



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE EXCRETAS DE CERDO SECAS Y MADURAS PROVENIENTES DE TRES NIVELES DE ENERGÍA

[CHEMICAL CHARACTERIZATION OF PIG MANURE DRY AND MATURE ORIGINATING FROM THREE LEVELS OF ENERGY]

Emilio Raymundo Morales Maldonado^{1*}, Wilberth Trejo Lizama¹,
Ronald Herve Santos Ricalde¹, Héctor Manuel Bacab Pérez

¹Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil, Km. 15.5, C.P. 97100. Mérida, Yucatán, México. *E-mail: emramoma@hotmail.com

*Corresponding author

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar las condiciones óptimas de la dieta que permitan generar excretas de cerdos con una composición química más acorde a las necesidades de los abonos orgánicos. Se utilizaron 12 cerdos sometidos a tres niveles de energía metabolizable de mantenimiento (EM_m): alto (3.5 EM_m), medio (2.5 EM_m) y bajo (1.5 EM_m). Una parte de las excretas recolectadas se composteó hasta su maduración. Se utilizó un diseño factorial y los datos se analizaron con el estadístico SAS versión 9.0. Las variables fueron: consumo de alimento y pasto, producción de excretas, Nitrógeno total, Carbono, temperatura, pH y relación C/N. El mayor consumo de alimento correspondió al nivel alto (1.112 kg día⁻¹), en cuanto al consumo de pasto fue mayor en los niveles de energía bajo y medio (0.103 y 0.095 kg día⁻¹), siendo el mayor consumo total de materia seca (MS) para el nivel alto (1.197 kg día⁻¹). La producción de excretas fue mayor en los niveles de energía bajo y medio (0.298 y 0.295 kg día⁻¹). Durante el composteo los niveles alto y medio alcanzaron las temperaturas más altas (60 °C) a los 21 días, mientras que en el nivel bajo fue de 58 °C. En cuanto al pH, no se encontraron diferencias. Entre los niveles de energía, la relación C/N fue mayor ($P \leq 0.05$) en el nivel bajo de energía con 10.0. La excreta madura tuvo una mayor ($P \leq 0.05$) relación C/N con 10.6:1, comparado con el 8.1:1 de la excreta seca.

Palabras clave: Cerdo Pelón Mexicano; proceso de composteo; Nitrógeno y Carbono total.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de alternativas a los fertilizantes sintéticos inorgánicos, en los últimos años han cobrado importancia los abonos orgánicos; sin embargo, a pesar de que existe mucha información de

SUMMARY

The objective of this study was to determine the optimal conditions of the diet that will generate excreta of pigs with a chemical composition more suited to the needs of organic fertilizers. Twelve pigs were subjected to three levels of maintenance metabolizable energy (EMM): high (3.5 EMM), medium (2.5 EMM) and low (1.5 EMM). A portion of the excreta was collected composting to maturity. Factorial design was used and data were statistically analyzed using SAS version 9.0. The measured variables included feed and grass intake, manure production, total nitrogen, carbon, temperature, pH and C/ N ratio. The highest feed intake was corresponded to the high energy level (1.112 kg/d), while the low and medium energy levels had higher grass/forage intake values (0.103 and 0.095 kg/day). The high energy level recorded increased total dry matter (DM) consumption (1.197 kg/day), while the excreta production was higher in the low and medium energy levels (0.298 and 0.295 kg/day). During the 21 days of composting period, the high and medium energy levels recorded higher temperatures (60 °C) versus the low energy group (58 °C). Regarding the pH, no significant differences were detected. Among the tested energy levels, the low level showed highest C/N ratio (10.0:1). The mature excreta had higher C/N ratio (10.6:1) as compared to the dry excreta (8.1:1).

Keywords: Mexican hairless pig; composting process; nitrogen and total carbon.

su valor (Romero *et al.*, 2000; Cervantes *et al.*, 2007), las modificaciones en la alimentación de los animales han sido poco estudiadas. En México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentra en aplicar fertilizantes químicos principalmente a base de Nitrógeno, lo que ocasiona graves problemas

ambientales y ecológicos; como la contaminación de aguas subterráneas por nitratos (Ju *et al.*, 2006; Thorburn *et al.*, 2003).

