

Aplicación del composteo como método de tratamiento de los residuos de frutas producidos en zonas de alta generación

María Rosa Sauri Riancho¹, Hugo Alejandro Nájera Aguilar², José G. Ramírez Herrera³ y Gaspar M. Mejía Sánchez¹

RESUMEN

Desechos orgánicos, básicamente de vegetales cítricos, fueron composteados con el fin de seleccionar un método de aireación aplicable en zonas rurales; se probaron 2 diferentes métodos, el manual y el natural o pasivo, instalándose 4 pilas, 2 para cada forma de aireación. El material utilizado fue tomado de la Central de Abastos de Oxkutzcab y de la Planta Procesadora de Cítricos "Lol-Páakal" de Akil, Yucatán. Se observó que el tiempo de estabilización de los desechos estuvo entre 35 y 53 días, demostrándose que el composteo se lleva a cabo eficientemente en desechos cítricos, a pesar de iniciar con relaciones C/N arriba de los valores recomendados y con pH menores que 4.5. El método de aireación natural resultó ser más eficiente ya que con él se logró la estabilización de los desechos en menor tiempo. Durante la etapa de maduración de la composta, se continuó el monitoreo sin observarse cambios significativos. Finalmente, se determinó el rendimiento del proceso en la producción de composta y se analizó la posibilidad de emplear este material para cobertura en rellenos controlados, en la misma población.

Palabras clave: residuos orgánicos, composteo, tratamiento biológico de residuos, tratamiento de residuos de mercados, tratamiento de residuos de la industrialización de la naranja.

INTRODUCCIÓN

La parte Sur del Estado de Yucatán, donde se encuentran las poblaciones de Oxkutzcab y Akil, tiene como actividad económica principal la agricultura, por lo que la cantidad de residuos orgánicos que se generan en esta área es alta. Los sitios más importantes para la generación y acumulación de estos residuos son el mercado municipal, la central de abastos y la planta procesadora de cítricos "Lol-Páakal"; en estos lugares los residuos orgánicos se manejan inadecuadamente, trayendo consigo impactos adversos hacia el medio ambiente y poniendo en riesgo la salud de la población. Es necesario manejar adecuadamente este tipo de desechos, para mitigar su efecto negativo y

para ello, uno de los procesos más recomendados para poblaciones semejantes a las de este estudio es el composteo a cielo abierto, que permite la estabilización de desechos con elevadas proporciones de material orgánico, con pocos requerimientos tecnológicos. Sin embargo, una limitante para utilizar el composteo como sistema de tratamiento podría ser el costo de la aireación que puede requerir de inversiones que no pueden ser solventadas en las zonas rurales. La aireación del material procesado puede realizarse manualmente, mediante volteos periódicos de los desechos; este procedimiento, aunque es más económico, demanda una mayor mano de obra y a pesar de ello, es más factible de aplicarse a las zonas rurales que el primero. Un método de más reciente aplicación es el sistema en hilera con aireación pasiva, el cual puede reducir costos y la

¹ Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería UADY.

² Alumno de la Maestría en Ingeniería, FIUADY

³ Técnico Académico del Laboratorio de Ingeniería Ambiental, FIUADY

labor asociada al proceso. En este sistema se aprovecha el desplazamiento de los vientos dominantes que circulan a través de tubos de PVC perforados, colocados perpendiculares a la longitud de la pila.

La estabilización de los desechos mediante el composteo produce el material conocido como composta, el cual puede ser empleado principalmente en la agricultura. Para fines agrícolas la composta debe estar libre de patógenos y sustancias fitotóxicas que interfieren con el desarrollo de las plantas (Gehr & Grobe, 1997), es decir, debe estar lo suficientemente madura para ser compatible con los usos en esta actividad. Al alcanzar la composta su madurez, los materiales dejan de producir olores (Savviozzi et al., 1988), pudiendo almacenarse sin problema alguno (Díaz et al., 1993). Otra posibilidad de uso para la composta es la de utilizarla como material de cobertura en rellenos sanitarios o tiraderos controlados, principalmente en zonas rurales, como el área de estudio. En este caso, es útil determinar el rendimiento obtenido en el proceso, para calcular la composta disponible para su empleo como material de cubierta diaria en un relleno controlado en la población.

METODOLOGÍA

Los dos métodos de aireación, manual y pasivo, se probaron en dos pilas cada uno, instalándose las 4 pilas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, dos en octubre de 1997 y las restantes en enero de 1998. Las características y el tipo de aireación de cada pila se presentan en la tabla 1; para la aireación pasiva se instaló en cada pila un sistema de tubos de PVC de 3", 3 de ellos de 1.20 m de longitud y 2 de 0.8 m; estos tubos fueron horadados con agujeros de 1/2" de diámetro, distribuidos como se muestra en la Figura 1. El material empleado en el experimento fue recolectado en la Central de Abastos (los desechos de fruta) y en la planta Lol Páakal (los desechos de naranja); ambos materiales fueron reducidos de tamaño en un molino de martillos, previamente a la instalación de las pilas.

Tabla 1. Características de las 4 pilas instaladas.

Pila	Aireación	Material de Cobertura	Cobertura		Tipo de Sustrato	Sustrato		Peso total (Kg)
			Kg	%(w/w)		Kg	%(w/w)	
1	Pasiva	Composta	24	7.3%	Desechos de frutas + Papel	307	92.7%	331
2	Volteo	Composta	18	7%	Desechos de frutas	240	93%	258
3	Pasiva	Tierra	45	12%	Desechos de naranja	327	88%	372
4	Volteo	Tierra	33.5	9.1%	Desechos de naranja	335	90.9%	368.5

W = peso

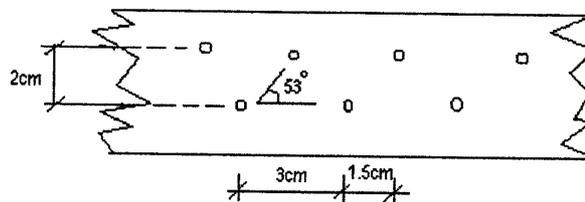


Figura 1. Arreglo general de tubos (separación entre agujeros y ángulo que forman).

