

# Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar)

GORDILLO, F.<sup>1</sup>; PERALTA, E.<sup>1</sup>; CHÁVEZ, E.<sup>1</sup>; CONTRERAS, V.<sup>2</sup>; CAMPUZANO, A.<sup>1</sup>; RUIZ, O.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad el aprovechamiento de los residuos azucareros de forma técnicamente viable por medio de la producción y evaluación del proceso de compostaje. Para lograr los objetivos se establecieron combinaciones de tres tipos de materia prima, dos fuentes de microorganismos y dos métodos de aireación. Las pilas se establecieron bajo un diseño de tres factores, y se valoraron dos veces por semana los parámetros: temperatura, pH y conductividad eléctrica. Otros parámetros como materia orgánica, población microbiana, porcentaje de humedad, macro y micronutrientes, cromatografía de Pfeifer y relación C/N, se evaluaron al inicio y al final del proceso. El mejor método fue el de aireación por volteos, y la formulación más equilibrada para macro y micronutrientes y mayor concentración de materia orgánica fue la formulación con 50% de bagazo, 25% de cachaza y 25% de ceniza. Al finalizar el proceso, la formulación conformada por 40% bagazo, 30% cachaza y 30% ceniza tuvo la relación C/N más cercana a los valores recomendados entre 20-30. Los microorganismos comerciales mantuvieron una mayor población microbiana durante el proceso hasta su culminación. La temperatura llegó a la temperatura inicial de 45° C; el pH para el proceso fue el óptimo de 8 a 8.5 aunque finalizó elevado 9 a 9.5.

**Palabras claves:** Residuos azucareros, fuente de microorganismos, métodos de aireación.

## ABSTRACT

*The present study focused in taking advantage of the sugarcane residues in a technical way through the production and evaluation of the process of compostaje. To achieve the aims were established combinations of three row matter types, two microorganisms sources and two aeration methods. The piles were established in three factor design, and the parameters temperature, pH and electrical conductivity were evaluated twice a week. Other parameters as organic matter, microbial population, moisture percentage, macro and micronutrients, chromatography of Pfeifer and C/N ratio, were evaluated at the beginning and the end of the process. The best way to aerate the piles was the mechanical one; the formulation more balanced for macro and micronutrients and major concentration of organic matter was the formulation with 50 % of bagasse, 25 % of sloth and 25 % of ash. By the end of process the formulation with the C/N ratio closest to the recommended was 40 % bagasse, 30 % sloth and 30 % ash with values between 20-30. The commercial microorganisms demonstrate a very high level of surviving during and at the end of the process. The temperature to come to the begin temperature initial of 45°C; the pH for the process was the ideal of 8 to 8.5 but at the end it was raise 9 to 9.5.*

**Keywords:** Sugar residues, source of microorganisms, methods of aeration.

1 Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: fabagord@espol.edu.ec

2 Ingeniería azucarero ECUDOS, Sucre 203 y Pichincha, fax. 04-2-320-353, La Troncal, Ecuador. Correo electrónico: vcontreras@latroncal.com

Recibido 26 de noviembre de 2010 // Aceptado 14 de abril de 2011 // Publicado online 15 de junio de 2011

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los serios problemas de contaminación causados por los residuos derivados de procesos agroindustriales y el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos han incrementado las áreas que sufren procesos degradativos por la disminución de la fracción orgánica de los suelos [2]. Este panorama, renueva el interés por el uso y el manejo de sistemas productivos con el manejo de enmiendas agrícolas aplicadas al suelo con la finalidad de recuperar, reutilizar y/o transformar los residuos en insumos útiles, conservando la fertilidad del suelo y siendo amigable con el ambiente, pues debidamente procesados (parámetros de elaboración y tipos de materiales que se utilicen) son capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos de cultivos [3, 4, 13, 14]. La calidad de las enmiendas orgánicas se determina a través de las propiedades físicas, higiénicas, químicas y biológicas, así como de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo [6, 7, 8, 9, 14].

Dentro de los parámetros de proceso más relevantes se encuentra la temperatura que es el que mejor indica el desarrollo del proceso. Durante el proceso de descomposición aeróbica, se observan tres fases: fase mesófila inicial, al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila; y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se llega a la temperatura inicial y se estabilizan a temperatura ambiente [1, 6, 10, 12]. La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa para que permita la circulación tanto del oxígeno como la de otros gases [8, 9, 14, 15] y el pH, mediante su seguimiento se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla ya que, si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas, se provoca el descenso del pH [1, 10, 12, 13].

El objetivo de este trabajo fue estandarizar el proceso de compostaje y la evaluación de la calidad final del producto utilizando los principales residuos del proceso de elaboración del azúcar de caña: cachaza, bagazo y ceniza en tres com-

binaciones, microorganismos producidos en dos fuentes que aceleren la descomposición y dos métodos de aireación.

## MATERIALES

### Materia prima

Se utilizaron los residuos azucareros (bagazo, ceniza y cachaza) del Ingenio La Troncal localizado en el Cantón La troncal de la Provincia del Cañar (Temperatura promedio 26° C, humedad relativa entre 55%-86% y precipitación entre 1mm-25mm).

### Material Biológico

Se usaron microorganismos producidos de dos maneras diferentes: uno artesanalmente en la hacienda San Humberto ubicada en el Cantón Taura de la Provincia del Guayas y el otro es un producto comercial: QBio COMPOSTER.

