

RETEMA

REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE

35
AÑOS DE
TRAYECTORIA
1987 - 2022

Nº 240 | JULIO/AGOSTO 2022 | RESIDUOS



Integradores de Tecnología para la
Industria del Reciclaje



Equipos Individuales

Servicio Técnico

Test Center

Plantas llave en mano



www.grupo-spr.com

OPINIÓN
**Innovación para una
economía circular de los
residuos**

REPORTAJE
**Remodelación del
CTRU de Albacete**

ENTREVISTA
**Aurora Ribot,
Consell de Mallorca**

REPORTAJE
**Hacia una
economía circular
para las palas eólicas**

ENTREVISTA
**Javier Rodríguez
Medina, Cabildo de
Tenerife**

SUMARIO

JULIO/AGOSTO 2022 ■ N° 240 ■ AÑO 35



EMPRESA
**VEOLIA INAUGURA EL CENTRO AMBIENTAL
WASTE-TO-ENERGY SAN LUIS POTOSÍ
EN MÉXICO**
Página 102

REPORTAJE
**DE RESIDUOS A VIVIENDAS SOSTENIBLES,
EL PODER DE LA BIOCONSTRUCCIÓN**
Página 104

ENTREVISTA / **ALFONS VENTURA,
GREEN BUILDING COUNCIL ESPAÑA**
Página 112

NEGOCIOS
CHRISTIAN MOREIRA, LINDNER
Página 120

**LA LAGUNA DE ARGANDA:
LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL MÁS IMPOR-
TANTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID**
Página 124

ENTREVISTA / **CARME BOSCH, EURECAT**
Página 132

LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE NFU EN 2021
Página 136

**CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DE COMPOST DE FORSU DURANTE SU
ELABORACIÓN Y USO EN APLICACIÓN
AGRÍCOLA**
Página 140

TECNOLOGÍA
**APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS CLÁSICAS EN
LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MEDIO
AMBIENTE**
Página 146

Control de la calidad microbiológica de compost de FORSU durante su elaboración y uso en aplicación agrícola

Una experiencia a escala piloto



Andrea López¹, Natividad Miguel², S. Dayana Jojoa², Julen Fernández¹, Jairo Gómez¹, María P. Ormad²

¹Navarra de Infraestructuras Locales S.A. (NILSA) | www.nilsa.com • ²Universidad de Zaragoza | www.unizar.es



NILSA Y LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA DESARROLLAN UN PROYECTO CON EL PROPÓSITO DE IMPULSAR LA CORRECTA GESTIÓN DE BIORRESIDUOS DE LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA, FOMENTANDO SU RECICLAJE A TRAVÉS DE PROCESOS DE COMPOSTAJE, DESDE UN PUNTO DE VISTA AMBIENTAL Y SANITARIO SEGURO ●

INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas que en la actualidad se proponen para la disposición los biorresiduos, es su uso como enmienda agrícola. Para ello, estos materiales han de someterse a un proceso de compostaje que garantice la estabilización de la materia orgánica y su higienización. En el contexto español, los Reales Decretos 506/2013 y 999/2017 (B.O.E. 2013, 2017) regulan el uso compost como fertilizante en agricultura. De hecho, marcan los límites del contenido de metales pesados e indicadores microbiológicos de contami-

nación considerando el riesgo que supone el ingreso de estos contaminantes al medio ambiente y su repercusión en la salud pública. Así pues, es de interés poner en marcha mecanismos que permitan llevar a cabo un seguimiento y control del proceso de compostaje de manera que sea posible determinar las condiciones que favorezcan la obtención de materiales con las mejores características al final del proceso. Del mismo modo, conocer el impacto y la evolución del suelo receptor del compost puede hacer evidente los beneficios, las ventajas y desventajas del proceso y, por tanto,

puede guiar las condiciones que harían más eficaz el material usado como enmienda agrícola.

Navarra de Infraestructuras Locales S.A. (NILSA), quienes gestionan el saneamiento y depuración de las aguas y gerencian el Consorcio de Residuos de la Comunidad Foral de Navarra, en colaboración con el grupo de investigación Agua y Salud Ambiental, grupo de investigación de referencia reconocido por el Gobierno de Aragón y perteneciente al Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón de la Universidad de Zaragoza, desarrollan un proyecto (al que pertenece el presente estudio), con el propósito de impulsar la correcta gestión de biorresiduos de la Comunidad Foral de Navarra, fomentando su reciclaje a través de procesos de compostaje, desde un punto de vista ambiental y sanitario seguro. Su objetivo es la ejecución de procesos de compostaje, en el tratamiento y valorización de residuos orgánicos, con el fin de fomentar su uso como fertilizante agrícola, minimizando el riesgo ambiental y sanitario asociado, todo ello encaminado a establecer unas pautas de actuación que faciliten la adopción de unas buenas prácticas agrarias, de aplicación de los distintos fertilizantes obtenidos y que favorezcan la coordinación de la estrategia de ges-