Diversas ventajas se han descrito de los abonos orgánicos tales como la mejora de las características físicas y químicas de los suelos restituyendo sus nutrimentos. En este sentido, las excretas porcinas poseen los nutrimentos que requieren las plantas para su crecimiento y desarrollo, además de representar un recurso valioso que puede reemplazar los insumos costosos en la producción de forrajes y otro tipo de cultivos (Cervantes *et al.*, 2004).

Sin embargo, la composición química de las excretas, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Cervantes *et al.*, 2007). Una alternativa, es regular el nivel de energía metabolizable de mantenimiento (EM_m) para cambiar la composición química de las excretas de cerdo.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las condiciones óptimas de la dieta que permitan generar excretas de cerdos con una composición química más acorde a las necesidades de los abonos orgánicos. Se utilizó al Cerdo Pelón Mexicano, ya que es una raza de alto engrasamiento y de baja retención de Nitrógeno por lo que se puede someter a diferentes niveles de EM_m en la dieta, para regular el engrasamiento y composición corporal a diferencia de los cerdos mejorados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (CCBA-UADY), ubicado en el kilómetro 15.5 de la carretera Mérida-Xmatkuil, en el paralelo 20° 51' 57.36" Latitud Norte y el meridiano 89°37' 23.04" Longitud Oeste. El clima es Aw subtipo (Aw_o), denominado como cálido subhúmedo, con lluvias en verano (mayo-julio). La temperatura media anual es de 26.6 °C, con un intervalo de variación de 3.3 °C; la temperatura máxima varía entre 34.6 y 38.1 °C y la temperatura mínima se ubica entre 12.6 y 17.7 °C. La precipitación pluvial media anual es de 900 mm, distribuida en 85 % entre marzo y octubre y del 15-20 % en noviembre y abril (Flores, 1994).

Conducción del experimento. Se utilizaron 12 Cerdos Pelón Mexicano (CPM) que fueron distribuidos al azar en tres niveles de EM_m kg^{-1} de peso vivo, siendo: nivel alto de 3.5 veces EM_m , nivel medio de 2.5 veces EM_m y nivel bajo de 1.5 veces EM_m . Se ofreció pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* L.) *ad libitum* proporcionándoles al menos 15 % por

encima del consumo a todos los animales. Las dietas que se utilizaron se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingredientes y composición del alimento concentrado utilizado.

Ingrediente	Concentración de energía en la dieta		
	Alto	Medio	Bajo
Soya	26	22	19
Sorgo	71	49	25
Salvado de trigo	0	25	51
Aceite vegetal	1	2	3
Calcio	1.30	1.30	1.30
Ortofosfato	0.05	0.05	0.05
Sal	0.27	0.27	0.27
Vitaminas	0.25	0.25	0.25
Minerales	0.05	0.05	0.05
Composición			
E.M. (Kcal kg^{-1})	3300	3000	2700
Proteína (%)	18.0	18.0	18.0

E.M.=Energía metabolizable

Consumo de alimento. El consumo de alimento se ajustó cada quince días, según el peso de los animales y su correspondiente nivel de EM_m , mientras que el consumo de pasto se obtuvo por diferencia entre lo que se ofreció y se rechazó.

Producción de excretas. Las excretas recolectadas de los 12 cerdos se vaciaron en charolas de aluminio que permanecieron bajo sombra y cubiertas con láminas galvanizadas durante tres días para eliminar el exceso de humedad y registrar su peso en una báscula digital. Hecho lo anterior, las excretas se vaciaron en bolsas de papel periódico previamente etiquetadas que se depositaron en costales para su almacenamiento hasta su uso para su maduración.

