



**Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca**  
**Composting system for waste treatment coca leaf with the addition of three biological activators in the Experimental Center Kallutaca**

Apaza-Condori Emma Eva\*, Mamani-Pati Francisco, Sainz-Mendoza Humberto

Datos del Artículo	Resumen
<p>Universidad Pública de El Alto-UPEA, Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica. Laja-Los Andes - La Paz, Bolivia. (591)2-2115231 Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA). Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica</p> <p><b>*Dirección de contacto:</b> <b>Emma Eva Apaza-Condori.</b> Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. (591)2-2115231 E-mail: <a href="mailto:evapazacondorie@gmail.com">evapazacondorie@gmail.com</a></p>	<p>El objetivo del presente trabajo fue evaluar el proceso de compostaje de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos (Yogurt, Suero de leche y Levadura). El presente trabajo se llevó a cabo Centro Experimental de Kallutaca, módulo de Bioabonos de la Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, Municipio de Laja La Paz. Los tratamientos planteados fueron: T1 (Hoja de coca + Yogurt); T2 (Hoja de coca + suero de leche); T3 (Hoja de coca + levadura) y T4 (Testigo). El diseño utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.</p> <p>Los valores obtenidos en N se clasifican en niveles medios y altos, las cantidades de P, K se clasifican en niveles medios. El valor obtenido 7.9 de pH, CE con 12950 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math> y la materia orgánica del 61% pertenecen al tratamiento T1. El tiempo de descomposición fue de un período de 105 días que corresponde al tratamiento T3.</p> <p>© 2015. <i>Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. Todos los derechos reservados.</i></p>
<p><b>Palabras clave:</b> Compost, Activadores biológicos, hoja de coca.</p>	<p><b>Abstract</b></p>
<p><b><i>J Selva Andina Biosph.</i></b> <b>2015; 3(2):75-85.</b></p>	<p>The objective of this study was to evaluate the composting process waste coca leaf with the addition of three biological activators (yogurt, whey and yeast). This work was carried out Kallutaca Experimental Center, Biofertilizers module Career Agricultural Engineering at the Public University of El Alto, La Paz municipality of Laja. Posed treatments were: T1 (+ Yogurt Coca wastes); T2 (Coca wastes + whey); T3 (Coca wastes + yeast) and T4 (Control). The design was completely randomized with 4 treatments and 3 repetitions.</p> <p>The values in N are classified medium and high levels the quantities of P, K are classified as middle levels. The value obtained 7.9 pH, EC 12950 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math> and 61% organic matter belong to treatment T1. The decomposition time was a period of 105 days corresponds to treatment T3.</p> <p>© 2015. <i>Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivian. All rights reserved.</i></p>
<p><b>Historial del artículo.</b> Recibido abril, 2015. Devuelto noviembre, 2015 Aceptado noviembre, 2015. Disponible en línea, noviembre 2015.</p>	
<p><b>Editado por:</b> <b>Selva Andina Research Society</b></p>	
<p><b>Key words:</b> Compost, biological activator, coca waste</p>	

## Introducción

La producción de hoja de coca ha avanzado de forma consecutiva, llevando a cabo una creciente producción en los distintos departamentos de Bolivia (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz), siendo la producción permitida por la Ley 1008, de 12000 hectáreas Rodríguez (2011). Pero en los últimos estudios realizados por UNODC (2013), señala que hay aproximadamente 25300 hectáreas plantadas de hoja de coca, lo cual significa que 13300 hectáreas son cultivadas ilegalmente o bien destinados al narcotráfico UNODC (2013), es por ello que se procede a su incautación y su incineración.

Frente a esta situación, una de las alternativas de tratamientos de residuos orgánicos es el compostaje, que consiste en un proceso biooxidativo en la que intervienen poblaciones microbianas (bacterias, hongos y actinomicetos) en función a los factores que afectan el proceso (humedad, temperatura, pH) y producto de ello se obtiene el compost, considerado un abono orgánico que contiene nutrientes que son asimilables para las plantas, garantizando rendimientos altos en los cultivos, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Soliva 2001).

