

## Estudio de la biotransformación aeróbica de los desechos lignocelulósicos pergamino de café (*Coffea arabica* L.) y tallos de pasto guinea (*Panicum maximum*)

Study of aerobic transformation of lignocelulosic waste: coffee (*Coffea arabica* L.) and stem of guinea grass (*Panicum maximum*)

C. Madrid<sup>1</sup>, V. Quevedo<sup>1</sup> y E. Andrade<sup>1</sup>

### Resumen

Se midieron parámetros del compostaje y características de composts elaborados con : pergamino de café (P), tallos de pasto guinea (*Panicum maximum*) (G), desperdicios de frutas y hortalizas (FH) y estiércol de conejo (EC). Se mezclaron en las proporciones  $t_1$  (2/3 P + 1/3 EC),  $t_2$  (1/3 P + 1/3 FH + 1/3 EC),  $t_3$  (2/3 G + 1/3 EC),  $t_4$  (1/3 G + 1/3 FH + 1/3 EC). Se midió la temperatura durante el compostaje. Se determinó a los 84 días: carbono orgánico, nitrógeno total, amoniacal, nítrico, orgánico, C/N, pH, conductividad eléctrica y el índice de germinación del mastuerzo (*Lepidium virginicum*). La etapa termofílica en los compost con paja guinea duro 8 semanas en los de pergamino 11. En  $t_1$  y  $t_2$  el carbono orgánico (25,91; 24,34 %) y nitrógeno total (2,33; 2,05 %) fueron superiores a  $t_3$  y  $t_4$  (20,69; 15,24 %) y (1,70; 1,25 %) respectivamente indicando menor biodegradabilidad del carbono y pérdidas amoniacales en el pergamino de café. En  $t_2$  y  $t_4$  la adición de FH estimuló la biooxidación del carbono y la volatilización del nitrógeno respecto a  $t_1$  y  $t_3$ . Al finalizar el compostaje (84 días), la disminución de la temperatura, el pH entre 6,9 y 7,3 y el índice de germinación del mastuerzo ( $\approx 50$ ) indicaron adecuada maduración y calidad agrícola del compost, sin embargo, la baja relación C/N (11-12) y los niveles de salinidad (4,06 a 5,89 mS/cm) sugieren lo contrario.

**Palabras clave:** Bioproceso, aeróbico, compostaje, pergamino de café, pasto guinea, germinación, crecimiento radicular, abono orgánico.

---

Recibido el 12-11-1999 ● Aceptado el 27-04-2001

1. Universidad de los Andes. Núcleo "Rafael Rangel". Dpto. Cs. Agrarias. Trujillo. Edo. Trujillo oficina de Investigación y Postgrado., Avenida Carmona. Telefax: 072 - 362177 Villa Universitaria El Prado. 072 - 711230 - 711951. Proyecto de Investigación CDCHT - ULA . Código NURR - C - 203 -96- 02 - F

## Abstract

The composting parameters and composts characteristics were measured. The composts were elaborated with: coffee husks (C), stem of guinea grass (*Panicum maximum*) (G), waste of fruits and vegetables (FV) and rabbit manure (RM). These residues were mixed in the following proportions:  $t_1$  (2/3 C + 1/3 RM),  $t_2$  (1/3 C + 1/3 FV + 1/3 RM),  $t_3$  (1/3 G + 1/3 FV + 1/3 RM). The temperature was measured during composting. After 84 days of composting it was determined: organic carbon, total, nitric, amoniacal and organic nitrogen, C/N ratio, pH, electric conductivity and the germination index of mastuerzo (*Lepidium virginicum*). In  $t_1$  and  $t_2$  the organic carbon (25,91; 24,34 %) and total nitrogen (2,33; 2,05 %) were higher with respect  $t_3$  and  $t_4$  (20,69; 15,24 %) and (1,70; 1,25 %) respectively this indicates lower biodegradability of organic carbon and loss of amoniacal nitrogen in the coffee husk composts. In  $t_2$ ,  $t_4$  the addition of FV increase the carbon oxidation and volatilization of nitrogen with respect to  $t_1$  and  $t_3$ . In the end of composting (84 days) the lowest temperature, pH values between 6,9 and 7,3 and the germination index <sup>3</sup> 50 indicates the maturation and adequate agricultural quality of the composts; however, the low C/N ratio (11-12) and the salinity levels (4,06 to 5,89 mS/cm) suggest the opposite.

