



**CIPP CIPEM**

# **El PVC en el marco de los bioplásticos y los plásticos oxo-biodegradables**

Jorge Alberto Medina  
Director del Grupo de Materiales y Manufactura  
CIPP- CIPEM  
Universidad de los Andes, Bogotá

**IV conferencia Andina sobre PVC y Sustentabilidad  
Universidad de los Andes  
Bogotá, Septiembre 28 de 2010**



# CONTENIDOS

**1. DEFINICIONES PARA UNA CLASIFICACION.**

**2. OXOBIODEGRADACION UNA ALTERNATIVA PARA NUESTRAS LATITUDES?**

IV conferencia Andina sobre PVC y Sustentabilidad  
Universidad de los Andes  
Bogotá, Septiembre 28 de 2010



**CIPP CIPEM**

## **Plástico Degradable´**

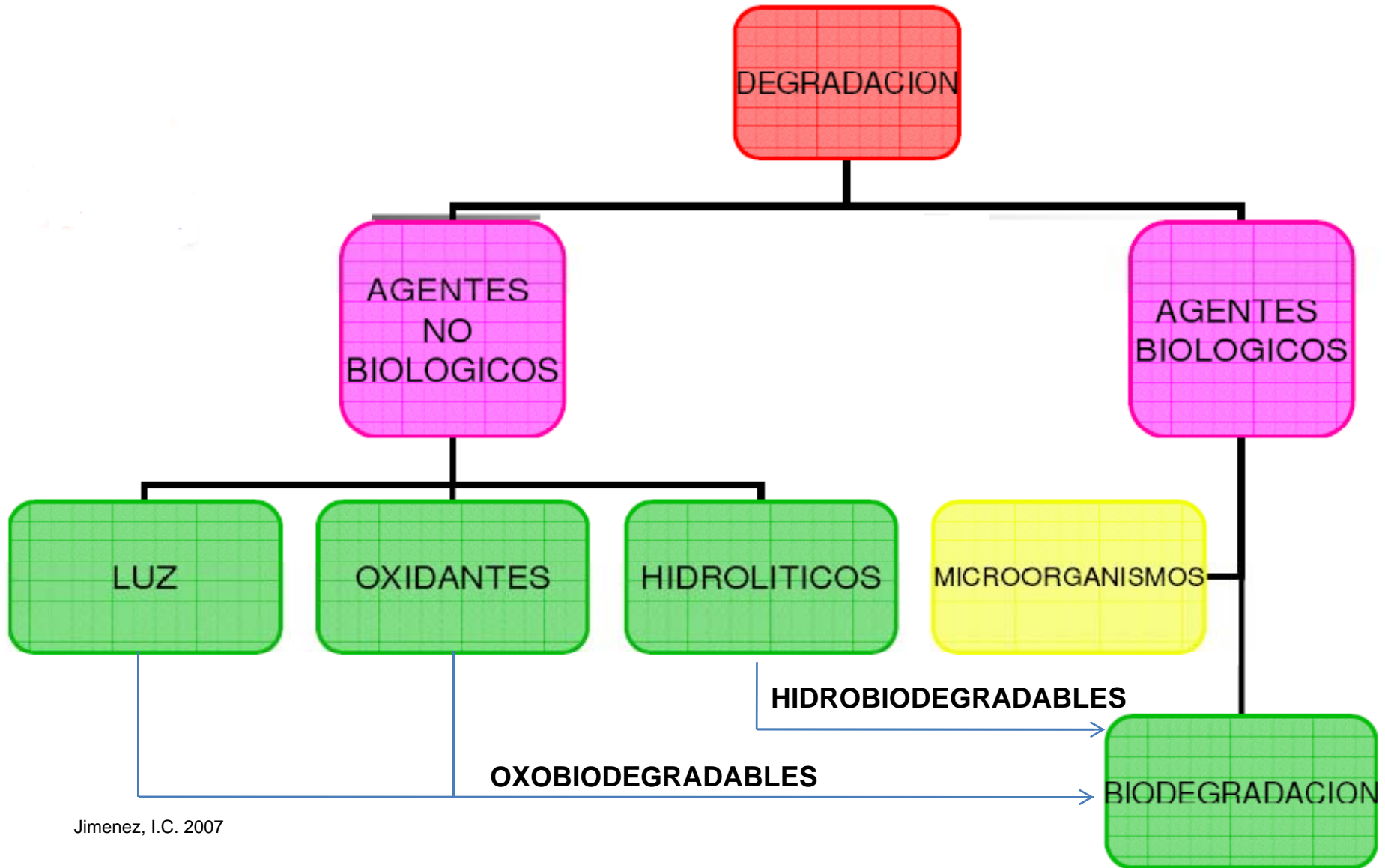
“Aquel que sufre un cambio significativo en la estructura química bajo condiciones ambientales específicas resultando en la pérdida de propiedades que pueden variar acorde con su medición por métodos de ensayo estándar apropiados para el plástico y las aplicaciones, en un periodo de tiempo que determina su clasificación”. ASTM D883-07.

