

COMPOSTAJE DE RESIDUOS PROCEDENTES DE GRANJAS DE AVÍCOLAS. INFLUENCIA DE LA AIREACIÓN

Mercedes Sánchez Báscones⁽¹⁾, Juan B. López Sotelo⁽¹⁾, Luis M. Navas Gracia⁽¹⁾, Juan M. Antolín Rodríguez⁽¹⁾, Carmen T. Bravo Sánchez⁽¹⁾, Petruta Mihaela Matei^(1,2)

⁽¹⁾*E.T.S.I.I.A.A. Universidad de Valladolid, Av. Madrid, 50, Palencia, 34004, Spain*

⁽²⁾*Universidad de Ciencias Agronómicas, B-dul Marasti, 59, Bucarest, Romania*
msanchez@agro.uva.es

Resumen

Tras la entrada en vigor del reglamento (CE) nº 1069/2009 la gestión de los subproductos producidos en las salas de incubación de las granjas avícolas ha generado un gran problema y coste económico. Estos subproductos están constituidos por huevos infértiles, cáscaras después del nacimiento (catalogados en el reglamento como tipo 3), embriones abortados y pollitos machos procedentes del sexado, catalogados como tipo 2. El tratamiento de estos subproductos mediante compostaje es viable al alcanzarse temperaturas suficientes para higienizar el producto y transformar los residuos en un producto estable y rico en sustancias húmicas. En el presente trabajo se describe el experimento de compostaje de residuos procedentes de granjas incubadoras avícolas junto con cama de gallina en proporción 1:2. La fase biooxidativa se realizó en dos biodigestores cerrados discontinuos utilizando una aireación diferente en cada uno (5 min/12 horas y 5 min/24 horas). Los biodigestores se llenaron formando capas alternas de subproductos de incubadoras y cama de gallina, hasta completar el biodigestor. Una vez completada esta fase (75 días) se vaciaron los biodigestores y se construyeron sendas pilas al aire libre para la fase de maduración, hasta completar el proceso en 275 días. Ambas aireaciones permitieron alcanzar 55°C durante varios días pero la evolución de los perfiles de temperatura reflejó un periodo termófilo más prolongado en el proceso con menor aireación (5 min/24 horas), por el contrario, aunque ambos compost presentan un adecuado grado de madurez, es superior en el compost obtenido con la mayor aireación (5 min/ 12 horas).

Palabras clave: biodigestor discontinuo, residuos avícolas, subproductos incubadoras

1. Introducción.

Tras la entrada en vigor del reglamento (CE) nº 1069/2009 la gestión adecuada de los subproductos producidos en las salas de incubación de las granjas avícolas ha generado un gran problema y coste económico (Galarza-Sanz, 2012).

La evolución de la temperatura es un indicador de la actividad microbiana durante los procesos de compostaje y se puede considerar un parámetro conveniente y directo para determinar el estado de los procesos de compostaje (Haug, 1993; Li *et al.*, 2013). El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que se está compostando, por ello ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje (Liang *et al.*, 2003; Miyatake y Iwabuchi, 2006). Se observan tres fases en el proceso: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y fase mesófila final, considerándose finalizado el compostaje cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40 °C para los microorganismos mesófilos y 40-70°C para los termófilos (Suler y Finstein, 1977).

Los microorganismos que resulten beneficiados a una temperatura concreta son los que principalmente descompondrán la materia orgánica del residuo, produciéndose un desprendimiento de calor. Asimismo, pequeñas variaciones de temperatura influyen más en la actividad de los microorganismos que pequeños cambios de humedad, pH o relación C/N, de lo

que se deduce la importancia de los valores de la temperatura durante el proceso (Miyatake y Iwabuchi, 2006).

El mercado del compostaje debe caminar hacia la conciencia de calidad que permita adaptar cada producto final a cada situación particular, para ello se debe fomentar la sensibilización de los productores y los consumidores (Raviv, 2005). Para una correcta evaluación de la calidad agronómica del compost se deben considerar diferentes parámetros relevantes para su uso, tales como: granulometría, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, relación C/N, nivel de nutrientes, contenido y estabilidad de la materia orgánica, índice de germinación y actividad microbiana, entre otros (Masaguer y Capa, 2008). El destino final del compost determina también su calidad, siendo de gran importancia seleccionar los parámetros que mejor definan las características del compost en función de su uso (Masaguer y Capa, 2008). Miller y Sullivan (2005) establecieron la importancia relativa de diferentes parámetros físicos, físico-químicos, químicos y biológicos, según el uso final del compost producido. Independientemente de que se haga una evaluación de la madurez y estabilidad más exhaustiva, el test de germinación de Zucconi (Zucconi *et al.*, 1981) es uno de los índices más usados para saber la madurez de un compost.