## METODOLOGÍA

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo multifactorial donde los factores fueron: dos fuentes de microorganismos, tres combinaciones de residuos y dos tipos de aireación. Los niveles correspondientes a las tres combinaciones de formulaciones de los residuos se muestra en la tabla 2, los niveles para microorganismos fueron microorganismos locales, microorganismos comerciales y sin microorganismos adicionados, y los niveles para aireación fueron aireación por tubos estáticos y aireación por volteos mecanizados. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Los tratamientos fueron dispuestos como se señala en la tabla 3.

Las pilas de compostaje fueron evaluadas durante un mes y siete días (tiempo de duración del proceso), midieron 8 metros de largo por 2,5 metros de ancho y 1,5 metros de altura.

Caracterización de la materia prima			
Resultados			
Muestra	% Humedad	% Cenizas	% M.orgánica
Bagazo	46,53905516	4,475783641	48,9851612
Cachaza	86,75123716	2,738971659	10,50979118
Ceniza	53,90303556	40,13909777	5,957866666

**Tabla 1.** Caracterización de materia prima para la elaboración de las pilas de compost.

Formulaciones			
	Bagazo(%)	Cachaza(%)	Ceniza(%)
<b>C1</b>	25	50	25
<b>C2</b>	40	30	30
<b>C3</b>	50	25	25

**Tabla 2.** Porcentaje de los residuos para cada una de las formulaciones.

Tratamiento	Fuentes de Microorganismos	Formulación	Método de Aireación
T1	Locales	C1	Tubos
T2	Locales	C1	Volteos
T3	Locales	C2	Tubos
T4	Locales	C2	Volteos
T5	Locales	C3	Tubos
T6	Locales	C3	Volteos
T7	Comerciales	C1	Tubos
T8	Comerciales	C1	Volteos
T9	Comerciales	C2	Tubos
T10	Comerciales	C2	Volteos
T11	Comerciales	C3	Tubos
T12	Comerciales	C3	Volteos
T13	Ninguno	C1	Tubos
T14	Ninguno	C1	Volteos
T15	Ninguno	C2	Tubos
T16	Ninguno	C2	Volteos
T17	Ninguno	C3	Tubos
T18	Ninguno	C3	Volteos

**Tabla 3.** Combinación de las fuentes de variación.

### Fase de campo

La aplicación de los microorganismos comerciales se hizo en la dosis recomendada por el fabricante (4,5g/t). Para los microorganismos locales se aplicó la dosis usada por el agricultor (0,001l/g).

Una vez terminada la instalación de las pilas, se colocaron tres tubos en cada pila de los tratamientos que correspondía. Los tubos perforados medían un metro de largo y, fueron colocados en forma vertical en tres lugares fijos de cada pila. En los tratamientos con aireación por volteo, se realizó el volteo dos veces por semana en cada pila. Para la evaluación de campo, los datos se tomaron en las 54 pilas establecidas.

Temperatura: Las lecturas de temperatura se tomaron en la parte media de cada pila antes de realizar el volteo (en las que correspondía), dos veces por semana con un termómetro para pilas de composta, durante todo el proceso.

Altura: La altura, que se refiere a la reducción de volumen inicial y demuestra el grado de descomposición de la pila, se

midió en la parte media de cada pila con una regla vertical dos veces por semana, durante todo el proceso de compostaje.

### Fase de laboratorio

Para la evaluación en laboratorio se recolectaron muestras individuales por repetición en el campo, y luego se hizo mezcla por tratamiento para posteriormente ser analizadas.

Cromatografía de Pfeiffer: Es una técnica cualitativa que ofrece una descripción general de la actividad, salud y dirección biológica del suelo o compostas analizadas. Para realizar la técnica se mezcló la muestra (1,25 g) con 25 ml de una solución alcalina (NaOH al 1%) dejando decantar por 24 horas. Luego se hicieron tres agujeros en los discos (de papel) para delinear las capas que se presentaron posteriormente. Para preparar el disco se lo impregnó con nitrato de plata al 95% por medio de una mecha de papel filtro hasta el primer agujero y se lo colocó envuelto en papel absorbente, en una cámara oscura durante seis horas como mínimo [5].

Luego, se realizó la corrida de las muestra mediante una segunda impregnación. Una vez obtenidos los discos se midieron las diversas capas que los conformaron (capa de oxígeno, mineral, de materia orgánica y enzimática). Estas medidas se tomaron al principio y al final del proceso.

**Conductividad Eléctrica:** Se pesaron 10 g de muestra con 50 ml de agua destilada (dilución 1:5, p:v) y se dejó en agitación por 24 horas para garantizar la homogeneidad de la muestra de acuerdo a lo establecido en la Norma Chilena 2880. Luego se tomó la lectura con un conductímetro METTLER TOLEDO GmbH S67 (SevenGo pro) después de ser calibrado con solución amortiguadora para conductividad de pH 4.

**pH:** Se pesaron 10 g de muestra tamizada y se mezclaron con 50 ml de agua destilada (relación 1:5, p:v) manteniendo en agitación. Posteriormente se midió el pH una vez estabilizada la lectura.

**Población Microbiana:** Se realizó mediante siembra líquida en medio agar nutritivo con cinco diluciones (10-3, 10-4 y 10-5) para cada tratamiento.

La primera dilución (10-1 o 1/10) se preparó mezclando un gramo de la muestra en 9 ml de agua destilada. A partir de ésta, se realizaron diluciones decimales seriadas, tomando un ml de la dilución anterior mezclándolo con nueve ml de agua destilada hasta obtener la dilución 10-5.

