

[ALTERNATIVA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DEL OLIVAR]

El compost de lodo de EDAR

Irene Rodríguez

Carlos García

M^a Teresa Hernández

Departamento de Conservación de suelos y aguas y manejo de residuos orgánicos.

C.E.B.A.S.-C.S.I.C. Murcia, España

La puesta en marcha del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales 1995-2005, supone un paso importante en cuanto a la protección de la calidad del agua y del medio hídrico en nuestro país.

Este avance en lo que respecta a depuración de aguas plantea un problema de residuos derivado de la misma, como es la correcta gestión de los lodos generados en las plantas depuradoras.

Este tipo de residuos de origen urbano se genera y se generará en un futuro de forma diaria y puntual, lo que le confiere unas características especiales para considerarlo como una fuente de materia orgánica para los suelos ya que debido a su origen urbano, la mayor parte de la materia orgánica que contienen es muy bioactiva, por lo que su empleo en suelos áridos es enormemente interesante, (Moreno, 1997).

Las características del lodo producido en una determinada estación depuradora de aguas residuales (EDAR) dependen, no solo del origen del influente que llega a la depuradora, sino también de la tecnología y tipo de depuración, del tratamiento final a que son sometidos, y de la época del año (Moreno, 1985).

Antes de su uso para reciclaje en el suelo como fuente de materia orgánica, se deben catalogar los lodos como “aptos” o “no aptos”, para lo cual debemos estudiar su composición y propiedades. Las principales características que deben ser consideradas en los lodos de EDAR son:

- el contenido en materiales indeseables y tóxicos, que pueden limitar su utilización y exigir la adopción de medidas de precaución en su eliminación.
- su contenido en materia seca, que influye en su tratamiento, transporte y utilización posterior.
- la cantidad de materia orgánica y de elementos fertilizantes que contienen. La cual condicionará su utilización como abono.

En la **Tabla 1**, se muestra el rango de valores de pH y conductividad eléctrica encontrado en los lodos de EDAR, así como la oscilación de los contenidos de materia orgánica y nutrientes. En ella se observa como los lodos de depuradora constituyen un residuo rico en materia orgánica, lo cual es un aspecto fundamental para su aplicación a suelos pobres en uso agrícola, puesto que es precisamente de materia orgánica de lo que carecen estos suelos. Los lodos también poseen un elevado contenido en nitrógeno debido a su origen, claramente proteico, y en fósforo, procedente posiblemente de los detergentes, ambos nutrientes considerados como indispensables para un suelo agrícola de calidad. La eficacia de los lodos como fertilizantes depende de diversos factores tales como

Tabla 1:

Composición media de lodos de depuradora sobre muestra seca

| Parámetros | Valor mínimo y máximo |
|--|-----------------------|
| Conductividad Eléctrica (dS m ⁻¹) | 0,8-11 |
| pH | 6-12 |
| Materia Orgánica (g•kg ⁻¹) | 500-800 |
| Relación C/N | 5-8 |
| Nitrógeno (g•kg ⁻¹) | 20-60 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) (g•kg ⁻¹) | 20-50 |
| Potasio (K ₂ O) (g•kg ⁻¹) | 5-10 |



El compostaje se define como un proceso biooxidativo controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos y que requiere una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos. Este proceso implica el paso por una etapa termofílica y una producción temporal de fitotoxinas, dando al final como producto de los procesos de degradación, dióxido de carbono, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su uso sin que provoque fenómenos adversos.

El producto resultante del proceso de compostaje y maduración es el compost, que está constituido por una materia orgánica estabilizada semejante al humus, con poco parecido con la original, puesto que se habrá degradado dando partículas más finas y oscuras. Será un producto inocuo y libre de sustancias fitotóxicas, cuya aplicación al suelo no representara riesgo para las plantas o el medio ambiente, y que permitirá su almacenamiento sin posteriores tratamientos ni alteraciones.

mo el tipo de suelo y tipo de cultivo, existiendo gran controversia respecto a esto (Gallardo-Lara and Nogales, 1987). A pesar de ello, una ventaja del lodo como residuo orgánico frente a los fertilizantes inorgánicos es el ser una fuente gradual de nutrientes (Kropisz and Rusell, 1978).