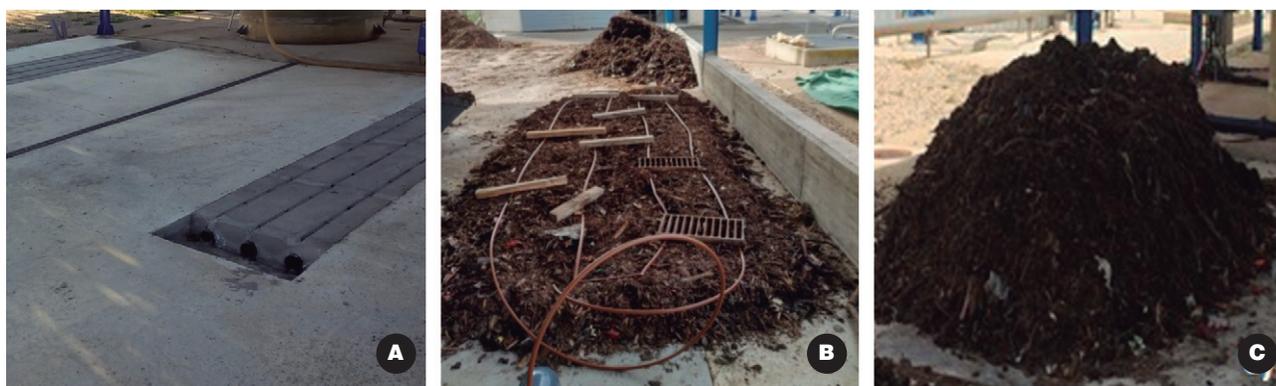


Figura 1. Instalación de las pilas estáticas aireadas: a) sistema de aireación; b) sistema de riego por goteo; c) Pila aireada

El objetivo del proyecto es la ejecución de procesos de compostaje, en el tratamiento y valorización de residuos orgánicos, con el fin de fomentar su uso como fertilizante agrícola, minimizando el riesgo ambiental y sanitario asociado

ción de residuos de materia orgánica procedente del sector público con las necesidades del sector agrario.

En el marco del proyecto Life-NA-DAPTA (LIFE16 IPC/ES/000001), *estrategia integrada para la adaptación al Cambio Climático en Navarra*, se propuso evaluar la evolución microbiológica durante el proceso de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) y su aplicación agrícola. Tal seguimiento se realizó durante la transformación de FORSU dispuesto en pilas estáticas aireadas a escala piloto, así como en el suelo agrícola real después de la aplicación del compost. La FORSU se mezcló con residuos de poda como material estructurante (ME) en la pila y fueron determinados parámetros microbiológicos como: la presencia de *Salmonella* sp. y la concentración de *Escherichia coli*, coliformes totales y *Enterococcus* sp. Transcurridas entre 15 y 20 semanas, la estabilidad de la materia orgánica fue determinada a través de las pruebas Rottegrade y el test Solvita®. Finalmente, se realizaron medidas de control del suelo antes de aplicar en terreno, durante y después del ciclo vegetativo del cultivo (maíz), así como del agua de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

La FORSU utilizada en este estudio fue suministrada por una planta de tratamiento de residuos situada en la Comunidad Foral de Navarra. Como ME



Figura 2. Suelo agrícola utilizado para la aplicación de compost

se utilizaron restos de poda y el agua usada para proporcionar humedad al proceso se tomó del nivel freático.

Para llevar a cabo el proceso de compostaje de FORSU a escala piloto se utilizaron cuatro pilas estáticas aireadas con suministro de agua y aire. En la figura 1 se observan unas imágenes del proceso de montaje de estas pilas.

El compost se elaboró a partir de FORSU y ME en relación 1:1 (v/v). La aireación y adición de agua se realizó según las necesidades a lo largo del proceso. El proceso se inició en noviembre y finalizó en marzo.

