

DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA DE RESIDUOS ORGÁNICOS BAJO UN SISTEMA DE COMPOSTAJE ABIERTO Y CERRADO

ORGANIC WASTE BIOMASS DESCOMPOSITION UNDER AN OPEN AND CLOSED COMPOSTING SYSTEM

Danipsa Betsy Choque Villanueva

Estudiante de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano-Puno

betsy184_4@hotmail.com

RESUMEN

La investigación se realizó entre los meses de julio y agosto del 2015, en la Facultad de Ciencias Biológicas UNA Puno. Los objetivos fueron: a) Evaluar la temperatura y pH durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos en los tratamientos abierto/cerrado; y b) Determinar el porcentaje de descomposición de la biomasa de los residuos orgánicos en los tratamientos abierto/cerrado. Se establecieron combinaciones de dos tipos de tratamiento, sistema abierto (el método fue de aireación por volteos) y sistema cerrado, con tres replicas cada uno. Se utilizó cajas de madera con un contenido de: 1Kg de tierra, 1/2Kg de aserrín, 1Kg de residuos orgánicos (frutas y verduras), sucesivamente en tres capas. Los parámetros: temperatura, pH, biomasa, se evaluaron de lunes a viernes de cada semana. El mejor tratamiento fue el sistema abierto, llegando a una descomposición del 48% en comparación del sistema cerrado que alcanzó sólo el 26% de descomposición. El sistema cerrado alcanzó 17.9°C mientras que el sistema abierto alcanzó 17.5°C, el pH durante el proceso de descomposición siempre tendieron a la alcalinidad llegando a 7.29 en el sistema abierto y 7.38 en el sistema cerrado. Los volteos aplicados en el sistema abierto pudieron haber propiciado una mayor descomposición, de modo que la oxigenación puede ser un factor importante para el proceso de compostaje.

Palabras clave: Compost, sistema abierto / cerrado, residuos orgánicos.

ABSTRACT

The research was conducted between July and August 2015 in the School of Biological Sciences UNA- Puno. The objectives were: a) To evaluate the temperature and pH during the process of decomposition of organic waste in the open / closed treatment; and b) To determine the percentage of biomass decomposition of organic waste in the open / closed treatment. Combinations of two types of treatment, open system (the method was aeration volts) and settled closed system with three replications each one. Wooden boxes were used containing: 1 kg of soil, 1/2 kg of sawdust, 1 kg of organic waste (fruit and vegetables), successively in three layers. The parameters: temperature, pH, biomass, were evaluated from Monday to Friday every week. The best treatment was the open system, leading to a breakdown of 48% compared to the closed system that reached only 26% decomposition. The reached closed system 17.9°C while the open system reached 17.5°C, the pH during the decomposition process always tended to alkalinity reaching 7.29 and 7.38 on the open into the closed system. The applied volts in the open system could have led to greater decomposition, so that oxygenation can be an important factor in the composting process.

Key words: Compost, open / close system, organic waste.

INTRODUCCIÓN

El compostaje es un proceso que consiste en la descomposición biológica de residuos sólidos, que transforma la materia orgánica en CO₂, energía térmica y materia orgánica estabilizada, rica en sustancias húmicas como producto final (Tomuela *et al.* 2000). El término compostaje proviene del latín *componere*, que significa juntar, para preparar compost de buena calidad con residuos provenientes del campo y la ciudad, en el menor tiempo posible (Manna *et al.* 2000). El producto final compost, puede ser manipulado, almacenado, transportado y aplicado al suelo sin afectar el medio ambiente (Van Heerden *et al.* 2002). El compostaje puede ser dividido en tres etapas diferenciadas según la temperatura del material en el proceso: a) etapa mesófila inicial con duración aproximada de 2 a 3 días, donde la temperatura sigue un comportamiento ascendente que inicia con la temperatura ambiente hasta alcanzar los 40 °C; b) etapa termófila con duración variable, en ella la temperatura se incrementa por encima de los 40 °C, pudiendo alcanzar los 75°C; c) etapa mesófila final o de maduración con duración variable, donde la temperatura desciende de los 40°C hasta alcanzar la temperatura ambiente. En esta última etapa se alcanza estabilidad biológica del material y se da por terminado el proceso (Sauri & Castillo 2002).