Los niveles de potasio son relativamente bajos puesto que este elemento se encuentra formando sales solubles, que permanecen en el agua una vez finalizado el proceso de depuración que origina los lodos.

La utilización de este tipo de residuo ejerce una clara mejora sobre la calidad del suelo. Dicha mejora se aprecia en las propiedades físicas, fisico-químicas, nutricionales y microbiológicas del suelo, si bien es en este último

aspecto donde es más patente la influencia positiva de los lodos de EDAR. Esto es debido a la calidad de la materia orgánica que dichos residuos contienen, la cual mantiene una alta carga microbiana. Una de las maneras de recuperar en los suelos su calidad y fertilidad perdidas es la mejora de su actividad microbiana, que hará poner en marcha los ciclos biogeoquímicos de elementos tan importantes, como el C, N, P y S, mejorando así la funcionalidad del suelo.

Sin embargo, como ya se ha indicado anteriormente, los lodos de depuradora disponen también de aspectos negativos como son su contenido, a veces excesivo, en metales pesados. Esto merece especial atención debido a su peligrosidad. *A priori*, no deberíamos encontrarnos con este problema ya que se trabaja con lodos obtenidos de la depuración de aguas urbanas, sin embargo, debido a pequeñas industrias urbanas (talleres de automóviles, laboratorios, etc.) así como a la introducción dentro de las líneas de aguas urbanas de aquellas procedentes de industrias periurbanas, es hasta cierto punto normal que aparezcan, en mayor o menor medida, contaminantes de este tipo. Cuando el contenido en metales pesados es excesivo, superando los límites establecidos por la legislación vigente (Según Real Decreto 1013/1990, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario), el lodo debe ser descartado para su uso en el suelo.

La elevada salinidad de los lodos, es también un factor negativo a tener en cuenta, aunque puede ser enmascarado este aspecto negativo por los beneficios que confiere al suelo la aplica-

ción del lodo. La excesiva salinidad, junto con los metales pesados, son aspectos negativos de los lodos no subsanables por el proceso de compostaje, de ahí su importancia en cuanto a su detección y descarte del reciclado en el suelo de los lodos en caso de aparecer en exceso estos componentes.

Otros problemas para el empleo agrícola de los lodos pueden venir derivados de un exceso de materia orgánica lábil, lo cual le confiere características no deseables, ya que este material se encontrará sometido a continuos cambios debido al uso que los microorganismos hacen de esa materia orgánica lábil. Entre estas características se encuentra la producción de malos olores,



Los lodos de depuradora constituyen un residuo rico en materia orgánica, y es este un aspecto fundamental para su aplicación a suelos pobres en uso agrícola

los cuales son debidos a la producción de ciertos compuestos volátiles durante la degradación de esta materia orgánica, así como la producción de ácidos orgánicos de bajo peso molecular de carácter fitotóxico.

La presencia de microorganismos patógenos así como de metabolitos orgánicos fitotóxicos (restos de plaguicidas, etc.) que en ocasiones pueden aparecer en los lodos, son también aspectos indeseables de los lodos frescos.

Estos aspectos negativos de la utilización de los lodos frescos pueden ser soslayados mediante un proceso de estabilización de la materia orgánica contenida en los mismos: compostaje.

Este proceso, no solo permite eliminar o reducir los factores negativos citados anteriormente (eliminación de patógenos, eliminación de metabolitos orgánicos diversos y exceso de materia orgánica lábil, mal olor, etc.), sino que realizado de modo adecuado permitirá la obtención de un producto de calidad, compost, que no solo servirá como fuente de materia orgánica para suelos, sino que puede abrir el



Foto 1:
Zona labrada en las
oliveras con tratamiento

abanico de posibilidades de uso, aumentando el contenido en sustancias húmicas, o actuando como bioestimulantes del desarrollo vegetal o en el biocontrol de plagas.

