

DINÁMICA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON Y SIN INCORPORACIÓN DE GUANO BROILER*

DYNAMIC OF COMPOSTING OF WINE RESIDUES WITH AND WITHOUT BROILER MANURE

Paulina Pino G.², María Teresa Varnero M.³ y Pablo Alvarado V.³

²Tesista, Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. paly_pino@yahoo.es

³Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. mvarnero@uchile.cl, palvarad@uchile.cl

Key words: Composting, inoculation, compost

ABSTRACT

It was evaluated and compared the composting process of: skin-rachis-seed (HEP) and HEP + broiler manure (HEPGB). At the end of thermophilic phase both treatments were subdivided and inoculated. During the composting process periodic measurements of temperatures, pH, electrical conductivity (CE), moisture content, organic carbon (C_{org}) and total nitrogen (N_{total}) were taken. With the parameters C/N Ratio, Respirometry and Germination Percent of Radish the finish of maturation phase was determined, chord to the Chilean Compost Norm, NCh 2880 (INN, 2004).

The composting process of HEP and HEPGB lasted 47 weeks and 30 weeks, respectively; therefore, the incorporation of broiler manure to the wine residues would accelerate the composting process of HEP. There were significant differences between treatments for temperatures, but not for subtreatments with and without inoculation. The compost obtained in every treatment fulfilled with Maturity Index demanded by NCh 2880. The HEP compost and HEPGB compost qualified like A Class and B Class, respectively.

Palabras claves: Compostaje, inoculación, compost

RESUMEN

Se evaluó y comparó el proceso de compostaje de: hollejo-escobajo-pepa (HEP) y HEP + guano broiler (HEPGB). Al final de la etapa termofílica ambos tratamientos fueron subdivididos para inocularlos. Se midió periódicamente las temperaturas internas de cada pila de compostaje y se realizaron análisis de pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de humedad, C_{org} y N_{total} . El término de la etapa de maduración se determinó con los análisis de Relación C/N, Respirometría y % de Germinación de Rabanito, acorde a la Norma Chilena de Compost, NCh 2880 (INN, 2004).

El compostaje de HEP duró 47 semanas y el de HEPGB 30 semanas, por lo tanto, la incorporación de guano broiler a los residuos vitivinícolas aceleraría el proceso de compostaje. Hubo diferencias significativas en las temperaturas entre tratamientos, pero no entre los subtratamientos con y sin inoculación. Los compost obtenidos en cada tratamiento cumplieron con el Índice de Madurez exigido por la NCh 2880. El de HEP calificó como compost Clase A y el de HEPGB resultó Clase B.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de fermentación del mosto se producen los residuos sólidos orgánicos hollejo, escobajo y pepa [HEP], los cuales se pueden transformar mediante compostaje. El producto que se obtiene, compost, es un acondicionador y mejorador de las propiedades físicas, químicas, biológicas y fisicoquímicas del suelo. Según Richard y Trautmann (1996) el compostaje es un proceso biológico que bajo condiciones de aireación, humedad y temperatura controlada, los microorganismos transforman los residuos orgánicos degradables en un producto estable e higienizado. Los microorganismos necesitan esencialmente una cantidad adecuada de materias carbonadas como fuente de energía, y una cantidad correspondiente de materias nitrogenadas para la formación de biomasa (FAO, 1979). Se recomienda una relación Carbono/Nitrógeno entre 25:1 y 35:1, aunque los requerimientos de nitrógeno dependen del sustrato utilizado y el tipo de microorganismos que participen (FAO, 1991).

Los residuos se agrupan en una pila de tal manera que el calor generado en el proceso pueda ser conservado. Como resultado, sube la temperatura de la pila, acelerando el proceso básico de descomposición natural, que normalmente ocurre con lenti-

tud en residuos orgánicos que caen sobre la superficie del suelo (FAO, 1991).