Maduración de excretas. Una parte de la excreta recolectada de cada cerdo se composteo en contenedores individuales de concreto con las siguientes características: 1.50 de largo \times 0.90 de ancho y 0.5 m de altura, las cuales permanecieron cubiertas con tapas de madera. Las excretas se removieron tres veces por semana en forma manual con ayuda de una pala y se mantuvieron bajo condiciones de campo durante siete semanas en los cuales se registró previamente la temperatura semanalmente.

Temperatura. Esta variable se registró cada tercer día, antes del volteo de cada composta, con ayuda de un termómetro de mercurio. El procedimiento consistió en introducir el termómetro en la composta y esperar de 2 a 3 min para hacer la lectura.

Variabes evaluadas. En las excretas secas y maduras: Carbono total (C), Nitrógeno total (método de Kjeldhal), pH (se determinó con un potenciómetro marca ORION 3 STAR, en una proporción 1:10), y relación C/N (se obtuvo dividiendo el Carbono total entre el Nitrógeno total).

Análisis estadístico. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial A × B con cuatro repeticiones por tratamiento. El factor A correspondió al nivel de alimentación (alto, medio y bajo) y el factor B a la condición de las excretas (seca y madura). Cada repetición correspondió a la excreta generada por cerdo, haciendo un total de cuatro excretas por tratamiento. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 en un diseño multifactorial, las diferencias de los tratamientos se evaluaron al valor de significancia de 5 % y se empleó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de los cerdos. El consumo de alimento asignado a cada nivel de EM_m durante las siete semanas fue de 1.112, 0.859 y 0.520 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$ para los niveles alto, medio y bajo, respectivamente. En cuanto al consumo de pasto estrella fue mayor ($P \leq 0.05$) en el tratamiento con el nivel bajo y medio con 0.103 y 0.095 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$, respectivamente. En lo referente a la producción de excretas, fue mayor ($P \leq 0.05$) en el nivel medio y bajo con 0.298 y 0.295 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$, respectivamente. En cuanto al consumo total de alimento (concentrado más pasto) en el nivel alto fue mayor (1.197 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$), seguido del medio (0.954 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$) y del bajo (0.623 $kg\ cerdo^{-1}\ día^{-1}$). Con base en los resultados de la Tabla 2, se puede observar que el pasto representó el 7.1, 10.0 y 16.5 % con respecto al total de consumo en los niveles alto, medio y bajo, respectivamente; también se puede observar que se incrementó la producción de excretas en 12.5, 30.9 y 47.8 % en los niveles alto, medio y bajo, respectivamente, con relación al total.

El comportamiento de los cerdos en cuanto al consumo de pasto con diferentes niveles de energía es similar a lo reportado por Rodríguez (2011) quien encontró un incremento, ajustando el nivel de energía de acuerdo al volumen de alimento al utilizar la misma dieta con alta concentración de energía. Sin embargo, en el presente trabajo se ajustó el consumo de energía al volumen de alimento y la composición de la dieta al utilizar menores concentraciones de energía (Tabla 2).

Cuando se utilizan dietas concentradas con alta digestibilidad se espera una baja excreción de las heces, sin embargo cuando el alimento es de baja digestibilidad existe una mayor pérdida a través de las heces, esto relacionado con el incremento de fibra en la dieta. Los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por Leterme *et al.* (1998) quienes mencionaron que la incorporación de fibra en una dieta aumenta las pérdidas de manera lineal. Sin embargo, el efecto varía mucho de una fibra a la otra, debido a sus respectivas propiedades funcionales diferentes. La capacidad de retención de agua, por ejemplo, afecta mucho las pérdidas, sin embargo, se desconoce el modo de acción.

Tabla 2. Consumo de alimento, pasto y producción de excretas ($kg\ día^{-1}$) de cerdo pelón mexicano con tres niveles de EM_m (base seca).