El presente estudio se planteó con el objeto de evaluar el efecto de la adición de compost de lodo de EDAR a dosis agrícola, tanto sobre el rendimiento del olivar como sobre la calidad del suelo al que se adiciona y en particular sobre su actividad microbiana.

Como ya hemos comentado anteriormente, los microorganismos del suelo son un aspecto fundamental en la calidad del mismo, puesto que son estos microorganismos los que confieren al suelo su capacidad productiva, activando los ciclos biogeoquímicos de los principales macronutrientes, permitiendo así que estén disponibles para las plantas.

Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en una finca situada en la comarca del altiplano de la Región de Murcia, al noroeste de la ciudad de Yecla, que es una zona con tradición de viñedos y olivos, en particular, y cultivos de secano en general. Sus suelos son principalmente calizos y pobres en materia orgánica



Foto 2:
Olivera con el compost antes de labrar



Foto 3:
Recogida siguiendo la técnica de Vareo con red

pero muy sanos y aptos para la explotación agrícola.

El compost utilizado como agente enmendante, procedía de la Estación Depuradora de Aguas Residuales Murcia-Este, y se obtuvo sometiendo una mezcla de lodo de depuradora y serrín de pino, en proporción 1:1, a un proceso de compostaje rápido en reactor vertical. La duración del proceso de compostaje en el reactor fue de una semana aproximadamente, seguida de un largo periodo de almacenamiento en sacas de rafia, durante el cual se desarrolló el proceso de maduración.

La finca abarca una superficie cultivada de 1,16 hectáreas con 228 oliveras. Para este estudio se eligió una zona con 98 oliveras distribuidas en 9 hileras, 6 de estas hileras (con 63 oliveras en total), fueron tratadas con compost a razón de 25 kg/árbol (5t/ha) y las 3 hileras restantes (con 35 oliveras en total), se dejaron sin tratar para que sirvieran de referencia (control). La cantidad estipulada de compost se distribuyó alrededor del tronco de cada olivera con posterior labrado de la tierra para homogeneizar bien el producto, tal como se representa en las **fotos 1 y 2**.

El suelo se muestreó en el momento de la aplicación del compost y cuatro meses después, con el fin de observar el efecto de la enmienda orgánica sobre las características del suelo. Cada zona se muestreó por triplicado y cada una de estas muestras estaba constituida por diferentes tomas aleato-

rias mezcladas y homogeneizadas. En estas muestras se determinaron parámetros físico-químicos (pH y conductividad eléctrica) y nutricionales (contenido en N, P, K), así como parámetros microbiológicos y bioquímicos (respiración, contenido en materia orgánica, carbohidratos y carbono hidrosoluble) indicativos de la calidad microbiológica de ese suelo. Asimismo se determinó el contenido en metales pesados (Cu, Cd, Cr, Zn, Pb, Ni), con el fin de asegurarnos de que el compost no introducía cantidades preocupantes de estos elementos tóxicos.

Paralelamente al estudio del suelo se hizo el seguimiento de la producción de oliva durante dos años consecutivos (temporadas 2005 y 2006).

La oliva se recolectó siguiendo el orden de las hileras, de manera que pudiésemos tener el peso de la cosecha de cada una de ellas. El método utilizado fue tanto el vareo con red como el peinado, dependiendo de la cantidad de oliva que presentara el árbol.

El **Vareo con red** consiste en colocar una maya de 3 mm de luz extendida bajo el árbol, ocupando algo más de la sombra del mismo y bien ajustada al tronco (ver **foto 3**). Una vez está la maya colocada, se golpean las ramas con una vara, ni demasiado dura para no dañar la fruta ni muy blanda. Cuando todas las olivas han caído sobre la maya, se recogen y se vierten a un cesto.

El Peinado se ha utilizado en aquellos árboles en los que la escasez de

oliva nos permitía recolectarlos uno por uno, arrancándolos bien con la mano bien con una tijera de dedo.