Otro de los aspectos a tomarse en cuenta en el proceso de compostaje, es el tiempo de descomposición, para tal efecto Chilón (2010), utilizó activadores biológicos (yogurt, suero de leche y levadura), con la finalidad de disminuir el tiempo de compostaje de 7 a 3.5 meses.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el proceso de compostaje de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos (Yogurt, Suero de leche y Levadura).

## Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Kallutaca de la carrera Ingeniería Agronómica - UPEA; ubicado en el municipio de Laja, provincia Los Andes. Geográficamente se sitúa entre 16° 31' 10'' latitud sur y 68° 19' 03'' longitud oeste, a una altitud de 3901 msnm forma parte del altiplano norte (Guarachi 2011).

*Activadores locales (biológicos):* Yogurt, suero de leche y levadura.

*Hoja de coca residual.* En el marco del convenio realizado con la Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto y el Viceministerio de Coca y Desarrollo Integral, Dirección General de la Hoja de Coca e Industrialización (DIGCOIN), se acopio la hoja de coca residual trasladado desde Villa Fátima, localizado específicamente en la calle Unduavi de la ciudad de La Paz. En el lugar se pesaba los bultos o taques cada uno constaba de 10 kg, siendo registrada por la misma dirección, asimismo la hoja de coca procedía de los diferentes departamentos y provincias, tendiendo a variar en sus diferentes tamaños, color y el estado de la hoja de coca. La cantidad utilizada fue de 163 bultos o taques.

*Estiércol de vaca e ingesta,* A través de una coordinación efectuada con el matadero municipal de la ciudad de El Alto se pudo adquirir la ingesta para su uso, asimismo este producto se mezcló con el estiércol de vaca, siendo adquirido de la Carrera de medicina Veterinaria y Zootecnia de la UPEA.

El método utilizado para la instalación fue el sistema "Indore. La formación de las 12 pilas para el proceso de compostaje estaban a 2.00 m de pila a pila. Cada pila tenía una dimensión de 2m de ancho x 2m de largo x 1m de alto.

Calculo de los materiales  
*Volumen de los residuos de hoja de coca*, se utilizó como referencia una lata de manteca que tiene la

forma de un prisma recto. Coronel (2012), lo formuló de la siguiente manera:

$$\text{Volumen del prisma recto} = (a * b * c) = m^3$$

$$V_{\text{residuos de hoja de coca}} = (0.20m * 0.20m * 0.35 m) = 0.014 m^3$$

La masa o la cantidad de los residuos de hoja de coca se pesó en la lata de manteca sobre una balanza analítica, obteniendo distintas cantidades y promediando se obtuvo 0.8 kg.

Densidad de la hoja de coca residual, en función a la masa y el volumen hallado. Coronel (2012), lo expresa como:

$$\delta = \frac{m}{V} = \frac{kg}{m^3}$$

$$\delta_{\text{residuos de hoja de coca}} = \frac{0.8 kg}{0.014 m^3} = 57.1 kg/m^3$$

El volumen estuvo en función al largo, ancho y altura de la pila, para la primera capa de residuos de hoja de coca:

$$\text{Volumen} = (a * b * c) = m^3$$

$$V_{\text{residuos de hoja de coca}} = 2.00m * 2.00 m * 0.30 m = 1.2 m^3/capa$$

Masa (cantidad), está en función a la densidad y el volumen. Coronel (2012), lo expresa como:

$$m = \delta * V$$

$$m_{\text{residuos de hojas de coca}} = 57.1 \frac{kg}{m^3} * 1.2 \frac{m^3}{capa} = 68.5 \cong 68 kg/capa$$

Por pila se armó dos capas de un total de 136 kilos y para las 12 pilas fue un total de 1632 kilos de hojas de coca. *Volumen del estiércol de vaca e ingesta (contenido ruminal)*, se utilizó como referencia una lata de manteca que tiene la forma de un prisma recto. Coronel (2012), lo formuló de la siguiente manera:

$$\text{Volumen del prisma recto} = (a * b * c) = m^3$$

$$\text{Volumen de la lata} = (0.20m * 0.20m * 0.35m) = 0.014 m^3$$

Densidad del estiércol de vaca e ingesta, en función a la masa y el volumen hallado. Coronel (2012), lo expresa como:

$$\delta = \frac{m}{V} = \frac{kg}{m^3}$$

$$\delta_{\text{estiércol de vaca e ingesta}} = \frac{10.00 \text{ kg}}{0.014 \text{ m}^3} = 714.0 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad del estiércol de vaca (50%) más la ingesta (50%) se pesó en una balanza analítica, obteniendo distintas cantidades y promediando se obtuvo 10.00 kg

