

# EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE PAÑALES DESECHABLES USADOS MEDIANTE COMPOSTEO EN BIORREACTORES AEROBIOS

*Evaluation of the degradation of used disposable diapers by aerobic composting in bioreactors*

Sotelo Navarro Perla Xochitl<sup>1</sup>  
Espinosa Valdemar Rosa María<sup>2</sup>  
Beltrán Villavicencio Margarita<sup>2</sup>  
Vázquez Morillas Alethia<sup>2</sup>

**Dirección de contacto:** Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco D.F. México. C.P. 02200  
Teléfonos: (001) (55) 53 18 90 74, e-mail: [capricornius2001@yahoo.com.mx](mailto:capricornius2001@yahoo.com.mx), rmev@correo.azc.uam.mx

## **ABSTRACT**

*The aim of this study was to assess the feasibility of degrading used disposable diapers mixed with yard waste. Based on their C: N analysis, a mixture was prepared containing 55% fresh grass, 15 % fresh leaves, 10% dry leaves and 20% of mulch (in weight). This substrate was divided, and one half was mixed with 30% of disposable used diapers. Four 200 L reactors were set, two with diapers and two without them to be used as controls. The aerobic composting process lasted three months. Temperature, pH, moisture, CO<sub>2</sub> production, nitrogen, organic matter and C:N ratio were measured along the process and in the final compost. Results show that this treatment can be used to degrade complex substrates, such as disposable diapers. Substrates decreased its volume in 54% (without diapers) and 59% (with diapers). The final compost contained 11% of diaper waste, mainly plastic. Diapers degradation reached 87%. The obtained compost is mature and shows good nutrients content, so could be used as amendment of soils.*

**Key Words:** composting, bioreactors, disposable diapers

---

<sup>1</sup> Estudiante de Maestría en Ciencias e Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (2012-actual). Licenciatura en Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana (2007-2011), con la distinción de la medalla al mérito universitario.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Azcapotzalco (UAM-A)

# EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE PAÑALES DESECHABLES USADOS MEDIANTE COMPOSTEO EN BIORREACTORES AEROBIOS

## Resumen

Para evaluar la factibilidad de degradación de pañales por composteo se montaron cuatro biorreactores de 200 L de capacidad, 2 con pañal y 2 sin pañal, mezclados con residuos de jardinería de la UAM-A. La composición de residuos de jardinería en peso consistió en 55% pasto fresco, 10% de hoja seca, 15% de hoja verde, y 20 % de mulch; en los reactores correspondientes se agregó un 30% en peso de pañales desechables usados. La composición fue determinada previamente mediante la caracterización de los sustratos con la finalidad de tener la mejor relación C:N. Los residuos fueron sometidos a un proceso de composteo aerobio por 3 meses, en los cuales se monitorearon pH, temperatura, humedad, producción de CO<sub>2</sub>, nitrógeno, materia orgánica y relación C/N. Una vez finalizado el proceso se evaluaron en el producto final (composta) humedad, pH, nitrógeno, materia orgánica y relación C/N. Los resultados obtenidos permiten establecer que este tipo de tratamiento es adecuado para estos residuos que son de difícil degradación cuando llegan a los centros de disposición final, ya que se obtuvo una reducción de 54% en peso para los biorreactores sin pañal y 59% para los que contenían pañal. Además al final del proceso sólo quedó un 11% de pañal como residuo, consistente principalmente en plástico, ya que la celulosa y SAP, no se observaban a simple vista. Los pañales se degradaron en un 87%. El proceso permite obtener un producto estable y de buena calidad, susceptible de ser aprovechado como mejorador de suelos.

**Palabras clave:** compostaje, pañales desechables, biorreactores aerobios, composteo

## Introducción

Los pañales desechables son un producto de uso común en todo el mundo, sin embargo, en la actualidad en México no se cuenta con una técnica para el tratamiento de estos productos cuando se convierten en residuos, por lo que son enviados a disposición final en rellenos sanitarios con el resto de los residuos sólidos urbanos. El pañal desechable contiene alrededor de 70% de fibra de celulosa (Espinosa *et al.*, 2011), el resto son materiales sintéticos inertes, inocuos y no biodegradables: polietileno, polipropileno y un polímero sintético super absorbente (SAP, por sus siglas en inglés).

