



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

**Fertilización y corrección de suelos  
agrícolas con productos orgánicos.  
Utilización de residuos orgánicos y sus  
derivados como productos fertilizantes.  
Caracterización de lixiviados**

Autor: Rosalía Moreno Pérez

Institución: Universidad Alfonso X El Sabio

e-mail: [rmoreper@uax.es](mailto:rmoreper@uax.es)

Otros Autores: Tomás García Martín (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio); José María Storch de Gracia y Asensio (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio); Esther Arellano Pérez (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio)



## RESUMEN

Son hechos constatados que la producción de residuos urbanos sigue en aumento y que la alternativa de gestión más adecuada, desde el punto de vista económico y medioambiental, es transformar los residuos en recursos, mediante el reciclado y la reutilización de las fracciones que lo componen. La Comisión Europea (CE) establece en el Sexto Programa de acción en materia de medio ambiente (Medio Ambiente 2010: 'El futuro está en nuestras manos' como objetivos preferentes los siguientes: 1- Alcanzar una importante reducción global de los volúmenes de residuos generados. 2- Disminuir la peligrosidad de los residuos. 3- Reintroducir los residuos en el ciclo económico, preferentemente mediante el reciclado o incorporándose al medio ambiente de forma útil e inocua. 4- Disminuir la cantidad de residuos destinados a la eliminación y garantizar que ésta se produce de forma segura. 5- Tratar los residuos lo más cerca posible del lugar en que se generan (Principio de Proximidad). Los lixiviados estudiados en este trabajo presentan gran cantidad de sustancias tóxicas así como otras que pueden resultar útiles para la agricultura como la materia orgánica (humus), el nitrógeno, el potasio, el fósforo, etc. La valorización de este subproducto resulta interesante para: - la reducción en la generación de este tipo de residuo, - la recuperación y aprovechamiento de los recursos contenidos en él, - la reducción de su toxicidad, - la depuración de una corriente de agua residual, etc. Es evidente que el aumento de la población requiere un incremento en la producción de alimentos y, para ello es necesario que la superficie de cultivo esté disponible bajo condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas. Debido a esto, la demanda de productos fertilizantes ha crecido en las últimas décadas y su consumo es cada vez más habitual. La práctica intensiva de cultivos, sin respetar los ciclos de los nutrientes ni de regeneración de humus, ha hecho habitual la aplicación de correctores (enmiendas) de la estructura del suelo. Según la Encuesta sobre Superficies y Cultivos en España, en su ejercicio del 2009, los barbechos (técnica de recuperación de la tierra) han tenido un importante crecimiento respecto al ejercicio anterior. Debido a esto, muchas superficies no han estado disponibles para cultivar. Este hecho, junto a los precios de los inputs agrícolas, ha derivado en un ligero descenso en la superficie cultivada en España.

**Palabras Clave:** Lixiviado, fertilizante, corrector, suelo, compostaje, valorización



## 1. INTRODUCCIÓN

Es evidente que el aumento de la población requiere un incremento en la producción de alimentos y, para ello es necesario que la superficie de cultivo esté disponible bajo condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas. Debido a esto, la demanda de productos fertilizantes ha crecido en las últimas décadas y su consumo es cada vez más habitual. La práctica intensiva de cultivos, sin respetar los ciclos de los nutrientes ni de regeneración de humus, ha hecho habitual la aplicación de correctores (enmiendas) de la estructura del suelo.

Según la Encuesta sobre Superficies y Cultivos en España, en su ejercicio del 2009, los barbechos (técnica de recuperación de la tierra) han tenido un importante crecimiento respecto al ejercicio anterior. Debido a esto, muchas superficies no han estado disponibles para cultivar. Este hecho, junto a los precios de los inputs agrícolas, ha derivado en un ligero descenso en la superficie cultivada en España.

Los lixiviados procedentes de procesos de tratamiento de Residuos Urbanos (RU) contienen contaminantes orgánicos (alrededor de 50) con diferentes propiedades físico-químicas. Los más habituales son los sólidos totales disueltos, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, hierro y manganeso, entre otros (Pitarch et al., 2007). También presentan elevados valores de pH, nutrientes, sales y metales (Tabla 1) (Gutiérrez, 2003).

Algunos de los contaminantes presentes en los lixiviados presentan propiedades de toxicidad y algunos son potencialmente cancerígenos. Desde este punto de vista, es requisito indispensable la correcta depuración para asegurar la calidad de las aguas naturales ya que el vertido directo de este tipo de efluentes puede ocasionar riesgo grave para los ecosistemas y la vida humana (Pitarch et al., 2007).

En la Tabla 1 se presenta la composición general de los lixiviados de procesos de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU):

Tabla 1: Caracterización de un lixiviado procedente de un proceso de compostaje de residuos orgánicos urbanos.

