

Producción y Aplicación de Compost con Alto Contenido de Nitrógeno Proveniente de un Residuo Orgánico Queratínico

Production and Application of Compost with High Nitrogen Content Coming from an Organic Keratin Waste

DOI: 10.34188/bjaerv4n4-010

Recebimento dos originais: 20/08/2021

Aceitação para publicação: 25/09/2021

Betina Galarza

Licenciada en Bioquímica, Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata.
Institución y Lugar de trabajo: Centro de Investigación y Tecnología del Cuero (CITEC),
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
Dirección: Camino Centenario y 508, Gonnet, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires,
(1900), Argentina
E-mail: betinagal@hotmail.com

Laura Garro

Dra. en Ciencias Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata
Institución y Lugar de trabajo: Centro de Investigación y Tecnología del Cuero (CITEC),
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
Dirección: Camino Centenario y 508, Gonnet, Partido de La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina
E-mail: mariagarro12@gmail.com

Cecilia Gortari

Lic. en Microbiología, Médica Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata
Institución y Lugar de trabajo: Centro de Investigación en Fermentaciones Industriales (CINDEFI), CONICET, Universidad Nacional de La Plata
Dirección: 50 y 115 (B1900ASH), La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
E-mail: mcgortari@gmail.com

Roque Hours

Dr. en Ciencias Bioquímicas, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata
Institución y Lugar de trabajo: Centro de Investigación en Fermentaciones Industriales (CINDEFI), CONICET, Universidad Nacional de La Plata
Dirección: 50 y 115 (B1900ASH), La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
E-mail: hours@biotec.org.ar

RESUMEN

Se aplicó la técnica del compostaje para la valorización sustentable del residuo pelo bovino junto con estiércol de conejo y restos vegetales de poda en distintas proporciones determinando los parámetros evolutivos a lo largo de los primeros 72 días. Se obtuvieron distintos compost con características aceptables para ser aplicados en especies vegetales. Se probaron en cultivos de *Beta vulgaris* var. *cicla* y se compararon con lombricomposteo y con humus analizando las diversas

variables del crecimiento, observándose evidencias positivas de la acción de los composts obtenidos.

Palabras-clave: compostaje, residuo pelo, sustentable, acelga

ABSTRACT

The composting technique was applied for the sustainable recovery of the bovine hair waste along with rabbit manure and pruning plant debris on different proportions. The different physicochemical parameters were evaluated throughout the first 72 days. Different composts with acceptable characteristics were obtained to be applied in plant species. They were tested in cultures of *Beta vulgaris* var. cicla, compared with vermicompost and humus. Through the analysis of the growth variables of the plants, positive evidences of the action of the composts were observed.

Keywords: composting, hair waste, sustainable, chard

1 INTRODUCCIÓN

El compost constituye una alternativa sustentable para el reaprovechamiento de residuos orgánicos otorgándole al mismo tiempo valor agregado. La biotransformación de la materia orgánica, genera subproductos denominados enmiendas y/o abonos, alternativa que mitiga la contaminación ambiental. Desde un punto de vista biotecnológico es un proceso aeróbico donde una comunidad de microorganismos crece en un sustrato sólido. Este tipo de sistema se produce en ausencia de agua libre con aire como fase continua. Diversos parámetros son críticos como la actividad acuosa (humedad), temperatura, relación C/N, pH, la aireación, tamaño de partícula (Zweistra-Hoogschagen 2007). Existen ejemplos en la industria alimenticia y farmacéutica de este tipo de cultivo en sustrato sólido: el tempeh, el saque, la salsa de soja, el koji japonés, el queso azul francés, la producción de antibióticos y metabolitos secundarios.

Se ensayaron mezclas en distintas proporciones con estiércol de conejo y hojas de roble para su compostación como alternativa de reutilización del residuo pelo proveniente de un depilado conservador del pelo asistido con enzimas de la industria curtidora. La tecnología de obtención del residuo pelo es una alternativa tecnológica “verde” al depilado tradicional de la piel vacuna. Se reducen los niveles de sulfuro utilizados a menos de la mitad usando enzimas depilantes de distintos orígenes biológicos. Este residuo queratínico es considerado como “no peligroso” según la Ley Nacional 24.051 (Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos, Argentina) ya que se separa del sistema como sólido y no toma contacto con otros químicos tóxicos del proceso. Si bien está compuesto por 7% de N₂ total (Kjedahl), la proteína no es fácilmente biodisponible; sin embargo en la naturaleza existen microorganismos queratinofílicos capaces de degradar restos de queratina (Kunert, 2000, Galarza *et al.*, 2004).