Existen dos sistemas de compostaje: abierto y cerrado. Los sistemas abiertos son los sistemas tradicionales de compostaje (Gasser 1984), en el que la mezcla de compost se sitúa en un reactor cerrado y la aireación se da por medio de volteo (Grau 2002). En este caso el compostaje se realiza en contenedores de acero, madera, plástico, donde se pueda almacenar la carga del material a compostar (Domingo & Schuhmacher 2002). Los sustratos a compostar se disponen en montones o pilas que pueden estar al aire libre o contenedores (Costa 1991). Existe una amplia variedad de métodos para degradar la materia orgánica, entre los que se tiene la técnica tradicional de volteo manual (Wilson *et al.* 1980). Por otra parte, los sistemas cerrados permiten un mejor control de los distintos parámetros del

proceso, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo (Domingo & Schuhmacher 2002). Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que generan el elevado coste de inversión de las instalaciones.

Durante la descomposición biológica se logra una disminución entre el 50 al 65% del volumen inicial (Ozores - Hampton *et al.*, 1998). Entre los factores externos que tienen relevancia en la eficiencia del compostaje podemos mencionar la temperatura ambiente (Joshua *et al.* 1998). Bolta *et al.* (2003) hallaron descensos importantes durante el proceso debido a la influencia de la temperatura del aire durante la estación invernal. La evolución de la temperatura es un síntoma claro de la actividad microbiana, que se está comportando por la que ha sido considerada como una variable fundamental en control del compostaje (Miyatake & Iwabuchi 2006). Así mismo, existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha sido alta, el cual inhibe el crecimiento de los propios microorganismos conociéndose como suicida microbiano (Moreno & Moral 2007). Alcanzar un nivel óptimo de temperatura en las pilas es esencial para que el proceso resulte efectivo (Finstein & Hogan 1993). Se demostró que las temperaturas del material a compostar por debajo de 20°C son significativamente bajas o inclusive detienen el proceso (Mosher & Anderson 1977). Por otra parte las temperaturas por encima de los 60°C disminuyen la actividad de la comunidad microbiana mesófila optimizándose la actividad de los microorganismos termófilos (Miller 1992). Así cuando la temperatura alcanza o supera los 82°C se dificultan severamente el crecimiento de la comunidad microbiana.

Así mismo, factores como la humedad de los materiales es una de las variables más importante en el compostaje y ha sido calificada como un importante criterio para la optimización del compostaje (Haung 1993). La importancia de una humedad apropiada fue demostrada por Shulze (1962). La humedad de la masa de

compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa (Miyatake & Iwabuchi 2006), para que permita la circulación tanto del oxígeno, como la de otros gases producidos en la reacción. La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis, la cual origina malos olores y disminuye la velocidad de proceso (Moreno & Moral 2007). El exceso de humedad puede ser reducido aumentando la aireación (Haung 1993).

El pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, ya que los valores extremos son perjudiciales para determinados grupos de microorganismos. Para conseguir que al inicio del compostaje la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar a pH cercanos a 7 (Soliva 2001). El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos, mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaerobias se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso de pH (Moreno & Moral 2008). En la segunda fase se produce una alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas (Sanchez-Monedero 2001). En la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la deformación de compuestos húmicos (Moreno & Moral 2008). Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en el intervienen son aerobios, las pilas de compostaje presentan compostajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa tiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo mientras que el dióxido de carbono va aumentando (Ekinici *et al.* 2004).

Los objetivos fueron: a) Evaluar la temperatura y pH durante el proceso de

descomposición de los residuos orgánicos, en los tratamientos abierto y cerrado; y b) Determinar el porcentaje de descomposición de la biomasa de los residuos orgánicos en los tratamientos abierto/cerrado.

METODOLOGÍA

Ámbito de estudio.