Parámetro	Rango de concentración (mg/L)
DBO	1000 - 30000
DQO	1000 - 50000
COT	700 - 10000
Ácidos volátiles totales (como ácido acético)	70 - 28000
Nitrógeno total Kjeldahl (como N)	10 - 500
Nitrógeno nítrico	0,1 - 10
Nitrógeno amoniacal	100 - 400
Fosfatos	0,5 - 50
Ortofosfatos	0,1 - 60
Alcalinidad expresada en carbonato cálcico	500 - 10000
Dureza expresada en carbonato cálcico	500 - 10000
Sólidos totales	3000 - 50000
Sólidos disueltos totales	1000 - 20000
pH	5 - 7,5
Calcio	100 - 3000
Magnesio	30 - 500
Sodio	200 - 1500
Cloruro	100 - 2000
Sulfato	10 - 1000
Cromo total	0,05 - 1
Cadmio	0,001 - 0,1
Cobre	0,02 - 1
Plomo	0,1 - 1
Níquel	0,1 - 1
Hierro	10 - 1000
Zinc	0,5 - 30

Fuente: Elaboración propia con datos de Pitarch et al. (2007)

### 1.1. Objetivo

**El presente trabajo tiene como objetivo el análisis físico-químico de los lixiviados procedentes de un proceso de compostaje de restos de podas y lodos de depuración.**

**Se han determinado los siguientes parámetros:**

- Iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ )
- Iones fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

- Iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )
- Iones nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )
  
- Iones hierro (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ )
- Iones potasio ( $\text{K}^+$ )
- Cloro Total
- Cloro Libre
- Color aparente
- Color verdadero
- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Dureza
- Residuo Seco
- Sólidos Sedimentables
- Sólidos en Suspensión

El análisis físico – químico nos indica la composición del lixiviado y nos da la posibilidad de valorar la posibilidad de aprovechar los posibles recursos contenidos en los lixiviados. Los recursos más valiosos de estos lixiviados son la materia orgánica (humus) y nutrientes para las plantas como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Se ha sometido el lixiviado a un proceso de adsorción con el objetivo de eliminar la materia orgánica presente en el efluente para disminuir la conductividad eléctrica

## 2. MÉTODO

Se tomaron muestras compuestas en el espacio, es decir, el volumen total de la muestra se tomó por composición de tres volúmenes tomados a diferentes niveles: a) en el fondo de la arqueta; b) a media altura de la arqueta; c) cerca de la superficie del lixiviado.

La forma de conservación de las muestras se realiza bajo las indicaciones detalladas en la norma UNE-EN ISO 5667-3:1994, y de forma más detallada en cada una de las normas que desarrollan los métodos de análisis de los diversos parámetros a estudiar.

Los lixiviados se someten a decantación durante 1 hora. Una muestra de los lixiviados decantados se analiza y se determinan los parámetros indicados anteriormente (Punto 2.1). Otra muestra se somete a un proceso de adsorción por contacto, utilizando carbón activado en polvo. Una vez transcurrido un tiempo de contacto del material adsorbente con los lixiviados, se filtran y se analizan determinando los parámetros indicados en el Punto 2.1. Se realiza una comparativa entre los resultados obtenidos en la muestra sin tratar con la muestra tratada. Los resultados se muestran a continuación.

## 3. RESULTADOS

Los ensayos realizados en la Universidad Alfonso X El Sabio muestran como el lixiviado de un proceso de compostaje de restos de podas y lodos de depuración presentan elevadas concentraciones de materia orgánica y moderadas concentraciones de

nutrientes esenciales para las plantas. En la Tabla 2 se pueden algunos resultados obtenidos en el análisis de dicho efluente.

Tabla 2: Caracterización físico – química de los lixiviados de un proceso de compostaje de restos de podas y lodos de depuración.

Parámetros	Concentración (mg/L)
Iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	200
Iones fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	33,3
Iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	500
Iones nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	0,3
Iones hierro (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ )	0
Iones potasio ( $\text{K}^+$ )	1500
Cloro Total	1,56
Cloro Libre	1,22
Color aparente	343,33
Color verdadero	330,00
Temperatura	18,4
pH	8,1
Conductividad	6,69
Dureza	907,77
Residuo Seco	4410
Sólidos Sedimentables	78
Sólidos en Suspensión	4332

Fuente: Propia, UAX 2009

En la Tabla 2 se puede observar que el lixiviado contiene elementos nutritivos para la planta como el nitrógeno (N), el potasio (K) o el fósforo (P).

El color indica la presencia de sustancias orgánicas disueltas (sustancias húmicas, fúlvicas o polihidroxicarboxílicas) o en suspensión (coloides orgánicos). Esto puede justificar en parte la elevada conductividad eléctrica del subproducto.

Durante los ensayos de adsorción se ha observado como el carbón activado es capaz de eliminar prácticamente toda la turbidez (color) en la muestra (Imagen 1).



Imagen 1: Muestra de lixiviado decantada (izquierda) y muestra de lixiviado sometida a adsorción con carbón activado en polvo (derecha)

*Fuente: Propia, UAX 2008*



Imagen 2: Lixiviado sin turbidez (muestra tratada con carbón activado en polvo)

*Fuente: Propia, UAX 2008*

Como se puede observar en la Imagen 2, el color de la muestra original ha desaparecido. Las sustancias orgánicas disueltas en el efluente han quedado retenidas en el carbón activado.