En este trabajo se ensayó el compostaje controlado como un método sustentable para la reutilización de un residuo industrial de naturaleza proteica junto con residuos de poda y de estiércol de conejo. Los productos finales se probaron como sustratos en el cultivo de *Beta vulgaris* var. *cicla* a escala laboratorio.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon distintas mezclas de “residuo pelo” (RP), lavado y secado a 40°C, estiércol de conejo (E) y restos vegetales recolectados en otoño (V) [hojas de roble (*Quercus pubescens*) y álamo (*Populus alba*)] (Tabla 1) en recipientes de madera aireados de 44 dm³ de volumen, mantenidos a temperatura ambiente (20°C +/- 5°C) durante 36 semanas con volteos e hidratación periódicos. En el filtrado de las mezclas en dilución 1:4 (compost: agua bidestilada) se analizaron los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), proteínas solubles (Bradford, 1976), amonio (NH₄⁺) (Rojas *et al.*, 2011). Los ácidos húmicos (AH) se extrajeron mediante el procedimiento de Kononova (1966) modificado, midiendo la absorbancia a 280 nm, 472 nm y 664 nm (Rodríguez Torres *et al.*, 2009) y sus cocientes: Q_{2/4} (A₂₈₀/A₄₇₂), Q_{2/6} (A₂₈₀/A₆₆₄), Q_{4/6} (A₄₇₂/A₆₆₄). El C se determinó por calcinación según la norma IRAM-SAGP y A29571-1 y se calculó el %C (Haug, 1993) y el N por Micro Kjeldahl.

Tabla 1. Proporciones de los distintos tipos de material en las mezclas del compostaje

Mezcla/ Tratamiento (To)	Residuo pelo (RP)	Estiércol de conejo (E)	Restos vegetales (V)
1	1/3	1/3	1/3
2	1/6	2/3	1/6
3	1/6	1/6	2/3
4	2/3	1/6	1/6

Cada mezcla de compost [tratamiento (To) 1 a 4, Tabla I] se aplicó en dosis de 1:10 en una mezcla tierra tamizada/perlita: 6/1, se probaron por triplicado en macetas con 4 semillas de *Beta vulgaris* var. *cicla* (acelga, de alto requerimiento de N) y se cultivaron durante 56 días. Se testeó en las mismas condiciones el efecto de lombricompost (L) y de humus (control C). Los parámetros analizados fueron: biomasa, peso de las raíces, peso de partes aéreas (por calentamiento en estufa a 60°C, 72 h, a peso seco) (Lizarazo *et al.*, 2013), número de plantas, número de hojas, altura de las hojas, aumento del área foliar (Di Benedetto *et al.*, 2016). El análisis estadístico (ANOVA) de los datos de peso seco total de biomasa, raíz y parte aérea se realizó con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla (II), se indica la evolución de parámetros en función de los días de compostaje.

Tabla II. Evolución de los parámetros característicos del compostaje en las distintas mezclas a lo largo de los primeros 72 días del proceso