La investigación se realizó durante los meses de julio a agosto del 2015, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas, en el laboratorio de Ecología, ubicado en el cuarto piso N° 304 de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno; ubicada a una altura de 3827m.s.n.m.; con una temperatura promedio máxima de 21°C y una mínima de 8.4°C, con una precipitación anual de 696 mm, con una humedad relativa durante el día de 40% - 60% y durante la noche de 60% - 85%.

Diseño del experimento

Se utilizó dos sistemas de compostaje (tratamientos): sistema abierto y sistema cerrado. Cada tratamiento tuvo tres réplicas (contenedores), cuyas dimensiones fueron: 43 cm de altura, 23cm de ancho, 25cm de profundidad; de modo que, la capacidad de volumen fue 0.024725m³ (Figura 1). Los residuos orgánicos utilizados fueron: cáscaras de papa, cebolla, naranja, mandarina, manzana, lechuga, plátano, perejil, zapallo. Estos residuos fueron, desmenuzados y cortados en trozos de 5x5cm aproximadamente, homogeneizados y mezclados para su posterior uso (Tortarolo *et al.* 2008). También se utilizaron materiales como: tierra, aserrín y agua. A continuación se procedió a llenar los contenedores con los siguientes materiales: 1Kg de tierra en la parte inferior del contenedor, luego 1/2Kg de aserrín, 1Kg de residuos orgánicos; por último, se agregó agua para que se humedezca esta primera capa. Finalmente se procedió a llenar el contenedor en tres capas sucesivas, sin olvidar agregar agua para humedecer los materiales. La frecuencia de muestreo se realizó diariamente, mañana (9.00- 11.00am), y tarde (5.00- 7.00pm).

Para el sistema de compostaje abierto se utilizaron cajas de madera de frutas añadiendo lo ya explicado anteriormente, dejando al descubierto la parte superior de la caja, y las franjas que cubren la caja. Se utilizó el método de volteo manual, cada dos días, para mejorar la aeración. Para el sistema de compostaje cerrado se utilizaron los mismos recursos, a diferencia que estas cajas estaban completamente cerradas, y la parte superior de la caja se encontraba tapada con un plástico, manteniéndose la humedad.

Variables registradas

Para medir los parámetros que se utilizaron en estos tratamientos de compostaje abierto/cerrado se utilizaron: un termómetro marca Hanna, se midió en la parte media de cada compostera. Para el pH se utilizó un pHmetro marca PAL plus Tester; en este caso se utilizó seis vasos descartables con 100ml de agua, vertiendo 50g de muestra de compostaje. Para el cálculo de la biomasa, se pesó cada contenedor en una balanza.

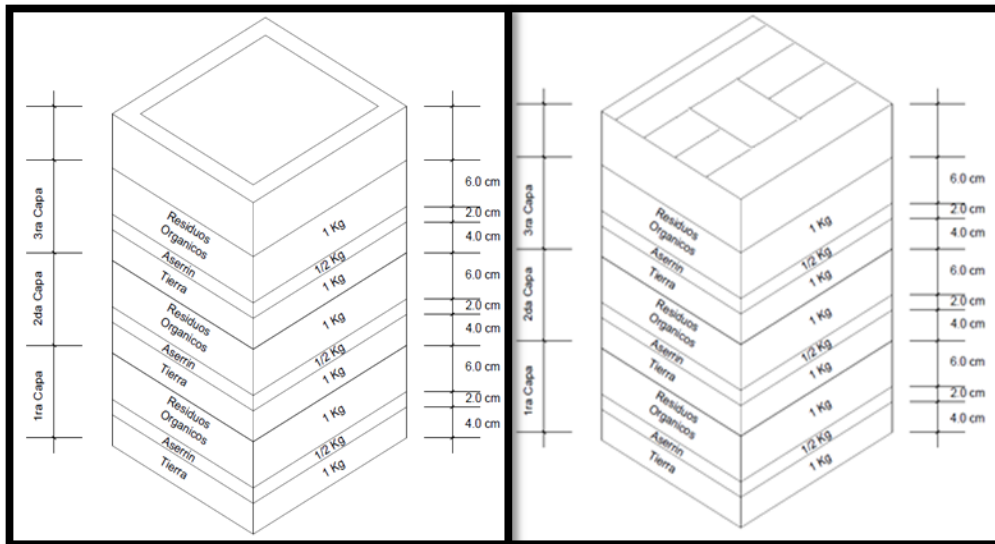


Figura 1. Características de los contenedores utilizados en los sistemas de compostaje.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con Análisis de Varianza, previa verificación de supuestos estadísticas, procesados por el programa Excel e Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Temperatura y pH