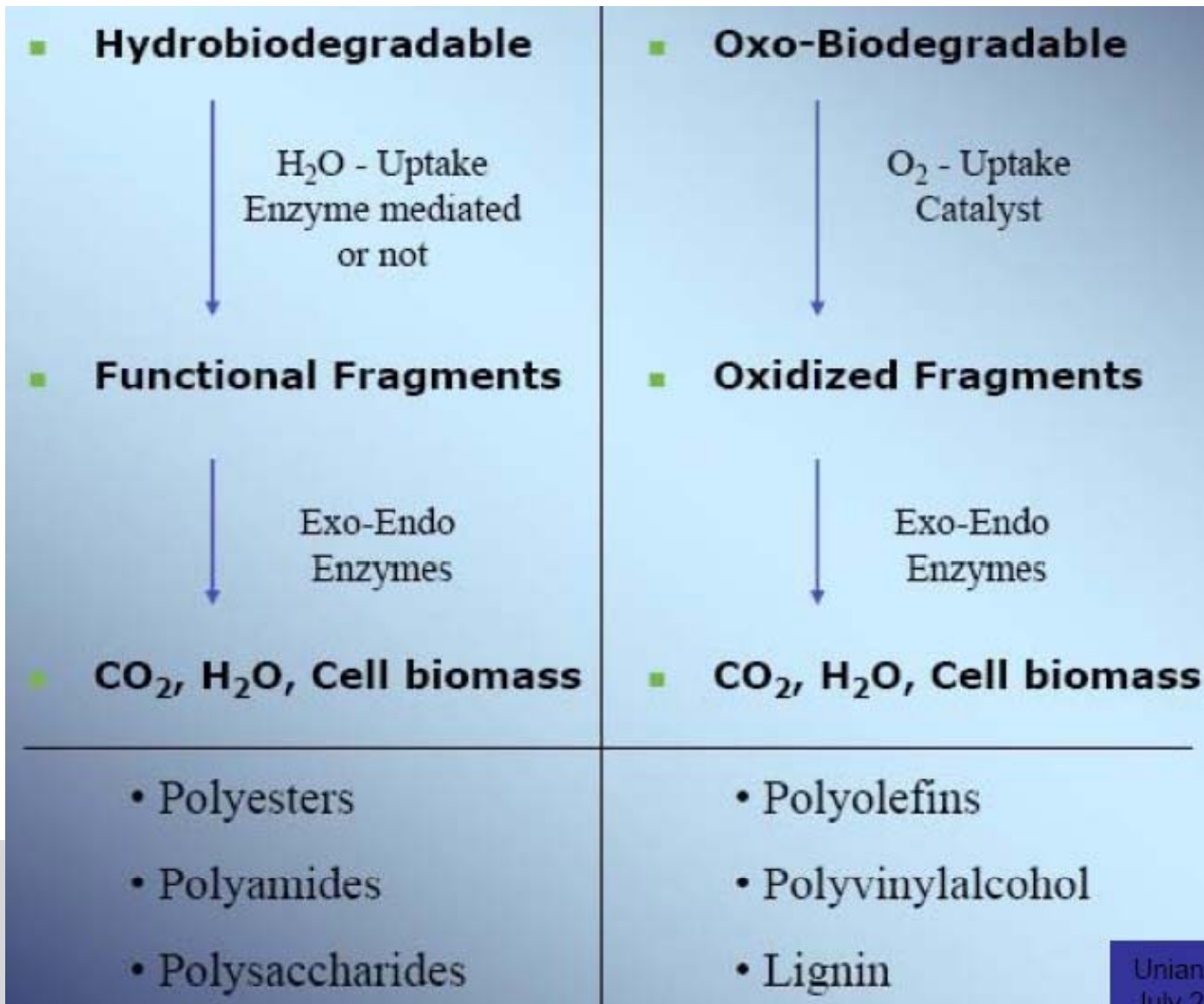
### **Mecanismo**

Rompimiento de macromoléculas,  
entrecruzamientos, biodigestión o combinación de  
estos.



**CIPP CIPEM**







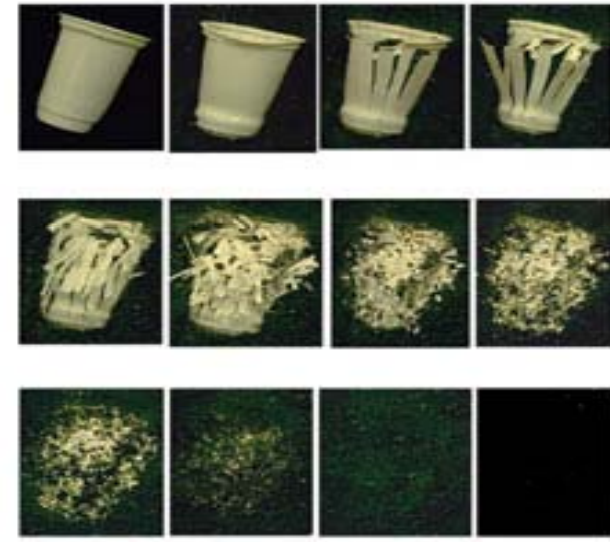
**CIPP CIPEM**

## Plástico biodegradable

“Plástico degradable en el cual la degradación resulta de la acción de microorganismos de presencia natural tales como hongos, bacterias y algas”. ASTM D883-07