El suelo agrícola, de 2 Ha, se encontraba cercano a la instalación piloto de compostaje y presentaba una textura

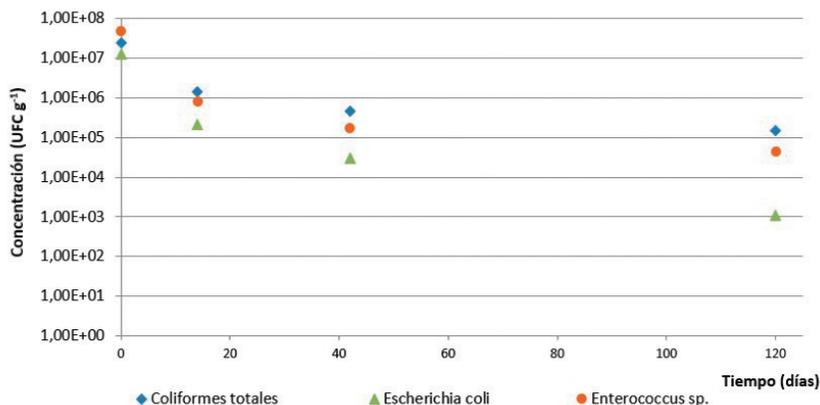


Figura 3. Evolución de las concentraciones bacterianas durante la elaboración del compost mediante pila estática aireada

arcillosa (contenido de arcilla > 30%). En la figura 2 se puede observar una imagen del mismo.

El agua de riego procedía de un canal situado cerca del suelo agrícola y la forma de riego era por aspersión. Su origen era un río de la cuenca hidrográfica del Ebro.

El compost utilizado como enmienda en el suelo agrícola en este estudio fue el obtenido en las pilas estáticas aireadas a escala piloto. Se añadió compost como enmienda en 0.5 Ha del terreno a razón de 18.9 t Ha⁻¹ (calculado según las necesidades del suelo/cultivo) en el mes de abril y se sembró maíz, que fue cosechado en el mes de enero.

La toma de muestras de compost, FORSU y ME se realizó según el Test Methods for the Examination of Composting and Compost (US Department of Agriculture and US Composting Council, 2001). La toma de muestras de suelo agrícola, antes y después de su enmienda con compost, se realizó según el método estándar basado en Carter (1993). La toma de muestras de agua se realizó según el método estándar ISO 5667-3:2018 (ISO, 2018).

Se realizó un pretratamiento de las muestras sólidas (FORSU, ME, compost, suelo) para analizar los parámetros microbiológicos. Este pretratamiento se ba-

só en lo descrito por Carter (1993). Los parámetros microbiológicos analizados en las muestras fueron: coliformes totales (ISO, 2000b; APHA, 2005), *Escherichia coli* (ISO, 2000b; APHA, 2005), *Enterococcus sp.* (ISO, 2000a; APHA, 2005) y *Salmonella sp.* (ISO, 2017).

Además, se realizó un estudio de madurez y estabilidad del compost obtenido mediante dos técnicas: la determinación del grado de Rottegrade (UNE-EN 16087-2:2012) y mediante un test Solvita[®].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Propiedades iniciales de la FORSU, ME y agua utilizada en el proceso de compostaje

Las concentraciones de las bacterias analizadas en los materiales iniciales fueron: $9.70 \pm 5.30 \times 10^7$ CFU coliformes totales g⁻¹, $7.75 \pm 5.25 \times 10^7$ CFU *Escherichia coli* g⁻¹ y $3.70 \pm 2.60 \times 10^8$ CFU *Enterococcus sp.* g⁻¹ en la FORSU; $1.24 \pm 1.23 \times 10^7$ CFU coliformes totales g⁻¹, $2.04 \pm 1.10 \times 10^4$ CFU *Escherichia coli* g⁻¹ y $3.20 \pm 0.70 \times 10^3$ CFU *Enterococcus sp.* g⁻¹ en el ME. *Salmonella sp.* no fue detectada en ninguna muestra.

En general la FORSU presenta concentraciones bacterianas más eleva-

das para todas las bacterias analizadas que el ME, siendo especialmente notable para *Escherichia coli* y *Enterococcus sp.*, y a excepción de coliformes totales cuya concentración es similar en ambos componentes.

Con respecto a los análisis microbiológicos del agua de riego, utilizada para aportar humedad durante el proceso de elaboración del compost, se encontraron concentraciones muy variables en función del momento en el que se realizó el análisis a lo largo del proceso: de 6.2×10^2 a 3.1×10^5 UFC 100 mL⁻¹ de coliformes totales; de 5.0×10^1 a 1.4×10^5 UFC 100 mL⁻¹ de *Escherichia coli*; y de 5.0×10^1 a 1.1×10^4 UFC 100 mL⁻¹ de *Enterococcus sp.* Tampoco se detectó *Salmonella sp.* en el agua de riego.