No se encontraron diferencias significativas de temperatura entre los dos tratamientos ($F_{1,4} = 0.73$; $P = 0.441$) (Figura 2). En ambos sistemas, la temperatura fluctuó entre los 14 a 17°C. Por otra parte,

para el caso del pH, tampoco se encontró diferencias significativas entre los dos tipos de sistema de compostaje ($F_{1,4} = 0.42$; $P = 0.552$) (Figura 3). Los valores de pH durante el proceso de descomposición siempre tendieron a la alcalinidad. Cumpliendo una fase de acidificación inicial, una fase intermedia de alcalinización y una fase de maduración que, aunque tendió a la neutralidad, se mantuvo por arriba del patrón en casi todos los tratamientos (Melendez 2003).

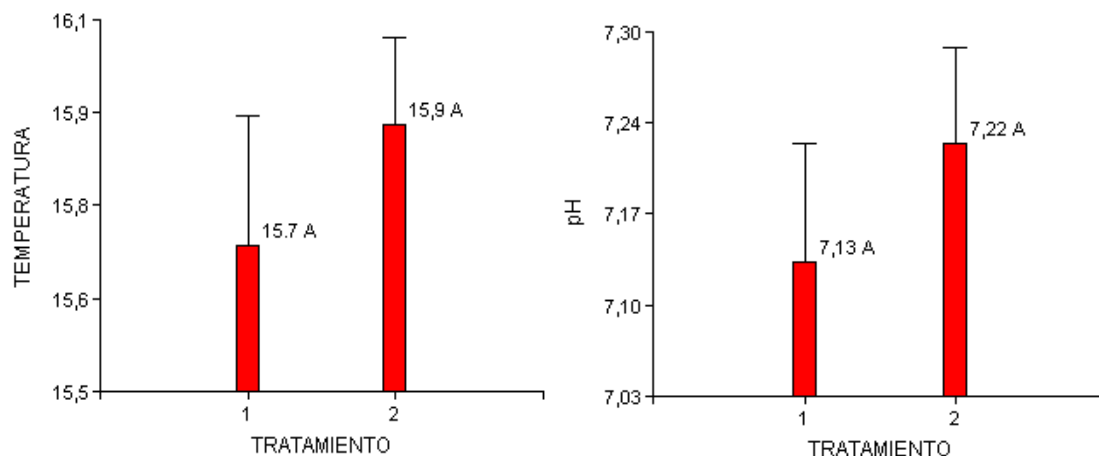


Figura 2. Valores de temperatura (C°) (izquierda) y pH (derecha) (media±1EE) entre dos tipos de compostaje (abierto y cerrado). N por cada barra = 3. Letras diferentes significan diferencias significativas ($p < 0.05$). 1 = sistema abierto; 2 = sistema cerrado.

La variación de la temperatura en las composteras es uno de los factores más importantes que rige la tasa de las reacciones bioquímicas en el proceso de compostaje (Fontanive *et al.* 2004). Por otra parte, esta variable afecta significativamente el metabolismo microbiano y la dinámica poblacional, como la temperatura ambiente (Joshua *et al.* 1998), (Bolta *et al.* 2003). Los tratamientos evaluados del sistema de compostaje abierto/cerrado obtuvieron descensos importantes durante el proceso, debido a la influencia de la temperatura del aire de la estación invernal oscilando entre 13-17 °C

(Tortarolo *et al.* 2008). Al medir la temperatura diariamente, durante todo el proceso se observó que los tratamientos exhibieron una curva clásica de temperatura comenzando con una fase corta de latencia, seguida por un incremento rápido, manteniéndose la temperatura y culminando en una fase gradual de descenso de alrededor de un mes (Figura 3). Patrones similares fueron informados para una variedad de residuos: corteza de madera (Hoitink *et al.* 1977), aguas cloacales (Nakasaki *et al.* 1985) y pulpa de uva (Faure & Deschamps 1990).