El volumen estuvo en función al largo, ancho y altura de la pila, para la primera capa de estiércol de vaca e ingesta:

$$V = 2.00 \text{ m} * 2.00 \text{ m} * 0.20 \text{ m} = 0.8 \text{ m}^3/\text{capa}$$

Masa (cantidad), en función a la densidad y el volumen:

$$m_{\text{estiércol de vaca e ingesta}} = 714.0 \frac{kg}{m^3} * 0.8 \frac{m^3}{capa} = 571.2 \cong 571 \text{ kg/capa}$$

$$m_{\text{estiércol de vaca e ingesta}} = 571 * 2 = 1142.4 \cong 1142 \text{ kg/pila}$$

Por pila se armó dos capas de un total de 1142 kg y para las 12 pilas fue un total de 13704 kg de la mezcla de estiércol de vaca (50%) e ingesta (50%).

La cantidad está en función al porcentaje de humedad donde el estiércol de vaca es de un 86% y la ingesta de un 87%, estudios realizados por Parra & Castro (2004).

*Activadores biológicos:* Yogurt (Industrias PIL), Levadura Fleischmann (Industrias Venado) y el Suero de leche procede de una vaca Holstein (Carrera de medicina Veterinaria y Zootecnia de la UPEA). Chilón (2010), indica que los derivados de la leche principalmente el yogurt y el suero de leche, así como la levadura, presentan un excelente efecto en la activación biológica del compost, disminuyéndose paulatinamente el tiempo de obtención del abono orgánico de 7 a 3.5 meses. Los activadores biológicos fueron utilizados directamente de sus envases

sin realizar ningún tratamiento previo o análisis biológico, asimismo el agua utilizado fue potable para la preparación.

Preparación: Se mezcló 2 L de yogurt en 4 L de agua potable, 2 L de suero de leche en 4 L de agua y 500 g de levadura en 4 L de agua, siendo estas los tratamientos y como testigo solo se utilizó agua del lugar (Kallutaca).

Procedimiento

Se impermeabilizó toda la superficie del suelo con un agrofilm de 250 micrones, para evitar la contaminación antrópica dentro de la pila de compost y de esa manera evitar ciertas impurezas que no están ligadas al producto final

No se realizó ningún tratamiento previo a los residuos de hoja de coca. Las pilas de compostaje estuvieron compuestas de las siguientes capas: Residuos de hoja de coca humedecida con 2 litros agua con 30 cm de altura, estiércol de vaca e ingesta con 20 cm

de altura, residuos de hoja de coca humedecida con 2 litros agua con 30 cm de altura y por ultimo estiércol de vaca e ingesta con 20 cm de altura. Se utilizó para cada pila un callapo de 1.50 m para sostener la pila de compost, asimismo se pudo observar el desprendimiento de metano que asciende a la atmósfera.

Se usó el activador biológico seleccionado para cada pila y utilizando una regadera a razón de un litro se aplicó de forma uniforme sobre los residuos de hoja de coca en la primera y tercera capa de la pila de compostaje.

Finalizando se cubrió con el agrofilm de 250 micrones con una dimensión de 4 m x 4 m a todas las pilas de compostaje, tendiendo a mantener la temperatura y evitar la evaporación. Este proceso no se lo realiza para la producción extensiva, por ser costoso el material.

Manejo en el proceso de compostaje:

*Control de temperatura.* La temperatura se midió cada siete días con ayuda de un geotermómetro o termómetro de suelo expresado en °F, convirtiéndosela en °C desde una profundidad de 30 cm iniciando desde la parte superior, hasta considerar las partes laterales de la pila de compost, para ello se consideró horarios de mañana y tarde a las 08:30 am y a las 13:00 pm, efectuándose muestreos en cada unidad experimental para luego obtener promedios.