Standard Terminology Relating to Plastics<sup>1</sup>

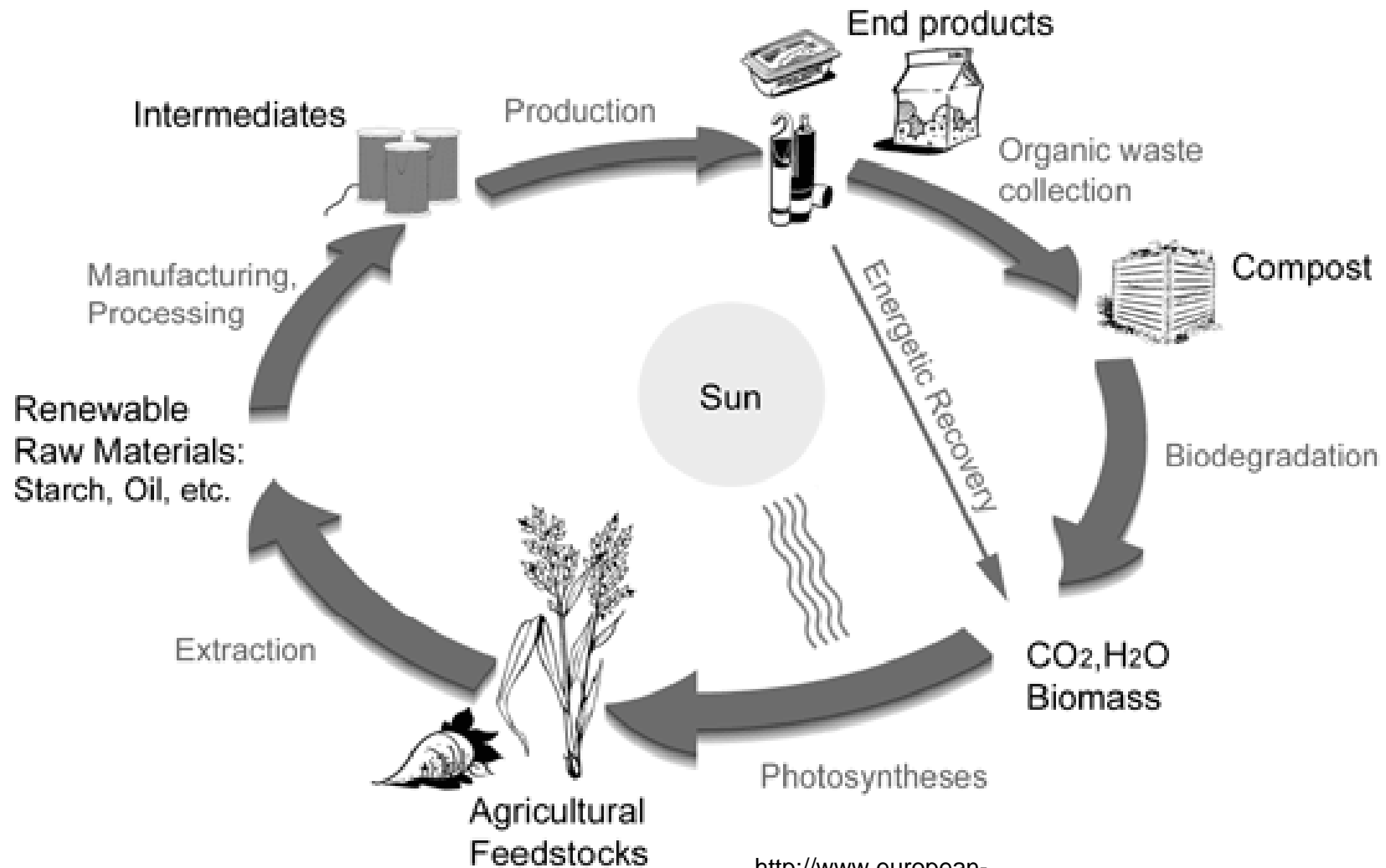
“Plásticos biodegradables son materiales poliméricos los cuales son transformados en compuestos de bajo peso molecular donde al menos un paso en los procesos de degradación es a través del metabolismo en la presencia de organismos presentes naturalmente”. JBPS





**CIPP CIPEM**

# Compostabilidad





**CIPP CIPEM**

# Compostabilidad

**“Plástico compostable es aquel que sufre degradación por procesos biológicos produciendo CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, compuestos inorgánicos, y biomasa a una velocidad consistente con otros materiales compostables no dejando residuos visibles, distinguibles o tóxicos.” ASTM D6400-04, EN134323**