Posteriormente al tratamiento se ha realizado una analítica para comparar los datos con la muestra original. Los resultados se recogen en la Tabla 3:

Tabla 3: Comparativa entre la caracterización de la muestra original y tras el tratamiento de adsorción

Parámetro	Concentración en mg/L de la muestra original decantada	Concentración en mg/L de la muestra tratada con carbón activado en polvo
iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	200	<b>400</b>
iones fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ )	50	50
iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	>500	>500
iones nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	0,35	<b>0,6</b>
iones hierro (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ )	-	-
iones potasio ( $\text{K}^+$ )	1500	1500
Cloro Total	-	0,52
Cloro Libre	-	0,407
Color aparente (unidades CPU)	3433,3	<b>1</b>
Color verdadero (unidades CPU) <sup>2</sup>	3300	<b>116</b>
Temperatura (°C)	18,4	19
pH	8,1	<b>8,3</b>
Conductividad (S/cm)	6,6933	<b>4,59</b>
Dureza mg/ $\text{CaCO}_3$ /L)	907,78	910
Residuo Seco (mg/L)	4180	-
Sólidos Sedimentables (mg/L)	179	-
Sólidos en Suspensión (mg/L)	4001	-

Fuente: Propia, UAX 2008

Se puede ver que la muestra tratada con el carbón activado contiene más cantidad de amonios disueltos que la muestra original. Puede deberse a que estas sustancias pueden estar enlazadas a los ácidos húmicos y sufrir procesos de intercambio iónico. Los amonios también proceden de la disociación parcial de amoníaco en un medio acuoso.

La presencia de materia orgánica es beneficiosa para el suelo y para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, en este caso, la presencia de materia orgánica disminuye el contenido en nitrógeno y aumenta la conductividad eléctrica, siendo desfavorable para su posible aplicación en suelos.

<sup>1</sup> Hace referencia a la turbidez de la muestra original. Puesto que ya ha sido tratada y filtrada, no se puede cuantificar.

<sup>2</sup> Unidades de Cobalto Platino.



Se observa un ligero aumento en el valor del pH que puede estar relacionado con el aumento de iones amonio y fosfatos disueltos en la muestra tratada.

El cloro libre y total se ha determinado tras el proceso de adsorción con el carbón activado debido a que el instrumental utilizado no permite la presencia de turbidez en las muestras.

La conductividad eléctrica baja tras el tratamiento con el carbón y es lógico debido a que se ha retirado parte de la materia disuelta como algunos iones. Este valor podría ser óptimo para su aplicación en suelos si se ajusta a las condiciones del suelo y los cultivos.

#### 4. CONCLUSIONES

Los análisis realizados a los lixiviados muestran un elevado contenido en materia orgánica que hay que aislar y cuantificar para poder aprovecharla para fines agronómicos como productos fertilizantes (abonos y enmiendas del complejo edáfico del suelo).

Por otra parte, los análisis realizados también indican que las muestras analizadas contienen nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y en forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ). Del mismo modo se ha encontrado presencia de: calcio (Ca), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), potasio en forma soluble ( $\text{K}^+$ ), etc. Estos elementos son considerados como nutrientes para las plantas, y por tanto, deben ser recuperados y devueltos a su ciclo natural en forma de abono.

Tras los procesos de decantación, adsorción y posterior filtración se han eliminado los sólidos sedimentables, gran parte de los sólidos disueltos y en suspensión. También se ha eliminado de la muestra la turbidez (color).

El tratamiento con carbón activado en polvo no resulta muy eficaz para la recuperación de la materia orgánica dado que las características del material adsorbente utilizado no permiten su recuperación, y por tanto, tampoco permiten el aislamiento de la materia orgánica.

Para el aislamiento de la materia orgánica se propone someter a los lixiviados a una extracción fraccionada. De esta forma se puede aislar las fracciones de la materia orgánica disuelta (humus y huminas). Una vez aisladas las sustancias húmicas, la mezcla debe ser acondicionada para su posterior aplicación en suelos como enmienda.

Para el aprovechamiento de los nutrientes contenidos en los lixiviados se propone la eliminación de la turbidez mediante técnicas de adsorción y el posterior acondicionamiento y enriquecimiento del efluente obtenido para la obtención de un producto fertilizante, bajo las especificaciones del RD 824/2005, sobre Productos Fertilizantes.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en España-Ejercicio 2009. Disponible para su consulta en: <http://www.mapa.es/estadistica/pags/encuestacutivos>
- GUTIERREZ MARTÍN (2003), F. Artículo "Tratamiento y Oxidación avanzada de lixiviados de residuos sólidos urbanos. Revista Ingeniería Química.
- PITARCH, E., LÓPEZ, F., MARÍN, J., HERNÁNDEZ, F. (2007) "Estrategia analítica para el control de contaminantes orgánicos prioritarios en aguas de lixiviado de plantas de

tratamiento de RSU". Universidad Jaime I. Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas (IUPA). Revista Residuos. Vol. Nº 95. Enero – Febrero. Pág. 46 -55.  
- RD 824/2005, de 8 de julio, sobre Productos Fertilizantes. BOE nº 171.