

APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL COMPOSTAJE DEL RESIDUO DEL ARROZ Y LODO DE DEPURADORA A ESCALA PILOTO

L. ROCA-PÉREZ, C. MARTÍNEZ, R. BOLUDA*

Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Farmacia, Universitat de València, Av. Vicent Andrés Estellés s/n, 46100 Burjassot (Valencia), Spain. boluda@uv.es

Abstract: In this work we studied the composting of rice straw – either shredded or not shredded – with sewage sludge using static piles with passive aeration. The results showed that the compost with shredded rice straw ground was kept at temperature above 55 °C during 3 days, enough time for pathogenic microorganism reduction. Moreover, compost maturity parameters indicated that this compost was stable, while rice straw not shredded compost showed different results.

Key words: rice straw, sewage sludge, compost, blend, maturity indicators.

Resumen: En el presente trabajo se estudió el compostaje del residuo del arroz triturado y no triturado, producido en los arrozales del Parque Natural de la Albufera de Valencia con lodo de depuradora, utilizando pilas estáticas con aireación pasiva. Los resultados mostraron que el compostaje con residuo de arroz triturado se mantuvo a temperaturas por encima de 55 °C durante 3 días, tiempo necesario para la reducción de microorganismos patógenos. Además, los parámetros de la madurez del compost indicaron que este compost estaba estabilizado, mientras que en caso del compost de residuo sin triturar no se obtuvo este mismo resultado.

Palabras clave: lodo de depuradora, paja de arroz, compost, mezcla, indicadores de madurez.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la producción agrícola, junto con la mayor producción de lodos procedentes de depuradoras de aguas residuales urbanas e industriales, genera un aumento considerable de las cantidades de estos residuos que suponen un serio inconveniente de manejo y un importante riesgo ambiental.

La incineración en el suelo de aproximadamente 100 millones de kilos anuales de residuo del arroz (RA) en el Parque Natural de L'Albufera (PNA) de Valencia es una práctica habitual entre los agricultores, cuya consecuencia es el derroche de nutrientes y materia orgánica que podrían ser restituidos al suelo de

cultivo (Martínez, 2001); además, esta actividad genera un grave problema ambiental ocasionado por el humo que afecta al ecosistema del PNA y a poblaciones circundantes incluida la ciudad de Valencia. En algunos países se han descrito problemas de salud para la población derivados de estas prácticas (Arai *et al.*, 1998; Torigore *et al.*, 2000). Por otra parte, la depuradora de aguas residuales de Pinedo (EMARSA) en Valencia produce del orden de 100 toneladas diarias de lodos (LD) con el consiguiente problema de eliminación. Una alternativa para el reciclado de ambos residuos es el tratamiento mediante el proceso de compostaje, ya que ambos presentan características compatibles para ser compostados (Iranzo *et*

al., 2004). Mediante este proceso no sólo se consigue minimizar el efecto negativo ocasionado por la acumulación de estos residuos, sino que se puede obtener un producto final de indudable utilidad agronómica.