En México de acuerdo a cifras de la SEMARNAT en 2012 la generación per cápita de residuos sólidos urbanos fue de 0.832 kg/hab/día lo que equivale a una generación aproximada de 95 710 ton/día. Los pañales desechables usados son una fracción de los residuos municipales a la que se presta generalmente poca atención. Debido a su composición heterogénea, el reciclaje de pañales desechables es actualmente inviable en el país, por lo que constituyen una fracción importante de los residuos que llegan a los sitios de disposición, constituyendo un 6.52% de la generación de residuos sólidos urbanos, lo que se traduce en una producción de 6240 ton/día (SEMARNAT, 2012).

En la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana se desarrolla, desde hace varios años, una línea de investigación encaminada a proponer alternativas de tratamiento para los residuos de pañal desechable; una de las propuestas ensayadas es cultivar sobre éste sustrato el hongo linocelulolítico *Pleurotus ostreatus* (conocido comúnmente como seta), también se ha ensayado la recuperación del gel super absorbente para la regeneración de suelos áridos por la baja retención de humedad (Cook *et al.*, 1997, Espinosa *et al.*, 2011, Stegmann *et al.*, 1993).

Dadas las características del pañal desechable y su alto contenido de material biodegradable, se consideró la posibilidad de mezclar este desecho con residuos de jardinería y someterlos al proceso de composteo en pilas o en reactores. Los resultados de estas pruebas preliminares mostraron ser favorables y alentadores, al degradarse por completo la celulosa, que es el componente mayoritario de los pañales desechables, dejando como residuo los plásticos que son eliminados con facilidad por cribado.

Los residuos de jardín también se producen en grandes cantidades alrededor del 9.38% de la generación de residuos, equivalentes a 8977 ton/día (SEMARNAT, 2012), y sólo una pequeña fracción se somete al proceso de composteo,

proceso similar al que ocurre en la naturaleza, en el suelo de las áreas boscosas, donde la materia orgánica se descompone por la acción de los microorganismos, principalmente bacterias y hongos, hasta sus componentes primarios. Mediante este tratamiento se obtiene un producto rico en nutrientes disponibles para las plantas; con la posibilidad de ser usado como material de cubierta en los rellenos sanitarios o de aprovechamiento como mejorador de suelos.

Este trabajo expone una manera de reciclar la materia biodegradable de los residuos de poda y los pañales desechables usados mediante la producción de composta.

## Objetivo

Evaluar la degradación de pañales desechables usados mezclados con residuos de poda a través del proceso de composteo aerobio en biorreactores.

## Metodología

### a) Preparación de sustratos

Residuos de poda: se llevó a cabo la caracterización de los residuos de jardinería (hoja fresca, hoja seca, pasto y mulch) que se generan en la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana, con la finalidad de determinar la mejor proporción de los materiales que fueron sometidos al proceso de composteo se determinaron los parámetros de nitrógeno total (Fernández *et al.*, 2006), materia orgánica (Espinosa, 2006) y relación C/N (NMX-AA-067-1985). Posteriormente, mediante balances de masa, se determinó la proporción de cada componente en la mezcla de sustratos

Pañales: se utilizaron pañales desechables usados que contenían solamente orina, por constituir la proporción más significativa en este tipo de residuos. Los pañales fueron recolectados a inicios del mes de septiembre de 2012 en 10 guarderías de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Los pañales fueron triturados en un molino Vermeer BC 1000 para aumentar el área de contacto con los microorganismos y facilitar la degradación de los mismos. hacer más factible el composteo y facilitar la degradación de los mismos aumentando el área de contacto con los microorganismos (Figura 1).



**Figura 1. Trituración de los pañales desechables**

### b) Montaje y monitoreo de reactores

Se montaron 4 biorreactores aerobios en tambos de plástico con 200 L de capacidad (Figura 2), a dos de ellos se les introdujo únicamente los residuos de jardinería perfectamente mezclados. Estos fueron utilizados como testigos (etiquetados como T1 y T2). A los otros dos reactores se les agregó una mezcla homogénea de 30 % en peso de pañal

usado triturado y 70% de residuos de jardinería (etiquetados como B1 y B2). En todos los casos se ajustó la humedad a 70%. Los biorreactores se colocaron en área techada y cerrada.