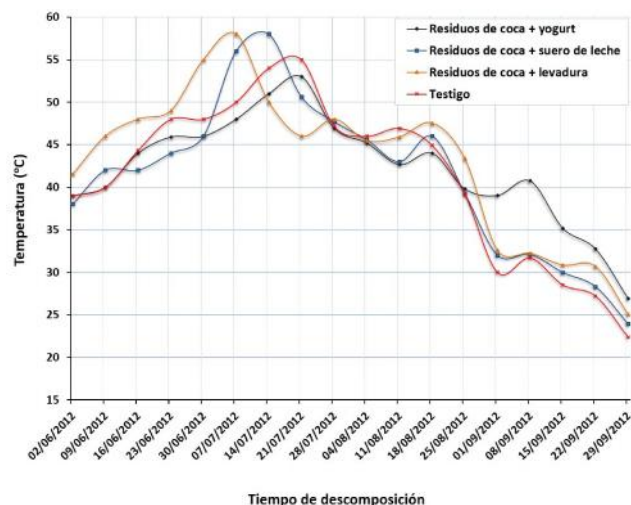
*Aireación del sustrato o volteo.* Los volteos de las pilas de compost se realizaron cada quince días, utilizando una pala, una picota y un rastrillo, para que el material que está en el núcleo del compost quede afuera y el material que está afuera ingrese al interior o núcleo, estructurando de una forma uniforme los materiales teniendo así una descomposición adecuada en el proceso de compostaje.

*Análisis de laboratorio.* Para el análisis químico, se pesó un kilo de acuerdo a las normas que exige el laboratorio y se llevaron a analizar las doce pilas de compost a los Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA - UMSA) y Servicios Analíticos – Laboratorios Químicos (Spectrolab-UTO).

*Análisis estadístico.* Ochoa (2009), para el cálculo del análisis de varianza se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) Ochoa (2009), el nivel de significancia que se utilizó fue del 5% y para las comparaciones entre tratamientos se utilizó la prueba de Duncan.

## Resultados

**Fig. 1 Evolución de la temperatura registrada en el compost de Coca**



**Tabla 1 Análisis físico-químico de la hoja de Coca**

Hoja de Coca		
Parámetros	Unidad	Valores
Nitrógeno total	%	2.1
Fósforo total	mg/kg	2744
Sodio total	mg/kg	92
Potasio total	mg/kg	12240
Calcio total	mg/kg	9574
Magnesio total	mg/kg	2548
Materia orgánica	%	94
Cenizas	%	6.0
Proteína total	%	13
pH		4.9
C.E.	μS/cm	4540

**Tabla 2 Análisis físico - químico del estiércol e ingesta de vaca**

ESTIERCOL E INGESTA		
Parámetros	Unidad	Valores
Nitrógeno total	%	1.6
Fósforo total	mg/kg	9730
Sodio total	mg/kg	7329
Potasio total	mg/kg	19076
Calcio total	mg/kg	9980
Magnesio total	mg/kg	3200
Materia orgánica	%	77
Cenizas	%	23
Proteína total	%	10
pH		8.9
C.E.	μS/cm	4470

**Tabla 3 Evaluación de las propiedades físico-químicos del compost**

	Elementos Y Nutrientes Presentes En El Compost									
	pH	C.E	M.O	N. total	P. total	K. total	Ca. total	Mg. total	Na. total	Fe. total
Compost	(μS/cm)	(%)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>T1 (Hoja de coca + Yogurt)</b>	7.9	12950	61	3.10	7886	19217	20017	5190	9715	9715
<b>T2 (Hoja de coca + Suero de leche)</b>	7.8	12023	58	2.43	7058	18406	18816	5047	9034	9034
<b>T3 (Hoja de coca + Levadura)</b>	7.8	11487	57	2.40	6839	17820	18087	5014	6536	6536
<b>T4 (Hoja de coca + Agua)</b>	7.7	11020	56	2.33	5968	17671	17633	4772	5955	5955

## Discusión

Moreno & Moral (2008) establecen que la temperatura es uno de los factores que influye de forma más crítica sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica durante el compostaje.