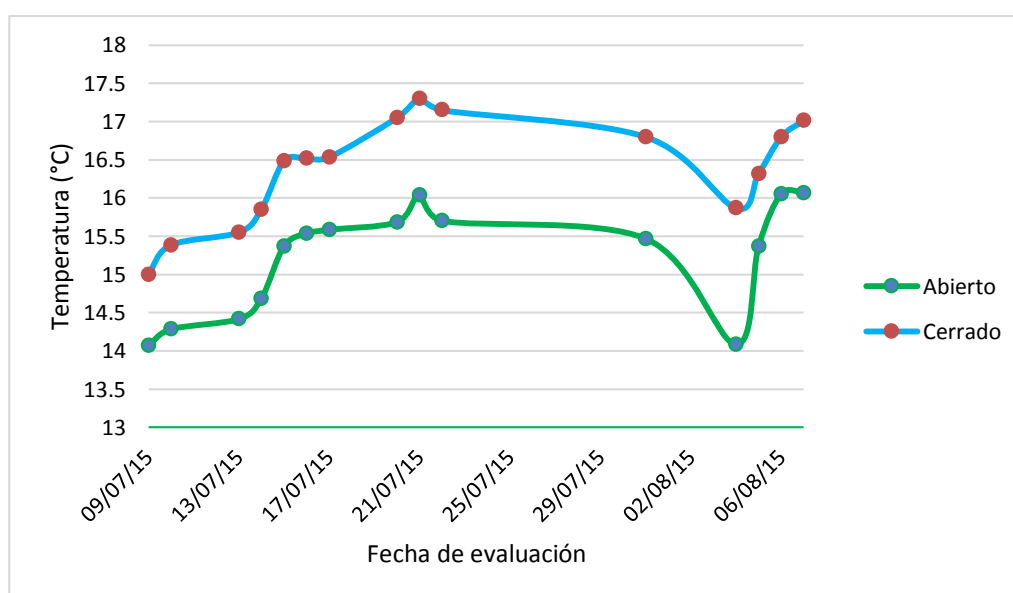


Figura 3. Fluctuación de la temperatura (°C) en los dos tipos de sistemas, durante el período del experimento.

Las temperaturas en el rango termofílico, encontradas en los primeros 20 días, no coinciden con el estudio realizado por Brewer & Sullivan (2003), quienes obtuvieron temperaturas en el rango de 65 – 75°C, siendo éstas temperaturas típicas de la etapa termofílica. Un estudio realizado por Nakasaki *et al.* (2005) mostraron que cuando la temperatura es de 60 °C desde el inicio del proceso se logra una rápida mineralización. El mantener altas temperaturas (mayores a 60 °C), también indica la destrucción de microorganismos como los patógenos y la inhibición de la germinación de semillas indeseables que podrían causar problemas en la composta en el momento de darle un uso (Sauri & Castillo 2002; Benito *et al.* 2005; Defrieri *et al.* 2005).

Este comportamiento fue similar al reportado por Cabañas-Vargas *et al.* (2005) quienes observaron temperaturas por encima de los 50 °C alrededor de los primeros 50 días del proceso. En los tratamientos el aumento del pH estuvo asociado a las altas temperaturas presentadas en la etapa termofílica principalmente por la acción metabólica de algunos tipos de ácidos como los carboxílicos y los grupos fenólicos; además de la mineralización de la materia orgánica

que puede producir amonio, aumentando así el pH (Bernal *et al.* 1998; Paredes *et al.* 2001; Márquez-Haces 2003). Se observa que la degradación de la materia orgánica presentó un comportamiento paralelo al de temperatura. De acuerdo con Hassouneh *et al.* (1999), la mayor degradación se da en la etapa termofílica. Como consecuencia de la degradación de la materia orgánica se producen compuestos inorgánicos (Bernal *et al.* 1998). La lenta degradación mostrada en los últimos 15 días parece indicar el agotamiento de materiales de carbono simple, quedando compuestos con estructuras más complejas y de difícil transformación. Esto indica el inicio del proceso de humificación (Márquez-Haces 2003).