Nivel de EM_m	Consumo		Producción		
	Alimento concentrado	Pasto estrella	E.E.	Excretas	E.E.
Alto	1.112 ^a	0.085 ^b	0.002	0.150 ^b	0.009
Medio	0.859 ^b	0.095 ^{ab}	0.007	0.295 ^a	0.023
Bajo	0.520 ^c	0.103 ^a	0.002	0.298 ^a	0.015

Medias con letras diferentes entre filas indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).
E.E.=Error estándar.

Así mismo, el consumo de pasto también juega un papel fundamental lo que puede modificar la producción de heces, ya que como menciona Savón (2005) el efecto conocido de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye a la voluminosidad de estas raciones y a la capacidad de retención de agua de las porciones solubles de la fibra. Por su parte, Kass *et al.* (1980) encontraron en la composición de las heces una menor cantidad de materia seca (MS) en cerdos alimentados con dietas fibrosas.

Así mismo, Santos y Lean (2002) utilizando dietas que aportaban 33.05, 25.95 y 19.25 kcal de energía digestible (ED) por día en 2.4, 2.0 y 1.6 kg de alimento para los tratamientos bajo, medio y alto en energía digestible, encontraron que la excreción fecal se incrementó ($P \leq 0.05$) conforme la cantidad de energía consumida de las dietas experimentales se redujo. También encontraron que el consumo de MS del pasto estrella aumentó significativamente ($P \leq 0.05$) conforme el nivel de energía consumida de las dietas se redujo.

Composteo de excretas de cerdos de diferentes manejos alimenticios. Al inicio del composteo (semana 1) los niveles de EM_m alto, medio y bajo presentaron temperaturas similares de 30, 31 y 30 °C, respectivamente. Sin embargo el periodo en el que se presentaron las temperaturas más altas fue a la tercera semana (21 días) donde los niveles alto y medio alcanzaron (60 °C); mientras que el nivel bajo obtuvo (57 °C). Al final del composteo (semana 6) el nivel alto y medio presentaron una temperatura de (31 °C); mientras que el bajo permaneció con (32 °C). No se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. Al no presentar más variación se determinó que el composteo había terminado y las excretas ya estaban maduras. El comportamiento de la temperatura antes de cada volteo durante el compostaje se observa en la Figura 1.

La temperatura alcanzada en el proceso de compostaje en el presente trabajo fue mayor a lo reportado por Georgacakis *et al.* (1996) quienes compostearon excretas de cerdo mezclada con cascarilla de arroz y algodón en una proporción peso/peso (1:1), registrando una temperatura máxima de 45-55 °C, durante los primeros 20 días con un proceso de composteo de 85 días con valores de temperatura ambiente debajo de los 10 °C. Por su parte Jenn y Shang (1999) que compostearon excretas de cerdo, obtuvieron en los primeros 20 días una temperatura de (69 °C) decayendo posteriormente hasta mantenerse a 30 °C durante los 100 días.

La temperatura máxima alcanzada (60 °C) en el presente trabajo es similar a lo encontrado por Vuorinen y Saaharinen (1997); aunque difirieron en cuanto a la temperatura mínima reportada por estos autores (53 °C) durante el composteo de excretas porcinas.

Determinación de pH. Al inicio del composteo (semana 1) el pH fue de 9.26, 9.33 y 9.41 en los niveles alto, medio y bajo, respectivamente. En la tercera semana (21 días) el pH fue de 8.74, 8.76 y 8.86 para los tres niveles de EM_m. Al final del composteo se registró el siguiente pH: 7.54, 7.62 y 7.63 para los niveles alto, medio y bajo, respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) al inicio, en la tercera semana y al final del composteo. Se observó un moderado descenso del pH durante el proceso de composteo. El comportamiento del pH desde el inicio hasta el final del composteo se observa en la Figura 2.

Según Graefe (1983), un intervalo de pH entre 5.5 y 8.5 resulta óptimo para los microorganismos. Consecuentemente, en las primeras fases del composteo se produce una caída del pH que favorece el crecimiento de los hongos y la ruptura de la celulosa y la lignina. Aunque el proceso de

compostaje inició con un pH arriba de lo óptimo sugerido por Graefe (1983) la rápida caída del mismo permitió alcanzar un pH óptimo a las 3 semanas de iniciado el proceso.