		7 días	15 días	22 días	36 días	44 días	72 días
Mezcla1	pH	7	7,5	8	7,5	7	7
	Prot.sol.(µg/ml)	172,48	395,83	576,75	399,55	38,75	0
	Conc.amon.(ppm)	646,25	323,75	3118,75	3000	2968,75	2543,75
	Cond.elect.(mS/cm)	7,56	5,54	7,46	10,59	15,03	8,54
	Mat.org.(%)	77,6	76,5	77,85	76,5	70,3	69,7
	Abs _{472/664}	6,02	5	6,14	4,89	7,4	5,29
	C/N	Inicial46/1					Final 15,5/1
Mezcla 2	pH	7,5	8	7	7,5	7	7
	Prot.sol.(µg/ml)	139,16	227,5	474,07	264,47	92,79	0
	Conc.amon.(ppm)	428,25	316	2350	2681,25	2700	4368,75
	Cond.elect.(mS/cm)	8,01	6,48	7,98	10,3	12,32	9,31
	Mat.org.(%)	78,25	78,8	77	83,9	71,8	71,2
	Abs _{472/664}	5,1	5,39	5,6	5,37	5,74	5,85
	C/N	Inicial 55/1					Final 19,8/1
Mezcla 3	pH	9	7,5	7,5	8	7	8
	Prot.sol.(µg/ml)	70,83	129,16	269,01	47,145	0	0
	Conc.amon.(ppm)	635	348,75	2856	3681,25	2862,5	3493,75
	Cond.elect.(mS/cm)	7,3	6,75	4,68	6,34	5,73	7,69
	Mat.org.(%)	81	77,5	79,3	75,7	74,3	75
	Abs _{472/664}	1,55	6,69	8,49	7,62	5,44	6,12
	C/N	Inicial54/1					Final19,2/1
Mezcla4	pH	9	7	8	7,5	7	6
	Prot.sol.(µg/ml)	144,16	76,75	357,45	135,52	16,75	0
	Conc.amon.(ppm)	1636,25	363,75	2312,5	3850	2831,25	2612,5
	Cond.elect.(mS/cm)	12,95	2,12	7,11	6,84	13,8	11,6
	Mat.org.(%)	70,35	82,17	82,8	75,85	75,9	72,7
	Abs _{472/664}	4,26	7,02	6,75	6,87	6,38	<u>4,9</u>
	C/N	Inicial 28/1					Final 11,9/1

De acuerdo a la Tabla II el rango de pH se mantuvo entre 6-8, la CE entre 4-15 mS/cm, mayor a 4 mS/cm estipulado por Senasa, Argentina; la MO varió entre 70,35%-81% (1° semana) y 69,7%-75% (10° semana). La concentración de proteínas solubles disminuyó a 0 al final del proceso; llegó a un pico a los 21 días al igual que la $[NH_4^+]$ que superó las 2000 ppm para todas las mezclas. Este último siguió en aumento hacia el final de la incubación, evidenciando la proteólisis del RP debida a microorganismos queratinolíticos del estiércol y del suelo (Kunert, 2000). La T varió entre 20°C +/- 5°C, sin fase termofílica. Los coeficientes $Q_{2/4}$ (A_{280}/A_{472}), $Q_{2/6}$ (A_{280}/A_{664}), $Q_{4/6}$ (A_{472}/A_{664}) determinan el grado de humificación de los componentes orgánicos (Antilén *et al.*, 2014) donde valores de $Q_{4/6}$ entre “3 y 5,5” indican que predominan compuestos de PM elevados, altamente polimerizados y/o aromáticos de los AH (Zambrano *et al.*, 2011). En el tratamiento 4 (To4), $Q_{4/6}$ arrojó un valor final de 4,9, con características organolépticas de humus. En To2, $Q_{4/6}$ llegó a 5,29 pero sin olor característico. Las relaciones finales C/N variaron de 19,8/1 a 11,9/1. La relación ideal del compost maduro es aproximadamente 10, aunque $C/N < 20$ es considerado aceptable (Bueno Márquez *et al.*, 2008). En los siguientes figuras se muestran los distintos parámetros cuando se aplicaron los distintos tratamientos (To) en el cultivo de *Beta vulgaris* var. *cicla*.

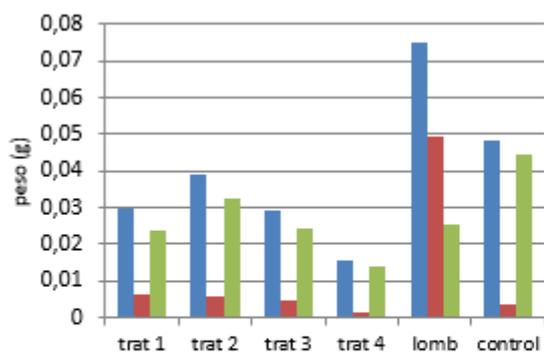


Figura 1. Promedio de pesos secos absolutos de biomasa total (azul), raíz (rojo) y parte aérea (verde) de *Beta vulgaris* var. *cicla* con los distintos tratamientos (56 días de cultivo)