En el proceso de compostaje se distinguen cuatro fases según los cambios de temperatura que ocurren durante el proceso: una fase de adaptación de los microorganismos en la pila con temperaturas mesofílicas (20° a 45 °C), seguida de la fase termofílica (45° a 70 °C), luego sucede una fase de enfriamiento y finalmente la fase de maduración, en estas dos últimas etapas las temperaturas descienden al rango mesofílico.

El propósito de este estudio fue acelerar el proceso de compostaje de los residuos vitivinícolas, para ello se evaluó y comparó la dinámica del compostaje de HEP como testigo con la incorporación de guano broiler a HEP, más una posterior inoculación con aceleradores de compostaje de los tratamientos en la fase mesofílica de enfriamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de compostaje partió en una empresa privada y se finalizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Las materias primas empleadas fueron hollejo-escobajo-pepa (HEP) y guano broiler (GB), con ellas se confeccionaron dos pilas de compostaje con volteo, la pila testigo fue HEP y el segundo tratamiento consistió en HEP + guano broiler (HEPGB).

Las pilas fueron confeccionadas de 1.5 m x 2.0 m x 10 m (alto x ancho x largo) obteniéndose un volumen inicial de 27 m³ por tratamiento aproximadamente. El segundo tratamiento fue una mezcla de 15 m³ de HEP más 12 m³ de guano broiler. Al término de la etapa termofílica cada tratamiento fue subdividido para ser inoculado con una solución compuesta por hongos, levaduras, bacterias y actinomicetes. Cada subtratamiento fue inoculado con 500 cc de solución inoculante diluido en 20 L de agua destilada aplicado con una pulverizadora de espalda.

Las variables medidas durante el proceso de compostaje fueron: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Carbono Orgánico (C_{org}), Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄⁺), Nitrógeno Total (N_{total}), Relación C:N, Contenido de Humedad y Temperatura, de acuerdo a las metodologías descritas por Thompson *et al.* (2001). Los análisis de N-NH₄⁺ y N_{total} fueron realizadas en el laboratorio de Agrolab Ltda.

Hubo 4 puntos de control cada 2 m a lo largo de la pila, cada uno correspondió a un perfil en donde había 4 zonas de muestreo (Figura 1). Las temperaturas se midieron 3 a 4 veces por semana en las 4 zonas de cada perfil. El resto de las mediciones fueron realizadas cada 15 días haciendo una mezcla compuesta de los 4 puntos de cada perfil por separado. Durante la fase mesofílica de maduración las mediciones se hicieron una vez por semana.

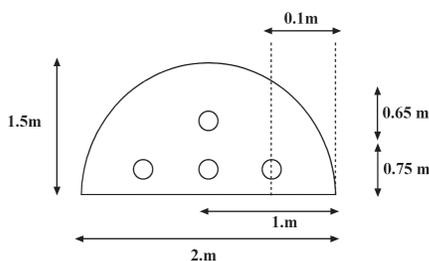


Figura 1: Perfil de la pila de compostaje con las dimensiones iniciales de la pila.

Figure 1: Initial dimensions of the profile of the composting pile.

Hasta el término de la fase termofílica en ambos tratamientos las pilas tuvieron un largo de 10 metros, posteriormente fueron subdivididas en dos pilas de 5 m cada una, de las cuales una de ellas fue inoculada con aceleradores de compostaje y la otra parte se dejó como testigo. En cada tratamiento subdividido se mantuvo los cuatro perfiles representativos, los cuales permanecieron equidistantes de los extremos y tuvieron los cuatro puntos de medición transversales.