Para que el proceso de compostaje se lleve a cabo adecuadamente se requieren unas condiciones físicas y químicas óptimas de la mezcla inicial. Los parámetros más importantes que hay que controlar son: temperatura, humedad, pH, relación C/N y aireación. Además de estos parámetros, el tamaño de los materiales juega un papel importante en el proceso de degradación. Diversos trabajos en los que se estudió el efecto del tamaño de la partícula sobre el grado de descomposición de los materiales demostraron que las mayores tasas de biodegradación se dieron en mezclas con menor tamaño de partículas. Este hecho fue debido a que el aumento de la superficie facilita el contacto entre los materiales mezclados, promoviendo el ataque de los microorganismos implicados en el proceso (Angers y Recous, 1997; Tarafdar *et al.*, 2001; Lhadi *et al.*, 2004), por otro lado, para que el compost sea higiénicamente aceptable, es necesario que durante la fase activa se alcancen temperaturas superiores a los 55 °C durante tres días (USEPA, 1994). En este sentido, Iranzo *et al.* (2004) obtuvieron que en mezclas de RA y LD incubadas a una temperatura de 62 °C durante 48 horas, se favoreció la eliminación de Salmonelas, Estafilococos y Estreptococos, mientras que las mismas mezclas incubadas a 42 °C durante el mismo tiempo, provocaron el desarrollo de enterobacterias. No obstante, además de higienizar el producto, es necesario evaluar la calidad del compost obtenido para determinar si puede ser utilizado como enmienda orgánica.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar y evaluar el proceso de compostaje, en pilas estáticas a escala piloto, de LD con RA en dos mezclas: 1) con el residuo del arroz triturado y 2) sin triturar; así como la madurez del compost después de 90 días de tratamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos de compostaje con LD procedentes de la estación depuradora de aguas residuales urbanas de Pinedo (EMARSA) y RA triturado (75% del residuo pasaba por un tamiz de 10 mm, pila P1), y otro sin triturar (pila P2) procedente de los arrozales del PNA utilizando pilas estáticas con aireación pasiva. Las características de ambos materiales han sido previamente reportadas por Iranzo *et al.* (2004).

Las fracciones sólidas de LD y RA se mezclaron de forma manual y se les añadió agua para obtener el contenido óptimo de humedad ya que, en un estudio previo realizado en laboratorio, se obtuvo que las mezclas con una relación C/N de 17, pH 8,75 y una humedad de 60% fueron las que presentaron una mayor actividad biológica (Roca-Pérez *et al.* 2004). Así, se montaron dos pilas con una relación C/N alrededor de 20 y con una de humedad aproximada del 60%. Para ello se mezclaron 64 kg de LD, 24 kg de RA triturados (Pila P1) y sin triturar (Pila P2), con un aporte adicional de 10 litros de agua. Las pilas de compostaje tuvieron las siguientes dimensiones: 1 x 0,8 m en la base y 0,75 m de altura. Para dar forma a las pilas se construyeron dos armazones de hierro galvanizado descubiertos en la base y en la superficie siguiendo el modelo utilizado por Hanajima *et al.* (2001). Ambos se situaron sobre una estructura de madera cubierta con una malla de sombreado que permitió la aireación pasiva por su parte inferior. Para reducir las posibles pérdidas de calor por disipación, los compostadores se forraron con material aislante. Finalmente, las pilas se cubrieron por su parte superior con una tapa de poliestireno.

La temperatura se controló instalando sondas digitales en el interior de las pilas, llevándose a cabo las lecturas diarias a tres niveles: 10, 35 y 50 cm de altura con respecto a la base, y en tres orientaciones diferentes (este,

centro y oeste). La humedad se determinó por gravimetría en estufa a 105°C, el pH se midió en una suspensión 1:5 P/V. El carbono orgánico oxidable según el método de Walkley-Black (MAPA, 1994) y el nitrógeno total Kjeldahl mediante el método de Bremner y Mulvaney (1982). Los índices de madurez analizados fueron: la relación entre los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (AH/AF) según el método de Iglesias y Pérez (1992) y el índice de germinación según WSIG (1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todo proceso de compostaje se produce un aumento de la temperatura de la mezcla inicial debido a la acumulación de calor generado por la actividad microbiana. Este aumento de la temperatura sana el producto final obtenido ya que elimina patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas (Iranzo *et al.*, 2004). Además, se reduce gradualmente la cantidad de agua y materia orgánica presente en los mate-

riales iniciales (Saña *et al.*, 1987; Negro *et al.*, 2000). El resultado es una disminución considerable del volumen y del peso del material.

La Fig. 1 muestra la evolución de la temperatura en el centro de las pilas y la temperatura media del ambiente durante el proceso de compostaje. En la fase inicial o mesófila se produjo un rápido incremento de las temperaturas durante las primeras 24-36 horas. La fase termófila o fase activa duró de 20 a 25 días en ambas pilas; sin embargo, las temperaturas máximas en la P1 (65-70°C) se alcanzaron a las 36 horas, mientras que para la P2 (52-56°C) tuvieron que transcurrir varios días. La fase de enfriamiento se alcanzó tras 30-35 días de compostaje. Hay que señalar que la acusada bajada de la temperatura que se produce en P1 durante los días 13 y 14 fue provocada por un fuerte temporal que levantó la tapa del compostador y enfrió la masa; no obstante, la temperatura se recuperó rápidamente y el proceso continuó con normalidad.