Las olivas de cada hilera recolectada, se fueron agrupando en un cesto y pesado en una báscula (ver **foto 4**).

Resultados y Discusión

Como se aprecia en la **Tabla 2**, la adición de compost al suelo no afectó de modo apreciable ni al pH ni al contenido de sales del suelo, mostrando los suelos enmendados una salinidad, con un valor medio de CE de $222\mu\text{S}$, muy por debajo del límite establecido (2dS/m) para considerar que existe riesgo de salinización del suelo. El pH de 8,8, ligeramente básico, propio de las zonas calizas de donde procede, se considera propicio para la actividad microbiana, tan beneficiosa para la riqueza de los suelos, y para el desarrollo vegetal.

La adición de compost al suelo no supuso tampoco un incremento en el contenido de metales pesados del mismo tal y como era de esperar, ya que se trata de un compost de calidad con bajo contenido en metales pesados (**Tabla 2**). Estos contenidos de metales pesados están muy por debajo de los límites legales establecidos (según Real Decreto 1310/1990, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario), siendo valores prácticamente despreciables.

La fracción biótica de la materia orgánica, formada por organismos vivos, desempeña un papel fundamental en los suelos, al ser la última responsable del estado de la materia orgánica y en general, del desarrollo y funcionalidad de un ecosistema terrestre (Smith and Papendick, 1993).



Foto 4:
Cesto con las olivas preparadas para pesar

Los microorganismos por tanto influyen sobre los ecosistemas y sobre la fertilidad de los suelos, tanto en el establecimiento de los ciclos biogeoquímicos como en la formación de la estructura de los mismos (Harris and Birch, 1989). Los microorganismos ejercen una gran influencia en numerosas reacciones de oxidación, hidrólisis y degradación de la materia orgánica, que a su vez tienen un claro reflejo en los ciclos naturales del carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos (Balloni and Favilli, 1987), proporcionando de este modo las condiciones óptimas para el desarrollo de la vegetación.

Por todo esto, el estudio del estado microbiológico y bioquímico del suelo puede servir como un indicador de la calidad del suelo, lo que se relaciona con la fertilidad del mismo.

Dentro del estudio de la materia orgánica adquiere una especial importancia aquella que es soluble en agua (Kuiters y Mulder, 1993) ya que constituye una de las fracciones más lábiles de la materia orgánica, siendo rápidamente degradada por los microorganismos del suelo, que la utilizan como fuente inmediata de carbono y energía para su metabolismo (Cook y Allan, 1992). La parte lábil de la mate-

ria orgánica (carbono hidrosoluble y carbohidratos), está estrechamente ligada a la actividad microbiana que aumentará a medida que esta fracción aumente. El análisis de estos parámetros nos permitirá conocer si mejora el nivel de los sustratos energéticos del suelo.

Como puede observarse en el **Gráfico 1**, los suelos tratados con compost muestran un mayor contenido tanto de carbono hidrosoluble como de carbohidratos solubles, particularmente cuatro meses después de la adición



Una ventaja del lodo como residuo orgánico frente a los fertilizantes inorgánicos es el ser una fuente gradual de nutrientes

del compost, lo que se traducirá en una mayor actividad microbiana y activación de los ciclos biogeoquímicos de nutrientes en los suelos enmendados. Esto dará lugar a una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas en los suelos enmendados, con la consecuente mejora del desarrollo vegetal.

Esta mayor activación microbiana puede ser medida en los suelos mediante parámetros tales como la respiración del suelo.

La respiración de un suelo es un parámetro ampliamente utilizado para medir la actividad microbiológica. La degradación de la materia orgánica mediante el metabolismo de los microorganismos es una reacción que produce dióxido de carbono, agua y energía, por ello la actividad de los microorganismos viables está directamente relacionada con el consumo de oxígeno o el desprendimiento de CO_2 de ese suelo.

