



---

7<sup>mo</sup>  
Congreso de  
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM  
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

---

## UN MÉTODO EFICAZ PARA CONTROL DE LA BIODEGRADACIÓN TOTAL DE MATERIALES PLÁSTICOS

**An efficient method to control the total biodegradability of plastic materials**

Carolina Reyes Ramírez, Karina Benitez, Elda Maria Salmoral

Grupo de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires  
Proyecto 20020090100183 de la Secretaría Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos  
Aires  
Paseo Colón 850 (1063) Buenos Aires, Argentina

**Email:** [gib@fi.uba.ar](mailto:gib@fi.uba.ar), [esalmor@fi.uba.ar](mailto:esalmor@fi.uba.ar)

---

*Título breve: Método biodegradación total de plásticos*

## **ABSTRACT**

A quantitative method to determine the degree of biodegradability of plastic materials to use as a laboratory tests' witness was designed. Also, it was built a bioreactor system that reproduces a micro environment, where the oxygen, temperature and humidity are controlled; this in order to favor conditions for the biodegradation process and to determine its effectiveness compared to reference samples.

## **RESUMEN**

Se diseñó un método capaz de determinar cuantitativamente el grado de biodegradabilidad de materiales plásticos para ser empleado como testigo en pruebas de laboratorio. Se construyó un sistema de bioreactores buscando reproducir un micro ambiente donde se controlen las variables de oxígeno, temperatura y humedad, con el fin de favorecer las condiciones para la biodegradación y así determinar la eficacia del proceso comparándolo con blancos de referencia.

## **INTRODUCCIÓN**

El gran reto que debe enfrentar la Ingeniería en este siglo es la reducción del impacto ambiental que los productos desarrollados ejercen sobre el medio ambiente, orientando su evolución hacia esquemas de producción y consumo sostenibles.

Los materiales plásticos de diferente origen ejercen efectos potencialmente distintos en el sistema ecológico, lo que plantea la necesidad de identificarlos por sus propiedades físicas químicas y su degradabilidad.

Es por eso que se hace imprescindible determinar la tasa de degradación de los materiales plásticos, usando metodologías que permitan estimar adecuadamente el tiempo que un plástico requiere para desestructurizarse y cambiar químicamente por acción de agentes ambientales, que lo transformen en sustancias simples ó en componentes menores que eventualmente se asimilen al ecosistema.

Actualmente en Argentina no existen normas que regulen las propiedades de degradación de un plástico, por lo que el objetivo de este trabajo es considerar el verdadero concepto de biodegradabilidad de un plástico (Albertsson & Karlsson, 1990), y analizando la normativa vigente en otros países, como la Unión Europea, EE UU y Japón, atender al diseño y desarrollo experimental de un método cuantitativo que permita comprobar la biodegradación.

El presente trabajo presenta una metodología respirométrica basada en el test de Sturm, readaptada y diseñada en nuestro laboratorio la cual usa un sistema combinado de degradación biótico y abiótico (fragilización, solubilización y fragmentación) donde se cuantifica el CO<sub>2</sub> producido por desintegración de producto o material plástico orgánico en estudio. La mineralización y/ o bioasimilación conducentes a la eliminación de CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CH<sub>4</sub> + biomasa se describen como “biodegradación” y dependerán de la temperatura, humedad, aerobiosis y/ o anaerobiosis.

## MÉTODOS

Se diseña un sistema de biorreactores que comprende: a) control blanco sin fuente de carbono, b) estándar de polímero de glucosa y c) muestra incógnita como única fuente de carbono y se les implementa un sistema de aireación filtrado, libre de CO<sub>2</sub>, con válvulas que contemplaba la filtración del aire liberado de CO<sub>2</sub>, regulado y controlado para estudio serial.

El biorreactor individual contiene en su interior material poroso de origen volcánico Andino (500-800 µm), suspendido en solución acuosa microbiana resultante del lavado de compost maduro de relleno sanitario controlado, con adición de medio mínimo para microorganismos de comunidad de suelo, incluyendo medio mineral y control del pH. El material poroso es previamente sometido a controles físicos, químicos, microbiológicos y de microscopía, verificando ausencia de toxicidad.

Con bocas de aire de entrada y salida de CO<sub>2</sub>, posee además una canastilla con álcalis en volumen definido (KOH 0.5N).

El sistema consume O<sub>2</sub> y produce CO<sub>2</sub> desde el biorreactor durante 28 días, donde por acción de microorganismos y en presencia de oxígeno el carbono de la muestra se convierte en CO<sub>2</sub> y biomasa residual. El CO<sub>2</sub> producido por captura alcalina es cuantificado considerando el CO<sub>2</sub> teórico. Se incuban en cuarto ambientado a 23 ± 2°C en oscuridad.

Muestra utilizada: material plástico producido a partir de recursos vegetales (marca registrada: POROTOPLAS).Control positivo de polímero natural de glucosa.