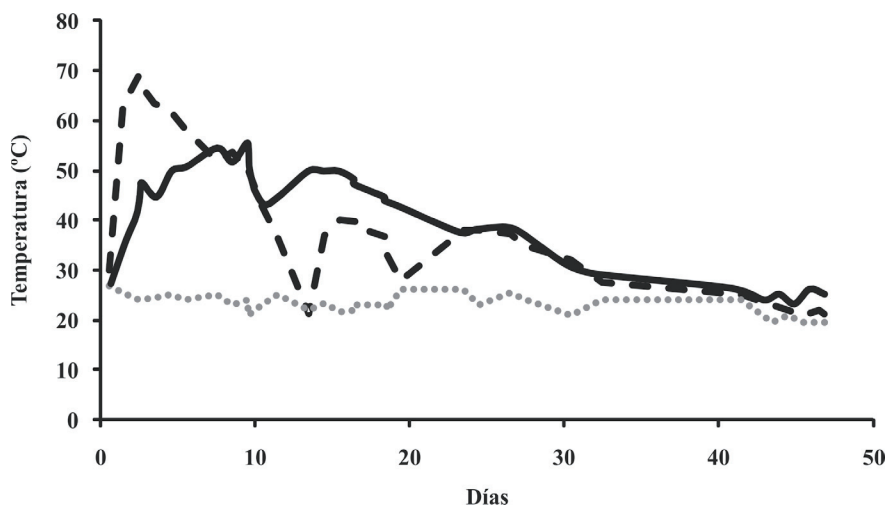


FIGURA 1. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje de LD y RA. P1 (— · —), P2 (—) y ambiente (····).

TABLA 1. Temperatura máxima y duración de las temperaturas por encima de 55 °C en dos experimentos de compostaje a escala piloto: con residuo de arroz triturado (P1) y sin triturar (P2).

	Localización	Pila P1			Pila P2		
		Este	Centro	Oeste	Este	Centro	Oeste
T máxima (°C)	Arriba	65	69	63	47	54	49
	Centro	66	70	67	46	55	50
	Abajo	63	63	60	49	53	48
Duración de T por encima de 55 °C (h)	Arriba	96	120	84	0	0	0
	Centro	108	144	132	0	8	0
	Abajo	60	65	48	0	0	0

En la Tabla 1 se muestran las temperaturas máximas y su duración (en horas) por encima de los 55 °C en distintas localizaciones del interior de las pilas. La temperatura más elevada y el mayor tiempo de duración en que se mantuvo por encima de 55 °C, se obtuvo en el centro de las pilas, lo cual, es un hecho bien conocido en este proceso, mientras que en la parte inferior se dieron los valores más bajos. Este hecho es debido a que en este tipo de compostadores la aireación se produce de forma continua y mayoritariamente por su parte inferior. Hanajima *et al.* (2001). En un experimento realizado con residuo de arroz y excrementos de ganado obtuvieron valores de temperatura similares en la parte superior e inferior de la pila, mientras que en la zona central las temperaturas fueron algo superiores. Los resultados obtenidos en este trabajo, indicaron que las partículas de gran tamaño, superiores a 50 mm originarias del RA, dieron lugar a una mezcla heterogénea cuyo efecto provocó que la masa no alcanzase la temperatura óptima para la higienización del producto final. Este hecho ha