Se sembraron mediante siembra líquida las diluciones 10-4 y 10-5 con el objetivo de realizar un mejor conteo microbiano. El conteo se realizó a las 24 horas después de realizada la siembra.

**Contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, relación C/N y porcentaje de humedad:** Los análisis de materia orgánica, macro y micronutrientes, así como la determinación del porcentaje de humedad y de la relación C/N, se realizó en un laboratorio particular autorizado.

#### **Análisis de la calidad del proceso de compostaje**

Con los datos recolectados en el proceso se determinaron las curvas de compostaje para los parámetros más importantes con el objetivo de identificar el tratamiento que mejor se desarrolló a lo largo del proceso.

#### **Análisis de la calidad del producto final**

Se recolectaron muestras al inicio y al final del proceso para analizar y determinar contenido de macro y microelementos, porcentaje de humedad, materia orgánica, pruebas de población microbiana y relación C/N. Además mediante el método de cromatografía de papel de Pfeiffer, se analizó la dinámica de las sustancias que forman el compost. Estos resultados se compararon entre sí para determinar el grado de madurez que tenían los productos al momento de su recolección.

#### **Análisis estadístico de los datos**

Para analizar los datos obtenidos, se realizaron comparaciones de medias a través del análisis de varianza y pruebas de Fisher y Tukey para las variables de altura, macro y

micronutrientes, materia orgánica, relación C/N, humedad y población microbiana; y análisis de correlaciones para las variables macro y micronutrientes, materia orgánica, relación C/N y humedad; además de gráficas en serie temporal para evaluar la evolución en el tiempo de las variables altura y conductividad eléctrica.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El método de aireación por tubos demostró ser poco eficiente para el material que se compostó debido a que el interior de las pilas se encontraba húmedo y con colores verdes-azulados, además de una limitada reducción del material (14+-1%) comparada con la reducción de los tratamientos por volteos (30+-2%). Esto indica que existe diferencia estadística significativa entre los promedios del porcentaje de reducción de las pilas y una aireación insuficiente en el método de aireación por tubos estáticos [11, 16]. Por tal motivo, el análisis de resultados y la discusión se realizó en base a los tratamientos por aireación mecanizada o volteos.

### **Control del proceso de compostaje mediante parámetros físico-químicos.**

#### **Altura**

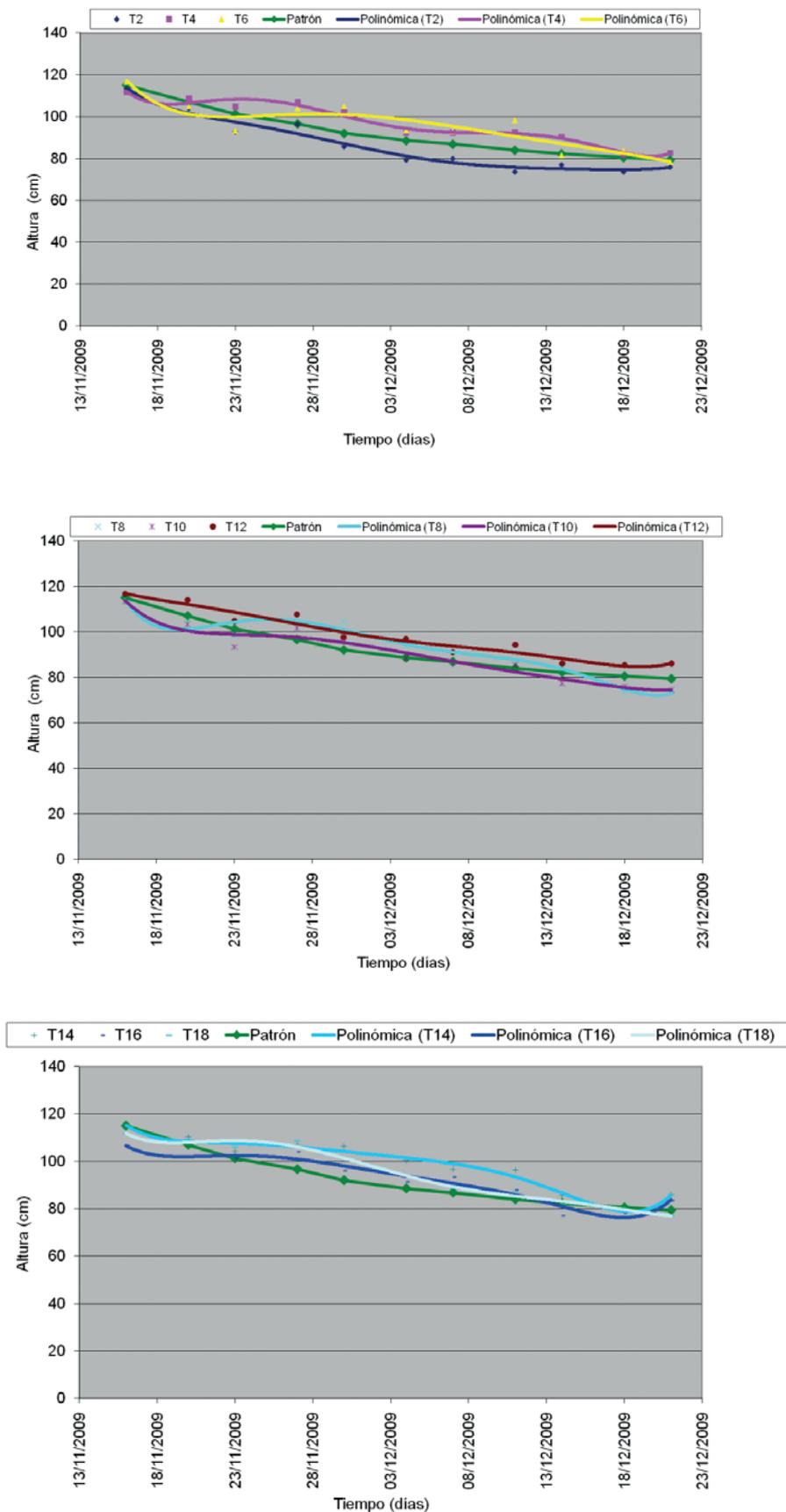
En la figura 1, se muestra el grado de descomposición de acuerdo a la pérdida de altura de las pilas. Para efectos de comparación se utilizó una curva realizada a partir de la información provista por la bibliografía [11] como modelo para evaluar la descomposición y se agruparon los tratamientos de acuerdo a la fuente de microorganismos.