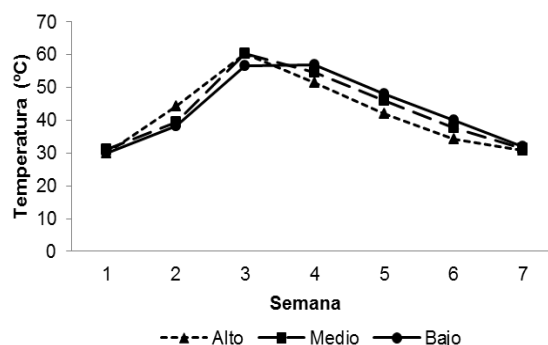


Figura 1. Temperatura registrada en las excretas provenientes de cerdos alimentados con tres niveles de EM_m

Para Sundberg *et al.* (2004) y Castrillon *et al.* (2006), el pH va de la mano con la temperatura, sobre todo en el cambio de la fase mesofílica a termofílica. Ellos mostraron que la velocidad de descomposición difiere muy poco en intervalos de pH entre 5 y 8 a temperaturas de 36 °C. Sin embargo, si la temperatura sube a 46 °C disminuye la velocidad de descomposición a pH bajos, y se incrementa si el pH está por encima de 6.5. Esta diferencia se puede explicar por la sensibilidad de las comunidades de microorganismos al efecto combinado de condiciones de acidez y temperatura. Los microorganismos pueden tolerar factores ambientales extremos, por ejemplo altas temperaturas o bajos pH, pero no los dos al mismo tiempo. Durante el composteo el pH fue disminuyendo gradualmente debido a que las temperaturas durante este proceso no fueron extremas y solo se registró la máxima temperatura a la tercera semana, así mismo se observó que el pH disminuyó conforme se produjo un decremento en la temperatura. Con base en lo anterior, las condiciones de composteo fueron óptimas para el desarrollo de los microorganismos, para alcanzar la maduración de las excretas en un periodo corto de 7 semanas.

Análisis químicos de la excreta. El contenido de Carbono no fue diferente ($P \leq 0.05$) en las excretas de los cerdos de los tres niveles de energía. Sin embargo, las excretas maduras tuvieron mayor ($P \leq 0.05$) contenido de Carbono (129.53 mg g⁻¹) que las secas (92.15 mg g⁻¹), lo que representó 1.4 veces de incremento. El Nitrógeno total fue mayor ($P \leq 0.05$) en las excretas maduras (12.18 mg g⁻¹) que en las secas (11.31 mg g⁻¹) representando un 10.7 %. En términos

generales, la relación C/N de las excretas de cerdos se encuentran por debajo de valores aceptables para un proceso ideal de composteo, según los valores de referencia de Rynk, (1992) citado por Soto y Muñoz (2002). Los resultados de C/N del presente trabajo son similares a lo reportado por Trejo (2005) que reportó una relación C/N de 11.9 en heces frescas de tres grupos de cerdos: grupo 1 (110 % de la necesidad nutritiva, sin forraje en la parcela), el grupo 2 (100 % de las necesidad nutritiva, con forraje *Brassica rapa* var. *rapa* y el grupo 3 (80 % necesidad nutritiva, con forraje *Heliantus tuberosus* L.).

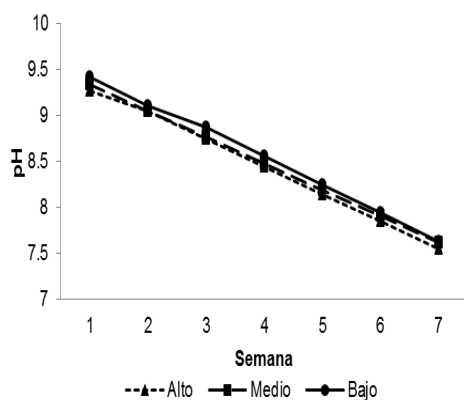


Figura 2. Valores de pH durante el proceso de composteo de las excretas de cerdos alimentados con tres niveles de EM_m.