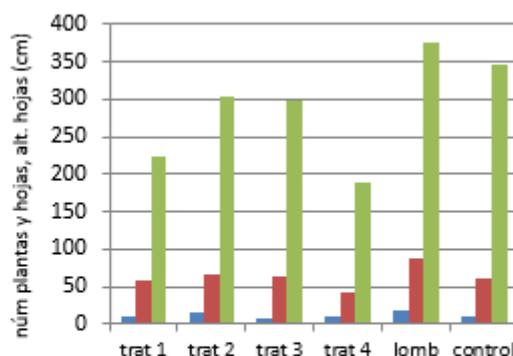


Figura 2. Aumento absoluto en el número de plantas (azul), número de hojas (rojo) y sumatoria de las alturas de hojas (verde) de *Beta vulgaris* var. *Cicla* con los distintos tratamientos (30 días de cultivo)

El To con L produjo un mayor desarrollo de biomasa y raíz mientras que entre los To con las mezclas de composts, el To2 logró un mejor desarrollo de biomasa y parte aérea. El análisis ANOVA demostró que no había diferencias significativas ($p > 0,05$) para las variables de la Fig.1. En la Fig.2 se observó el aumento del número de plantas, número de hojas, y de las alturas del número total de hojas (sumatoria) en 30 días de cultivo. Los distintos To produjeron plantas con

menor altura en sus hojas que las de L y C. Sin embargo el To2 tuvo igual rendimiento en el número de plantas que el de L. El To4 tuvo el menor rendimiento en cantidad de hojas y altura de las mismas.

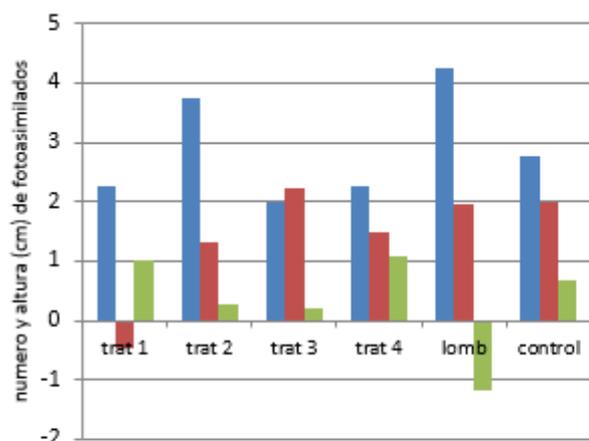


Figura 3. Aumento relativo (Δ en 30 días) en el número de plantas/maceta (azul), número de hojas/planta (rojo) y sumatoria de las alturas del número de hojas (verde) de *Beta vulgaris* var. *cicla* con los distintos tratamientos

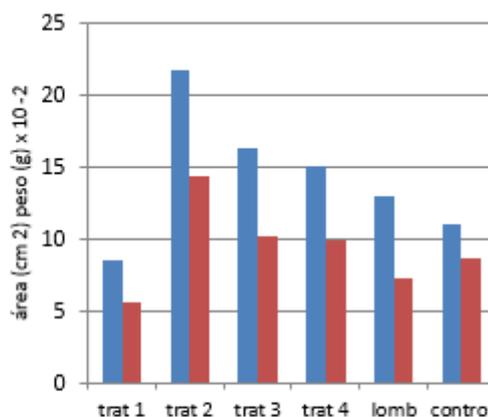


Figura 4. Aumento de las áreas foliares de *Beta vulgaris* var. *cicla* con los distintos tratamientos (14 días de cultivo): área (cm²) (azul), peso (g x 10⁻²) (rojo)

En la Fig.3 se determinó el aumento relativo en número de plantas por maceta, número de hojas por planta y sumatoria de la altura de las hojas por planta (promedios).