## **RESULTADOS**

Se parte de la premisa que un compuesto plástico es biodegradable en bioreactores que asemejan un microcosmo, si durante el período de ensayo el 50 % del contenido en carbono orgánico total del material en estudio se libera como dióxido de carbono (Benítez et al, 2005).

Se estableció una correlación con el medio natural aportando a cada biorreactor del sistema serial, las condiciones óptimas de temperatura, pH, tiempo y aireación controlada.

Los ajustes se realizaron en atención a normas NF U52-001, ASTM D 570 ( ASTM, 2010), en ausencia de la existencia de normas argentinas.

Por primera vez se utiliza como en el ensayo un material altamente poroso de origen volcánico no tóxico del Noroeste Argentino analizado y adaptado a condiciones de esterilidad, a modo de soporte inerte de flora bacteriana que contribuye a sostener un material plástico de origen orgánico y evaluar el grado de biodegradabilidad.

En la propuesta del presente método la producción de CO<sub>2</sub>, se cuantifica durante 28 días consecutivos. Sin embargo y como un caso particular y no habitual, se presenta en

la Tabla 1 la producción de CO<sub>2</sub> por el material plástico estudiado, hasta alcanzar los 54 días.

**Tabla 1.** Producción de CO<sub>2</sub>

**Table 1.** CO<sub>2</sub> production

Día	6	12	19	28	33	42	54
Material Plástico (mg CO <sub>2</sub> )	177.7 ± 208.9	± 42.3	± 14.9	± 4.8	± 0.48	± 3.8	±
Control positivo (mg CO <sub>2</sub> )	21.3 ± 217.4	± 64.3	± 33	± 13.2	± 4.76	± 6.6	±
	28.1	33.9	23.9	18.9	13.2	11.4	10.9

Análisis comparativo y periódico del CO<sub>2</sub> (mg) desprendido en los birreactores que contienen el material plástico en referencia al control positivo de polímero de glucosas (ensayos triplicados). Valores medios y desvío estándar, confiabilidad 95%.

Se controló pérdida de peso del material en estudio en birreactores adaptados para ese fin, análisis realizado en paralelo, evidenciándolo por microscopía electrónica, lo que permitió comprobar que entre los 15- 20 días la degradación comienza a hacerse evidente en la superficie del material plástico estudiado.

Se realizó un estudio comparativo de la biodegradabilidad del material plástico en compost maduro y acorde a las normas mencionadas no surgiendo diferencias significativas en los resultados que indicaban el grado de degradabilidad del material plástico en estudio con el método aquí propuesto ( Gonzalez *et al.*, 2002).

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Este sistema metodológico que introduce un nuevo soporte poroso inerte en las normas NF U52-001, ASTM D 570 (ASTM, 2010) sin modificar su esencia fue ideado en el laboratorio y resultó altamente efectivo para la suspensión y ubicación de microorganismos termófilos del medio acuoso natural en el que se sumerge y no presenta diferencias significativas usando compost maduro.

Las condiciones de este método facilitan el control de todo residuo polimérico de la muestra en estudio, superando el uso de los soportes sólidos de compost maduro cuya complejidad y heterogeneidad habitualmente lo impiden, tal lo demuestra algunos métodos como los de las normas ISO 148551-2005 y 148552-2007.

La metodología permite controlar compostajes sin tener que elevar la temperatura más de 58 °C con las drásticas consecuencias que ello implica.

El método se presenta como una opción de control de biodegradabilidad que bien se puede complementar al uso de un soporte de compost maduro acorde a NF U52-001, ASTM D 570, (ASTM, 2010).

Se concluye que el material plástico presenta excelente grado de biodegradabilidad ya que supera el 50 % y además puede degradarse en períodos no mayores de sesenta días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albertsson AC & Karlsson S. 1990. Degradable Materials: Perspectives, Issues and Opportunities. P 263-283. En: Barenberg SA, Brash JL, Narayan R & Redpath A E (Eds), *Production of thermo-bioplastics and fibres based mainly on biological materials*. CRC Press, Boca Raton
- ASTM. 2010. ASTM Standard D 570-98 (2010) Test method for water absorption of Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA  
Disponible en: [www.astm.org](http://www.astm.org)
- Benitez K, Floccari M, Pergolesi MF, Longo S, Alvarez E, Alonso R & Salmoral EM. 2005. Diseño y montaje de un método para control de biodegradación de material plástico. *I Jornadas del Medio Ambiente 2005*, Facultad Ingeniería, Universidad de Buenos Aires Mayo de 2005, Buenos Aires, Argentina.
- González M, Salmoral E, Floccari M & Traverso K. 2002 Effects of gamma radiation on a plastic material based on bean protein. *International Journal of Polymeric Materials*, Gordon and Breach Publishing NY. 51 ( 8) : 721-731
- NF U52-001. 2005. Matériaux biodegradables pour l'agriculture et l'horticulture. Association française de Normalisation (AFNOR), Fevrier 2005  
[www.afnor.org](http://www.afnor.org)
- Sturm RN. 1973. Biodegradability of nonionic surfactants: scenting test for predicting rate and ultimate biodegradation. *J Oil Chem Society*, 50: 159-167