2. Material y métodos

Se utilizaron dos biodigestores contruidos por paneles prefabricados tipo sándwich de dimensiones 2,37m de largo, 1,42 m de longitud y 1,08 cm de ancho y volumen de 3700 L. La aireación se aplica mediante un ventilador centrífugo de alta presión, que proporciona un caudal de aire de 600 m³/h. El aire se introduce a la mezcla a través de tuberías perforadas de plástico y, si es necesario, se acondiciona mediante 3 baterías calefactoras. La temperatura del material de compostaje se midió de forma continua gracias a tres sondas de temperatura Pt100 ubicadas en diferentes puntos de la mezcla. Los datos de temperatura fueron almacenados de forma automática en un DATA LOGGER (HOBO U12-008, marca Onset) y se descargaron semanalmente a un PC.

En un experimento anterior (Correa-Guimaraes *et al.*, 2013; Sánchez-Báscones *et al.*, 2008), se utilizaron diferentes proporciones de mezcla y ciclos de aireación, los resultados permitieron seleccionar en el presente estudio dos ciclos de aireación: 5 minutos cada 24 horas (AT24) y 5 minutos cada 12 horas (AT12), y una proporción de mezcla de residuos de incubadora: cama de 1:2 en peso. El llenado de los biodigestores se realizó alternando capas de residuos de incubadora y cama de gallina, comenzando por una capa de viruta de madera para controlar los lixiviados.

Los residuos de incubadora y la cama de gallinas fueron proporcionados por una granja avícola situada en Valladolid (España). Las experiencias se realizaron entre los meses de junio y octubre. Todas las materias primas fueron plenamente caracterizadas, en la Tabla 1 se presentan los valores que afectan a las proporciones de llenado.

Tabla 1. Caracterización físico-química de residuos usados durante el compostaje.

Parámetro	Huevo infértil	Huevo abortado	Pollito	Viruta	Cama
Humedad (% smf)	21,17	21,17	13,74	8,54	22,12
N _T (% sms)	5,86	7,21	10,08	0,51	1,88
C _T (%sms)	48,50	43,74	52,86	49,36	32,27
C _{OT}	45,56	40,06	52,76	49,36	29,76
MO. (%sms)	86,55	88,06	90,95	95,09	85,30
C _{OT} /N _T	7,77	5,62	5,23	96,07	15,80

3. Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la evolución de la temperatura durante la fase bio-oxidativa. Los aportes de agua durante el proceso se indican con flechas para mantener la humedad en torno al 55%. La temperatura ambiente fluctuó en un estrecho rango (25 a 35 °C) durante la fase bio-oxidativa. Inicialmente, la temperatura de la mezcla fue de 22°C. Las fluctuaciones de las temperaturas registradas durante el compostaje, para los dos tratamientos, fueron similares mostrando los tres pasos clásicos del proceso (Inbar *et al.*, 1993):

Fase mesófila: En esta fase predominan los microorganismos mesófilos, que toleran una temperatura máxima de 45°C. Esta temperatura se alcanza de forma muy rápida a las 42 y 36 horas para los tratamientos TA24 y TA12, respectivamente. Este rápido aumento inicial de la temperatura, síntoma del arranque del proceso, es causado por la descomposición de la materia orgánica y los compuestos nitrogenados, por parte de una población microbiana creciente (Nikaeen *et al.*, 2015).