**Key words:** Bioprocess, aerobic, composting, coffee husks, guinea grass, germination, radicular growth, organic manure.

## Introducción

La productividad de los suelos agrícolas declina en muchos casos debido a la aplicación de prácticas inadecuadas que incrementan la erosión, pérdida concomitante de la materia orgánica y minerales esenciales para la producción vegetal. Una estrategia para restaurar, sostener y estabilizar la productividad de los sistemas agrícolas, es el uso eficiente de los abonos orgánicos como mejoradores de la fertilidad y laborabilidad de los suelos.

La obtención de biofertilizantes mediante la conversión biológica y aeróbica de residuos orgánicos en forma controlada se denomina compostaje, esta técnica asiática es muy antigua, consiste en mezclar restos vegetales y

animales, bajo condiciones de humedad y aireación favorables a la actividad de los microorganismos descomponedores encargados de convertir los constituyentes orgánicos en compuestos humificados (7).

El compostaje representa una alternativa agroambiental valiosa para resolver problemas de contaminación del entorno causados por la acumulación de desechos y a la vez producir, a bajo costo, abonos orgánicos denominados composts ricos en compuestos húmicos que una vez incorporados al suelo benefician sus características físicas, químicas y biológicas incrementando, en consecuencia, la productividad de los cultivos.

La calidad de los composts no siempre satisface los requerimientos agrícolas. Se han creado índices que orientan sobre el valor agronómico de estos biofertilizantes. Los criterios para evaluar la calidad en general y la maduración en particular, se basan en la medición de las características físicas (evolución de la temperatura, humedad, granulometría), químicas (nivel y forma de los elementos minerales, presencia de compuestos odoríferos, metales pesados, grado de humificación) y pruebas biológicas que estiman el grado de toxicidad en plantas cuando los composts se utilizan como sustratos hortícolas. Debido a la variable composición química de los materiales de partida, métodos de análisis y adaptabilidad a un determinado propósito agrícola, no ha sido posible uniformizar ni precisar las normas de calidad en composts a nivel internacional (12). En todo caso, Zucconi y De Bertoldi (29), Senesy (22), Harada et al., (13) coinciden al afirmar que un compost de apropiada calidad es aquel que ha alcanzado la etapa de

maduración, en la cual la materia orgánica ha evolucionado hacia formas estabilizadas denominadas sustancias húmicas, el aspecto físico es granulado homogéneo, color marrón oscuro, olor a tierra húmeda, seguro desde el punto de vista sanitario y los nutrimentos estarán disponibles a las plantas después de un proceso gradual de mineralización.

Los estudios a nivel científico del compostaje de la materia orgánica son escasos en Venezuela, aunque Ollarves y Rodríguez (17); Ferrer et al., (10) Leal y Madrid (14) han reportado resultados de sus investigaciones en residuos de diverso origen, se hace necesario implementar las metodologías, definir los parámetros útiles para evaluar la evolución del compostaje y la calidad agrícola del producto final

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la naturaleza de los residuos orgánicos y la proporción utilizada en el proceso de biodegradación y en los parámetros de calidad del compost.

## Materiales y métodos

En la Unidad de Producción Integrada (UPI), parcela experimental agrícola adscrita al Núcleo "Rafael Rangel" - Trujillo, se elaboraron composts según el método de la Pila de Indore (23). Los desechos se apilaron bajo techo y sobre piso de cemento para reducir la pérdida de nutrientes por lavado y evitar el sobrehumedecimiento durante las lluvias. Se colocaron capas alternas de material vegetal lignocelulósico resistente a la

descomposición como el pergamino de café y los tallos de pasto guinea (*Panicum maximum*) y excreta de conejo, este residuo animal se incorporó con la finalidad de suministrar nitrógeno y microorganismos activos. En dos de las condiciones a evaluar  $t_2$  y  $t_4$  (cuadro 1), se incorporó una capa con restos de frutas y hortalizas (plátanos y tomates no comerciales) ricos en almidones y azúcares de fácil biodegradación. Las pilas alcanzaron una altura de 1.5