3.2. Evolución durante el proceso de compostaje

En la figura 3 se muestra la evolución de la concentración bacteriana (coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus sp.*) en el compost durante el proceso de elaboración del mismo mediante pila estática aireada. *Salmonella sp.* no fue detectada en ninguna muestra.

Partiendo de concentraciones bacterianas iniciales de aproximadamente 107-108 UFC g⁻¹, las concentraciones de las bacterias al final del proceso son menores que inicialmente, cumpliendo con los requisitos establecidos en el RD 506/2013 sobre productos fertilizantes. Las concentraciones finales varían entre 103 y 105 UFC g⁻¹, siendo *Escherichia coli* la bacteria que más reduce su concentración. La concentración de las tres bacterias disminuye progresivamente a lo largo de todo el proceso (2 log para coliformes totales, 4 log para *Escherichia coli* y 3 log para *Enterococcus sp.*), siendo dicha disminución más acusada durante los primeros días, momento en el que se alcanzan las mayores temperaturas (65 °C).

En cuanto al grado de estabilidad y

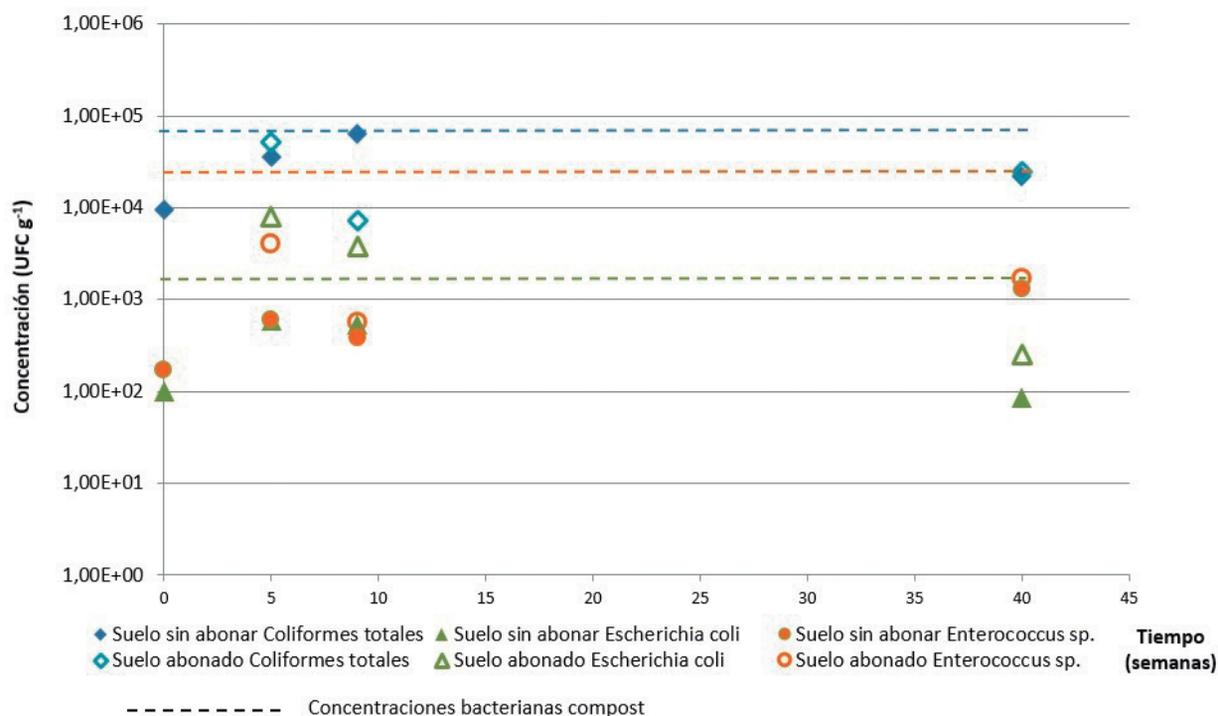


Figura 4. Evolución de las concentraciones bacterianas en el suelo agrícola con y sin enmienda de compost durante el ciclo vegetativo del cultivo

madurez del compost obtenido al finalizar el proceso, el grado Rottegrade y el test Solvita® nos indican que se trata de compost altamente estabilizado y suficientemente maduro (grado V según Rottegrade e índice de maduración 6 según Solvita®) para su aplicación en suelo agrícola.