Fase termófila: La temperatura en el tratamiento TA24 subió a un máximo de 62,2 durante el sexto día de compostaje. Este valor máximo de temperatura fue mayor en el caso de TA12, alcanzando los 66,3 °C a los 4 días de compostaje probablemente debido a que el tratamiento TA12 suministra más oxígeno a los microorganismos aerobios, dando como resultando un aumento más rápido en la temperatura. Por otro lado, la fase termófila (>45°C) se prolongó más en el tiempo en el tratamiento TA24 (84 días), con respecto al TA12 (64 días), posiblemente debido a una menor tasa de degradación y menores pérdidas de calor por efecto de la aireación. Nikaeen *et al.* (2015) informaron del mismo comportamiento al estudiar diferentes sistemas de aireación en el co-compostaje de lodos de depuradora y restos de poda. La temperatura máxima alcanzada es semejante a la observada por otros autores, tanto en el compostaje de gallinaza (Gao *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2014; Tiquia y Tam, 2002) como en el de otros residuos ganaderos (Chen *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2011). Sin embargo, la duración de la fase termófila fue mayor a las observadas por otros autores en el co-compostaje de diferentes residuos orgánicos con gallinaza (Khan *et al.*, 2014; Shen *et al.*, 2011; Wei *et al.*, 2014). Esta larga fase termófila refleja una mayor disponibilidad de sustancias degradables, tales como hidratos carbonos y sustancias grasas (Piotrowska-Cyplik *et al.*, 2013).

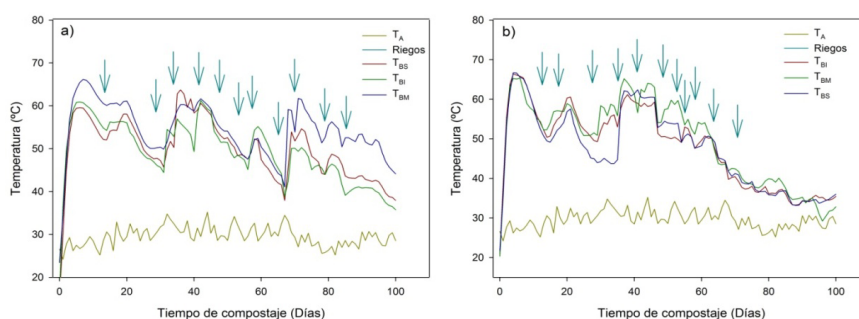


Figura 1. Perfiles de temperatura durante el proceso bio-oxidativo del co-compostaje de residuos de incubadora y cama de ponedoras para los tratamientos TA24 (a) y TA12 (b) (T_{BI}: t^a en parte inferior del biodigestor r; T_{BM}: t^a en parte media del biodigestor; T_{BS}: t^a en parte superior del biodigestor; T_A: t^a ambiente)

Fase de enfriamiento: Tras la fase termófila, la temperatura disminuyó gradualmente. Este descenso de la temperatura es provocado por la desaceleración de la actividad microbiana y la tasa de descomposición de la materia orgánica, al aumentar la estabilidad de la misma. Después de cien días de compostaje, en los dos biodigestores la temperatura disminuye hasta valores cercanos a los 35°C, dándose por finalizada la fase activa. Posteriormente, la fase de maduración

se realizó en pilas al aire libre, en las cuales la temperatura disminuyó hasta temperatura ambiente (8-15 °C).

En el compostaje también se tiene que asegurar una correcta higienización de los sustratos, ya que ello repercute de forma directa sobre la calidad y el potencial agronómico de los productos obtenidos (Noble y Roberts, 2004). Para conseguir esta correcta higienización la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA, 2003) recomienda que el compostaje se mantenga por encima de 55°C durante 15 días o por lo menos 5 días consecutivos. Estos requisitos se cumplieron sobradamente en los dos tratamientos, ya que se superaron los 55°C durante 32 y 25 días en los tratamientos TA24 y TA12, respectivamente, a lo largo de toda la fase bio-oxidativa.

Los resultados del test de germinación de Zucconi para ambos compost son de 92,02% para TA24 y 124,27% para TA12, ambos valores superiores al 80% establecido por Zucconi *et al.* (1981) para ser considerados aptos.

4. Conclusiones

Los perfiles de temperatura reflejaron la evolución del proceso, mostrando un periodo termófilo más prolongado en el caso del tratamiento TA24, debido a la velocidad del proceso biodegradativo, consecuencia de un menor aporte de oxígeno. En ambos tratamientos se alcanzaron temperaturas superiores a 55°C durante varios días, lo que seguramente condujo a la destrucción de gérmenes patógenos.

Se observó que ambos compost presentan un adecuado grado de madurez, siendo superior para el compost TA12.