Para determinar el término de la fase de madurez se aplicó la metodología propuesta por NCh 2880 utilizando la Relación C:N, como parámetro del Grupo A: Respirometría (CO₂) y como parámetros del Grupo B: % Germinación Relativa (%GR) rabanito.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambos tratamientos iniciaron la fase termofílica después de 8 días de haber confeccionado las pilas de compostaje. El pick máximo de temperatura promedio fue logrado por HEPGB con 59,96 °C, mientras que el tratamiento testigo alcanzó 55,88 °C, en la tercera y novena semana, respectivamente. Las temperaturas termofílicas, que se asocian a una intensa actividad microbiana, permanecieron entre 9 y 23 semanas correspondiendo la menor duración al tratamiento HEPGB y la mayor para HEP (Figura 2). La menor duración de la fase termofílica en el tratamiento HEPGB podría asociarse a la baja relación C:N (Richard y Trautmann, 1996) y al alto contenido de proteínas del GB (Guerra-Rodríguez et al., 2003), también al menor tamaño de partícula del GB otorgando mayor superficie de contacto a los microorganismos en la mezcla HEP y GB, con lo cual incrementó la actividad microbiana (Richard y Trautmann, 1996), beneficiando la degradación y la generación de calor biológico en un lapso de tiempo más concentrado, así como a una mejor uniformidad de la temperatura en el perfil de la pila. Mientras que en HEP, las temperaturas termofílicas promedio fueron más prolongadas probablemente por el alto contenido de

lignina y de ceras presente en el escobajo y hollejo (Manterola *et al.*, 1999), respectivamente, que junto con la presencia de taninos disminuyen la biodegradabilidad de estos residuos; a la estructura del residuo dado por las bayas y el escobajo (Graefe, 1983) y, eventualmente, debido a la menor presencia de microorganismos descomponedores, ya que la dinámica térmica del perfil de la pila presentó desuniformidad, observándose las mayores temperaturas en el centro y una continua disminución de éstas hacia las capas exteriores. Estas diferencias de temperatura en profundidad sugieren que la aireación y el grado de descomposición en el perfil fueron distintas (Guerra-Rodríguez *et al.*, 2003). En general, la variación de las temperaturas de ambos tratamientos durante el proceso de compostaje siguió el modelo típico exhibido en muchos sistemas de compostaje (FAO, 1991; Richard y Trautmann, 1996).

En ambos tratamientos el primer volteo se realizó en la cuarta semana del compostaje. Los siguientes cuatro volteos produjeron las últimas alzas de temperaturas termofílicas en HEP, no así en HEPGB, lo que reflejó la alta tasa de descomposición microbiana en este último tratamiento y la presencia de fracciones aun susceptibles de descomponerse en HEP. Esta misma disminución en la duración de la fase termofílica las observaron Guerra-Rodríguez *et al.* (2001; 2003) al utilizar guano de aves de corral con hojas de castaño y residuos de cebada. Con la duración de las temperaturas sobre los 55 °C obtenidas, entre 4 a 5 semanas, se cumplió con el tiempo mínimo requerido de tres días consecutivos con dicha temperatura para eliminar la presencia de patógenos en las materias primas (FAO, 1991), puesto que todo el perfil de las pilas estuvieron expuestas como mínimo 2 semanas a temperaturas sobre los 50 °C en el centro de las pilas.

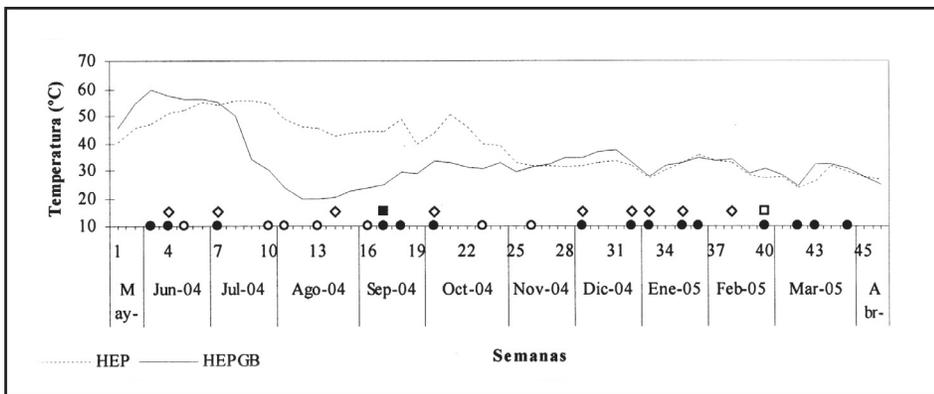


Figura 2: Variación de las temperaturas promedio de los tratamientos HEP y HEPGB sin inoculación durante el compostaje (rombos blancos indican volteos; cuadrados señalan inoculación, el negro de HEPGB y el blanco de HEP; los círculos negros señalan riegos y los blancos, precipitaciones).