**Cuadro 1. Proporción y cantidad de residuos orgánicos mezclados por tratamiento**

Tratamiento	Residuo				Cantidad de residuo (Kg)
	Pergamino de café (P)	Pasto Guinea (G)	Frutas y Hortalizas (Plátanos, tomates) (FH)	Excretas de conejo (EC)	
t <sub>1</sub> = P + EC	2/3	-	-	1/3	600 : 300
t <sub>2</sub> = P + FH + EC	1/3	-	1/3	1/3	300: 300: 300
t <sub>3</sub> = G + EC	-	2/3	-	1/3	600 : 300
t <sub>4</sub> = G + FH + EC	-	1/3	1/3	1/3	300: 300: 300

metros. Se dispuso en el eje central del montón de residuos una estaca central de madera a fines de garantizar la ventilación y condiciones suficientemente aeróbicas. A fines de mantener la humedad en el rango 50 a 60 %, considerado favorable a la actividad microbiana (27), se suministró riego con aspersores intermitentes a los montículos de residuos y se cubrieron con sacos de sisal para reducir la deshidratación y conservar el calor generado durante la descomposición.

La proporción y cantidad de residuos orgánicos correspondientes a cada tratamiento se expresan en el cuadro 1. Se observa en  $t_1$  y  $t_3$  un mayor contenido de material vegetal rico en celulosa y lignina respecto a  $t_2$  y  $t_4$ . Los tratamientos con pergamino de café se voltearon a los 14, 22, 44, 54, 74 y 82 días de compostaje, aquellos con paja guinea a los 14, 22, 38, 45, 56 y 70 días.

La temperatura se midió cada dos días introduciendo hasta el centro de la pila un termómetro de vidrio de escala 0 a 100 °C. La humedad se midió cada tres días por el método gravimétrico (5)

A las doce semanas - 84 días de compostaje- el volteo de los residuos no causó aumento de la temperatura hasta el rango (45 - 60 °C), por lo tanto, se consideró finalizada la etapa termofílica del proceso e iniciada la fase posterior de maduración.

Para realizar las determinaciones químicas se tomó en la fase de maduración una muestra de 1 kilogramo de compost, se secó al aire por 48 horas, se trituro y se pasó por un tamiz de 2mm para uniformizar el tamaño de las partículas. Se replicaron

cuatro veces los análisis.

Las características químicas y su correspondiente método de análisis se expresan a continuación: C = Carbono orgánico (%) : Digestión ácida (3)

Nt = Nitrógeno Total (%) : Kjeldhal modificado (5)

Nn = Nitrógeno nítrico(%) : Colorimetría (24)

Na = Nitrógeno amoniacal(%): Destilación del amoníaco en ácido bórico y

titulación con HCl (20)

No = Nitrógeno orgánico (%) : No = Nt - (Nn + Na)

pH Potenciometría 1:2.5 p/v (20)

CE = Conductividad eléctrica (mS/cm): Electrometría. Extracto acuoso (1:5)

Se determinó el Índice de Germinación creado por Zucconi et al. (28) para evaluar el grado de estabilización de los composts. La prueba mide el efecto del extracto acuoso sobre la germinación del mastuerzo (*Lepidium virginicum*). Se seleccionó esta especie debido a que germina rápidamente y es particularmente sensible a las fitotoxinas generadas por la materia orgánica en descomposición. El procedimiento consiste en mezclar 40 gramos de compost por litro de agua, después de vibración, centrifugación y filtrado se obtiene un extracto acuoso, se hacen germinar en cápsulas de Petri 10 semillas de mastuerzo en 3ml del extracto. Esta prueba biológica se aplicó a los cuatro composts señalados en el cuadro 1. En el testigo o control se hicieron crecer las semillas en agua destilada. A fines de ampliar la comparación de los resultados, se incluyó un tratamiento con extracto

acuoso de excreta de conejo fresca. El diseño experimental correspondió a un completamente aleatorizado, seis tratamientos, cuatro repeticiones. Se midió el porcentaje de germinación y la longitud radicular siete días después de iniciada la prueba.