DIN Certco, Alemania

JBPA, Japón

BPI, USA





**CIPP CIPEM**

## **Dependencia de la biodegradabilidad con el medio**

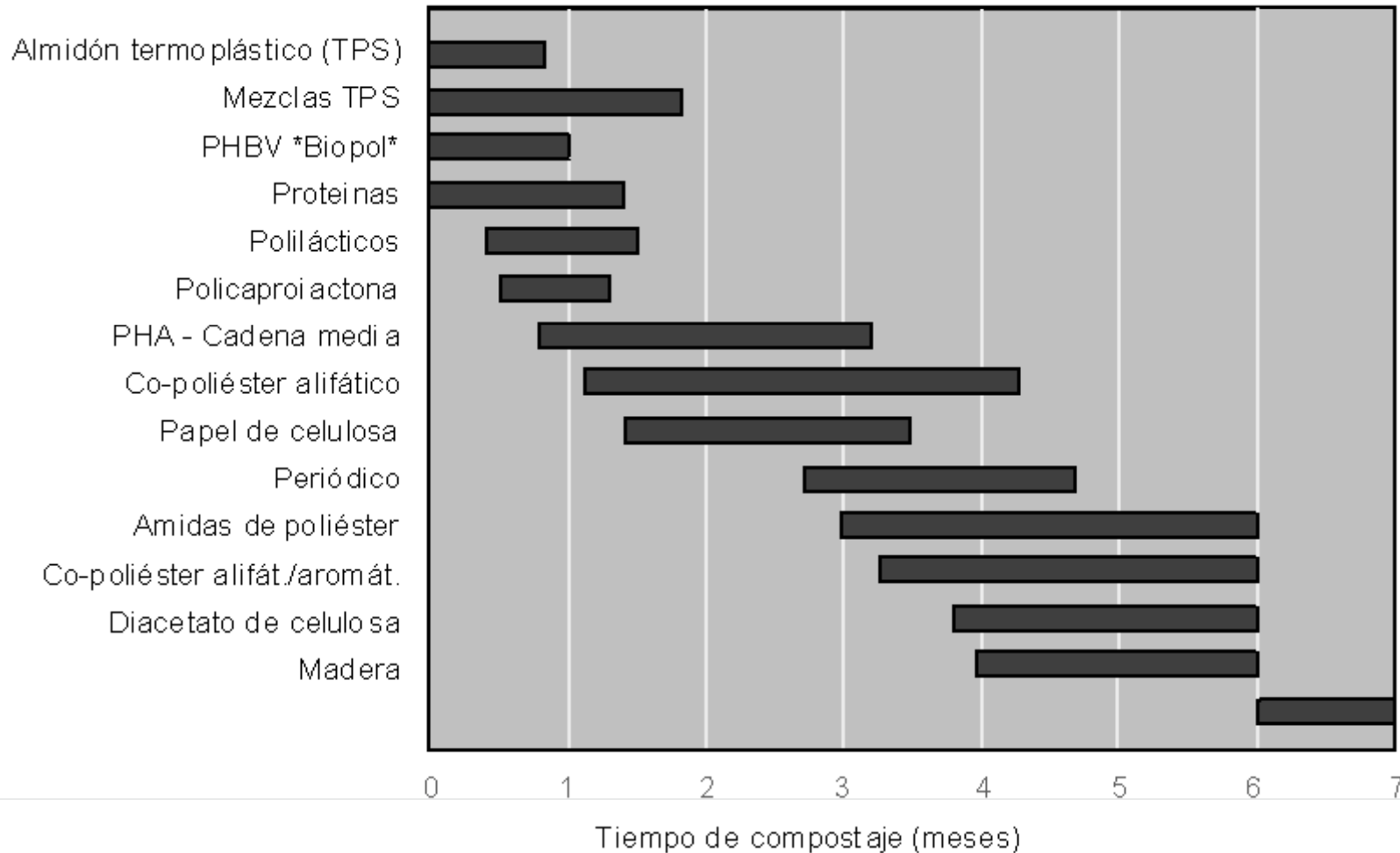
- pH
- Humedad
- Temperatura
- Presencia o no de oxígeno
- Presencia de metales

Predecir los tiempos de biodegradación es un proceso semejante a predecir los tiempos de envejecimiento a la intemperie.



**CIPP CIPEM**

## Tiempos de Compostaje de algunos polímeros Biobasados





**CIPP CIPEM**

**Basados en fuentes renovables  
Biobasados o Biopolímeros**

Bio-PE  
Bio-PP  
Bio-PA  
Acetato de  
celulosa  
Bio-Poliisopreno  
...

PLA  
PHA (PHB...)  
TPS  
Ésteres de  
celulosa  
Quitosan  
...

**No  
biodegradables**

**Biodegradables  
Compostables**

PEBD, PEAD, PP,  
PA, PS, PVC,  
EVOH, Mezclas  
OXO-  
fragmentables  
...