Tabla 2:

Contenido de Metales pesados de pH y CE en el suelo enmendado y sin enmendar (control)

| Tratamiento | Cu | Cd | Pb | Ni | Cr | Zn | pH | C.E. |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | μS |
| 5 t/ha compost | 11,8 | <2,5 | 6,2 | <5,0 | <5,0 | 10,7 | 8,8 | 222 |
| Control | 6,9 | <2,5 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | 8,9 | 8,9 | 210 |

Gráfico 1:

Contenido de carbono hidrosoluble y carbohidratos hidrosolubles (mg/Kg) en el suelo enmendado y control, inmediatamente después de la enmienda (T0) y cuatro meses más tarde (T1)

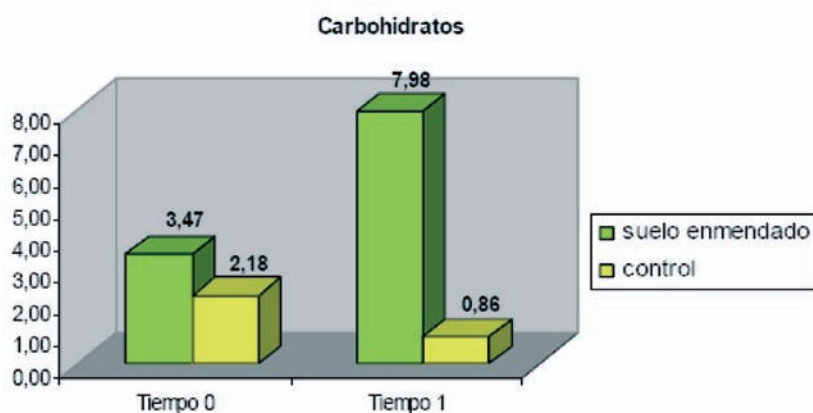
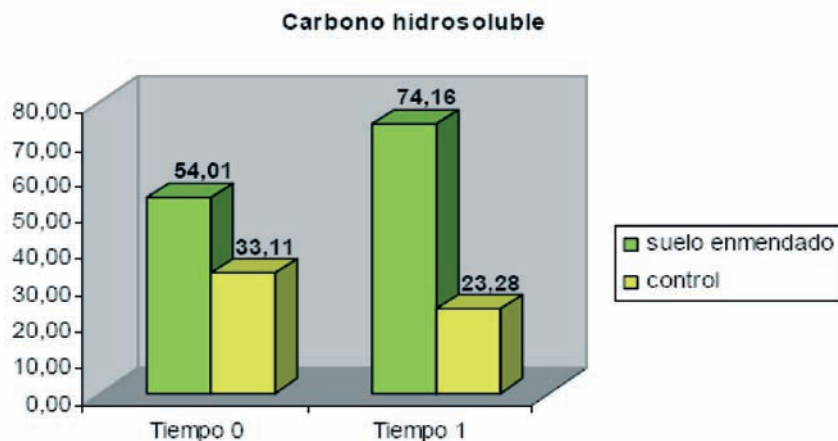
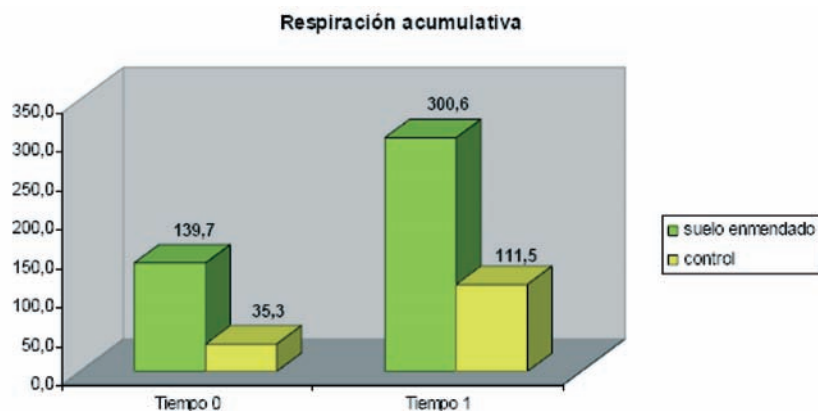


Gráfico 2:

Desprendimiento de CO₂ (mg C-CO₂/ kg suelo) en los suelos con compost y el control inmediatamente después de la enmienda (T0) y 4 meses más tarde (T1).