Se calculó el Índice de Germinación creado por Zucconi como sigue:

$$IG = \frac{\% gm \times lrm}{\% gc \times lrc} \times 100$$

Si  $IG \geq 50$   $\bar{P}$  maduración.

gm = germinación muestra  
lrm = longitud radicular muestra  
gc = germinación control  
lrc = longitud radicular control

Se calculó la media y la desviación estándar de los datos provenientes de las características químicas. En el ensayo de germinación se analizó la varianza de acuerdo a clasificación de una vía, para separar las medias se aplicó la prueba de amplitud múltiple de Duncan (21)

## Resultados y discusión

### Temperatura.

La temperatura inició su ascenso 24 horas después de elaboradas las pilas. Se cumplieron las fases mesofílica, termofílica y de enfriamiento posterior, lo cual es un aspecto decisivo para la adecuada maduración y pasteurización del compost (8, 18, 19).

El primer volteo estimuló la biodegradación en todos los tratamientos, pero de una manera más acentuada en  $t_2$  y  $t_4$  mezclados con residuos de frutas y hortalizas ricos en compuestos fácilmente alterables como azúcares, aminoácidos, almidón (Figuras 1 y 2), sin embargo, a los 22 días de compostaje, después de agotarse este tipo de componentes, la temperatura de estas mezclas disminuyó respecto a los composts  $t_3$  y  $t_4$  preparados con mayor proporción de residuos lignocelulosicos de lenta descomposición. A partir de los 56 días (8 semanas) en los composts con paja guinea no incrementó la temperatura hasta el rango termofílico, indicando el inicio de la fase de maduración, por

el contrario, al utilizar el pergamino de café esta etapa no se logra sino a los 76 días (11 semanas) de compostaje.

### Carbono orgánico.

En el cuadro 2 se observa un mayor contenido de carbono orgánico en los tratamientos  $t_1$  y  $t_2$  en los cuales se utilizó pergamino de café como residuo lignocelulosico, respecto a  $t_3$  y  $t_4$  mezclados con paja guinea. Esto indicaría que la biodegradación oxidativa del carbono es menos intensa en el primer residuo respecto al segundo. En este sentido, Luiz (15) refiere la elevada concentración de lignina y fibra cruda en el pergamino de café, lo cual sugiere la necesidad de precompostarlo para acelerar el proceso de bioconversión aeróbica.

Las diferencias observadas pueden obedecer a la naturaleza del carbono orgánico presente en los residuos o al manejo de los factores del compostaje, tamaño de partícula, aireación y humedad fundamentalmente.

En un mismo tipo de residuo lignocelulósico pergamino de café o

**Cuadro 2. Características químicas de los composts según el tipo y proporción de residuo**

Características	Tratamientos			
	t <sub>1</sub> E + EC	t <sub>2</sub> P + EH + EC	t <sub>3</sub> G + EC	t <sub>4</sub> G + FH + EC
Carbono orgánico *	25,91 ± 7,28	24,34 ± 10,91	20,69 ± 5,38	15,24 ± 3,97
Nitrógeno total *	2,33 ± 0,65	2,05 ± 0,82	1,70 ± 0,77	1,25 ± 0,49
Nitrógeno nítrico *	0,008 ± 0,002	0,004 ± 0,003	0,003 ± 0,001	0,002 ± 0,001
Nitrógeno amonico *	0,031 ± 0,01	0,022 ± 0,006	0,018 ± 0,003	0,017 ± 0,004
Nitrógeno orgánico *	2,29 ± 0,01	2,02 ± 0,01	1,68 ± 0,01	1,23 ± 0,01
% Nitrógeno orgánico	98,28	98,5	98,82	98,4
Relación C/N	11	19	12	12
PH	6,9 ± 0,1	7,0 ± 0,1	7,0 ± 0,2	7,3 ± 0,3
Conductividad electrica (mS/cm)	5,89 ± 0,03	4,78 ± 0,1	4,08 ± 0,1	4,06 ± 0,02