Co-poliéster  
Policaprolactona  
PVA, PVOH  
...

**Basados en petróleo**



# CONTENIDOS

**1. DEFINICIONES PARA UNA CLASIFICACION.**

**2. OXOBIODEGRADACION UNA ALTERNATIVA PARA NUESTRAS LATITUDES?**

**IV conferencia Andina sobre PVC y Sustentabilidad  
Universidad de los Andes  
Bogotá, Septiembre 28 de 2010**



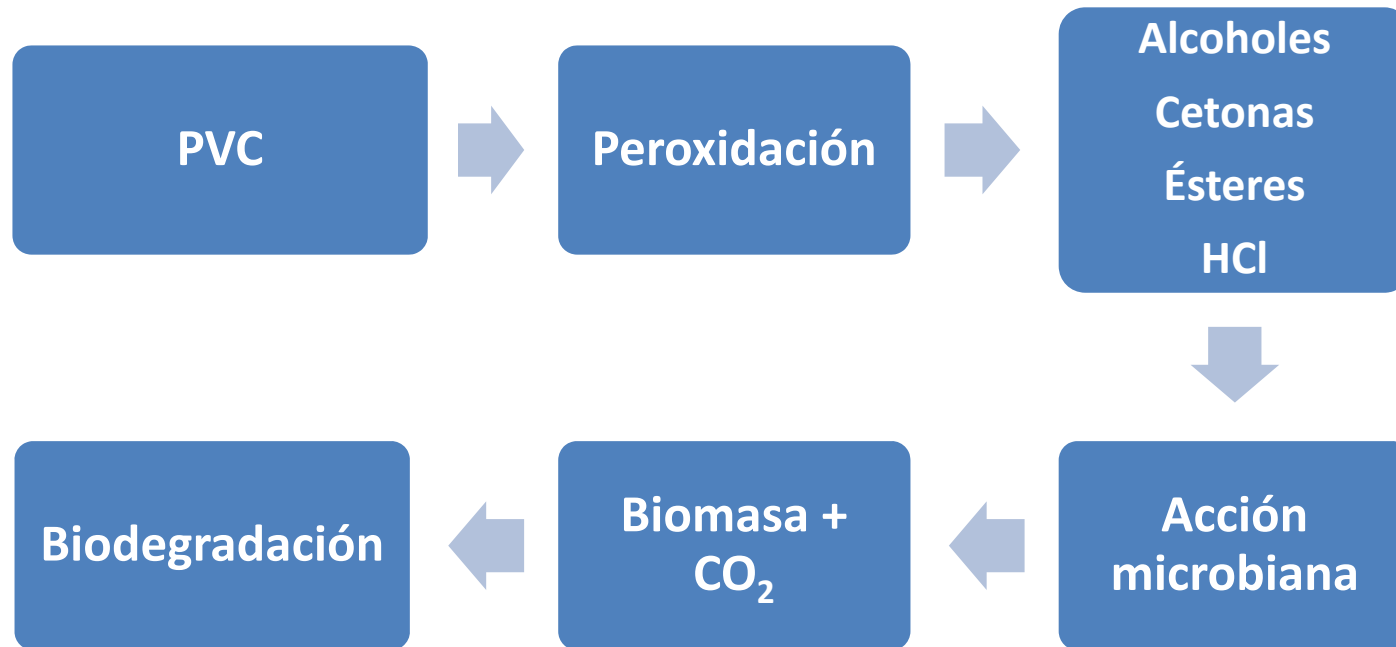
## Oxo- biodegradables

- Requieren la adición de aditivos que aceleren la degradación oxidativa
- Requiere entrar en contacto con el oxígeno
- Puede causar fragmentación parcial como resultado de la reacción oxidativa que va hacia la biodegradación
- Requiere de un control de ecotoxicidad