Preparación de las pilas probadas con aireación pasiva:

Las pilas trabajadas con el sistema de aireación natural (pilas 1 y 3), se instalaron como se muestra en la Figura 2, hasta que el material alcanzó una altura de 80 cm que es la mínima recomendada

para el buen funcionamiento del proceso (Flintoff, 1984). La ubicación de los tubos fue paralela a la dirección de los vientos dominantes, determinados previamente de acuerdo con la información disponible para los últimos 5 años, durante los meses en los que se efectuó el experimento.

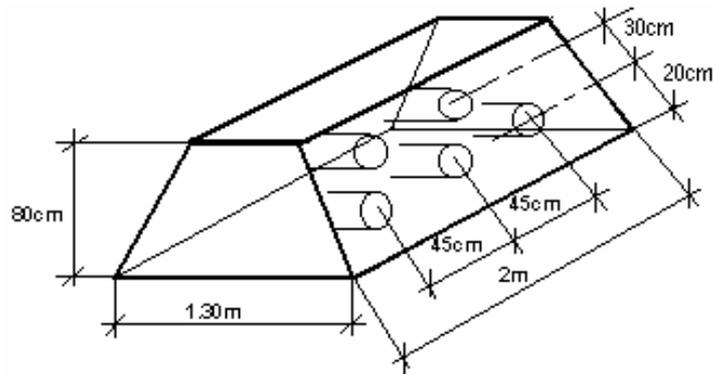


Figura 2. Pila con aireación pasiva

Una vez instaladas las pilas, se procedió a cubrirlas de la siguiente forma: La pila 1 se cubrió con 24 Kg de composta y la pila 3 con 48 Kg de tierra roja, persiguiendo con ello 3 objetivos: evitar la presencia de moscas (Flintoff, 1984), favorecer el calentamiento rápido de la pila y por último, servir como fuente de inóculo (García *et al.*, 1993). En la pila 3 se colocó una cama de pencas de plátano con la finalidad de evitar que se crearan zonas anaerobias en el fondo de la pila por la acumulación de agua y, además, permitir la difusión de aire del fondo hacia arriba de la pila (Lynch *et al.*, 1996).

Preparación de las pilas probadas con aireación manual

Para las pruebas con el método de aireación manual (pilas 2 y 4), se apiló el material hasta alcanzar una altura de 80 cm y se procedió a cubrirlas de la forma siguiente: La pila 2, con 18 Kg de composta estabilizada y seca, y la pila 4 con 33.5 Kg de tierra roja, tratando de cumplir con los objetivos citados anteriormente. El experimento fue monitoreado a través de los parámetros de

temperatura, pH, contenido de humedad, sólidos volátiles y relación de nutrientes (relación C/N). La determinación de estos parámetros, a excepción de la temperatura y el contenido de carbono, se realizaron tomando como referencia las metodologías establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas (Normas Mexicanas, 1997). El contenido de carbono se determinó mediante la fórmula propuesta por Díaz *et al.* (1993). En esta fórmula, el carbono presente es directamente proporcional a la materia volátil de los materiales composteables e inversamente proporcional a un factor de 1.8 determinado experimentalmente. La temperatura se midió en 15 puntos diferentes de las pilas, tomándose como temperatura representativa el promedio de las 15. Éstas se registraron con un termómetro digital provisto de un termopar con aguja de penetración de 30 cm. Las muestras se tomaron en 4 ó 5 puntos diferentes de las pilas, conservándose en frascos de color ámbar con tapón de hule; las muestras se molieron para homogeneizar el material. Las muestras analíticas se tomaron del tamaño adecuado para cada análisis, según lo recomendado en cada técnica.

El volteo del material de las pilas 2 y 4 se realizó 3 veces por semana en los primeros 15 días, y 2 veces por semana durante el tiempo restante del proceso; para mantener la humedad del material se añadieron porciones de 20 a 30 litros de agua cada vez que los análisis indicaban contenidos de humedad por abajo del 40-45% (Flintoff, 1984). Durante el proceso, se adicionaron 3 y 7 porciones de agua a las pilas 2 y 4, respectivamente. Las pilas 1 y 3 se mojaron solamente cuando la pila estaba seca en su capa externa, ya que internamente las pilas siempre registraron contenidos de humedad arriba de 40%. A lo largo del proceso se humedecieron en 3 ocasiones. Al darse por finalizada la etapa de estabilización se pesó todo el material obtenido para establecer el rendimiento del proceso en términos de la composta obtenida en base seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

La temperatura de las pilas durante el proceso varió como se muestra en la Figura 3. La etapa mesofílica (<40-45°) fue rápida en todas las pilas tardando a lo máximo 48 horas. Después de este

tiempo la temperatura se elevó hasta la etapa termofílica registrándose ésta durante periodos de 1 a 2 semanas con máximos de 53°C, 59°C, 54°C y 62°C en las pilas 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Durante esta fase se observaron algunas caídas de temperatura en las pilas 2 y 4 (con aireación manual), la que se recuperaba al día siguiente, después de voltear y humedecer los materiales. El promedio de temperaturas máximas mantenido durante 48 horas en las pilas 2 y 4 fue mayor a los 55°C (durante 48 h) recomendado como mínimo por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para la remoción de la microflora patógena, con lo cual se garantizó la sanidad de estas compostas, lo que no ocurrió con los productos de las pilas 1 y 3 con aireación pasiva.