\* Porcentaje en base seca

± Representa la desviación estándar (n = 4)

tallos de pasto guinea, se observa que la adición de desperdicios de frutas y hortalizas estimulo la actividad microbiana, la mineralización del carbono, en consecuencia, el porcentaje de carbono orgánico resultó inferior en  $t_2$  respecto a  $t_1$  y en  $t_4$  comparado con  $t_3$ . La disminución es más marcada en paja guinea respecto a pergamino de café.

El contenido de carbono orgánico presente en los composts con pergamino de café, 25,9 y 24,3 %, son superiores al rango entre 13 y 18 % observado por Leal y Madrid (14) al compostar este mismo residuo, la disparidad de valores se debe a diferencias en los procedimientos para determinar el carbono y el manejo de los factores del compostaje. En los composts con tallos de pasto guinea, los niveles de carbono orgánico encontrados 20,69 y 15,24 % son menores al valor 24,59 % observado por Vall et al., (25) en composts de 112 días elaborados con paja de trigo y excretas de conejo en una proporción 1 a 3 (v / v), lo cual indica que en las mezclas evaluadas en este estudio hubo condiciones más favorables para la mineralización del carbono.

### **Nitrógeno total.**

Aunque la proporción de excreta animal utilizada como fuente de nitrógeno fue igual en todos los tratamientos, en las mezclas con pasto guinea se observó menor contenido de este elemento, lo cual indicaría mayor pérdida de nitrógeno en forma amoniacal respecto al pergamino de café. Los aumentos de pH y nivel de nitrógeno inorgánico en los materiales de partida, la dsiminución de la humedad, son factores que favorecen las pérdidas de nitrógeno amoniacal de

la masa de residuos en descomposición (2). Deben reducirse las emisiones de amonio durante el compostaje porque disminuye el valor fertilizante del bioabono y se contamina el ambiente.

Se observa que en un mismo tipo de residuo lignocelulósico, el porcentaje de nitrógeno total tendió a disminuir al incorporar a la mezcla desechos frescos de frutas y hortalizas (plátanos, tomates), este factor estimuló la actividad microbiana, los cambios de pH y pérdidas de nitrógeno amoniacal. Cabe señalar que la volatilización del amonio representa el 92 % de las perdidas de nitrógeno en composts (9).

Los valores de nitrógeno total encontrados en  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$ ; se encuentran en el rango 1,35 a 4 % referido por Harada et al.,(13) para composts elaborados con excreta animal y son comparables al valor 1,75 % reportado por Vall et al., (25) en composts a base de excreta de conejo.

### **Relación N - $\text{NH}_4^+$ / N- $\text{NO}_3^-$**

Los niveles de nitrógeno amoniacal no superan el límite máximo 0.04 % señalado por Zucconi y De Bertoldi (29) para un compost maduro, los valores del cociente nitrógeno amoniacal / nítrico señalados en el cuadro 2, son mayores a la unidad indicando predominio de la forma amoniacal respecto a la nítrica, lo cual es indicativo de materiales orgánicos no estabilizados procesos de descomposición anaeróbicos.

La disminución del pH y la relación N- $\text{NH}_4^+$  / N- $\text{NO}_3^-$  observado en  $t_1$ , indica el desarrollo de la nitrificación debido al fenómeno de la proteolisis. Charpentier y Vassout (6) observaron aumento de la nitrificación al quinto mes de compostaje de residuos

urbanos.

El rango de la relación nitrógeno amoniacal / nítrico, 3.88 a 8.5 es considerablemente superior al valor 0.14 referidos en composts de corteza de pino y lodo industrial de soya (26), sin embargo, Chanyasak et al., (4) han encontrado en composts de residuos urbanos valores para este cociente entre 7.5 y 7.9, comparables a los observados en los bioabonos con paja guinea.

