Clapp. C.E., Larson, W.E., Dowdy, R.H. (Eds.).
- Sastre, I, Vicente, M.A. y Lobo, M.C. 1996.- Effect of the sewage sludge application on the soil microbial activity. *Bioresource Technology*. Vol 57, 19-23.
- Sastre-Conde, I, Alonso, J, Guerrero, A.M. Pinilla, P; Cabezas, G y Lobo, M.C. 2003.- Dinámica de nutrientes y metales pesados en cultivo de olivar con dos tipos de lodos Control de la Erosión y Degradación del suelo. Bienes R y Marques, M.M eds. 666 pp. ISBN: 84-688-2336-6
- Sopper, W.E. (1993). *Municipal Sludge use for Land Reclamation*. Lewis Publishers, Ann Arbor, MI.
- Oberle, S.L., Keeney, D.R. 1994. Interaction of sewage sludge with soil-crop-water systems. In: *Sewage sludge land utilization and the environment*, SSSA. Miscellaneous Publication. Clapp. C.E., Larson, W.E., Dowdy, R.H. (Eds.).
- Vlamis J., Willian, D.E. Corey, J.E., Page, A.L. y Ganje T.J. (1985). Zn and Cd uptake by barley in field plots fertilized seven years by urban and suburban sludge. *Soil Science*. 139: 81-87.