La tercera fase inició con el descenso gradual del perfil de temperatura en todas las pilas, debido a una baja en la actividad microbiana como consecuencia de la falta de sustrato de fácil asimilación, finalizando cuando las temperaturas de las pilas se aproximaron a la del ambiente o la igualaron (Mooijman et al., 1987). Así, la pila 1 se estabilizó el día 35 y las pilas 2 y 4 el día 53 aproximadamente. La pila 3 no presentó una fase de enfriamiento debido a las condiciones ácidas prevalecientes en la pila durante todo el experimento.

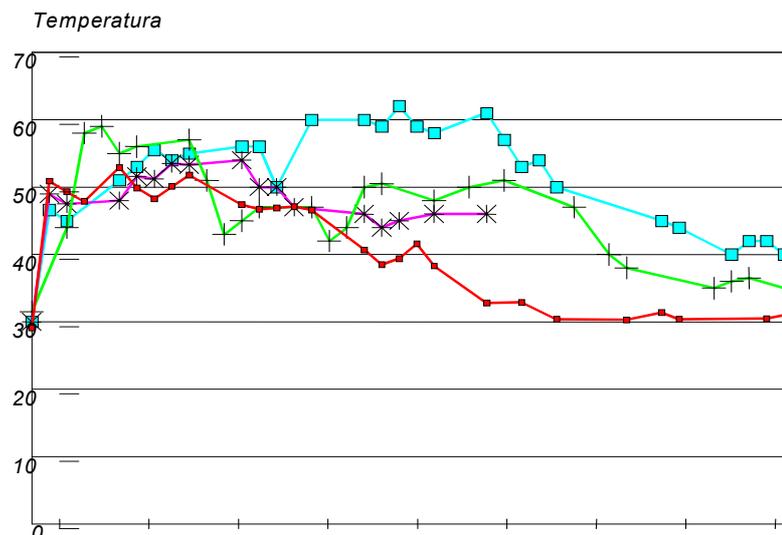


Figura 3. Evolución de la Temperatura durante el proceso

Las pilas 2 y 4 con aireación manual fueron mejores que las pilas 1 y 3 con aireación pasiva en la destrucción de microorganismos patógenos, garantizando compostas más sanas, de acuerdo con lo establecido por la EPA. Desde el punto de vista de la estabilización de los desechos, la pila 1 fue mejor que las otras tres, al estabilizarse en un menor tiempo. Aunque para garantizar la sanidad de la composta, se recomienda llevar a cabo los análisis microbiológicos correspondientes.

pH

Contrario a lo reportado por otros autores (Díaz et al., 1996; Tchobanoglous et al., 1994), el

proceso en las 4 pilas (Figura 4) inició con valores abajo de los rangos recomendados (4.5-5.0); 3.6 en la pila 1, 3.7 en la pila 2 y 4.1 en las pilas 3 y 4. La diferencia del pH inicial de las pilas 1 y 2 con respecto a las pilas 3 y 4, se atribuye a la composición de los desechos, los cuales en las pilas 1 y 2 se encontraban parcialmente biodegradados con la consecuente presencia de ácidos orgánicos que acidificaron aun más el medio. El material de las pilas 3 y 4 fue de desechos completamente frescos. Las pilas 1 y 2 alcanzaron rápidamente valores de pH arriba de 7 en los primeros 10 días del proceso; estos ascensos coincidieron con los días de mayor actividad microbiana en la etapa termofílica.

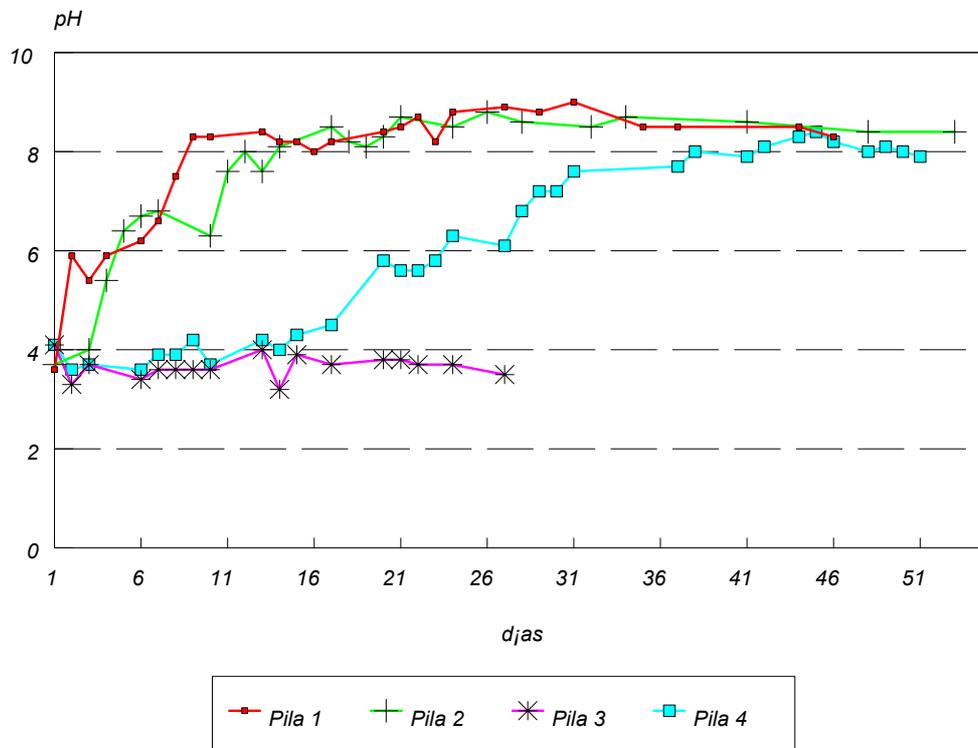


Figura 4. Evolución del pH durante el proceso

La composición inicial del material de las pilas 3 y 4 no favoreció la pronta realización del proceso, por los compuestos que en él predominaron como son: celulosa, lignina y pectina. A pesar de esto, el proceso se llevó a cabo en la pila 4, no así en la pila 3. La pila 4 fue beneficiada por ciertos factores operacionales como los volteos periódicos. Al mezclarse el sustrato con el material de cobertura