### **Nitrógeno orgánico.**

Los microorganismos al descomponer el carbono retienen nitrógeno para sintetizar las proteínas que constituyen su biomasa. El nitrógeno en forma orgánica estará disponible para las plantas después de un proceso gradual de mineralización. Senesy (22) recomienda que al menos el 90 % del nitrógeno en los composts se encuentre en forma orgánica para reducir las pérdidas por lixiviación o volatilización. Más del 98 % del nitrógeno total en los composts preparados en este ensayo, se encuentra en forma orgánica, cumpliendo la recomendación antes señalada (cuadro 2). Cabe destacar que estos composts no satisfacen las necesidades inmediatas de nitrógeno en las etapas iniciales del crecimiento de las plantas, en este caso, deben aplicarse formas nitrogenadas de rápida biodisponibilidad.

### **Relación carbono / nitrógeno.**

Los valores de la relación C/N - 11 y 12 - observados en el cuadro 2, son inferiores al rango 18 a 22 considerado óptimo para la actividad de los microorganismos por Verdonck y Pennick (26), aunque Kichl citado por Gámez (11) refiere que los

microorganismos utilizan generalmente 30 partes de carbono por una parte de nitrógeno. El nivel de carbono orgánico respecto al nitrógeno total obtenido en las mezclas compostadas, se considera insuficiente como sustrato y fuente de energía para la biomasa microbiana lo cual limita su actividad biológica.

García et al., (12) evaluaron el comportamiento de los índices de maduración en composts elaborados con lodos activados ricos en nitrógeno, observaron que la relación C/N aumentó desde 11 hasta estabilizarse en 20 a medida que avanzó el proceso del compostaje.

### **pH.**

El pH Determinado en los composts, entre 6,9 y 7,3, se ubicó en el intervalo 6 a 8 señalado por Zucconi y De Bertoldi (29) para estos abonos orgánicos y se considera adecuado para la actividad microbiana.

El pH resultó ligeramente inferior en  $t_1$ , esto se relaciona con el nivel de nitrógeno nítrico como se señaló anteriormente.

El pH es una característica química fuertemente afectada por el tipo de iones aportados por los materiales de partida según refieren García et al., (12), sin embargo, no se observaron marcadas diferencias en el pH al variar la proporción y tipo de residuo mezclados en los tratamientos.

### **Conductividad eléctrica.**

El nivel de concentración de sales en la fase líquida del compost tomó valores entre 4.06 y 5.89 mS/cm, los cuales son inferiores al rango observado por Atallah et al., (1) - entre 6.49 y 6.99 mS/cm - en composts de 3 meses de edad preparados con excretas

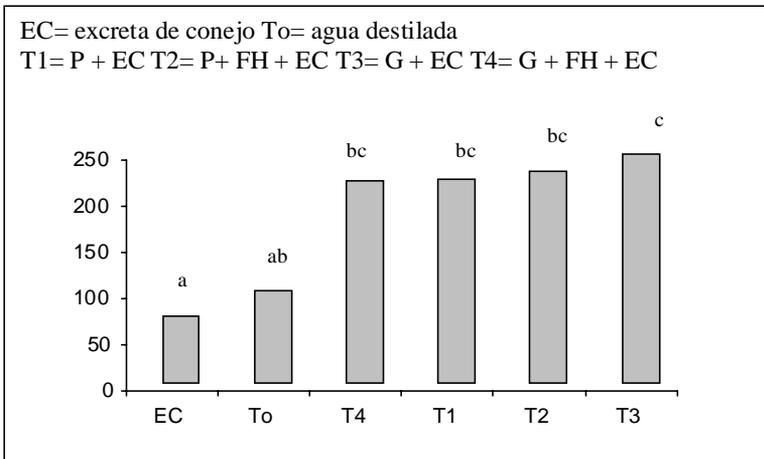
de bovino. Verdonck y Pennick (26) recomiendan cuando la conductividad eléctrica es mayor a 5.5 mS/cm , prolongar el período de compostaje para disminuir el contenido de sales y el riesgo de daño a los cultivos.