Figure 2: Change of the temperatures average during the composting process of the treatments HEP and HEPGB without inoculation (white rhombs indicate the turn over; squares indicate inoculation, the black of HEPGB and the target of HEP; the black circles indicate irrigations and the targets, precipitations).

Como la fase termofílica del tratamiento HEPGB fue más breve, éste comenzó antes la etapa mesofílica de enfriamiento, en la novena semana del proceso de compostaje, mientras que HEP lo hizo en la semana 23. Las inoculaciones se hicieron en la semana 17 para HEPGB y en la semana 40 para HEP. Luego de sucesivos volteos y riegos se determinó (junto con el Índice de Madurez) el término de la etapa mesofílica de maduración con temperaturas promedio entre 26,69 °C y 24,75 °C en la semana 47 en HEP y HEPGB, respectivamente. Ambos tratamientos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en las temperaturas, pero no a nivel de inoculación.

En la fase termofílica del testigo se observó un moderado descenso del pH, según Graefe (1983) se debe a la digestión realizada por bacterias y hongos que liberan

no entre subtratamientos con y sin inoculación (Cuadro 1). Los compost obtenidos de los dos tratamientos cumplieron con el pH exigido por la NCh 2880 (INN, 2004) para calificarlos como maduros (5,0-8,5), pues el testigo resultó con pH neutro y HEPGB ligeramente alcalino (pH 8,11).

Las CE de HEP y HEPGB fueron de 2,73 dSm⁻¹ y de 8,00 dSm⁻¹ al inicio del compostaje, respectivamente. El contenido de sales incrementa a medida que avanza la descomposición de los materiales, con la pérdida de masa las sales se concentran. Sin embargo, las diferencias observadas entre tratamientos se deben principalmente a la composición química de los residuos empleados, donde según datos de Mardones (1975) y Manterola *et al.* (1999) el orujo de uva puede presentar menor porcentaje de Ca, P, K, Na y Mg que el guano

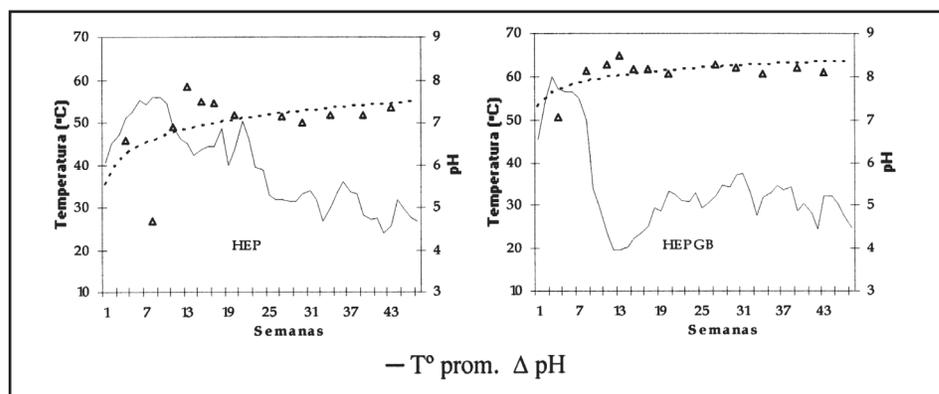


Figura 3: Variación del pH de los tratamientos testigo y HEPGB sin inocular durante el compostaje.
Figure 3: Changes in pH during composting process of HEP and HEPGB uninoculated.

