

# MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN



## 1 Definiciones de Biodegradación<sup>(1)</sup>

### 1.1 Polímeros Degradables

Un polímero degradable es aquel que sufre un cambio significativo en su estructura química bajo condiciones ambientales específicas. La iniciación y propagación de la degradación pueden ser inducidas químicamente, por efectos del calor o luz (UV) o biológicamente.

### 1.2 Mecanismos de Degradación de Materiales

- a) Degradación Química.
- b) Degradación por agentes ambientales de un material de cubrimiento.

### 1.3 Fotodegradación

- c) Degradación térmica.

### 1.4 Biodegradación

Degradación causada por actividad biológica, especialmente por acción enzimática, que conduce a un cambio significativo en la estructura de un material. Los principales agentes involucrados son bacterias y hongos.

### 1.5 Biodegradabilidad primaria o parcial

Alteración de la estructura química que resulta en una pérdida de propiedades específicas del polímero.

### 1.6 Biodegradabilidad final

Conduce a la mineralización con formación de CO<sub>2</sub> (aerobiosis), CH<sub>4</sub> (anaerobiosis), agua, minerales y biomasa.

## 2 Definición de Plásticos o polímeros biodegradables<sup>(1)</sup>

### 2.1 American Society for Testing and Materials (ASTM Subcommittee D20)

Plástico degradable en el cual la degradación resulta de la acción de microorganismos de ocurrencia natural.

## 2.2 International Standards Organization (ISO-472)

Plástico diseñado para sufrir un cambio significativo en su estructura química bajo condiciones ambientales específicas resultando en la pérdida de algunas propiedades, medidas por métodos estándar. Los cambios resultan de la acción de microorganismos de ocurrencia natural.

## 2.3 German Institute for Standardization (DIN 103.2)

Material plástico en el cual todos sus componentes orgánicos sufren un proceso completo de biodegradación. Las condiciones ambientales y las tasas de biodegradación son determinadas por métodos estandarizados.

## 2.4 European Committee for Normalization (CEN)

Material degradable en el cual la degradación resulta de la acción de microorganismos. El material es mineralizado.

## 2.5 Sociedad Japonesa de Plásticos Biodegradables

Polímeros que son cambiados a compuestos de menor peso molecular donde al menos un paso en la degradación ocurre por microorganismos de ocurrencia natural.

## 3 Requisitos para la Biodegradabilidad de Polímeros<sup>(1)</sup>

### 3.1 Presencia de enzimas y microorganismos:

- a) Inducción de la síntesis de la enzima degradativa por el polímero,
- b) Opcionalmente, una enzima constitutiva secretada.

# MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN



## 3.2 Disponibilidad biótica de la estructura polimérica

- a) Cristalinidad del polímero,
- b) Accesibilidad de la enzima al enlace,
- c) Formación de productos metabolizables por el microorganismo.

## 3.3 Factores ambientales abióticos

- a) Nivel de oxígeno,
- b) Disponibilidad de nutrientes,
- c) Temperatura adecuada,
- d) pH adecuado.

## 4 Relación Biodegradación - Estructura de Polímeros <sup>(1)</sup>

- a) Peso molecular del polímero.
- b) Presencia de enlaces susceptibles al rompimiento enzimático.
- c) Estereoquímica del polímero.
- d) Carácter hidrofílico - hidrofóbico del polímero.
- e) La flexibilidad de las cadenas de polímero.
- f) Regiones amorfas.
- g) Longitud de las unidades monoméricas y por ende la cristalinidad.
- h) Tamaño, número y forma de los cristalitos en polímeros semicristalinos.

## 5 Normas y Métodos de Biodegradación <sup>(2, 3)</sup>

Actualmente en Venezuela no existen normas, o métodos de ensayo, que se aplican específicamente a los plásticos biodegradables.

Sin embargo, en el ámbito internacional se han desarrollado normas que regulan y miden la velocidad de los procesos de degradación y de biodegradación. Las principales organizaciones internacionales que han establecido normas o métodos de ensayo son:

- American Society for Testing and Materials

(ASTM) ([www.astm.org](http://www.astm.org));

- Institute for Standards Research (ISR),
- International Standards Organization (ISO) ([www.iso.org](http://www.iso.org));
- European Standardization Committee ([www.cenorm.be](http://www.cenorm.be)) (CEN),
- German Institute for Standardization (DIN); y
- Organic Reclamation and Composting Association (ORCA) (Bélgica).