El comportamiento de la temperatura, donde el T3 (Residuos de coca + levadura), presentó una elevada temperatura de 42 °C, ocasionando una transición de mesófila a termófila presentando una temperatura de 58 °C y por último en la tercera fase (fase de enfriamiento) se obtuvo 25 °C. Alcolea (2000), menciona que las variaciones de temperaturas dependen del tipo de materia orgánica que se utiliza. Los microorganismos que resulten beneficiados a una temperatura concreta son los que principalmente descompondrán la materia orgánica, produciéndose un desprendimiento de calor. Este calor provoca una variación de la temperatura en la pila, dependiendo del tamaño de la pila, de las condiciones ambientales y del volteo (Ekinci *et al.* 2004).

La etapa de estabilización comenzó a los 40 días aproximadamente para todas las pilas. Pero en el T2 (Residuos de coca + suero de leche) puede observarse que aumentó la temperatura inmediatamente y volvió a descender. Donde Silva *et al.* (En prensa), señalan que no se realizó una descomposición considerable de la materia orgánica, la cual contenía material que no fuera rápidamente degradado y a su vez permitiera el desarrollo de las bacterias termófilas.

La hoja de coca presenta los siguientes elementos y nutrientes: nitrógeno total 2.1%; fósforo total 2744 mg/kg, sodio total 92 mg/kg, potasio total 12240 mg/kg, calcio total 9574 mg/kg, magnesio total 2548 mg/kg, materia orgánica 94%, ceniza

6.0%, proteína total 13%, pH 4.9 y conductividad eléctrica 4540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Collazos *et al.* (1965), demostraron inicialmente la riqueza en minerales y vitaminas de la hoja de coca con “valores particularmente llamativos para el nitrógeno y el calcio” siendo esto los valores: nitrógeno 2.88 %, fósforo 405.0 mg, calcio 2196 mg y ceniza 5.35 %.

Burton & Turner (2003), consideran que la acumulación de estiércol en áreas determinadas de ganadería intensiva genera problemas como la emisión de malos olores, lixiviación a aguas subterráneas y superficiales, contaminación del suelo por aplicación de dosis excesivas, e incluso riesgos de enfermedades para los animales y para la salud humana.

El estiércol y la ingesta de vaca presenta los siguientes elementos y nutrientes: Nitrógeno total 1.6%, fósforo total 9730 mg /kg, sodio total 7329 mg/kg, potasio total 19076 mg/kg, calcio total 9980 mg/kg, magnesio total 3200 mg/kg, materia orgánica 77%, ceniza 23%, proteína total 10%, pH 8.9 y conductividad eléctrica 4470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La FAO (2001), los estiércoles difieren mucho en su composición, dependiendo ésta de factores tales como clase, edad y características de cada animal, producción de leche (del ganado vacuno), cantidad y digestibilidad del forraje y alimentos concentrados consumidos por el ganado (el estiércol de los animales que se alimentan de forraje celulósico es más pobre en nutrientes para las plantas que el de aquellos que reciben raciones de alta concentración), la cantidad y tipo de las camas, duración y forma de almacenamiento y método de manejo.

Moreno & Moral (2008), el pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos.

Los tratamientos presentan un pH básico, donde se estima entre los 7.9-7.7. Benito *et al.* (2005), considera que el pH a medida que el proceso avanza, el valor va aumentando gradualmente hasta valores constantes que oscilaran entre 6.5 y 8.5, dependiendo del material. Moreno & Moral (2008), el aumento del pH es debido a la degradación de compuestos de naturaleza ácida y a la mineralización de compuestos nitrogenados hasta formar amoníaco, actuando también el proceso de amonificación como un importante sumidero de protones.

Los tratamientos presentan una alta conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica de un compost está determinada fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Benito *et al.* 2005).

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes (Sánchez-Monedero *et al.* 2001).

Kiehl (1985), el conocimiento del contenido de los compost en materia orgánica es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica. Moreno & Moral (2008), algunos compuestos procedentes de la materia orgánica son utilizados por los microorganismos para formar sus tejidos y otros son transformados en anhídrido carbónico y agua.