ácidos orgánicos tales como ácido acético, palmítico, esteárico, oleico, linólico y linoléico (Figura 3). El tratamiento HEPGB presentó pH ligeramente alcalino y se percibió sensorialmente olor a amoníaco. Esto pudo deberse a la baja relación C:N que presentó HEPGB al comienzo del compostaje (12:1). En la fase mesofílica de maduración el pH se mantuvo cercano a la neutralidad en HEP y ligeramente alcalino en HEPGB.

Se registraron diferencias estadísticamente significativas para pH entre tratamientos pero

broiler, minerales que pueden constituir entre 12% y 29% de las cenizas en el guano broiler, lo que le da un mayor carácter de salinidad al residuo. El agua de riego utilizada no contribuyó considerablemente al contenido de sales en los tratamientos (1,2 dSm⁻¹) y el nivel de precipitaciones de la zona no constituyó un factor importante para el lavado de las sales. La CE fue disminuyendo a medida que avanzó la descomposición de los residuos y fue más pronunciada en HEPGB. Las diferencias entre trata-

mientos y para la inoculación fueron estadísticamente significativas. Los compost obtenidos en HEP clasificaron como Clase A y los de HEPGB como Clase B (Cuadro 1).

Con la descomposición aeróbica de la MO se pierde aproximadamente dos tercios del volumen inicial de residuos, esta pérdida es en forma de CO₂ proveniente principalmente de la descomposición de la hemicelulosa y celulosa, por la evaporación del agua producida por los microorganismos y por la energía liberada en forma de calor. Los contenidos de MO mermaron en ambos tratamientos en el transcurso del tiempo. El contenido de N_{total} permaneció prácticamente estable en HEP, pero en HEPGB se apreció una moderada disminución probablemente debido a la pérdida de este elemento en forma de N-NH₃. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el contenido de N_{total}, pero si se apreció en el contenido de MO y con el C_{org}. Los contenidos de MO y de N_{total} fueron superiores al mínimo establecido por la NCh 2880, de 20% y 0,5%, respectivamente.

Las relaciones C:N iniciales de HEP y HEPGB (Cuadro 1), 25:1 y 12:1 respectivamente, influyeron en la tasa de mineralización de cada tratamiento, en HEPGB se favoreció la mineralización sobre la inmovilización del N

mineral y la descomposición de este tratamiento resultó más breve que HEP. A medida que se degradó el material, la relación C:N de los tratamientos fue más estrecha, el carbono total disminuyó junto con la mineralización del N_{total}, lo que produjo una merma en la relación C:N. Los subtratamientos no inoculados presentaron menor relación C:N que sus respectivos inoculados, lo cual puede atribuirse a la aplicación de inoculantes que aumentó la mineralización del N orgánico a N mineral como resultado una mayor actividad microbiana (Mari *et al.*, 2001). Los compost obtenidos en ambos tratamientos presentaron una relación C:N final inferior a 30:1, cumpliendo con lo exigido por la NCh 2880 para un compost maduro. Los resultados de respiración de los tratamientos y subtratamientos fueron menores a 8 mgC-CO₂/g/d y sólo se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, no así para el factor inoculación. El contenido de N-NH₄⁺ resultó inferior a 500 ppm y no presentó diferencia significativa entre tratamientos ni para el factor inoculación. El %GR de rabanito fue sobre el 80%, a excepción del subtratamiento inoculado del HEPGB inoculado que tuvo un 79,41% de germinación de rabanito, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Parámetros	Tratamientos al inicio del compostaje		Tratamientos al término del compostaje			
			No Inoculados		Inoculados	
	HEP	HEPGB	HEP	HEPGB	HEP	HEPGB
pH	6,59	7,07	7,42 a	8,11 b	7,36 a	8,01 b
CE (dSm ⁻¹)	2,73	8,00	2,28 b	4,38 d	1,85 a	3,98 c
H (%)	60,83	59,71	50,94 b	41,14 a	52,28 c	39,41 a
Carbono orgánico (%)	50,97	38,29	46,37 c	24,42 b	46,43 c	19,26 a
Nitrógeno total (%)	2,02	3,06	2,76	2,04	2,40	1,35
Relación C/N	25:1	12:1	16:1 c	11:1 a	19:1 d	14:1 b
Materia Orgánica (%)	91,58	68,92	83,47 c	43,96 b	84,45 c	37,46 a
N - NH ₄ ⁺ (ppm)	-	-	284	120	99	206
%GR Rabanito	-	-	85,29	91,18	82,35	79,41
R (mgC-CO ₂ /gMO/d)	-	-	1,5	1,7	1,4	2,0
Clasificación †	-	-	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B