5. Bibliografía.

- Correa-Guimaraes, A., López-Sotelo, J. B., Navas-Gracia, L. M., Sanchez-Bascones, M., Diez-Gutierrez, M. A., and Matei, P. M., 2013. Aerobic discontinuous digestion of SANDACH from layer farms: Influence of aeration cycles. In "*VII Congreso Ibérico de agroingeniería y ciencias hortícolas*", Madrid.
- Chen, Y.-X., Huang, X.-D., Han, Z.-Y., Huang, X., Hu, B., Shi, D.-Z., and Wu, W.-X., 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere* **78**, 1177-1181.
- EPA, 2003. Environmental Protection Agency, USA. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. EPA625-R-92-013.
- Galarza-Sanz, J., 2012. Gestión de residuos en salas de incubación. In "*Jornadas Profesionales de Avicultura 2012*", Sevilla.
- Gao, M., Li, B., Yu, A., Liang, F., Yang, L., and Sun, Y., 2010. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresource Technology* **101**, 1899-1903.
- Haug, R. T., 1993. "The practical handbook of compost engineering", CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Inbar, Y., Hadar, Y., and Chen, Y., 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *Journal of Environmental Quality* **22**, 857-863.
- Jiang, J., Liu, X., Huang, Y., and Huang, H., 2015. Inoculation with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting. *Waste Management* **39**, 78-85.
- Khan, N., Clark, I., Sánchez-Monedero, M. A., Shea, S., Meier, S., and Bolan, N., 2014. Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. *Bioresource Technology* **168**, 245-251.
- Li, Z., Lu, H., Ren, L., and He, L., 2013. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere* **93**, 1247-1257.
- Liang, C., Das, K. C., and McClendon, R. W., 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology* **86**, 131-137.

- Liu, J., Xu, X.-h., Li, H.-t., and Xu, Y., 2011. Effect of microbiological inocula on chemical and physical properties and microbial community of cow manure compost. *Biomass and Bioenergy* 35, 3433-3439.
- Masaguer, A., and Capa, M. B., 2008. Evaluación de la calidad del compost. In "Compostaje", pp. 285-304. Mundi Prensa Libros SA.
- Miyatake, F., and Iwabuchi, K., 2006. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Bioresource Technology* 97,961-965.
- Nikaeen, M., Nafez, A. H., Bina, B., Nabavi, B. F., and Hassanzadeh, A., 2015. Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting. *Waste Management* 39, 104-110.
- Noble, R., and Roberts, S. J., 2004. Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review. *Plant Pathology* 53, 548-568.
- Piotrowska-Cyplik, A., Chrzanowski, Ł., Cyplik, P., Dach, J., Olejnik, A., Staninska, J., Czarny, J., Lewicki, A., Marecik, R., and Powierska-Czarny, J., 2013. Composting of oiled bleaching earth: Fatty acids degradation, phytotoxicity and mutagenicity changes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 78, 49-57.
- Raviv, M., 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. *HortTechnology* 15, 52-57.
- Sánchez-Báscones, M., Navas, L. M., Díez, M. A., Correa, A., Hernández, S., and Martín, J., 2008. Compostaje de cadáveres de pollos en sistema cerrado discontinuo. In "I Jornadas de la Red Española de Compostaje", Barcelona.
- Shen, Y., Ren, L., Li, G., Chen, T., and Guo, R., 2011. Influence of aeration on CH₄, N₂O and NH₃ emissions during aerobic composting of a chicken manure and high C/N waste mixture. *Waste Management* 31, 33-38.
- Suler, D. J., and Finstein, M. S., 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, Continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. *Applied and Environmental Microbiology* 33, 345-350.
- Tiquia, S. M., and Tam, N. F. Y., 2002. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. *Process Biochemistry* 37, 869-880.
- Wei, L., Shutao, W., Jin, Z., and Tong, X., 2014. Biochar influences the microbial community structure during tomato stalk composting with chicken manure. *Bioresource Technology* 154, 148-154.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., and De Bertoldi, M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle* 22, 54-57.

6. Agradecimientos.

Este trabajo ha sido financiado con cargo al proyecto IBK 10-655 (Ibercompost) "Optimización de la biodegradación mediante digestores cerrados discontinuos para la eliminación alternativa in situ de cadáveres de animales, subproductos y residuos orgánicos en explotaciones agroganaderas".