existió cierto aporte de microorganismos que sirvieron como inóculo inicial. Además, los volteos periódicos favorecieron la liberación del exceso de ácidos grasos volátiles presentes en las primeras semanas del proceso. Lo anterior no ocurrió en la pila 3, ya que el modo de operación fue diferente, en este caso, el sistema de aireación empleado fue el de aireación pasiva, permaneciendo el material de

cobertura (tierra roja) como tal, pobre en microorganismos y menos poroso que la composta, a lo largo del proceso.

Contenido de Humedad

El contenido de humedad de las pilas se mantuvo en el rango de 45 a 70% durante todo el proceso (Figura 5), que es el rango óptimo para el buen funcionamiento del mismo (Díaz *et al.*, 1996). En general el contenido de humedad fue adecuado en

todas las pilas, a excepción de un valor cercano al 80% que se presentó al inicio del proceso en la pila 2, y el 84% detectado en la base de la pila 1 hacia el día 20. El primer caso se debió a la composición inicial del sustrato, el cual contenía cítricos enteros en su estado inicial de descomposición o en buen estado registrándose un alto contenido inicial de humedad, el segundo es consecuencia del método de aireación de la pila la que permaneció estática durante todo el proceso, porque la superficie sobre la que se instaló sin pendiente alguna, permitió que un exceso de agua se alojara en la base.

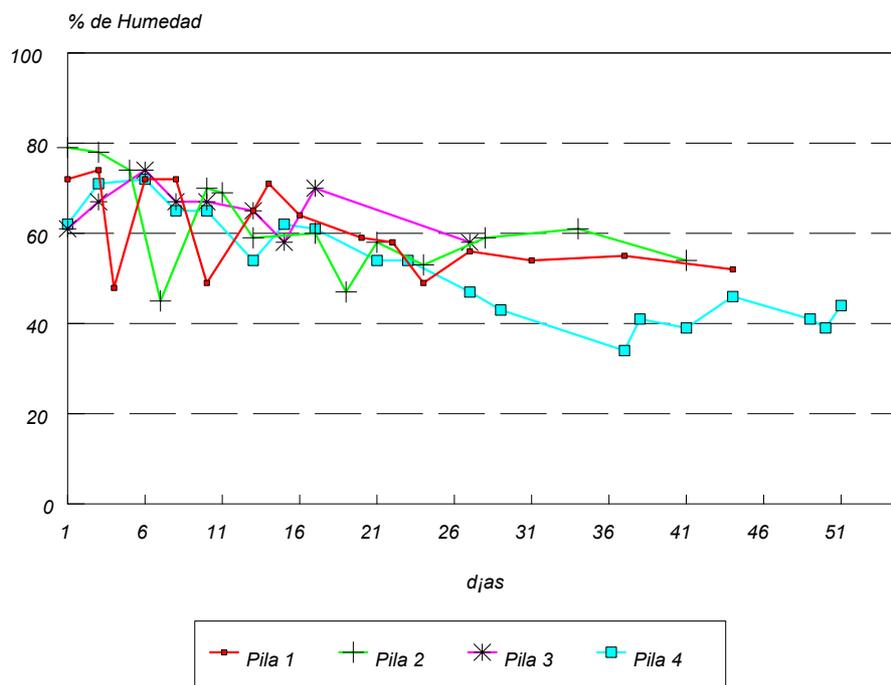


Figura 5. Variación del contenido de humedad durante el proceso

Sistemas de Aireación

Las pilas 2 y 4 se voltearon en 9 y 14 ocasiones, respectivamente. A la pila 2 se le adicionaron 3 porciones de agua, y a la pila 4 siete porciones. Las pilas con aireación pasiva (pilas 1 y 3), se humedecieron en su capa externa cuando ésta se encontró seca. Durante todo el proceso, la pila 1 se humedeció únicamente en 3 ocasiones con porciones de 7 litros de agua, lo que muestra que el composteo con aireación pasiva minimizó las pérdidas de humedad, coincidiendo con lo mencionado por Mathur (1991).

Por otra parte, el volteo a los materiales evita la acumulación excesiva de ácidos orgánicos intermedios y la producción de malos olores originados por compuestos volátiles de azufre y nitrógeno y evita la compactación experimentada cuando la pila es estática (Jackson & Line, 1998). Tres volteos en promedio durante las primeras 2 semanas de proceso, resultaron suficientes para favorecer el desarrollo del experimento en la fase termofílica, alcanzándose temperaturas lo suficientemente altas para la sanidad de la composta. Para el resto del proceso, con 1 o 2 volteos a la semana el contenido de humedad siguió

manteniéndose por arriba de 45 % en promedio. En general, con esta frecuencia de volteos, el proceso se realizó adecuadamente en ambas pilas.

A pesar de que de las pilas 1 y 3, con aireación pasiva, únicamente la pila 1 funcionó adecuadamente, se comprueba que los tubos mejoran el movimiento de aire a través de la pila de composteo por difusión y convección, siendo adecuados para mejorar la aireación en materiales con contenidos de humedad hasta de 80%, como había sido demostrado (Liao et al., 1994).