**Figura 2. Proceso de montaje, aireación y monitoreo**

El proceso fue monitoreado mediante los siguientes parámetros: pH (NMX-AA-025-184), temperatura (medidor de vástago marca TFA, con rango de medición -10-90 °C y una precisión de  $\pm 2$  °C), humedad (por medio de un vástago marca LincoIn Soil Moisture Meters, con un intervalo de medición de 0-100 % y una precisión de  $\pm 2\%$ ) y CO<sub>2</sub> (analizador Vernier electrónico con sensor de CO<sub>2</sub>). El desarrollo del composteo se evaluó al inicio, la primera semana, posteriormente cada 15 días y al final del proceso, mediante la determinación de pH, nitrógeno total, materia orgánica y relación C/N.

Las mezclas contenidas en los cuatro biorreactores fueron volteadas manualmente para su aireación, para garantizar que el proceso se llevara a cabo en las mejores condiciones de oxigenación y homogeneización. Los biorreactores se pesaron semanalmente mediante una báscula CAMESA (500 kg  $\pm$  0.2 kg).

Los productos obtenidos al final del proceso fueron sometidos a tamizado, con la finalidad de separar la composta que es la parte fina, el mucho (la parte gruesa) y los plásticos (en el caso de los que contenían pañal) tal como se muestra en la Figura 3. Cada uno de los componentes separados se pesó.



Mulch seco

Composta

Plástico del pañal

**Figura 3. Separación de los componentes después del proceso**

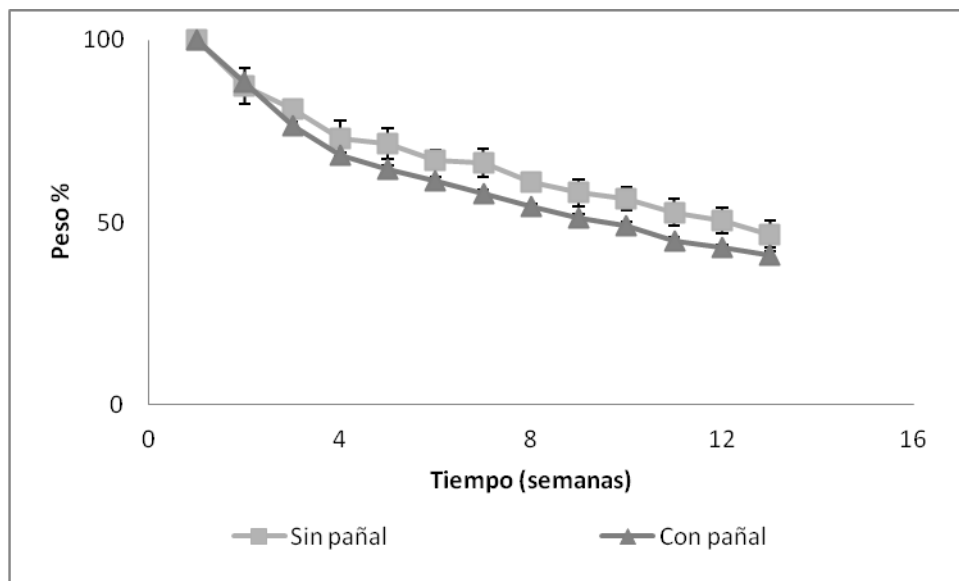
## Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de los diferentes materiales para formar la mezcla a compostear, se determinó que la mejor proporción en peso era: 55% pasto suelto, 10% hojas frescas, 15% de hoja seca y 30% de mulch, con lo que se obtuvo una relación C:N inicial de 56%. Adicionalmente a esta mezcla se le agregó un 30 % de pañal desechable.