Prueba de germinación de semillas de mastuerzo (*Lepidium virginicum*)

A los siete días el Índice de Germinación (IG) resultó superior a 50 en todas las muestras. Las semillas que crecieron en los extractos acuosos de los composts exhibieron un IG significativamente superior al tratamiento con excretas de conejo (figura 1), lo cual indica que el proceso de compostaje causó la disminución de sustancias tóxicas que retrasan la germinación y el crecimiento radicular. El valor reducido de IG en el caso

de las excretas de conejo orienta sobre la presencia de fitotoxinas asociadas a la inestabilidad de la materia orgánica en descomposición.

En este sentido, Marambe y Ando (16) reportan correlación alta y negativa entre el contenido total de ácidos fenólicos en bioabonos de excreta animal y la absorción de agua ( $r = -0,88^{**}$ ), la tasa de germinación ( $r = -0,81^{**}$ ) y la actividad de la  $\alpha$ -amilasa ( $r = -0,82^{**}$ ), lo cual significa que los ácidos fenólicos pueden ser uno de los principales inhibidores de la germinación de la semilla. Estos autores afirman que los residuos animales contienen sustancia promotoras e inhibidoras de la germinación cuyo balance determina su efecto sobre la semilla



Barras con la misma letra no difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

**Figura 1. Índice de Germinación de semillas de mastuerzo en extractos acuosos de bioabonos**

## Conclusiones

La incorporación de residuos frescos de frutas y hortalizas (plátanos y tomates no comerciales) aumentó la temperatura al inicio del compostaje en los composts con pergamino de café y tallos de pasto guinea. En ambos casos se cumplió la etapa mesofílica, termofílica y de enfriamiento posterior, sin embargo, en el primer residuo la etapa termofílica tuvo mayor duración que en el segundo.

El contenido de carbono orgánico y nitrógeno total resultó superior en los composts con pergamino de café. La adición de restos de frutas y hortalizas, ricos en material carbonáceo lábil estimulante de la actividad microbiana, disminuyó los niveles de estas características químicas aunque de una manera menos acentuada en las mezclas con pergamino de café, lo cual orienta sobre una menor biodegradabilidad del carbono y pérdidas de nitrógeno amoniacal en este residuo.

El predominio de nitrógeno amoniacal respecto al nítrico causó que la relación  $N-NH_4^+ / N-NO_3^-$  tomara valores mayores a la unidad, indicando la inestabilidad de los componentes nitrogenados orgánicos a los 84 días después de haberse iniciado el proceso

de compostaje o condiciones de descomposición anaeróbicas.

La baja relación C/N, 11 - 12, indica que el nivel de carbono orgánico respecto al nitrógeno total es insuficiente para el adecuado crecimiento de los microorganismos.

El rango de pH es favorable a la actividad microbiana aunque ligeramente inferior en  $t_1$ , lo cual se relaciona a mayor nivel de nitrógeno nítrico en este tratamiento.

Los extractos acuosos de los composts no inhibieron el índice de germinación en la planta indicadora mastuerzo, lo cual indica que el compostaje redujo las sustancias fitotóxicas producidas por la materia orgánica en descomposición, mientras que la excreta de conejo redujo significativamente este parámetro.

A los 84 días cuando finalizó el período de compostaje la temperatura disminuyó por debajo del rango termofílico (45 - 60 ° C), el pH tomó valores favorables para la actividad microbiana, el índice de germinación fue mayor que 50, estos parámetros indican adecuada calidad agrícola de los composts, sin embargo, la baja relación C/N y los niveles de salinidad sugieren lo contrario.