Como puede observarse en el **Gráfico 2** la adición de compost al suelo produce ya en el inicio (T0) una estimulación de la respiración del suelo, obteniéndose en los suelo enmendados valores de respiración que son más del doble que los del control, indicando que el aporte de la materia orgánica ha favorecido el desarrollo y actividad de la biomasa microbiana del suelo.

Estas mejoras en las propiedades del suelo se reflejaron en la producción de cosecha. Así, si consideramos la producción de oliva por hectárea, en la zona estudiada comprobamos de un modo más claro el beneficio aportado por el compost en las dos cosechas consideradas en este estudio, (**Tabla 3**).

“ Cuando el contenido en metales pesados es excesivo, superando los límites establecidos por la legislación vigente, el lodo debe ser descartado para su uso en suelo

Las oliveras tienen un ciclo bianual en cuanto a la producción de oliva, por ello, el rendimiento de oliva en 2005 fue muy bajo en relación al obtenido en 2006. En cualquier caso, el aporte de la enmienda orgánica (compost), mejoró la cosecha en ambas temporadas, siendo el incremento de la zona con compost respecto a sus controles de 153% y 66% en la primera y segunda campaña respectivamente.

[Conclusión

Observando los resultados de este trabajo, podemos afirmar que el aporte de compost de lodo de depuradora, ha beneficiado a las propiedades físicas, fisico-químicas, nutricionales y microbiológicas, siendo estas últimas las más destacables, puesto que son en gran medida responsables del aumento de la calidad agrícola del suelo.

El hecho de utilizar este lodo sometido a un proceso de compostaje y maduración, proporciona una materia orgánica estable y biodisponible a me-

dio y largo plazo, estimulando el crecimiento y actividad de las poblaciones microbianas del suelo, las cuales activarán los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes del mismo, favoreciendo la nutrición vegetal. Todo ello determina que el empleo de este material orgánico como enmienda favorezca el desarrollo y producción de las oliveras.

Bibliografía

Balloni, W. and Favilli, F. 1987. Effects of agricultural practices on the physical, chemical and biochemical properties of soil: Part I- Effect of some Agricultural Practices on the Biological Soil Fertility. En H. Barth and P. L. Hermite (Eds.). Scientific Basis for Soil Protection in the European Community. Elsevier Applied Science. New York.

Tabla 3:
Rendimiento de cosecha (kg/ha) en dos años siguientes a la enmienda

| 2005 | | 2006 | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Con compost | Control | Con compost | Control |
| 172 | 68 | 774 | 466 |

Cook, B.D. and Allan, D.L. 1992. Dissolved organic matter in old field soils: total amounts as a measure of available resources for soil mineralization. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 585-594.

Gallardo Lara, F. and Nogales, R. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system. *Areview. Biological Wastes*. 19: 35-62.

Harris, J.A. and Birch, P. 1989. Soil microbial activity in opencast coal mine restoration. *Soil Use and Management*. 5: 155-160.

Kropisz, A. and Russell, S. 1978. Effect of fertilization of light loamy soil with the Dano compost on microflora as well as on yields and chemical comparison of lettuce and spinach. *Rocz. Navk. Nól. Ser.* 103: 20-37.

Moreno, J. 1997. Uso del compost de lodo de depuradora para la mejora de la calidad de los suelos de zonas áridas. Efecto de su contaminación metálica. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

Ros, M. 1998. Adición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos a suelos semiáridos como estrategia para su rehabilitación. Bioindicadores de su calidad biológica. Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia.

Smith, L.J. and Papendick, R.I. 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. En: Blaine Metting (Ed). *Soil microbial ecology*. Marcel Dekker. New York. •