**Tabla 1. Resultados de la caracterización de los materiales**

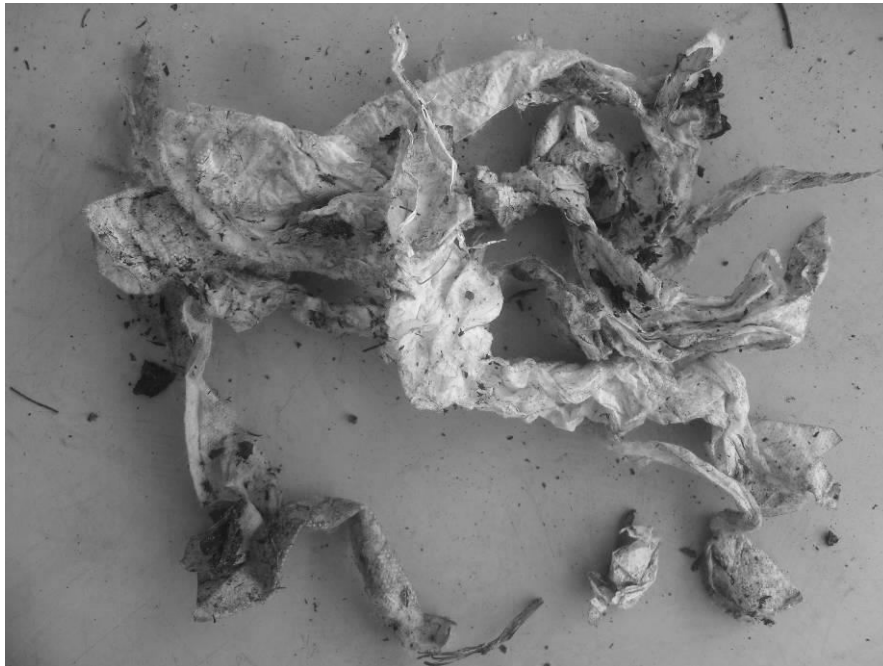
Muestra	% M. O.	% N	Relación C/N
Pasto	86.53	1.96	25.82
Hoja seca	83.63	1.23	39.52
Mulch	97.98	0.37	153.36
Hoja fresca	92.15	1.96	27.27
Pañal	88.99	0.36	82.3

Los parámetros evaluados durante el proceso (pH, temperatura, CO<sub>2</sub>, humedad, nitrógeno, materia orgánica, y relación C/N) en todos los biorreactores, tanto los que contenían pañal como los testigos, mostraron un comportamiento típico de un proceso convencional de composteo. Un aspecto importante a destacar es el comportamiento de la temperatura a lo largo del proceso, la cual muestra las características teóricas esperadas en las que se observa la fase termofílica al inicio del proceso. Esto es un reflejo de la actividad microbiana la cual produce calor y garantiza la eliminación de microorganismos patógenos al incrementarse por encima de los 60 °C, seguida de la fase mesofílica alrededor de los 35-45 °C y la posterior estabilización alrededor de los 25 °C. Otros aspectos que se muestran en la Figura 4, donde se observa el comportamiento respecto a la pérdida de peso de los biorreactores, se aprecia que en los biorreactores B-1 y B-2 (pañal) se tiene mayor pérdida de peso, que puede ser atribuida a la presencia del pañal desechable, ya que este residuo compuesto principalmente por celulosa es más fácilmente biodegradable. Los residuos de jardinería, por otro lado, están compuestos por lignina y celulosa, la primera de una estructura fenólica muy compleja y difícil de biodegradar. Después del proceso de composteo se tuvo una pérdida de alrededor de 59% en peso de los biorreactores con pañal desechable y 54% en los biorreactores sin pañal, lo que puede deberse a la presencia de pañal, ya que éste pierde humedad y por lo tanto peso.



**Figura 4. Pérdida de peso en %**

En los residuos de los pañales desechables después del cribado, pudo observarse polipropileno, polietileno, gomas y adhesivos, propios de la composición de estos, sin embargo, ya no observó a simple vista la presencia de la celulosa, ni del material absorbente, tal como se muestra en la Figura5. Dichos plásticos pueden ser sometidos al proceso de reciclaje o reutilizarse, por ejemplo, en procesos hidropónicos donde podrían funcionar como soporte de las plantas (sustrato plástico).