Notoriamente, todos los tratamientos presentaron una disminución de la materia orgánica. Los tratamientos con microorganismos locales tuvieron una descomposición de 31+-4%, los tratamientos con microorganismos comerciales, 32+-5% y los tratamientos sin microorganismos, 26+-5%, lo cual indica que no existe diferencia estadística significativa entre los promedios del porcentaje de pérdida de altura de las pilas. Los tratamientos que tuvieron mayor pérdida de altura fueron T8 (microorganismos comerciales, formulación uno y volteos) y T10 (microorganismos comerciales, formulación dos y volteos) de acuerdo al promedio de descomposición de dichos tratamientos; aunque, no alcanzaron el índice de descomposición deseado que es el del 50% [11].

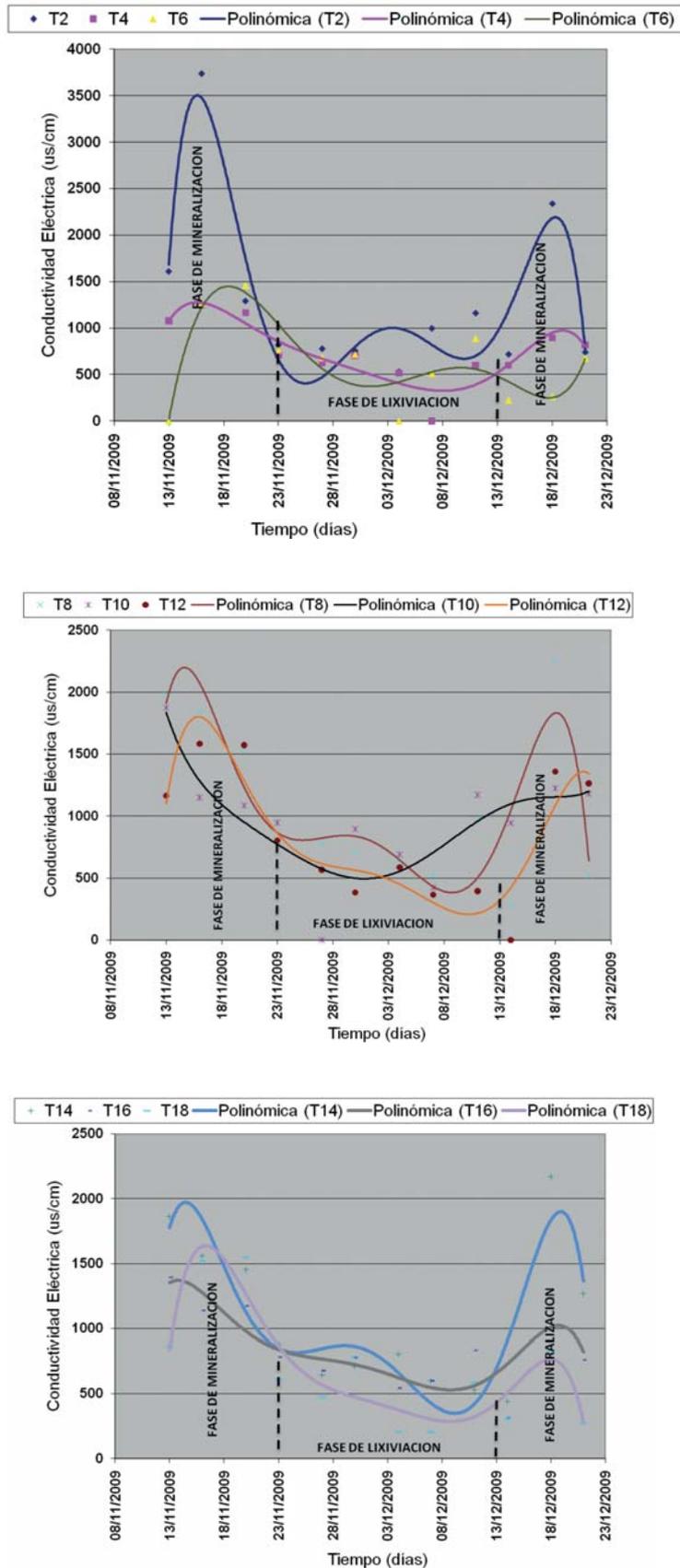
#### **Conductividad Eléctrica**

En la figura 2, se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica de cada uno de los tratamientos.