### 5.1 American Society for Testing and Materials (ASTM)

Una familia de normas de ASTM está dirigida al estudio del deterioro de las propiedades físicas de los plásticos en una variedad de condiciones ambientales específicas incluyendo compostaje simulado (D5509, D5512), vertedero simulado (D5525), actividad microbiana aeróbica (D5247) y condiciones de marina flotante (D5437).

Un segundo grupo de normas de ASTM está dirigido al estudio de generación de CO<sub>2</sub> en entornos aeróbicos, incluida la utilización de lodos (D5209), de lodos activados (D5271) y compostaje controlado (D5338).

Un tercer grupo de normas ASTM aborda la evolución de CH<sub>4</sub> y el CO<sub>2</sub> en ambientes anaeróbicos (D5210), biodegradación anaeróbica (D5511) y vertedero acelerado (D5526). La norma ASTM D6400 establece los requisitos para distinguir entre plásticos degradables y biodegradables.

Por último, la norma ASTM D6954 (4), se recomienda ser aplicada solo para el estudio de los materiales poliméricos comercialmente conocidos como oxo-biodegradables, se subdivide en tres partes:

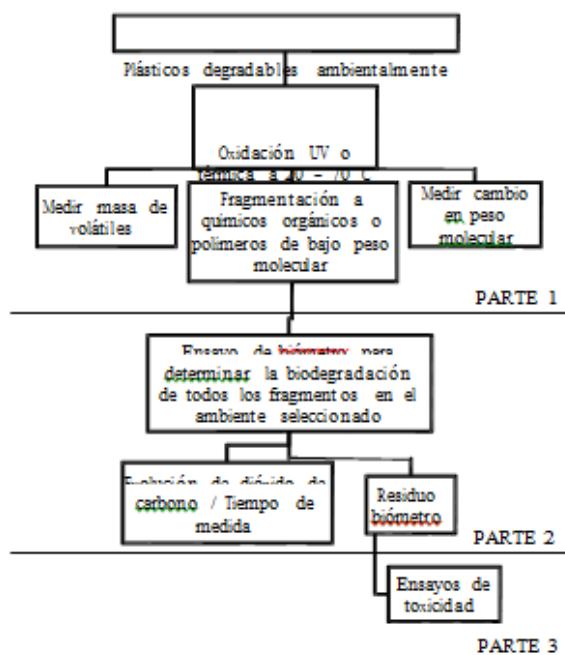
1. La muestra debe ser expuesta a temperaturas entre 20 y 70°C en presencia de niveles de aire o humedad específicos. Para películas delgadas, el período de exposición debería ser el tiempo requerido para alcanzar

# MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN



5% de elongación a ruptura o menos y un peso molecular promedio en peso (Mw) de 5000 o menos unidades, medido a 3 temperaturas diferentes.

2. Luego que las muestras son expuestas a un proceso de degradación abiótica, el material de prueba debería ser sometido a degradación en ambientes apropiados (D5988, D5338 - que tiene como referencia la ISO 14855 - y D5526). Se registra el perfil de tiempo en la evolución de dióxido de carbono.
3. Se realizan las pruebas de toxicidad, que envuelven las consideraciones de los impactos ecológicos en la disposición final (D5951 - que tiene como referencia la OECD 208 - ).



**Figura 1. Flujo esquemático de Guía ASTM D6954.**

## 5.2 International Standards Research (ISR)

El comportamiento de los plásticos biodegradables en instalaciones de compostaje y en condiciones de laboratorio ha sido estudiado por el International Standards Research (ISR). ISR ha determinado tres criterios que necesitan los plásticos a fin de ser compostables:

- Deben degradarse al mismo ritmo y en la misma medida que el material compostable y sin dejar residuos tóxicos o persistentes.
- Debe desintegrarse durante el compostaje activo, por lo que no se deben encontrar fragmentos visibles o distinguibles en las pantallas.
- No debe tener ninguna ecotoxicidad o fitotoxicidad que pueda tener repercusiones en la capacidad del compost para soportar el crecimiento de plantas.

## 5.3 International Standards Organization (ISO)

Tres normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) han establecido los criterios por los que actualmente se evalúan los plásticos biodegradables europeos.

- ISO 14855 (Biodegradación aeróbica bajo condiciones controladas);
- ISO 14852 (Biodegradación aeróbica en ambientes acuosos); e
- ISO 14985 (Biodegradación anaeróbica en un ambiente alto de sólidos).