Los tratamientos presentan un porcentaje de materia orgánica, que está entre 61% – 56%. La materia orgánica descendiendo debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la

masa compostada (Zucconi & De Bertoldi 1987). La velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Michel *et al.* 2004). El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como abono orgánico está directamente relacionada con su contenido de nitrógeno (Díaz *et al.* 2002).

De acuerdo a la clasificación por Costas *et al.* (1991), la cantidad de nitrógeno total en los tratamientos son considerados de un nivel alto y medio. Moreno & Moral (2008), Los aumentos están relacionados con un efecto de concentración de amonio debido a la mineralización de la materia orgánica. Sánchez-Monedero *et al.* (2001), establecen que las transformaciones químicas que sufre el nitrógeno durante el compostaje vienen dadas por reacciones de amonificación, nitrificación y desnitrificación. Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo las proteínas en aminoácidos y estos en amoníaco) para poder ser asimiladas (Castaldi *et al.* 2005).

Moreno & Moral (2008), El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano. La cantidad de fósforo presente en los tratamientos están entre 7886 mg/kg – 5968 mg/kg. Se comprueba que, en general, entre el inicio y el final de la incubación se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la pérdida de materia



orgánica de la masa a compostar (Díaz *et al.* 2004; Michel *et al.* 2004). Chilón (2010), alega que la mineralización del fósforo es análogo a la del nitrógeno, los compuestos polimerizados iniciales son desdoblados en compuestos simples en proteínas y aminoácidos hasta liberación de forma de ácido fosfórico, esto por microorganismos como hongos, bacterias y otros.

Moreno & Moral (2008), los microorganismos implicados en el compostaje necesitan que una serie de nutrientes específico se encuentren en una forma química disponible, y a concentraciones adecuadas. Moreno (2005), el potasio es esencial a nivel metabólico y durante el proceso de división celular. De acuerdo a la clasificación por Costas *et al.* (1991), la cantidad de potasio total en los tratamientos son considerados de un nivel medio. Paco *et al.* (2004), mencionan que a medida que los microorganismos van descomponiendo los compuestos simples de la materia orgánica el potasio disminuye paulatinamente; al concluir el proceso de descomposición, los microorganismos mueren y los nutrientes aprovechados son mineralizados como óxido de potasio ( $K_2O$ ) para liberar el potasio alimentando en el compost con mayor carga de potasio al final.

### Conflictos de intereses

La presente investigación fue financiada por la Universidad Pública de El Alto, Dirección de Investigaciones Ciencia y Tecnología (DICyT), siendo el intermediario el Instituto de Investigaciones y Extensión Agrícola (IINEA) de la Carrera Ingeniería Agronómica y no presenta conflictos de interés.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Pública de El Alto, Carrera Ingeniería Agronómica por habernos brindado los predios del Centro Experimental Kallutaca, para la ejecución del presente trabajo.

Al Instituto de Investigaciones y Extensión Agrícola (IINEA), por la colaboración y apoyo del presente trabajo a través del Ing. Laoreano Coronel Quispe.

A la Dirección de Investigaciones Ciencia y Tecnología (DICyT), por haberme dado el sustento económico para la ejecución del presente trabajo.

Al Viceministerio de Coca y Desarrollo Integral (VCDI), juntamente con la Dirección General de la Hoja de Coca e Industrialización (DIGCOIN) y la Unidad de Industrialización de la Hoja de Coca, por la colaboración, apoyo, confianza, por la oportunidad de trabajar y contribuir a la sociedad.

Al laboratorio de Calidad Ambiental-UMSA y a SPECTROLAB-UTO, por su colaboración en los análisis de muestras.