Porcentaje de descomposición

No se encontró diferencias significativas de la tasa de descomposición de la materia orgánica entre los dos tipos de compostaje ($F_{1,4} = 5.18$; $P = 0.085$). Sin embargo, al final del experimento, en el sistema abierto se encontró una menor biomasa en comparación al sistema cerrado (Figura 4). Esta disminución de la biomasa es atribuible a una mayor transformación de la materia orgánica a CO_2 , agua y liberación de calor.

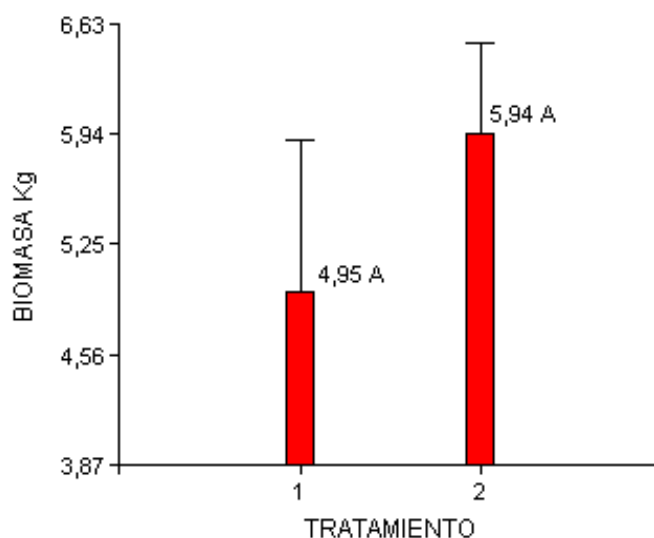


Figura 4. Valores de biomasa (Kg) (media±1EE) entre dos tipos de compostaje (abierto y cerrado). N por cada barra = 3. Letras diferentes significan diferencias significativas ($p < 0.05$). 1 = sistema abierto; 2 = sistema cerrado.

CONCLUSIONES

La contribución de esta investigación radica en mejorar la calidad ambiental, el adecuado aprovechamiento de los residuos orgánicos cuya falta de investigación para su proceso de descomposición es baja en nuestra región. Sin embargo, en ninguna de las variables evaluadas (temperatura, pH, biomasa) hubo diferencias entre los dos tipos de compostaje. No obstante, el sistema de compostaje abierto podría ser una