Los T2 (microorganismos locales, formulación uno y volteos), T12 (microorganismos comerciales, formulación tres y volteos) y T14 (ninguno, formulación uno y volteos) presentaron una curva de CE típica en descomposición. En estos tratamientos se pueden observar las fases de mine-



**Figura 1:** Variación de la altura a través del tiempo.  
**A:** Resultados correspondientes a los tratamientos T2, T4 y T6; **B:** tratamientos T8, T10 y T12; **C:** tratamientos T14, T16 y T18.



**Figura 2:** Variación de la conductividad eléctrica a través del tiempo y fases de mineralización.  
**A:** Resultados correspondientes a los tratamientos T2, T4 y T6; **B:** tratamientos T8, T10 y T12; **C:** tratamientos T14, T16 y T18.

realización de la materia previamente descrita: la primera, mineralización de la materia inicial; la segunda, una lixiviación de metabolitos secundarios y material desecho en estado líquido rico en microorganismos; y la tercera, una última etapa de mineralización que nos indica el final de proceso [11, 16].

### pH

En la figura 3, se muestran las variaciones del pH a través del tiempo. Para efectos de comparación se utilizó la curva provista por la bibliografía [1] como modelo para la evaluación.

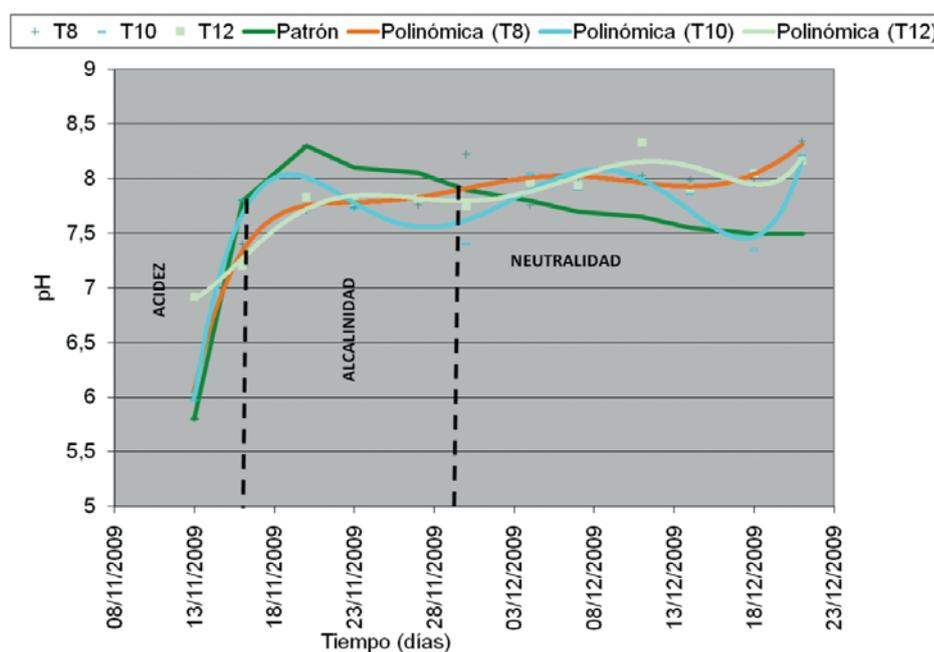
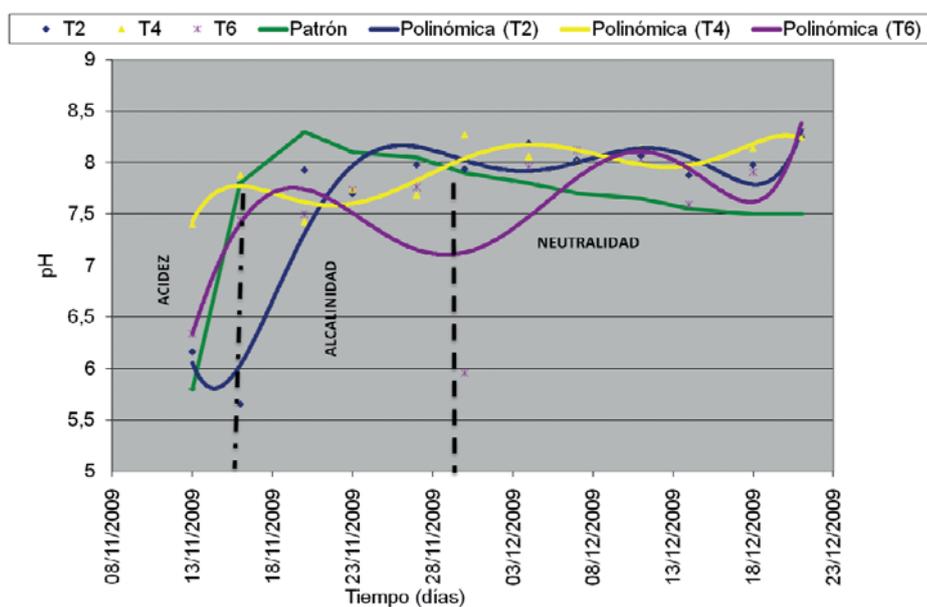
Los valores de pH durante el proceso de descomposición siempre tendieron a la alcalinidad. Cumpliendo una fase de