Entre los niveles de energía, la relación C/N fue mayor ($P \leq 0.05$) en el nivel bajo de energía con 10.0 presentándose una mayor actividad microbiana durante el proceso de composteo, a diferencia del nivel alto y medio. La excreta madura tuvo una mayor ($P \leq 0.05$) relación C/N con 10.6:1 comparado con la excreta seca con 8.1:1. Con lo que se observó un incremento en la relación C/N al madurar las excretas. Dichos resultados se pueden ver en la Tabla 3. Al respecto, Soto y Muñoz (2002) consideran que el incremento en el contenido de Carbono en la excreta madura es debido a los microorganismos que intervienen durante el proceso de compostaje, ya que al morir debido a los cambios de temperatura, estos se incorporan incrementando el contenido de materia orgánica. Aunado a lo anterior, el consumo de fibra en los cerdos, durante su alimentación, contribuye de igual manera a un incremento en el contenido de Carbono en las excretas; además el contenido de este elemento en la excreta seca se incrementa durante el proceso de composteo.

La mayor relación C/N de las excretas del nivel bajo de energía presentaron el contenido más bajo, lo que coincide con lo que sugieren Hartz *et al.* (2000) y Soto y Muñoz (2002), quienes consideran que una relación alta C/N retarda el proceso de descomposición, mientras que una baja relación hace que se pierda Nitrógeno por falta de estructuras de Carbono.

Tabla 3. Análisis químicos de las excretas de cerdo en forma seca y madura.

Item	Nivel de EM _m	Condición				ANOVA		
		Seca	E.E.	Madura	E.E.	Promedio	Factor	p<F
Carbono Total (mg g ⁻¹)	Alto	73.62	3.99	138.75	1.26	106.18 ^b	Nivel	0.0166
	Medio	95.79	4.73	126.37	0.93	111.08 ^{ab}		
	Bajo	107.04	2.23	123.49	1.46	115.26 ^a	Nivel*Condición	0.0001
	Promedio	92.15 ^a		129.53 ^b				
Nitrógeno Total (mg g ⁻¹)	Alto	9.96	0.46	13.40	0.40	11.70 ^a	Nivel	0.7435
	Medio	12.16	0.57	11.71	0.35	11.93 ^a		
	Bajo	11.82	0.53	11.40	0.18	11.61 ^a	Nivel*Condición	0.0251
	Promedio	11.31 ^a		12.18 ^b				
Relación C/N	Alto	7.4:1	0.32	10.3:1	0.29	8.8:1 ^b	Nivel	0.0001
	Medio	7.8:1	0.14	10.8:1	0.29	9.3:1 ^{ab}		
	Bajo	9.1:1	0.52	10.8:1	0.17	10.0:1 ^a	Nivel*Condición	0.0001
	Promedio	8.1:1 ^a		10.6:1 ^b				

Medias con letras diferentes entre filas y columnas de un mismo ítem indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

E.E.=Error estándar.

Finalmente, en un estudio hecho por Moreno *et al.* (1996) estimó que sólo el 50 % del Nitrógeno aplicado en agricultura es recuperado por el cultivo y el Nitrógeno residual está sujeto a pérdidas por varios procesos, dentro de los cuales destaca la lixiviación por debajo de la zona de las raíces.

Se sugiere realizar un experimento bajo condiciones protegidas con estas excretas para determinar su efecto en el crecimiento y la producción de biomasa en maíz, ya que dicha gramínea es una especie modelo en investigación.

CONCLUSIONES

Conforme se realizó el proceso de maduración o compostaje se observó un incremento en la temperatura llegando al máximo a la tercera semana para luego disminuir, para el pH se observó una disminución conforme avanzó el proceso de maduración. Por otra parte, con la reducción en el nivel de EM_m en la dieta, los animales consumieron mayor cantidad de forraje incrementándose la producción de excreta, el contenido de Carbono y la relación C/N, no se encontró diferencia en el contenido de Nitrógeno. De igual manera, la excreta madura presentó mayores parámetros en el contenido de Carbono, Nitrógeno y la relación C/N en comparación con la seca.