Carbono

La variación en el contenido de carbono del material composteado se muestra en la Figura 6, en la que se observan diferencias en el consumo de carbono a través de las fases del proceso. En las fases mesofílica y termofílica de la pila 1, los microorganismos consumieron menos carbono que en la fase de enfriamiento. Lo contrario se observó en las demás pilas. El comportamiento observado en la pila 1 se atribuye a la presencia de papel y a algunos materiales inorgánicos al inicio del proceso.

Al término del proceso, el contenido final de carbono fue de 270, 330 y 300 g/kg en las pilas 1, 2 y

4, respectivamente, no existiendo diferencias significativas debido a que en las 3 pilas básicamente se manejó el mismo material (cítricos) con un alto contenido de polisacáridos. El contenido final de carbono en las 3 pilas se asemeja al reportado por Hue & Liu (1995), 293 g/kg para desechos de frutas.

Nitrógeno

El contenido inicial de nitrógeno en todas las pilas fue alrededor de 1% con un comportamiento muy similar en todas ellas, a excepción de la pila 3 que no funcionó adecuadamente. Al final del proceso la pila 2 registró el mayor contenido de nitrógeno con un 2%, y las pilas 1 y 4, 1.7% (Figura 7). La tendencia ascendente, exhibida por este parámetro a lo largo del proceso, se debe al consumo de carbono y a la combinación de parámetros de temperatura y pH que fueron favorables para el proceso; el nitrógeno se pierde mayormente por la volatilización del amoníaco cuando el pH se encuentra arriba de 7.5 y las temperaturas son altas (Díaz et al., 1996), cosa que no ocurrió en el desarrollo del proceso en las pilas 1, 2 y 4. A las máximas temperaturas le correspondieron valores de pH entre 6 y 7. Tampoco debe perderse de vista que parte de la recuperación parcial del nitrógeno la llevan a cabo bacterias fijadoras de nitrógeno durante la fase de enfriamiento.