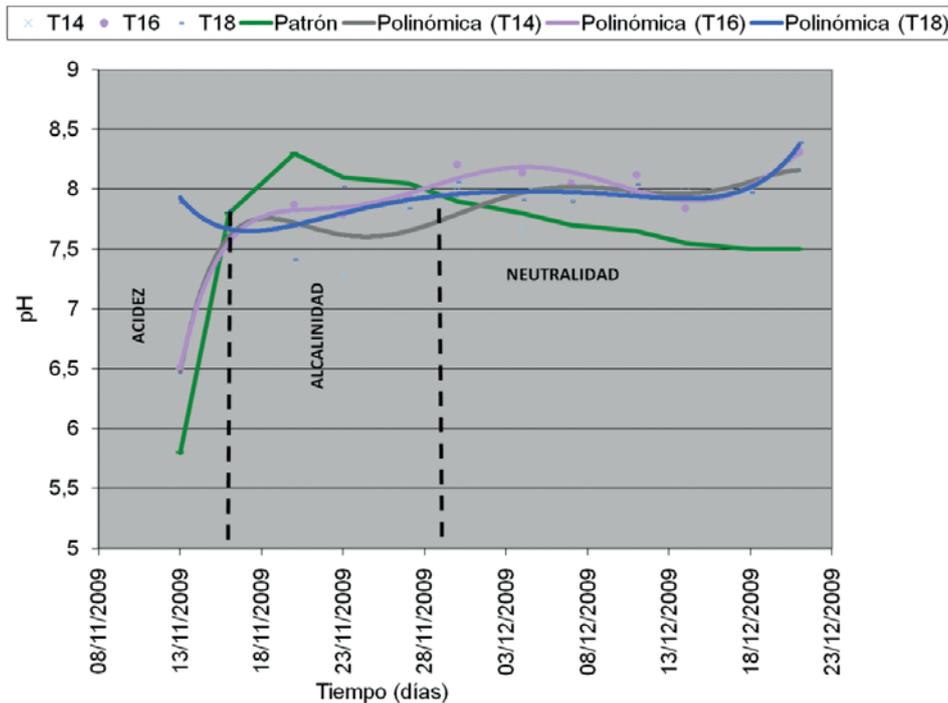
acidificación inicial, una fase intermedia de alcalinización y una fase de maduración que, aunque tendió a la neutralidad, se mantuvo por arriba del patrón en casi todos los tratamientos [1, 7].

### Temperatura

En la figura 4, se muestran las variaciones de la temperatura con respecto al tiempo. Se utilizó la curva descrita en la bibliografía [1, 15] como modelo para la evaluación.

Al iniciar el proceso los tratamientos, excepto el T6 (microorganismos locales, formulación tres y volteos), presentaron una temperatura menor a 45° C, cumpliéndose la primera etapa mesofílica. Transcurridas las tres primeras