REFERENCIAS

- Castrillón, Q. O., Bedoya, M. O., Montoya, M. D. 2006. Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. Producción + limpia, Julio –diciembre 2006. Volumen 1.
- Cervantes, F. Yescas, L. J. F. 2004. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos y su aplicación en la agricultura. Memorias del XXV Aniversario del programa en Ganadería, Colegio de Postgraduados. pp. 40-52.
- Cervantes, F., Saldívar, C. J., Yescas, J. F. 2007. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 3: 3-12.
- Flores, J. S. 1994. Etnoflora Yucatanense. Tipo de vegetación de la Península de Yucatán. Fascículo 3. UADY. pp. 23-30.
- Georgacakis, D., Tsavdaris A., Bakouli J., Simeonidis, S. 1996. Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues. Bioresource Technology. 56: 195-200.
- Graefe, G. 1983. Orujos de uva para energía y fertilización, aprovechamiento de un subproducto agrícola con reciclado de la materia. Viena. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung. 163 p.
- Hartz, T. K., Mitchell, J. P., Giannini, C. 2000 . Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and compost. HortScience. 35 (2): 209-212.
- Jenn-Hung, Hsu, Shang Lie, Lo. 1999. Chemical and Spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. Environment pollution. 104: 189-196.
- Ju, X. T., Kou, C. L., Zhang, F. S. and Christie, P. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. Environment Pollution. 143: 117-125.
- Kass, H. C., Van Soests, D. J., Pond, W. G. 1980. Utilization on diet fiber for Alfalfa by growing swine i. Aparent digestibility of diet componenetes in specific segmentes of the gastrointestinal tract. Journal of Animal Science. 50: 171-191.
- Leterme, P., Froidmont, E., Rossi, F., Théwis, A. 1998. The high water-holding capacity of pea inner fibres affects the ileal flow of endogenous amino acids in pigs. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 1927-1934.
- Moreno, F., Cayuela, J.A., Fernández, J.E., Fernández-Roy, E., Murillo, J.M., Cabrera, F. 1996. Water Balance and Nitrate Leaching in an Irrigated Maize Crop in SW Spain. Agricultural Water Management. 32: 71-83.
- Rodríguez, G.L.A. 2011. Evaluación del comportamiento productivo y el rendimiento en canal de cerdos criollos con tres niveles de alimentación. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de maestro en producción animal tropical opción: nutrición animal. Facultad de

- Medicina Veterinaria y Zootecnia, UADY, Mexico.
- Romero, L. M. R., Trinidad, S. A., García, E. R., Ferrara, C. R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*. 34: 261-269.
- Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York. 186 p.
- Santos, R. R. H, Lean, J. 2002. Estimación del consumo de forraje de marranas gestantes mantenidas en un sistema de pastoreo utilizando oxido crómico como marcador. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 9: 1-32.
- Savón, L. 2005. Alimentos fibrosos tropicales y su efecto en la fisiología digestiva de especies monogástricas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 475-487.
- Soto, G., Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Agricultura orgánica. Manejo integrado de plagas y agroecología*. 65: 123-129.
- Sundberg, C., Smårs, S., Jönsson, H. 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. In: *Bioresourc Thechnology*. 95: 145-150.
- Thorburn, P., Biggs, J. S., Weier, K. L., Keating, B. A. 2003. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 94: 49-58.
- Trejo, L. W. 2005. Strategies to Improve the Use of Limited Nutrient Resources in Pig Production in the Tropics, Supplement 85. *Unikassel Versitat. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. pp. 37-38.
- Vuorinen, A. H., Saharinen, M. H. 1997. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and Straw co-composting in a drum composting system. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 66: 19-29.

Submitted July 04, 2011– Accepted October 18, 2011
Revised received October 29, 2011