alternativa económicamente viable respecto a los costos asociados a un sistema cerrado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA-PUNO, laboratorio de Ecología por los instrumentos de laboratorio, espacio de investigación, que permitieron la realización del presente trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ARRIGO, N. & PALMA, R.M. 2003. Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and maturity of pruning waste compost. *Biol Fert Soils.*, 37:184–189.
- BERNAL, M.P.; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M.A. & CEGARRA, J. 1998 Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, 63: 91–99.
- BOLTA, S.V.; MIHELIC, R.; LOBNIK, F. & LESTAN, D. 2003. Microbial community structure during composting with and without mass inocula. *Compost Science & Utilization*, 11: 6-15.
- BREWER, L.J. & SULLIVAN, D.M. 2003. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science & Utilization*, 11(2): 96–112.
- CABAÑAS-VARGAS, D.D.; SÁNCHEZ, M.A.; URPILAINEN, S.T. & KAMILAKI, S. 2005. Assessing the stability and maturity of compost at large-scale plants. *Ingeniería* 9(2): 25–30.
- COSTA, F.; GARCIA, C.; T. HERNANDEZ, T. & POLO, A. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Ed. CSIC, Madrid.
- DEFRIERI, R.L.; JIMÉNEZ, M.P.; EFFRON, D. & PALMA, M. 2005. Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia*, 12 (1): 25–31.
- DOMINGO, J. L. & SCHUHMACHER, M. 2002. Exposición a contaminantes químicos y biológicos a través del compost elaborado con l fracción orgánica de RSU. Riesgos sobre la salud. *Residuos*, 57: 7277
- EKINCI, K.; KEENER, H.M. & ELWELL, D.L. 2004. Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. *Trans. ASAE*, 47(5): 1697-1708.
- FINSTEIN, M.S. & HOGAN, J.A. 1993. Integration of composting process microbiology, facility structure and decision-making? In: Hoitink, H.A.J. and Keener, H.M. "Science and Engineering of composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects" Renaissance Publications, Ohio, USA pp 1-19.
- FONTANIVE, V; EFFRON, D.; TORTAROLO, F. & ARRIGO, N.M. 2004. Evaluation of parameters during composting process of two contrasting raw materials. *Compost Science & Utilization*, 12: 268- 272.
- GRAU J. 2002. Sistemas de compostaje en pilas volteadas. Estudio de la planta de compostaje de Jorba, Barcelona. Tratamientos de residuos. Ingeniería Química. Barcelona: No. 374: 121 – 126.
- MORENO, J. & MORAL, R., 2007. Compostaje. Ediciones Mundi-

- Prensa, Madrid, España.; pp. 93-285.
- HAUG, R.T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- JOSHUA, R.S.; MACAULEY, B.J. & MITCHELL, H.T. 1998. Characterization of temperature and oxygen profiles in windrow processing systems. *Compost Science & Utilization*, 6: 15-28.
- GASSER, J.K.R. 1984. *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied, Science Publishers. London and New York.
- MANNA, M.C.; GHOSH, P.K.; GHOSH, B.N. & SINGH, K.N. 2000. Comparative effect of phosphate-enriched compost and single superphosphate on yield, uptake of nutrients and soil quality under soybean-wheat rotation. *Journal of Agricultural Science*, 137:45-54.
- MIYATAKE, F. & IWABUCHI, K. 2006. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.*, 97: 961-965.
- MOSHER, D. & ANDERSON, R.K. 1977. *Composting sewage sludge by high-rate suction aeration techniques – the process as conducted at Bangor, ME, and some guidelines of general applicability*. Interim Report Number SW-614d. US Government Printing Office, Washington, D.C.
- NAKASAKI, K.; NAG, K. & KARITA, S. 2005. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Management & Research*, 23: 48-56.
- OZORES-HAMPTON, M.; RIFFO, A.M. & ORYAN, J. 2003. Curso internacional de compostaje: producción, control de calidad y usos de compost. *Pharos*, 2(2):129-133.
- SAURI, M.R. & CASTILLO, E.R. 2002. Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Ingeniería Revista Académica*, 6(3): 55-60.
- SHULZE, K.L. 1962. Continuous Thermophilic Composting. *Appl. Microbiol.*, 10: 108-122.
- TORTAROLO, M.F.; PEREDA, M.; PALMA, M. & ARRIGO, M. 2008. Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Suelo (Argentina)*, 26(1):41-50.
- WILSON, G.B.; PARR, J.F.; EPSTEIN, E.; MARSH, P.B.; CHANEY, R.L.; COLACICCO, D., BURGE, W.B.; SIKORA, L.J.; TESTER, C.F. & HORNICK, S. 1980. *Manual for composting sewage sludge by the Beltsville aerated-pile method*. U.S. Department of Agriculture Beltsville, Maryland, EPA-600/18-80-022, 82pp.

ANEXOS

Cuadro 1. Registro de datos de temperatura en los sistemas de compostaje abierto y cerrado, en el laboratorio de ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – PUNO (Julio/Agosto 2015).