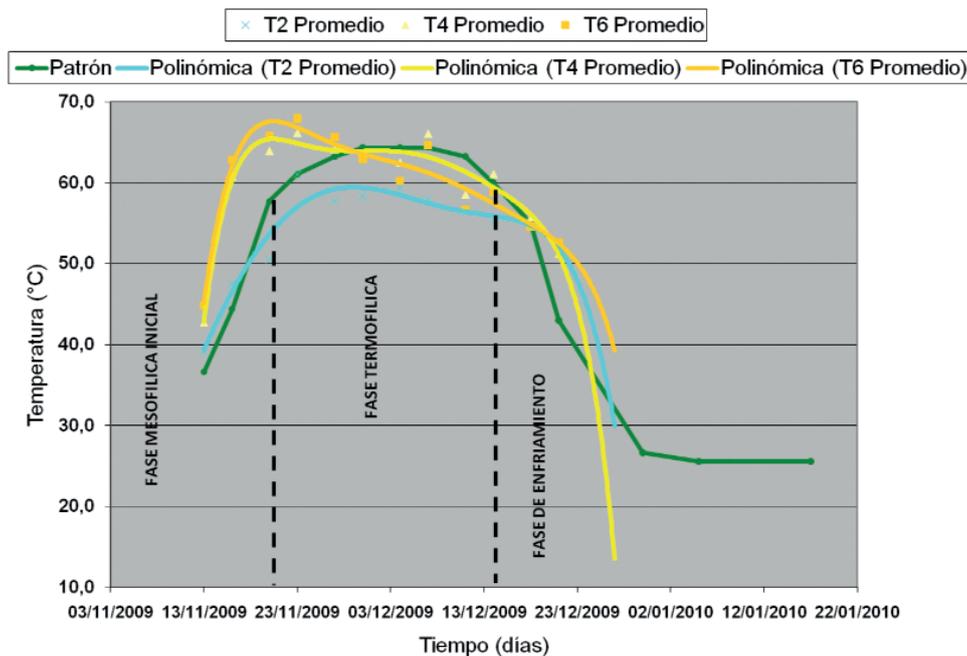




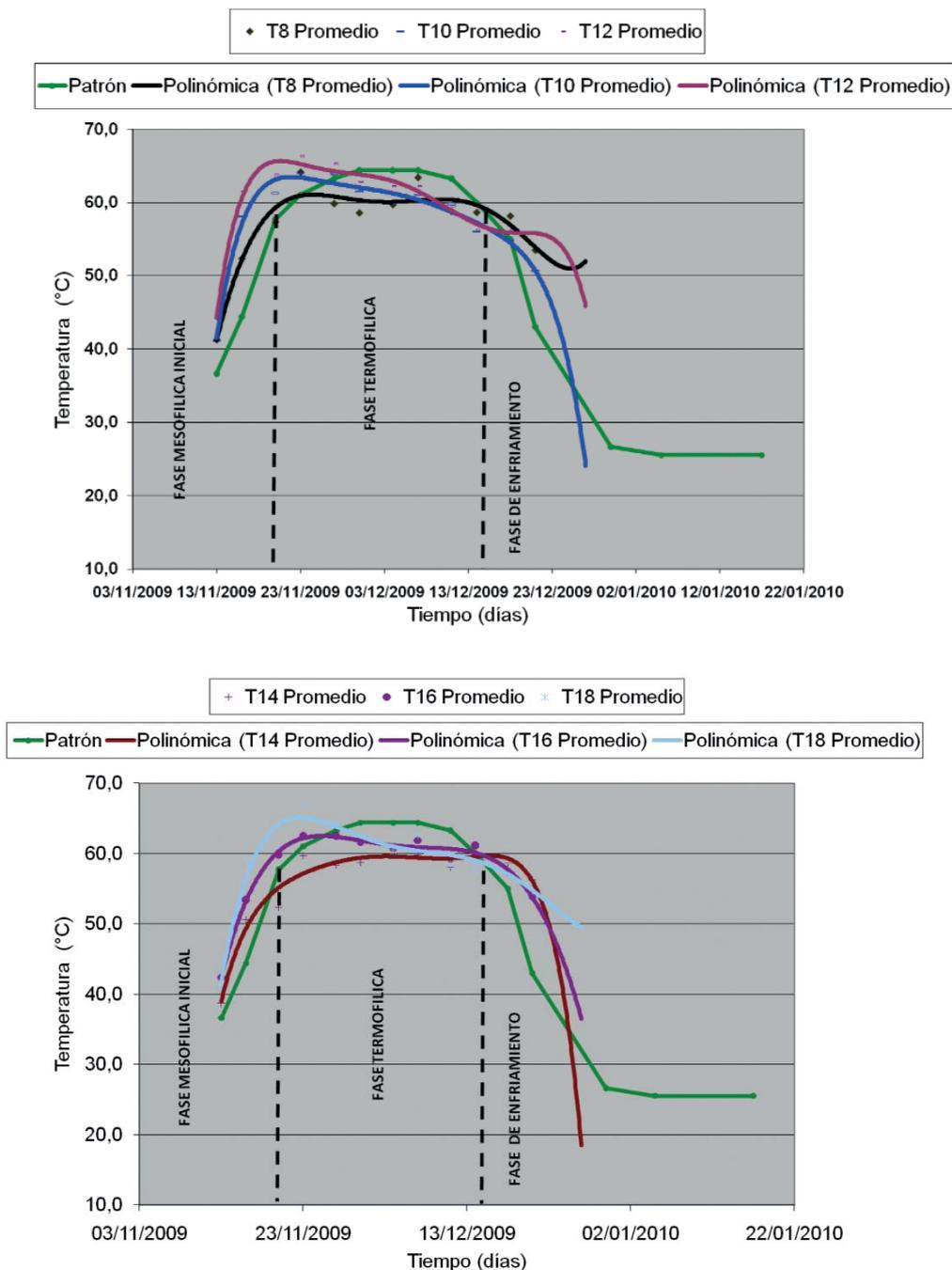
**Figura 3.** Variación del pH a través del tiempo.  
**A:** Tratamientos T2, T4 y T6; **B:** tratamientos T8, T10 y T12 y **C:** tratamientos T14, T16 y T18.

semanas de proceso todos los tratamientos incrementaron su temperatura por encima de los 60° C; incremento que se mantuvo por un lapso de cuatro semanas lo cual garantiza que el producto final no contenga microorganismos patógenos ni contaminantes. Ésta constituyó la etapa termofílica.

Luego, la temperatura presentó un descenso al finalizar dicha etapa para entrar a la última fase denominada “mesofílica” o “enfriamiento”. Sin embargo, los valores de temperatura no descendieron hasta los niveles de maduración [8, 14, 15, 16].



**Figura 4.** La explicación de la figura completa se encuentra en la próxima página



**Figura 4.** Variación de la temperatura a través del tiempo.

A: Tratamientos T2, T4 y T6; B: tratamientos T8, T10 y T1; C: tratamientos T14, T16 y T18.

## Evaluación de la calidad final del compost producido

### Macronutrientes

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a la relación de los macronutrientes (valor  $p > 0,5$ ) de acuerdo al tipo de formulación. Sin embargo, las formulaciones uno, con 25% de bagazo, 50% de cachaza y 25% de ceniza y tres, con 50% de bagazo, 25% de cachaza y 25% de ceniza tuvieron valores promedios de nitrógeno de 0,56% y 0,64%, respectivamente que son adecuados de acuerdo a la bibliografía [6].

### Micronutrientes

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a la relación de los micronutrientes (valor  $p > 0,5$ ) de acuerdo al tipo de formulación. Sin embargo, las formulaciones uno, con 25% de bagazo, 50% de cachaza y 25% de ceniza y tres, con 50% de bagazo, 25% de cachaza y 25% de ceniza, tuvieron contenidos promedios de Cu de 54,87 ppm y 27,47 ppm, respectivamente y contenidos promedios de Zn de 124,2 ppm y 113,5 ppm de Zn, respectivamente, los cuales se encuentran en el rango de la concentración máxima permitida de metales pesados referidos en la bibliografía [6].