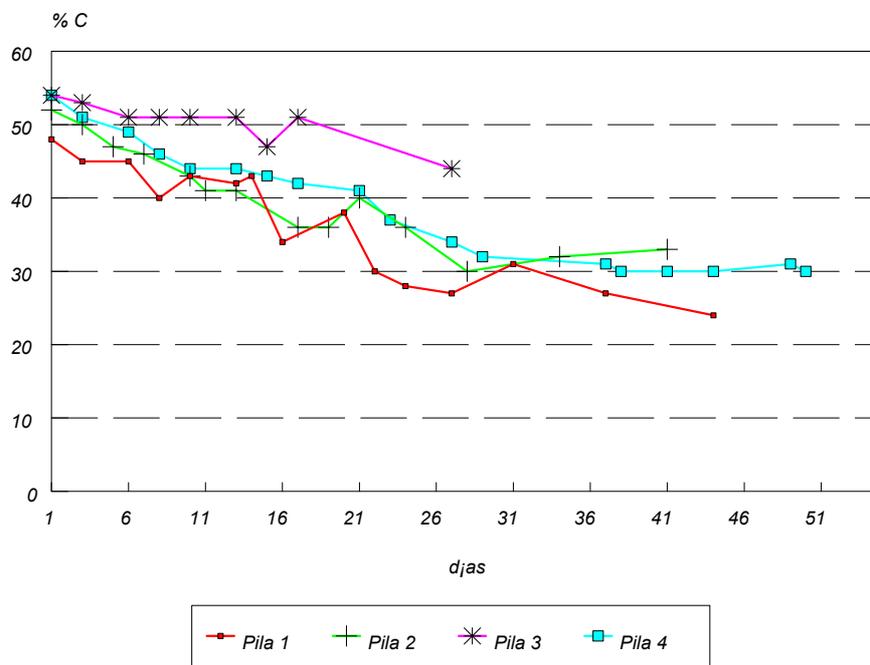


Figura 6. Evolución del contenido de carbono durante el proceso

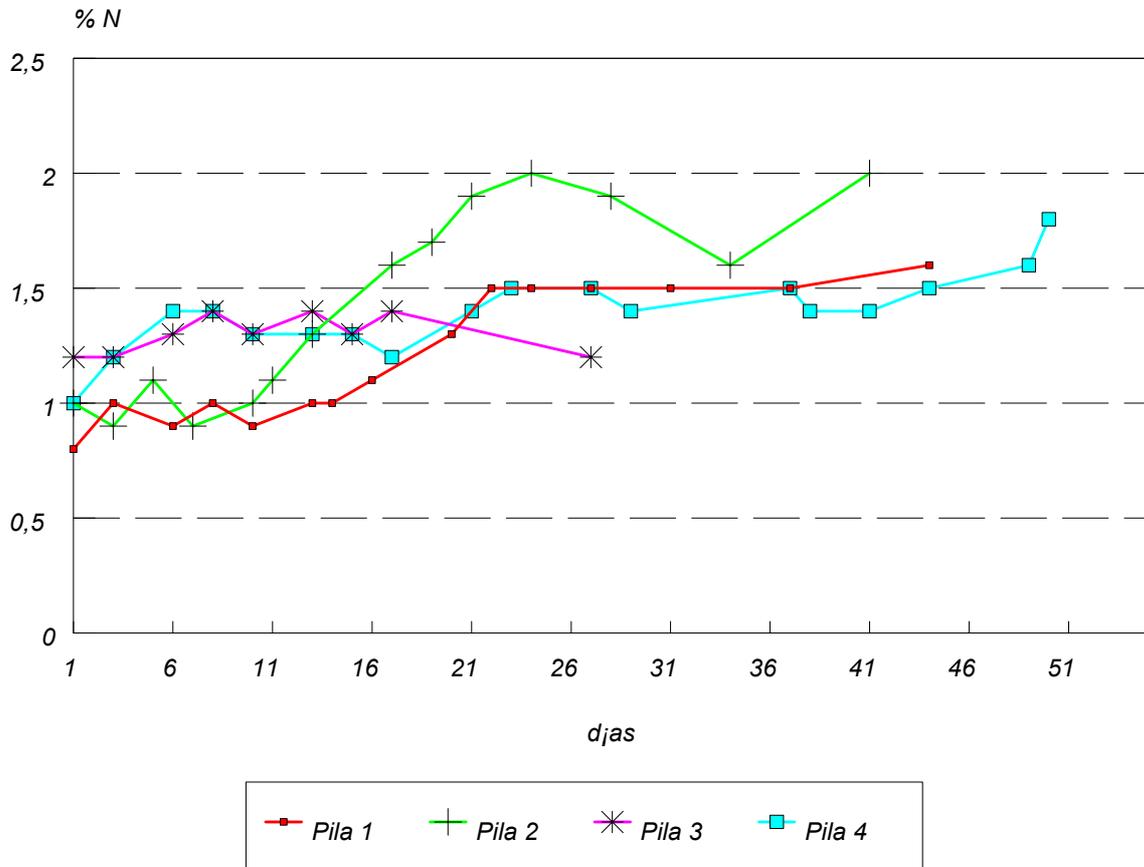


Figura 7. Evolución del contenido de nitrógeno durante el proceso

Relación C/N

La relación C/N inicial es alta en todas las pilas (Figura 8) por los polímeros de cadena larga presente en los desechos (celulosa, pectina y lignina), los cuales elevan el contenido inicial de carbono y a que los contenidos de nitrógeno son relativamente bajos (1.5%) en desechos de frutas. La pila 1 presentó la relación C/N inicial más alta con 62 por la presencia de papel. El resto de las pilas iniciaron con relaciones alrededor de 50. La mayoría de los autores coinciden que la relación óptima C/N oscila entre 20 y 25, pero en el experimento, fue hasta el inicio de la etapa de estabilización cuando los valores de esta relación estuvieron dentro de este intervalo. Esto no impidió que el proceso se efectuara, ya que el exceso de carbono fue oxidado a CO_2 por la microflora

microbiana hasta llegar a la relación adecuada para poder hacer uso del nitrógeno.

Al final de la etapa de estabilización, las relaciones C/N de las pilas oscilaron entre valores de 17 a 19, valores que para algunos investigadores (Hue & Liu, 1995) son altos como índice de estabilidad, ya que proponen relaciones $\text{C/N} < 17$. Otros (Adani et al., 1995) han concluido que no es un buen indicador de la materia orgánica, porque las cantidades finales de carbono y nitrógeno están en función del tipo de sustrato composteado. Sin embargo, en el presente estudio, la pila con aireación pasiva presentó una relación C/N final menor a 20, coincidiendo con lo realizado por Liao et al. (1994) en diferentes experimentos de composteo, en donde las compostas estables han registrado relaciones C/N menores a 20.