El valor negativo en el promedio de la altura de las hojas en el cultivo con L se debió a que las alturas foliares finales eran menores de las iniciales, aunque el número de hojas se incrementó. En To1 hubo pérdida foliar durante el cultivo. El parámetro morfológico del área foliar (Fig.4) cobra importancia en condiciones de baja luminosidad sobre todo en plantas herbáceas. El To2 tuvo un mayor rendimiento en superficie foliar y peso, seguido por To3, To4 y L. En general el To1 demostró los menores rendimientos para todos los parámetros evaluados.

4 CONCLUSIONES

Se obtuvo una enmienda orgánica-compost en cuyo proceso de maduración se alcanzó un grado aceptable de humificación para la mezcla con mayor proporción de pelo (To4). Los altos valores de CE restringen su uso agronómico siendo necesario probar el producto “*in vivo*” con especies vegetales de alto requerimiento de N. Se logró la degradación del RP, mediante microorganismos queratinolíticos del estiércol y suelo. El proceso de amonificación (alta [NH₄⁺]) sugiere que el proceso degradativo del RP continúa más allá de la conclusión del ensayo. En cuanto a la aplicación de los distintos compost-tratamientos al cultivo de *Beta vulgaris* var. *cicla* se observó

que el To2 logró los mejores rendimientos en todos los parámetros determinados sin superar el efecto del L salvo en el área foliar.

REFERENCIAS

- Antilén, M., Silva, K., Acevedo, S., Amiama, F., Faúndez, M., Knicker, H., Pizarro, C. (2014). Caracterización de ácidos húmicos extraídos de suelos con enmiendas de biosólidos. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 1005-1020.
- Bradford, M. (1976). Método rápido y sensible para la cuantificación de microgramos de proteína utilizando el principio de unión proteína-colorante. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Bueno Márquez, P., Díaz Blanco, M., Cabrera Capitán, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. En J. Moreno Casco, R. Moral Herrero (Ed.), *Compostaje* (93-110). España: Mundi Prensa Libros.
- Di Benedetto, A., Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(3), 258-282.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. (2008). *Infostat*, versión 2008. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Haug, R. (1993). *Manual práctico de ingeniería del compostaje*. Boca Raton, USA: Lewis Publishers.
- IRAM-SAGPyA29571-1. (2011). Método de la determinación de materia orgánica por calcinación.
- Lizarazo, M., Hernández, C., Gómez, M. (2013). Biomasa, parámetros foliares y sintomatología en respuesta a diferentes niveles de manganeso, zinc y boro en curuba (*Passiflora tripartita* var. *Mollissima*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 31-45.
- Galarza, B., Goya, L.M., Cantera, C., Garro, M.L., Reinoso, H., López, M.L. (2004). Biotransformación fúngica del pelo vacuno. Parte 1: aislamiento de hongos con actividad queratinolítica. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 88, 93-98.
- Kononova, M. (1966). *Materia orgánica del suelo*. Oxford, UK: Elsevier.
- Kunert, J. (2000). Physiology of keratinophilic fungi. En R. Kushwaha & J. Guarro (Ed.), *Biology of Dermatophytes and other Keratinophilic Fungi*. (77-85). Bilbao, España: Revista Iberoamericana de Micología.
- Rojas, N., Cavalitto, S., Mignone, C., Hours, R. (2008). Rol de la PPasa-SE en *Geotrichum klebahnii*, un hongo tipo levadura capaz de solubilizar pectina. *Electronic Journal of Biotechnology*, 11(1).
- Rodríguez Torres, M., Venegas González, J., Angoa Pérez, M., Montañez Soto, J. (2009) Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos de diferentes composts y su efecto sobre el cultivo de trigo. *Bioagro*, 21(3), 183-188.
- Senasa, Anexo I. (2019). Manual para el registro de fertilizantes, enmiendas, sustratos, acondicionadores, protectores y materias primas en la República Argentina. http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/resolucion_conjunta_scyma_y_senasa_1-2019_anexo_i.pdf.
- Zambrano A., Contreras F., Paolini J., Rivero C. (2011). Caracterización espectroscópica de enmiendas orgánicas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(3), 67-85.
- Zweistra-Hoogschagen M. (2007). *Macroscopic Modelling of Solid State Fermentation* (Tesis, PhD), Universidad de Wageningen. Holanda.