**Figura5. Residuos de los pañales desechables después del proceso de composteo**

La Tabla 2 presenta los porcentajes de cada componente después del tamizado. Se puede observar que los biorreactores contienen aún el 11% en peso de pañales, que corresponde principalmente a los plásticos, ya que estos no son biodegradables pero que como ya se mencionó son susceptibles a ser reciclados y/o reutilizados. La presencia de celulosa y SAP no es apreciable a simple vista en la composta, lo cual sugiere la realización de pruebas de ecotoxicidad para evaluar si este componente está presente y si puede ser tóxico para alguna especie vegetal. De acuerdo con los valores obtenidos la degradación final de los pañales desechables es de 87 %.

**Tabla 2. Porcentajes de los componentes finales del proceso**

	Mulch	Compost	Pañal (plástico)
Sin pañal	47.59	52.41	0.00
Con pañal	50.00	38.55	11.45

En la Tabla 3 se presenta la caracterización final de la composta obtenida en los biorreactores después de ser cribados, las propiedades generales son adecuadas para una composta, con un elevado contenido de materia orgánica y una cierta presencia de nitrógeno, la relación C/N es adecuada. Destaca un valor de pH alcalino, lo que podría deberse a los materiales utilizados en la experimentación. Dichos parámetros son evaluados con respecto a la NMX-FF-109-SCFI-2008 que es la norma que regula la elaboración de lombricomposta en México, ya que se carece de una normatividad específica para la composta y su elaboración.

**Tabla 3. Caracterización final del compost**

Parámetro	Compost sin pañal	Compost con pañal	NMX-109-SCFI-2008
Humedad (%)	48.28	42.40	20-40
pH (extracto 1:9)	8.95	8.71	5.5-8.5
Materia orgánica (% base seca)	66.28	67.42	20-50
Nitrógeno (% base seca)	3.74	3.54	1 a 4
Relación C/N	10.28	11.06	≤ 20
Cenizas (% base seca)	33.29	31.88	N. D.

### Conclusiones

Esta investigación ha permitido establecer que la incorporación de pañales desechables usados en el composteo de residuos orgánicos no altera las condiciones generales del proceso, tales como el perfil de temperatura del mismo o la reducción de volumen que tiene lugar. Se verificó además que la celulosa presente en los pañales puede ser degradada mediante este tratamiento. Con ello se sientan las bases para un aprovechamiento de este tipo de residuos a través del reciclaje biológico de su componente principal y de la recuperación de los plásticos que lo componen, contribuyendo a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Además que los parámetros fisicoquímicos evaluados para el producto final tampoco se ven alterados con respecto a los valores típicos esperados y la composta puede ser utilizada como un mejorador de suelos.

**Agradecimientos:** *Esta investigación fue desarrollada gracias al apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito federal (ICyTDF) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).*

### Referencias

- Cook, B. D. Bloom, P. R. & Halbach, T. R. (1997). Fate of a Polyacrilate Polymer during Composting of Simulated Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Quality*, 26, 618-625.
- Espinosa, V. R. M. (2006). Manual de Prácticas de Taller IV. Análisis Fisicoquímicos de Residuos Sólidos Municipales. División de Ciencias Básicas. Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Espinosa-Valdemar, R.M., Turpin-Marion, S., Delfín-Alcalá, I., Vázquez-Morillas, A., (2011). Disposable diapers biodegradation by the fungus *Pleurotus ostreatus*. *Waste Manage* 31, 1683-1688.
- Fernández, L. L. C.; Rojas, A. N. G; Roldán, C. T. G.; Ramírez, I. M. E.; Zegarra, M. H. G.; Uribe, H. R.; Reyes, A. R. J.; Flores, H. D.; Arce, O. J. M. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. pp. 35-39.
- Norma Mexicana NMX-AA-025-1984, (1984). Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos - Determinación del -pH-Método Potenciométrico.
- Norma Mexicana NMX-AA-067-1985, (1985). Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la relación carbono / nitrógeno.
- SEMARNAT (2012). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. *In: INECC & SEMARNAT (eds.)*.
- Stegmann, R., Lotter, S., King, L. & Hopping, W. D. 1993. Fate of an absorbent gelling material for hygiene paper products in landfill and composting. *Waste Management & Research*, 11, 155-170.