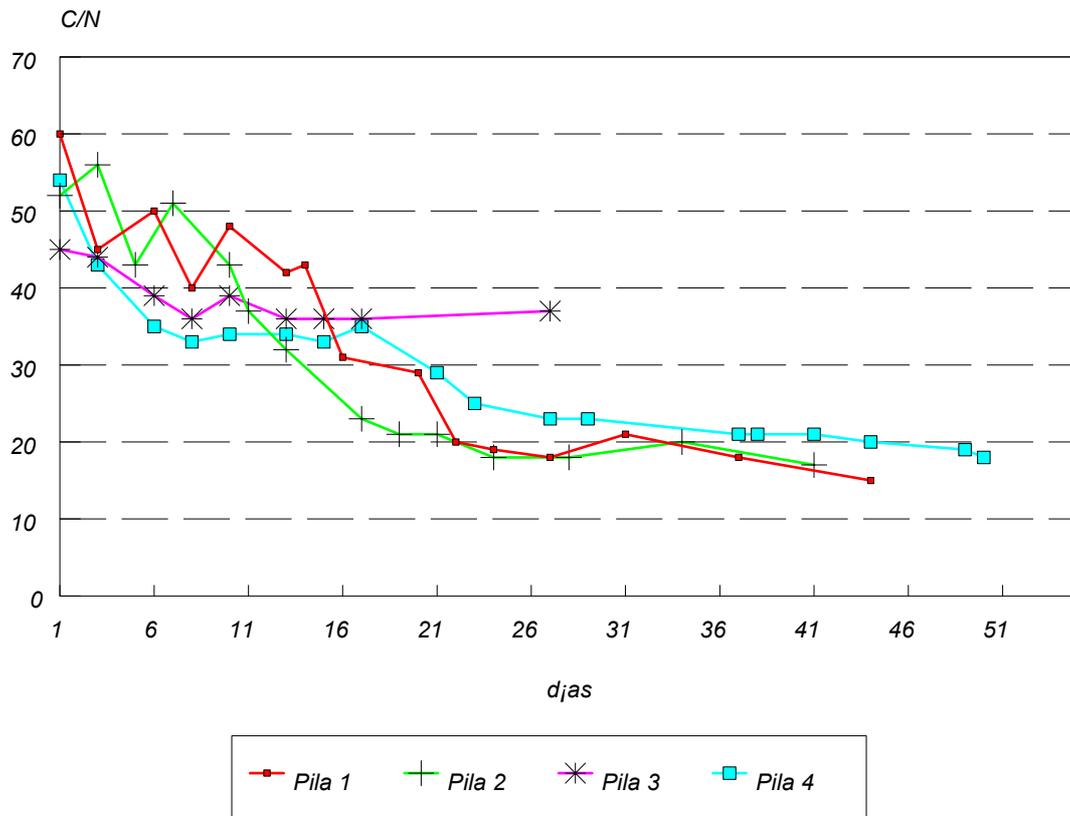


Figura 8. Evolución de la relación carbono/nitrógeno durante el proceso

Sólidos Volátiles

Como se muestra en la Figura 9, las pilas 3 y 4 tuvieron una mayor cantidad inicial de sólidos volátiles (98%) debido a que estuvieron formados por materiales homogéneos, frescos y netamente orgánicos. Por su parte la pila 1, al presentar una menor homogeneidad de sus desechos, su contenido inicial fue el menor (87%). A lo largo del proceso se presenta un descenso gradual de este parámetro en todas las pilas, excepto la pila 3, las pérdidas más altas de sólidos volátiles durante el proceso en las pilas 2 y 4, por lo regular ocurrieron después de efectuarse los volteos a los materiales. Lo anterior se explica porque durante esta operación el sustrato de las capas externas es expuesto al centro de la pila donde se registra la mayor actividad microbiana. Comportamientos similares de este parámetro se

presentaron en los experimentos realizados por Sesay *et al.* (1998).

Cuando se trata de desechos heterogéneos, se presentan mayores fluctuaciones en el comportamiento de este parámetro. Para el estudio, los materiales composteados fueron bastante homogéneos, lo cual quedó reflejado en la conducta que este parámetro exhibió en cada una de las pilas.

Rendimiento del proceso

En la Tabla 2 se muestra el rendimiento del proceso al final de la etapa de estabilización, calculado, en base seca, considerando la cantidad de composta obtenida en relación a la cantidad de sustrato utilizado en cada caso.

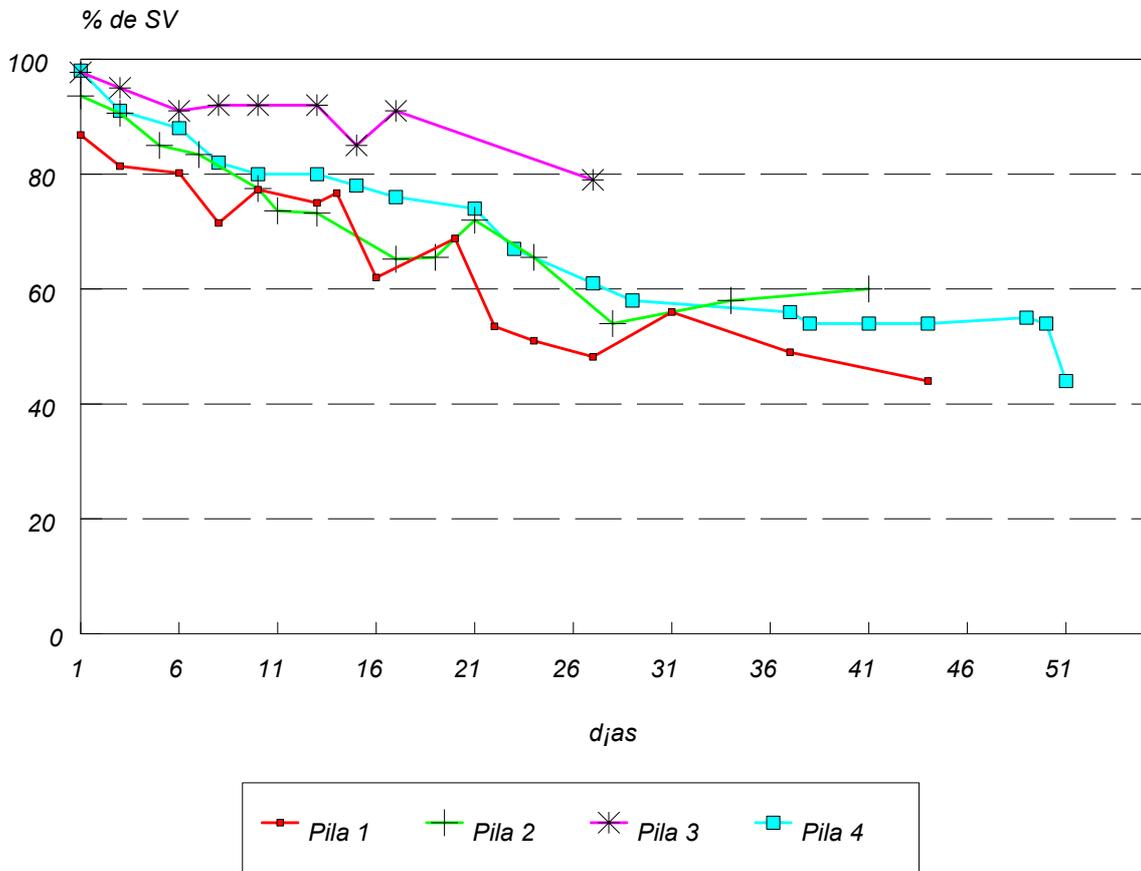


Figura 9. Evolución de los sólidos volátiles durante el experimento

Tabla 2. Rendimiento del proceso (base seca).