Cuadro 1: Parámetros químicos y biológicos de los tratamientos al inicio y al término del compostaje (CE: Conductividad Eléctrica; H: Contenido de Humedad; N - NH₄⁺: Nitrógeno Amoniacal; % Germinación Relativa; R: Respiración)

Table 1: Chemical and biological parameters of the treatments at the beginning and at the end of the composting process.

CONCLUSIONES

Se aceleró la fase termofílica del proceso de compostaje de los residuos vitivinícolas con la incorporación de GB, favoreciendo a la obtención de un compost 17 semanas antes. La calidad de los compost obtenidos fue distinta, los del tratamiento HEP calificaron como compost Clase A, puesto que presentaron una CE inferior a 3 dSm^{-1} y una relación C:N menor a 25:1. Los compost obtenidos del tratamiento HEPGB calificaron como Clase B sólo por tener una CE sobre 3 dSm^{-1} . Hubo mayor mineralización de la MO, del C_{org} y del N orgánico a N mineral en el subtratamiento inoculado que en el no inoculado de HEPGB, observándose menores contenidos de éstos y de la CE debido a la acción de los microorganismos aceleradores del compostaje incorporados.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION, 1979. China: Reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura. Roma, FAO. Boletín de Suelos N° 40, 195 p.
- FAO. FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION, 1991. Manejo de residuos: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Roma, FAO. Boletín de Suelos N° 56, 178 p.
- GUERRA-RODRÍGUEZ, E., VÁSQUEZ, M. and DIAZ-RAVIÑA, M. 2001. Dynamics of physicochemical and biological parameters during the co-composting of chestnut burr/leaf litter with poultry manure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 648-652.
- GUERRA-RODRÍGUEZ, E., VÁSQUEZ, M. and DIAZ-RAVIÑA, M. 2003. Dynamics of co-composting of barley waste with liquid poultry manure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 166-172.
- GRAEFE, G. 1983. Orujos de uva para energía y fertilización, aprovechamiento de un subproducto agrícola con reciclado de la materia. Viena. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, 163 p.
- INN. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, 2005. Norma Chilena Oficial NCh 2880. Of 2004: Compost, Clasificación y requisitos. Chile, 19p.
- MANTEROLA, H., CERDA, D. y MIRA, J. 1999. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. Santiago, Chile. FIA. 222 p.
- MARDONES, E. 1975. Utilización del orujo de uva como fuente energética en raciones de pollos broilers. Tesis para optar al grado de licenciado en Agronomía. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 43 p.
- MARI, I., KOTSOU, M., EHALIOTIS, C., GEORGAKAKIS, D. and BALIS, C. 2001. Thermogradient respirometry as a tool for measurement compost stability. *Acta Horticulturae* 549: 89-98.
- RICHARD, T. and TRAUTMANN, N. The Science and Engineering of Composting. [en línea] <<http://compost.css.cornell.edu/science.html>> [consulta: 23 diciembre 2004]
- THOMPSON, W., LEEGE, P., MILNER, P. and WATSON, M. 2001. Test Methods for the Examination of Composting and Compost. The US Composting Council, US Government Printing Office.