## Literatura citada

1. Atallah T., F. Andreux, T. Chone and F. Gras. 1995. Effect of storage and composting on the properties and degradability of cattle manure. *Agric. Ecosystems Environ.* 54. 203 - 213.
2. Ballesteros T. and P. Douglas. 1996. Comparison between the nitrogen fluxes from composting farm wastes and composting yard wastes. *Transactions of the ASAE (USA)*. V.39(5): 1709-1715.
3. Ciavatta C. L., L. Antisari and P. Sequi. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Commun. In Soil Sci. Plant. Anal.* 20 (7-8): 759-773.
4. Chanyasak V., A. Katayama, M. Hirai, M. Satoshi and H. Kubota. 1983. Effects of compost maturity on growth of Komatsuna (*Brassica rapa var pervidis*) in Neubauer's pot. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 29(3):239-250.
5. Chapman H. 1981. Métodos de análisis para suelos y plantas. Trillas. Mexico. 120 p.
6. Charpentier S., and F. Vassout. 1985. Soluble salt concentration and chemical equilibria in water extracts from town refuse compost during composting period. *Acta Hort.* 172: 87 - 94.
7. Datzell H., A. Biddlestone, K. Gray and K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos FAO* no. 56. Roma 312 p.
8. De Bertoldi M., G. Vallini and A. Pera. 1983. The Biology of Composting: A Review: Waste Management. *Res.* (1):156-176.
9. Eghball B., J.F. Power, J.E. Gilley and J.W. Doran. 1997. Nutrient, carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *J. Environ Quality.* (USA), 26(1):189-198.
10. Ferrer J., Páez G., Martínez E., Chandler C., Chirinos M. y Z. Mármol. 1997. Efecto del abono de bagazo de uva sobre la producción de materia seca en el cultivo del maíz (*Zea mays* L). *Rev. Fac. Agron. LUZ*, 14: 55-65.
11. Gámez E. 1996. Planificación del manejo físico ecológico de desechos orgánicos generados en la Unidad de Producción Integrada (UPI). Núcleo "Rafael Rangel". ULA. Tesis de pregrado Ingeniero Agrícola. 100p.
12. García C., F. Hernández, M. Costa y M. Ayuso. 1992. Evaluation of the maturity of municipal composts using simple chemical parameters. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 23 (13 & 14), 1501 - 1512.
13. Harada Y., K. Haga, T. Osada and M. Koshino. 1993. Quality of compost produced from animal wastes. *JARQ (Japan)* 26(4):238-246.
14. Leal N., y C. Madrid de C. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Trop.* 48(3):335-357.
15. Luiz E. 1987. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos. INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá) 80 p.
16. Marambe B., and T. Ando. 1992. Phenolic acids as potential seed germination inhibitors in animal waste composts. *Soil. Sci. Plant. Nut.*, 38(4): 727-733.
17. Ollarves Z. y N. Rodriguez. 1995. Determinación de macro y micronutrientes obtenidos en componentes de origen vegetal y animal. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Programa de Agronomía. En: Programas y resúmenes de trabajos XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. 126 p.

18. Pereira J. and E. Stentiford. 1992. A low cost controlled windrow system. *Acta Hort.* 302:141-152.
19. Poincelott R. 1972. The biochemistry and methodology of composting: Connecticut Agric. Exp. Sta. Bull. 727. New Haven. Connecticut.
20. Rodier J. 1981. Análisis de las aguas: naturales, residuales y de mar. Omega. Barcelona. 232 - 236.
21. Steel R. y J. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Edit. Presencia. 622 p.
22. Senesy M. 1989. Composted materials as organic fertilizers. *Sci. Total Environ.*, 81/82:521-542.
23. Seymour J. 1980. El Horticultor Autosuficiente. E.d. Blume. 1era Edic. Barcelona. España. 85 p. pag 80 -90.
24. Tincknell R.C. 1992. Estudio de los suelos venezolanos. Fundación Shell. Cagua. Aragua. 110-116
25. Vall LL, J. Voltas, M. Pujola and M. Soliva. 1992. Rabbit manure composting. *Acta Hort.* 302:153-166.
26. Verdonck O. and R. Pennick. 1985. The composting of bark with soy scrap sludge. *Acta Hort.* 172: 183-187.
27. Willson J., J. Parr and J. Sikova. 1980. El compostaje de residuos orgánicos y la utilización del composte en la agricultura. Boletín de suelos FAO no.51. Roma 100 p.
28. Zucconi F., A. Pera, M. Forte and M. De Bertoldi. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle.* 22:54-57.
29. Zucconi F. and M. De Bertoldi. 1987. Specifications for solid waste compost. *Biocycle.* May - June:56-61.