3.3. Evolución en el suelo agrícola

En la figura 4 se muestra la evolución de la concentración bacteriana (coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus sp.*) en el suelo agrícola con y sin enmienda de compost durante el ciclo vegetativo del cultivo. Con respecto a los análisis microbiológicos del agua de riego, se encontraron concentraciones menores a 1.0E+03 UFC 100 mL⁻¹ de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus sp.* No se detectó *Salmonella sp.* en las muestras de suelo ni en el agua de riego.

Como se puede observar, para las tres bacterias analizadas, las concentraciones detectadas en el compost utilizado como enmienda son superiores a las detectadas en el suelo agrícola inicialmente. Los valores iniciales en el compost muestran concentraciones bacterianas entre 103 y 105 UFC g⁻¹ mientras que en el suelo agrícola se detectan concentraciones entre 102 y 104 UFC g⁻¹, siendo coliformes totales el grupo de bacterias predominantes en ambos casos.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo, se observan pequeñas variaciones en cuanto a las concentraciones de las tres bacterias, en ningún caso superiores a 2 unidades logarítmicas, lo que podría ser debido al pequeño aporte bacteriano que puede suponer la enmienda de compost y el agua de riego y a las condiciones edafo-climáticas propias de la zona (Schwarz et al., 2014; Godim-Porto et al., 2016; Vieira and Pazianotto, 2016).

Al finalizar el proceso, las concentraciones bacterianas detectadas son muy similares a las iniciales del suelo agrícola antes de la enmienda con compost, por lo que se puede afirmar que la aplicación del compost no supone una reducción en la calidad microbiológica del suelo en esta experiencia. Este hecho se confirma al observar que no existen diferencias notables en cuanto a las concentraciones bacterianas detectadas en el suelo agrícola con o sin enmienda a lo largo de todo el periodo.

4. CONCLUSIONES

Las concentraciones bacterianas a lo largo del proceso de compostaje, se observa que en el compost final son menores que las detectadas en la mezcla de componentes iniciales, cumpliendo con los requisitos establecidos en el RD 506/2013 sobre productos fertilizantes. Además, durante el proceso de elaboración del compost, se puede



afirmar que la pila estática aireada utilizada ha evolucionado de forma correcta dando lugar un compost de suficiente estabilidad y madurez para ser aplicado en terreno agrícola.

Inicialmente, el compost obtenido presenta concentraciones bacterianas superiores que el suelo agrícola que va a ser enmendado. Tras la aplicación del compost, tienen lugar pequeñas variaciones en cuanto a la concentración de bacterias analizadas, sin embargo, no existen diferencias importantes en cuanto a su evolución si se compara el suelo enmendado con compost y el suelo sin enmienda. Al finalizar el ciclo vegetativo del cultivo, se pueden observar concentraciones bacterianas similares al inicio por lo que se puede afirmar que la aplicación del compost no supone una reducción en la calidad microbiológica del suelo en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

A.P.H.A. (2005). Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st edition. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC. ISBN 9780875530475.

B.O.E. (2013). Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. Boletín Oficial del Estado nº 164, 10.07.2013.

B.O.E. (2017). Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes. Boletín Oficial del Estado nº 296, 06.12.2017.

Carter M.R. (1993). Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers. Ed. Taylor&Francis Group. ISBN 978-0-8493-3586-0.

Gondim-Porto, C., Platero, L., Nadal, I., Navarro-García, F. (2016). Fate of classical faecal bacterial markers and ampicillin-resistant bacteria in agricultural soils under Mediterranean climate after urban sludge amendment. *Science of the Total Environment* 565, 200–210.

I.S.O. (2000a). Water quality - Detection and enumeration of intestinal enterococci - Part 2: Membrane filtration method (ISO 7899-2:2000).

I.S.O. (2000b). Water quality – Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method (ISO 9308-1:2000)

I.S.O. (2017). Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: Detection of *Salmonella* spp. (ISO 6579-1:2017).

I.S.O. (2018). Water quality - Sampling - Part 3: Preservation and handling of water samples (ISO 5667-3:2018).

Schwarz, K.R., Sidhu, J.P.S., Pritchard, D.L., Li, Y., Toze, S. (2014). Decay of enteric microorganisms in biosolids-amended soil under wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Water Research* 59, 185–197.

U.N.E. (2012). UNE EN 16087-2:2012. Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de la actividad biológica aerobia. Parte 2: Ensayo de autocalentamiento para compost.

U.S. Department of Agriculture and US Composting Council (2001). Test Methods for the Examination of Composting and Compost, TMECC. <http://tmecc.org> Edapho International.

Vieira R.F., Pazianotto R.A.A. (2016). Microbial activities in soil cultivated with corn and amended with sewage sludge. Springerplus 5, 1844. ●