## Humedad, Materia orgánica y Relación C/N

Desde el punto de vista del contenido de humedad, todos los tratamientos presentaron una disminución en la humedad. Sin embargo, en ningún tratamiento llegó a disminuir la humedad hasta finalizar en el porcentaje adecuado (30 y 40%) ya que los valores se encontraban entre el 41% y el 56%, [6, 8, 16] debido al alto contenido de humedad de los materiales a compostar.

De acuerdo a la relación C/N inicial, casi todos los tratamientos mostraron valores entre 21 y 27, que se encuentran en el rango para iniciar el proceso (20-30) [7, 14, 15], excepto T6, T8 y T14 con valores entre 13 y 17. Al finalizar el proceso los tratamientos T6 (formulación tres), T12 (formulación tres), T16 (formulación dos) y T18 (formulación tres) mostraron valores de relación C/N de 18,72, 30,98, 22,29 y 19,5, respectivamente, los cuales son los requeridos para compost final de acuerdo a la bibliografía [6].

De acuerdo al porcentaje de materia orgánica, los tratamientos T12 (formulación tres) y T18 (formulación tres) presentaron porcentajes finales dentro de los rangos (mayor o igual a 20%) con valores de 27,24%, y 20,84%, respectivamente [6].

## Población Microbiana

Todos los tratamientos mostraron una disminución en la cantidad de colonias debido a los cambios de temperatura durante el proceso que limitan el crecimiento y la supervivencia de algunos grupos de microorganismos [8, 14, 15, 16]. El tratamiento que más redujo su población inicial fue el testigo (sin agregado de microorganismos) en un 40%, seguido del tratamiento con microorganismos comerciales con 35% y, por último, el tratamiento con microorganismos locales con 9% de reducción de población microbiana.

## Cromatografía de Pfeiffer

Estos parámetros cualitativos mostraron una disminución general en el porcentaje de oxígeno y de materia orgánica debido a la mineralización del material compostado y, por ende, un aumento en la parte mineral [1, 5, 8, 13, 14]. Finalmente, en la capa enzimática todos los tratamientos mostraron una disminución debido a la actividad de los microorganismos en el proceso [3, 5].

## CONCLUSIONES

En la elaboración del compost resultó favorable el volteo de las pilas dos veces por semana, el empleo de un material fibroso como el bagazo en cantidades superiores a los otros materiales conjuntamente con la aplicación de microorganismos obtenidos y producidos artesanalmente por el nivel de descomposición demostrado, el contenido de materia orgánica y una relación C/N dentro de los rangos de aceptación de producto final. Esto podría ser una alternativa económicamente viable respecto a los costos de microorganismos comerciales; además de permitir la reutilización de materiales altamente contaminantes para obtener materia orgánica de alto valor como enmienda.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un tratamiento de secado a los materiales previo a su mezcla, especialmente a los materiales con alto porcentaje de humedad.
- Elaborar compost a partir de este tipo de materiales en época seca.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. AGREDA G., y DEZA M., Factores que condicionan el proceso de compostaje. (<http://www.uam.es>, verificado: 18 de enero de 2010).
- [2]. BRACK A. y MENDIOLA C., La contaminación ambiental, Enciclopedia "Ecología del Perú". (<http://www.peruecologico.com.pe>, verificado 05/ene/2010).
- [3]. COMPOSTADORES., Organismos que intervienen en el compostaje. (<http://www.compostadores.com>, verificado 05 de enero de 2010).
- [4]. EKINKI K., KEENER H., y ELWELL D., Effects of aeration strategies on the composting process: Part 1. Experimental studies. 2004; Trans. ASAE., 47(5): pp.1697-1708.
- [5]. FACULTAD DE CIENCIAS UNIVERSIDAD DE CHILE; Manual de laboratorio. Técnicas cromatográficas. Departamento de Química. Chile. 2009; ([www.cibe.espol.edu.ec](http://www.cibe.espol.edu.ec), verificado 08 de enero de 2010).
- [6]. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN); Norma para valorar la calidad de un compost NCh2880. Servicio agrícola ganadero. Chile. 2005; ([www.inn.cl](http://www.inn.cl), verificado 08 de enero de 2010).
- [7]. MELÉNDEZ G., Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. Costa Rica. 2003; pp.50-63.
- [8]. MORENO J., y MORAL R., Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 2007; pp. 93-285.
- [9]. SÁNCHEZ T., Caracterización Microbiológica del Proceso de Compostaje a partir de residuos azucareros. 2009; (<http://sian.inia.gob.ve>, verificado 08 de enero de 2010).
- [10]. SANCHEZ-MONEDERO M., ROIG A., PAREDES C., y BERNAL M., Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. 2001; Biores. Technol., 78(3): pp.301-308.
- [11]. SULER D., y FINSTEIN S., Effect of temperature, aeration, and Moisture on CO2 formation in bench-scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. Appl. Environ. Microbiol., 33(2): pp.345-350.
- [12]. SUNDBERG C., SMARS S., y JONSSON H., Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. 2004; Biores. Technol., 95(2): pp.145-150.
- [13]. SUQUILANDA M., Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. 1995; pp. 172-208.
- [14]. SZTERN D., y PRAVIA M., Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud. 1999; pp.11-35.
- [15]. VALENCIA P., SILVA J., LOPEZ P., Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. Cali-Colombia. pp. 1-13.
- [16]. VENTO M., Estudio sobre la preparación del compost estético y su calidad. Universidad de Camaguey-Instituto de suelos. Cuba. 2000; pp. 9-36.