**CIPP CIPEM**

# Oxo-biodegradación en el PVC





CIPP CIPEM

# Poliolefinas- PVC

Parámetro	Poliolefinas	PVC
Aplicaciones	Empaques y...	Construcción y...
Tipo de plastificante	Diésteres del ácido ftálico, ácido adípico, ácido sebácico	Phtalatos, Bario, Calcio
Tipo de Estabilizante	<b>Térmico:</b> Bario, Cadmio, Zinc	<b>Térmico:</b> A base de Plomo A base de Estaño Jabones metálicos Cadmio, Bario, Calcio
	<b>Foto-Oxidativo:</b> Fenoles, Benzofenonas, ésteres, Compuestos de Níquel	<b>Foto- Oxidativo:</b> Dióxido de Titanio, Hidroxipentona
La forma como ocurre la degradación	Método de fragmentación	Método de Fragmentación + Reticulación
Rompimiento de cadena	Grupo intermedio (Hidroperoxidación)	Grupo Final (Peroxidación)
La velocidad de degradación con aditivos oxidantes	Rápida	Mediana
El grado de estabilidad	Media	Alta



**CIPP CIPEM**

## Microorganismos para productos de la degradación del PVC

Código de la Cepa	% Probabilidad	Identificación	Similitudes a:	Hábitat
D2	85,8	Bacillus sphaericus	Bacillus firmus Bacillus brevis	Anaeróbica
D5	96	Bacillus sphaericus	Bacillus steaarothersophilus Bacillus laterosporus	Anaeróbica
D12	99,9	Bacillus steaarothersophilus	---	Anaeróbica
D16	99,6	Bacillus steaarothersophilus	Bacillus pumilus	Anaeróbica
D17	99,6	Bacillus brevis	Bacillus sphaericus Bacillus steaarothersophilus	Anaeróbica





**CIPP CIPEM**

## Microorganismos para productos de la degradación del PVC

Código de la Cepa	% Probabilidad	Identificación	Similitudes a:	Hábitat
D20	Possib. Bacillus circulans	Bacillus spec.	---	Anaeróbica
D23	68,7	Bacillus brevis	Bacillus sphaericus	Anaeróbica
D25	98,1	Bacillus brevis	---	Anaeróbica
D26	68	Bacillus sphaericus	Bacillus brevis Bacillus laterosporus	Anaeróbica
D28	94	Bacillus brevis	Bacillus firmus Bacillus steaarothermophilus	Anaeróbica
---	---	<b>Penicillium simplicissimum</b>	---	<b>Aeróbica</b>
---	---	<b>Arthrobacter paraffineus</b>	---	<b>Aeróbica</b>

[1]Argus. (2000).

## Relleno Sanitario Doña Juana

El relleno sanitario Doña Juana no cumple con las condiciones necesarias que requieren los plásticos biodegradables

Parámetro	Relleno Sanitario Doña Juana	Condiciones Necesarias
Oxígeno [%]	38-44	>60
Luz solar o temperatura [°C]	30-38 <sup>a</sup>	71
Humedad [%]	2 <sup>b</sup>	37,62
pH	Ácido	Neutro

<sup>a</sup> [12] Jiménez, C. A. (2007);

<sup>b</sup> Humedad tomada para plásticos



Asegurar la etapa oxidativa en forma homogénea para los diversos productos de larga duración?

Quien se atreve a reciclar tal heterogeneidad de posibilidades con agentes oxidantes en medio?

Las bacterias se encuentran en nuestros rellenos sanitarios?  
No.

Un compostaje controlado y con el cuidado patológicos de estos microorganismos sería alternativa?



CIPP CIPEM

## Conclusiones

- Los residuos plásticos no pueden tener un final de ciclo de vida al azar.
- La información parcial y no validada en campo real acerca de la biodegradación distorsiona la sustentabilidad y el asimilamiento social necesario para su desarrollo.
- La eficacia en la compostabilidad requiere de procesos oxidativos mínimos controlados.
- La compostabilidad tiene que ser reproducible
- Los suelos no se pueden contaminar ni alterar en su bioequilibrio.