sido puesto de manifiesto por diferentes autores (Saña *et al.*, 1987; Soliva y Paulet, 2001; Plana *et al.*, 2002; Lahdi *et al.*, 2004); así, el haber triturado la paja de arroz tuvo consecuencias muy positivas sobre la actividad biológica favoreciendo el desarrollo de la fase activa durante el proceso. Según USEPA (1994), los requerimientos para clasificar un proceso de compostaje como efectivo para reducir considerablemente los microorganismos patógenos, exigen que las temperaturas superen los 55 °C durante, al menos, 3 días. Por otro lado, el hecho de que en P1 solo se cumpliera este requisito en el centro y en la parte superior, sugiere la necesidad de voltear las pilas.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos para otros indicadores del desarrollo de proceso y de la calidad del compost. Como se puede observar se produjo una reducción del volumen y del peso respectivos del 50% y 54% para P1 y del 27% y 47% para P2. Este resultado fue muy significativo dado que un objetivo prioritario de cualquier tratamiento de residuos es su

TABLA 2. Parámetros físicos, químicos y biológicos de las mezclas iniciales y de los compost obtenidos durante 90 días de compostaje.

Parámetro	Pila P1		Pila P2	
	Mezcla	Compost	Mezcla	Compost
Volumen (m ³)	0,44	0,28	0,48	0,35
Peso (Kg)	98	45	98	52
Humedad (%)	60,3±3,5	39,9±1,5	60,3±3,5	42,0±1,6
pH (H ₂ O)	8,45±0,16	7,07±0,14	8,14±0,51	7,09±0,06
C/N	18,0±1,0	9,8±0,7	20,0±1,0	10,6±0,9
AH/AF	0,23	1,40±0,24	0,29	0,48±0,03
Germinación (%)	35	245±15	29	183±10

AH/AF: relación ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

reducción en peso y volumen. La humedad disminuyó considerablemente, situándose en torno al 40% después de 90 días. Al comparar los valores de pH se observó una disminución en ambos experimentos, hasta alcanzar valores cercanos a la neutralidad. Ha sido reportado que el valor del pH es función de los materiales y de otros factores más o menos conocidos (Zhu *et al.*, 2004). En nuestro estudio, el pH de ambas pilas se incrementó al inicio (dato no mostrado) y disminuyó al final del proceso (7,07 P1 y 7,09 P2). En cuanto a la relación C/N, también se produjo una reducción en ambos compost; el hecho de que el compost de P2 alcanzase un valor similar al de P1, fue debido a que cuando se tamizaron los compost, en el caso de P1 el 100% del material pasó por el tamiz de 15 mm, mientras que en el caso de P2 el material de rechazo fue del 55% y aunque los dos valores son semejantes, hay que considerar que en P2 el análisis se realizó después de tamizar el compost. Todos estos cambios están relacionados con pérdidas de C y NH₃, así como con la fijación del N orgánico, resultado de la producción de CO₂, de la volatilización del amoníaco y de la degradación de la materia orgánica debidos, en gran parte, a la actividad biológica. Todos estos hechos confirmaron la efectividad del proceso de compostaje para el tratamiento de este tipo de residuos y la necesidad de triturar la paja de arroz para poder llevar a cabo una buena mezcla que faci-

lite la actividad microbiana necesaria para el buen funcionamiento del proceso.

Por lo que se refiere a la calidad del compost, la Tabla 2 muestra que el índice de germinación fue muy superior en ambos compost, mientras que la relación AH/AF se incrementó considerablemente más en la P1. Iglesias (1990) considera que un compost está maduro cuando la relación AH/AF es superior a 1. A la vista de los resultados y utilizando este criterio, el compost obtenido en P2 no puede considerarse completamente maduro. Asimismo, el porcentaje de germinación más elevado correspondió, igualmente, al compost de P1.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos concluir que, en las condiciones de nuestros experimentos, el compost obtenido en P1 puede ser, sin ninguna duda, utilizado como enmienda orgánica, contrariamente al de P2. La temperatura, material de rechazo y la relación AH/AF se mostraron los parámetros más selectivos a la hora de evaluar el proceso y la calidad del compost. Futuras investigaciones deben realizarse con objeto de confirmar estos resultados en experimentos a escala industrial.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subvencionado, en parte, por el gobierno valenciano (GV-CAPA00-03).