### Literatura citada

- Alcolea M. Manual de compostaje Domestico. Barcelona-España. 2004. Consultado 3 may. 2012. Disponible en [www.compostando.com](http://www.compostando.com).
- Benito M, Masaguer A, Moliner A, Cogger CG, Bary AI. Comparison of a gas detection tubes test with the traditional alkaline trap method to evaluate compost stability. *Biol Fertil Soils*. 2005; 41: 447-450.
- Burton CH, Turner C. Manure Management: Treatment Strategies for Sustainable Agricul-

- ture. Silso e Research Institute. Bedford (UK). 2003.
- Castaldi P, Alberti G, Merella R, Melis P. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Manag.* 2005; 25: 209-213.
- Chilón E. Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático. *CienciAgro.* 2010; 2: 221-227.
- Collazos CHC. Nutrición y coqueo. *Rev Viernes Med.* 1965; 16:(8)1. Lima. Consultado 24 feb. 2014. Disponible en <http://www.congreso.gob.pe/congresista/2001/lguerrero/documentos/P.LHojadeCoca130904.pdf>.
- Coronel RL. Química General. La Paz, Bolivia. 2012; 22-479 pp.
- Costa F, García C, Hernández T, Polo A. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Centro de Edafología y Biología Aplicada de la Segura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia. España. 1991; 88 pp.
- Díaz MJ, Jiménez I, Cabrera F, De Bertoldi M. Using a second order polynomials model to determine the optimum vinasse/grape marc ratio for in vessel composting. *Compost Sci. Util.* 2004; 12(3): 273-279.
- Díaz MJ, Madejón E, Lopez F, López R, Cabrera F. Composting of vinasse and cotto gin waste by using two different systems. *Resour Conserv Recycl.* 2002; 34(4): 235-248.
- Ekinci K, Keener HM, Elwell DL. Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. *Trans. ASAE.* 2004b; 47(5): 1697-1708.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. Roma. 2001; 177 pp.
- Guarachi E. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje mixto en Suka Kolllos en el centro experimental Kallutaca. Tesis Licenciatura. Universidad Pública de El Alto. La Paz, Bolivia. 2011; 20 pp.
- Kiehl FJ. Fertilizantes orgánicos. Editora Agronómica Ceres Ltda. Sao Paulo. Brazil. 1985; 492 pp.
- Michel FC, Jr Pecchia JA, Rigot J, Keener HM. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust and Straw. *Compost Sci Util.* 2004; 12(14): 323-334.
- Moreno CJ, Moral HR. Compostaje. (Edit. Cient.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España. 2008; 238-320 pp.
- Moreno J. Compostaje. En: Marín, I., Sanz, J. L., y Amils, R. (Eds.). *Biotecnología y Medio ambiente.* Ephemera, Madrid. 2005.
- Ochoa TRR. Diseños Experimentales. 1ed. La Paz, Bolivia. 2009; 51-71 pp.
- Paco G, Loza-Murguía M, Mamani F, Sainz H. Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *J Selva Andina Res Soc.* 2011; 2: 14-39.
- Parra R, Castro D. Producción aeróbica de compost a partir de residuos de mataderos de reses y mercados. 2004. Consultado 20 mar. 2014.

Disponible en [http://www.cpts.org/proy\\_inves-ti/PROYECTO08.pdf](http://www.cpts.org/proy_inves-ti/PROYECTO08.pdf).

Rodríguez A. Consejo Nacional de Lucha Contra el Tráfico Ilícito de Drogas – CONALTID. Programa de Apoyo al Control Social de la Producción de la Hoja de Coca Viceministerio de Defensa Social y Sustancias Controladas. Artes Gráficas Sagitario. 2011; 82 pp.

Sánchez-Monedero MA, Roig A, Paredes C, Bernal MP. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores Technol.* 2001; 78(3): 301-308.

Silva VJ, López MP, Valencia AP. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. En prensa. Consultado el 7 de may. 2014. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>.

Soliva M. Compostatge i gestió de residus orgànics. *Estudis i Monografies*, 21. Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 2001; 111 pp.

UNODC. Oficina de la Naciones Unidas la Droga y el Delito. 2013. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en [http://www.unodc.org/documents/cropmonitoring/Bolivia/BOLIVIA\\_Coca\\_Survey\\_2013\\_web.pdf](http://www.unodc.org/documents/cropmonitoring/Bolivia/BOLIVIA_Coca_Survey_2013_web.pdf).

Zucconi F, De Bertoldi M. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In *Compost: Production, Quality and Use*. ed. De Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L'Hermite, P. and Zucconi, F. 1987; 30 pp. Elsevier Applied Science Publishers Ltd.

---