ISO 14855 es una prueba de compostaje aeróbica controlada; ISO 14851 e ISO 14852 son pruebas de biodegradación diseñadas específicamente para materiales poliméricos.

Una parte importante de la evaluación de plásticos biodegradables consiste en determinar la desintegración en la forma de producto final. Puede utilizarse una prueba a escala piloto controlada o en una prueba en un centro de tratamiento compostaje aeróbico a gran escala. Debido a la naturaleza y condiciones de dichas pruebas de desintegración, las pruebas no se pueden diferenciar entre biodegradación y desintegración abiótica, pero en su lugar se muestra que se ha alcanzado suficiente desintegración en los materiales de prueba durante el tiempo especificado de prueba.

## 5.4 European Committee for Normalization (CEN)

# MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN



En 1999, el European Committee for Normalization (CEN) estableció el estándar de la norma (prEN 13432 del CEN). La norma proporciona a la Directiva Europea de la Comisión Europea sobre envases y residuos de envases con normas y reglamentos técnicos apropiados. Esta norma es un punto de referencia para todos los productores europeos, las autoridades, los administradores de la instalación y los consumidores. El estándar especifica requisitos y procedimientos para determinar la compostabilidad de materiales de embalaje plástico basados en cuatro áreas principales:

- biodegradabilidad;
- Desintegración durante el tratamiento biológico;
- Efecto en el proceso de tratamiento biológico; y
- Efecto sobre la calidad del compost resultante.

El material de empaque pensado para entrar en la secuencia de biorresiduos debe ser reconocido como biodegradable o compostable por el usuario final. La norma europea más estricta para la biodegradabilidad es la CEN 13432. Esta norma puede aplicar a otros materiales de empaque además de polímeros e incorpora los siguientes ensayos y normas:

- ISO 14855 (Plastics - Evaluation of the Ultimate Aerobic Biodegradability and Disintegration Under Controlled Composting Conditions-- Method by Analysis of Released Carbon Dioxide);
- ISO 15985 (Plastics - Determination of the ultimate anaerobic biodegradation and disintegration under high-solids anaerobic - digestion conditions - Method by analysis of released biogas);
- ASTM D5338 (Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions);
- OECD 208 (OECD Guidelines for Testing of chemicals 208: Terrestrial Plants, Growth Test; Organization for Economic Co-operation and

Development, 2 rue André Pascal, F - 75775 París).

Para que un material sea aprobado por la norma, no debe permanecer más de 6 meses en cualquiera de las condiciones estipuladas en las pruebas anteriormente mencionadas y tener un nivel de aprobación de 90%. Además, el material no deberá exceder un contenido de metales pesados por encima del 50% para el compost 'normal'.

Se recomienda aplicar la norma CEN 13432, debido a lo amplia de ésta en el estudio de los materiales poliméricos comercialmente conocidos como compostables.

## 6 Referencias bibliográficas

- (1) López, Pedro (M.Sc.), Conferencia "Degradación Microbiana de Materiales Poliméricos", II Taller de Biodegradación de Materiales, CRIA-UDONE, 2008.
- (2) Biodegradable Plastics - Developments and Environmental Impacts, Nolan-ITU Pty Ltd & ExcelPlas Australia, 2002, <http://www.environment.gov.au/settlements/publications/waste/degradables/biodegradable/chapter6.html>.
- (3) Boletín Técnico Informativo Nº 21 - Degradación de los Materiales Plásticos, Plastivida Argentina, 2006, [www.plastivida.com.ar](http://www.plastivida.com.ar).
- (4) ASTM Standard D6954, 2004. "Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004, DOI: 10.1520/D6954-04, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- (5) Barriga Salamanca, Ángela, "Plásticos con etiqueta ecológica, En la era de los biodegradables", Revista del Plástico, 2004, [http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc\\_35446\\_HTML.html?idDocumento=35446](http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_35446_HTML.html?idDocumento=35446)

# MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN



Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en octubre 2010 y revisado en enero 2017.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos escriba a la Gerencia de Mercadeo a la dirección electrónica: [info@polinter.com.ve](mailto:info@polinter.com.ve), la cual pueden acceder a través de nuestra página web [www.polinter.com.ve](http://www.polinter.com.ve) o de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).

La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.

Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietílenos Venelene®.