REFERENCIAS

- Angers, D.A. & Recous S. (1997): Decomposition of wheat straw and rye residues as affected by particle size. *Plant Soil*, 189: 197-203.
- Arai, T., Takaya, T., Ito, Y., Hayakawa, K., Tshima, S., Shiuya, C., Nomura, M., Yoshimi, N., Shibayama, M., Yasuda, Y. (1998): Bronchial asthma induced by rice. *Internal Medicine*, 37: 98-101.
- Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982): Total Nitrogen. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy and *Soil Science Society of America*, Madison, WI, pp. 1119-1123.
- Hanajima, D., Kuroda, K., Haga, K. (2001): Enhancement of the thermophilic stage in cattle waste composting addition of tofu residue. *Bioresource Technology*, 78: 213-216.
- Lhadi, E.K., Tazi, H., Aylaj, M., Tambone, F., Adani, F. (2004): Cocomposting separated MSW and poultry manure in Morocco. *Compost science and utilization*, 12: 137-144.
- Iglesias, E. (1990): Estudio del compostaje termófilo y aerobio de los residuos sólidos urbanos de Tenerife. Poder fertilizante del compost y dinámica de los nutrientes aportados en un sistema suelo-planta. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna, Spain.
- Iglesias, E. & Pérez V. (1992): Determination of maturity indices for city refuse compost. *Agr. Ecosyst. Environ.* 38, 331-343.
- Iranzo, M., Cañizares, J.V., Roca-Pérez, L., Sainz-Pardo, I., Mormeneo, S. & Boluda, R. (2004): Characteristics of rice straw and sewage sludge as composting materials in Valencia (Spain). *Bioresource Technology* 95, 107-112.
- MAPA (1994): *Métodos Oficiales de Análisis*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, Spain.
- Martínez, F.X. (2001): Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. I Encuentro Internacional. Gestión de residuos orgánicos en el ámbito rural mediterráneo. Pamplona, Spain.
- Negro, M.J., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P. (2000): Producción y gestión del compost. Informaciones técnicas del departamento de agricultura de la dirección general de tecnología agraria. Gobierno de Aragón. Número 88.
- Plana, R., Aguilera, F., Domínguez J. (2002): Compostaje de fangos de E.D.A.R. en pilas con dos proporciones diferentes de estructurante vegetal reciclado. *Residuos* 66, 64-70
- Roca-Pérez, L., Arévalo J., Boluda, R. (2004): The influence of C/N ratio, moisture and pH on aerobic microbial activity of rice straw and sewage sludge blends. Ramiran 2004-11th International Conference of the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial residues in Agriculture. pp 176. CSIC-UMH, Murcia, Spain.
- Saña, J., Soliva, M., Cucurull, D., Lumbreras, F. (1987): El compostatge: procés, sistemes i aplicacions. *Quaderns d'ecologia aplicada*, núm. 11. Diputació de Barcelona, Barcelona, Spain.
- Soliva, M. & Paulet, S. (2001): Compostaje de residuos orgánicos y aplicación agrícola. 5º Curso de Ingeniería Ambiental. Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Lleida.
- Tarafdar, J.C., Meena, S.C., Kathju, S. (2001): Influence of straw size on activity and biomass of soil microorganisms during decomposition. *European Journal of Soil Biology* 37, 157-160.

- Torigoe, K., Hasegawa, S., Numata, O., Yazaki, S., Matsumaga, M., Boku, N., Hiura, M., Ino, H. (2000): Influence of emission from rice straw burning on bronchial asthma in children. *Pediatrics International* 42, 143-150.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (1994): A plain English Guide to the EPA Part 503 *Biosolids Rule*. EPA/832/R-93/003. Washington, DC.
- WSIG (Washington State Interim Guidelines). (1994): Cress seed germination and root elongation bioassay. In: Interim guidelines for compost quality. Washington State Department of Ecology and Solid Waste Services Program. Publication #94-38, pp 41-42.
- Zhu, N., Deng, C., Xiong, Y., Qian, H. (2004): Performance characteristics of tree aeration systems in the swine manure composting. *Bioresource Technology* 95, 319-326.