No. de Pila	Kg de sustrato inicial	Kg de composta final	Rendimiento (%)
1	86	37	43
2	50	20	40
3	114	-	-
4	100	35	35

Los rendimientos obtenidos durante este experimento estuvieron alrededor del 40%. Atkinson *et al.* (1996) mencionan que los rendimientos en el proceso de composteo dependen de la naturaleza del sustrato a compostear, y suponen un coeficiente de rendimiento de 0.2 a 0.5. Los materiales de fácil degradación presentan rendimientos menores. Los materiales considerados en este trabajo presentaron rendimientos relativamente altos por contener materiales de naturaleza celulósica.

Considerando que la Juguera de Akil produce aproximadamente 37 ton (base seca) de residuos diariamente, se obtendrían 15 ton/día de composta estabilizada durante el período de operación de la planta que es de octubre a marzo. Este material puede ser empleado como material de cubierta de los residuos sólidos municipales (RSM) generados en la población, o bien, después de un período de maduración, aplicarse a cultivos como mejorador de suelos.

CONCLUSIONES

- El composteo de los desechos de la extracción industrial del jugo de la naranja y de otros materiales como frutas que se descomponen en los mercados y centrales de abasto, puede realizarse exitosamente bajo condiciones de poco desarrollo tecnológico y bajo costo de operación. El aire necesario para el desarrollo del proceso puede ser suministrado de forma natural, mediante un sistema de ventilación conformado por tubos horadados, distribuidos uniformemente en el interior de la pila. Otro mecanismo de aireación aplicable, es el de voltear periódicamente el material en proceso; sin embargo, este método requirió de un mayor tiempo de proceso para lograr la estabilidad del material. Ambos métodos de aireación son aplicables y la selección del procedimiento debe

hacerse con base en las condiciones locales, especialmente económicas.

- El rendimiento promedio del composteo de este tipo de desechos fue del 40% en peso (base seca). El material obtenido de este proceso puede utilizarse como material de cubierta de los RSM en rellenos controlados, o bien, con un período de maduración previo, utilizarse como mejorador de suelos en los cultivos agrícolas de la región.

CRÉDITOS

El presente trabajo se realizó con el financiamiento del Sistema Regional de Investigación del CONACyT Justo Sierra (SISIERRA), dentro del proyecto “Sistemas de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales en Poblaciones Yucatecas”.

REFERENCIAS

- Adani F., Genevini P. L. & Tambone F. (1995). A New Index of Organic Mater Stability. *Compost Science & Utilization*. Milan, Italy. Vol. 3. No. 2. pp. 25-37.
- Atkinson Ch. F., Jones D. & Gauthier J. J. (1996). Biodegradabilities and Microbial Activities during Composting of Municipal Solid Waste in Bench-Scale Reactors. *Compost Science & Utilization*. Vol. 4. No. 4. pp. 14-23.
- Avnimelech Y., Bruner M. , Sela R. & Kochba M. (1996). Stability Indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science & Utilization*. Vol. 27. No. 2. pp. 13-20.
- Díaz L. F., Savage G. M., Eggerth L. L. & Golueke C. G. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Lewis Publishers. USA.
- Díaz L. F., Savage G. M., Eggerth L. L. & Golueke C. G. (1996). *Solid Waste Management for Economically Developing Countries*. ISWA. California, USA.
- Flintoff F. (1984). *Management of Solid Wastes in Developing Countries*. World Health Organization. Regional Office for South-East Asia.
- García G.; Quintero R. y López M. (1993). *Biotecnología Alimentaria*. Limusa. México, D.F.
- Gehr W. & Grobe K. (1997). *Yard Trimmings Products. Use Guide*. “Agriculture in Partnership with San Jose”. pp. 1-16.
- Hue N. V. & Liu J. (1995). Predicting compost stability. *Compost Science & Utilization*. Honolulu, Hawaii. Vol. 3. No. 2. pp. 8-15.
- Jackson M. J. & Line M. A. (1998). Assesment of periodic turning as an aeration mechanism for pulp and paper mill sludge composting. *Waste Management & Research*. ISWA. Copenhagen, Denmark. Vol. 16. No. 4. pp. 312-319.
- Liao P. H., Vizcarra A. T., Chen A. & Lo K. V. (1994). Composting of salmon farm mortalities with passive aeration. *Compost Science & Utilization*. Vol. 2. No. 4. pp. 58-66.

- Lynch N. & Cherry R. S. (1996). Winter Composting Using the Passively Aerated Windrow System. *Compost Science & Utilization*. Vol. 4. No. 3. pp. 44-52.
- Normas Mexicanas. (1997). Métodos de Prueba. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Centro de Calidad Ambiental. Unidad de Enlace y de Tecnología Ambiental (UNINET).
- Mathur. (1991). Composting Processes, *In*: Martin (ed.) *Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products*. Elsevier. Pp. 147-183 Citado por: LIAO, P.H. VIZCARRA, A.T. Chen, A. & Lo, K.v. (1994). Composting of Salmon Farm Mortalities with Passive Aeration. "Compost Science and Utilization". Vol. 2, No. 4, pp. 58-66.
- Mooijman K. A. & Lustenhoumer. (1987). Maturity Assesment in Food Waste Compost. *Biocycle Journal of Waste Recycling*. Vol. 28. No. 2. pp. 34-35.
- Savviozzi A., Levi-Minzi R. & Riffaldi R. (1988). Maturity Evaluation of Organic Waste. *Biocycle Journal of Waste Recycling*. Vol. 29. No. 3. pp. 54-57.
- Sesay A. A., Lasaridi K. E. & Stentiford E. I. (1998). Aerated static pile composting of municipal solid waste (MSW): A comparison of positive pressure aeration with hybrid positive and negative aeration. *Waste Management & Research*. Vol. 16. No. 3. pp. 264-272.
- Tchobanoglous G.; Theisen H. & Vigil S. A. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Vol II. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A.