RECOLECCION DE DATOS												
FECHA	MAÑANA			TARDE			MAÑANA			TARDE		
	SISTEMA ABIERTO			SISTEMA ABIERTO			SISTEMA CERRADO			SISTEMA CERRADO		
	TEMPERATURA (°C)			TEMPERATURA (°C)			TEMPERATURA (°C)			TEMPERATURA (°C)		
	C-1	C-2	C-3	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-4	C-5	C-6
09/07/2015	13,9	13,7	14,7	13,6	13,5	15,0	15,0	15,1	14,7	15,3	14,8	15,1
10/07/2015	14,0	14,1	15,0	13,8	14,0	14,8	15,5	16,2	15,2	15,0	15,4	15,0
13/07/2015	13,8	14,0	15,5	14,2	14,7	14,3	15,1	16,0	15,0	15,4	16,5	15,3
14/07/2015	14,0	14,1	16,0	14,2	14,6	15,2	15,5	16,5	15,4	15,7	16,6	15,4
15/07/2015	14,5	14,7	17,0	14,3	14,5	17,2	16,0	17,0	16,3	16,3	16,8	16,5
16/07/2015	15,0	14,5	17,5	15,0	14,2	17,0	16,0	17,0	16,5	16,2	17,1	16,3
17/07/2015	15,1	14,6	16,7	15,7	14,6	16,8	15,4	17,5	16,1	16,0	17,5	16,7
20/07/2015	14,7	15,0	17,0	15,3	15,2	16,9	16,7	17,4	16,7	16,8	17,5	17,2
21/07/2015	14,9	15,4	16,8	15,1	16,5	17,5	17,3	17,6	17,2	17,9	17,3	16,5
22/07/2015	14,5	14,7	16,5	15,0	16,0	17,5	16,1	17,2	16,5	17,5	17,7	17,9
31/07/2015	15,3	16,0	17,5	14,2	14,6	15,2	17,5	17,7	17,9	15,7	16,6	15,4
04/08/2015	13,4	12,8	13,8	15,3	14,5	14,7	14,2	15,5	14,9	17,1	17,3	16,2
05/08/2015	15,4	14,5	15,6	15,6	15,0	16,1	15,7	16,2	15,9	16,3	17,0	16,8
06/08/2015	15,8	15,4	16,1	16,3	15,9	16,8	16,9	16,8	16,1	17,3	17,2	16,5
07/08/2015	16,5	15,2	16,1	16,7	15,5	16,4	16,5	17,8	16,4	17,0	17,6	16,8

Cuadro 2. Registro de datos de pH en los sistemas de compostaje abierto y cerrado, en el laboratorio de ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – PUNO (Agosto 2015).

RECOLECCION DE DATOS						
FECHA	SISTEMA ABIERTO			SISTEMA CERRADO		
	pH			pH		
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
04/08/2015	6,85	7,00	7,06	7,10	7,14	7,20
06/08/2015	6,80	7,00	7,10	7,12	7,15	7,18
10/08/2015	7,15	7,25	7,29	7,35	7,34	7,38

Cuadro 3. Recolección de datos de biomasa (Kg) en los sistemas de compostaje abierto y cerrado. En el laboratorio de ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – PUNO. (Agosto 2015).

Nº	PESO COMPOSTERA (Kg)	PESO COMPOSTERA + MATERIAL (Kg)
C-1	2,600	10,100
C-2	2,700	10,200
C-3	2,750	10,250
C-4	4,500	12,000
C-5	4,650	12,350
C-6	3,700	11,200

Cuadro 4. Registro de datos de compostera más contenido en los sistemas de compostaje abierto y cerrado. En el laboratorio de ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – PUNO (Agosto 2015).

PESO DE LAS COMPOSTERAS MAS MATERIALES					
Nº	PESO + MUEST. (Kg)	PESO + MUEST. (Kg)	PESO + MUEST. (Kg)	PESO + MUEST. (Kg)	PESO + MUEST. (Kg)
FECHA	07/07/2015	14/07/2015	21/07/2015	04/08/2015	11/08/2015
C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
7,500	7,500	7,500	7,500	7,700	7,500
6,900	6,400	6,050	6,700	7,000	6,800
5,400	5,300	4,750	5,500	6,350	5,300
3,400	3,300	2,750	5,500	6,350	3,300
2,900	2,300	2,250	4,500	5,850	3,300