**CIPP CIPEM**

# Referencias

- [1]Argus. (2000). The Behavior of the PVC in Landfill. *European Comission* , 1-82.
- [2]Billingham, W. C. (2008). Controlled Lifetime Enviromentally degradable plastics based on conventional polymers. *Polymer Degradation and Stability* 91 , 1-8.
- [3]BioTechEnvironmental. (2008). *Eco Pure Biodegradable Plastic Solution*. Recuperado el 1 de September de 2010, de <http://www.bio-tec.biz/>
- [4]Bonhomme, C. D. (2003). Enviromental Biodegradation of Polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 81 , 441-452.
- [5]CARPENTER, J. W. (1990). Aerobic Biodegradation of Vinyl Chloride in Groundwater Samples. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY* , 3878-3880.
- [6]Chiellini, C. A. (2006). Oxo- biodegradable carbon backbone polymers- Oxidative biodegradation of polyethylene under accelerated test conditions. *Polymer Degradation and Stability* , 1-9.
- [7]Chiellini, E. C. (2003). Biodegradation of thermally- oxidized, fragmented low density polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability* 81 , 341-351.
- [8]DELORT, J. L.-M. (2008). Hydrobiodegradables vs oxobiodegradables,a fruitless opposition. *Centre National d'Evaluation de Photoprotection* , 1-5.
- [9]Engineers, S. (2007). Relleno Sanitario Doña Juana. *United States Environmental Protection Agency* , 1-21.
- [10]F. KHABBAZ, A. C. (2001). Rapid Test Methods for Analyzing Degradable Polyolefins. *Journal of Applied Polymer Science* , 2309–2316.
- [11]Jakubowicz. (2003). Evaluation of degradability of biodegradable polyethylene (PE). *Polymer Degradation and Stability* 80 , 39-43.
- [12]Jiménez, C. A. (2007). *Análisis de la recirculación de lixiviados en doña Juana*. Bogotá: Tesis: Universidad de los Andes.



- [13] Joseph, A. (1998). Doña Juana, un desastre de Basuras. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Militar Nueva Granada* , 113-121.
- [14] JUNKO HATA, N. M.-S. (2004). Anaerobic Degradation of cis-1,2-Dichloroethylene and Vinyl Chloride by Clostridium sp. Strain DC1 Isolated from Landfill Leachate Sediment. *JOURNAL OF BIOSCIENCE AND BIOENGINEERING* , 196–201.
- [15] Kielhorn, C. M. (2000). Vinyl Chloride: Still a Cause for Concern. *Environmental Health Perspectives* , 579-589.
- [16] MERSIOWSKY, I. (2002). Fate of PVC Polymer, Plasticizers, and Stabilizers. *JOURNAL OF VINYL & ADDITIVE TECHNOLOGY, Vol. 8* , 36-45.
- [17] Mersiowsky, I. (2002). Long-term fate of PVC products and their additives in landfills. *Progress in polymer science* , 2227–2277.
- [18] MERSIOWSKY, M. W. (2001). FATE OF PLASTICISED PVC PRODUCTS UNDER LANDFILL CONDITIONS: A LABORATORY-SCALE LANDFILL SIMULATION REACTOR STUDY. *Pergamon* , 3063-3071.
- [19] MINSKER, M. I. (1981). Liquid-Phase Degradation of Poly(Vinyl Chloride). *JOURNAL OF VINYL TECHNOLOGY* , 230-240.
- [20] R Grossman, J. J. (2007). Considerations Affecting Landfill Biodegradability of PVC. *VINYL ADDIT. TECHNOL* , 133–135.
- [21] Scott, D. M. (2001). Programmed-Life Plastics from Polyolefins: A New Look at Sustainability. *American Chemical Society* , 1-8.
- [22] Wiles D, S. G. (2006). Polyolefins with controlled environmental degradability. *Polymers Degradation and Stability* 91 , 1581-1592.
- [23] Weber, (2000) Biobased Packaging Materials *for the Food Industry*
- [23] Zamoranoa, E. M. (2008). Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. *Journal of Hazardous Materials* 160 , 473–481.



PREGUNTAS?

