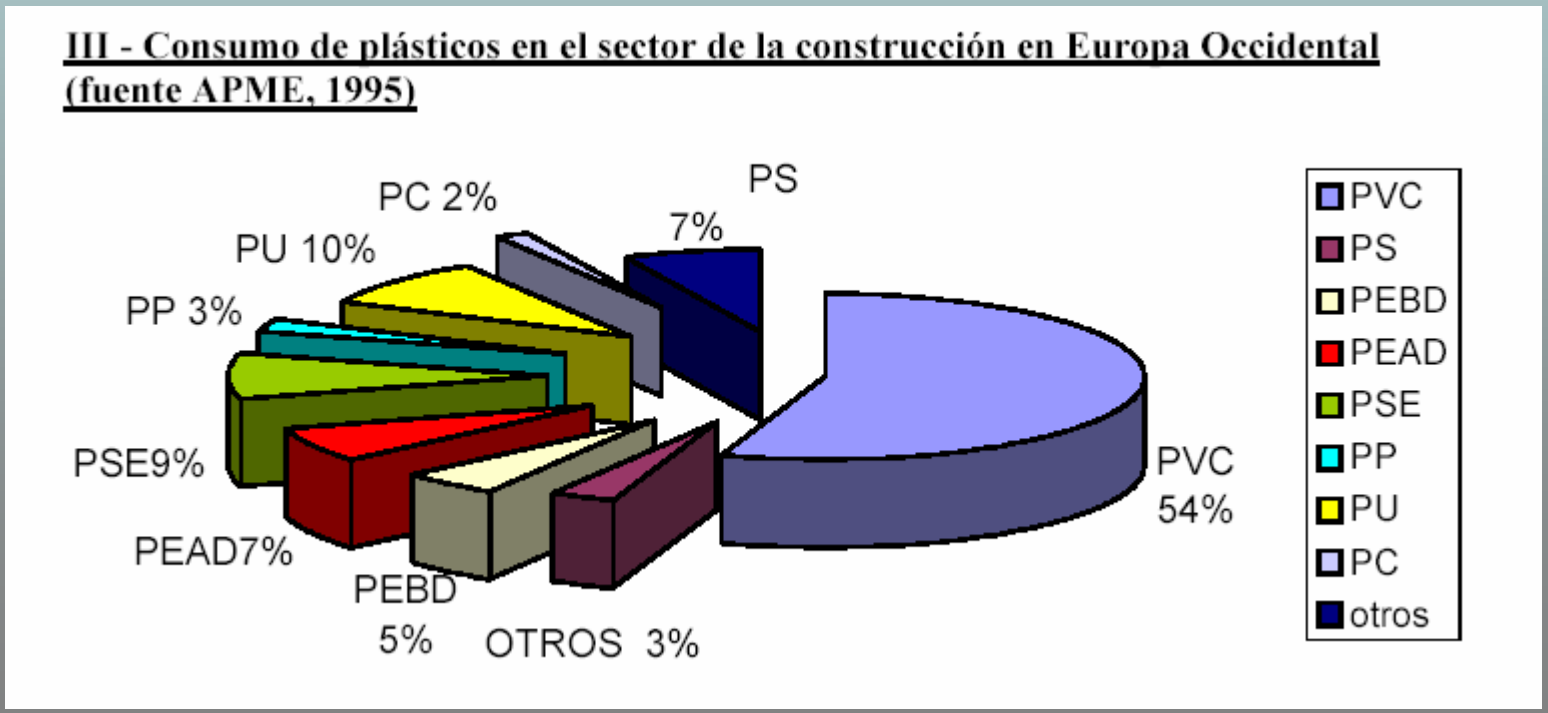
Tema 8.

Degradación de materiales polímeros: los plásticos. Generalidades. Factores ambientales de degradación. Biodegradación y Fotodegradación.

(4 horas).



INTRODUCCIÓN

- Papel indiscutible en la sociedad actual
- Implantación creciente en distintos sectores industriales => propiedades (baja densidad, resistencia a la corrosión, capacidad aislante, bajo precio y "fabricados a medida")
- Nombre científico:

  Polímeros o macromoléculas

  POLÍMERO + aditivo / carga $\xrightarrow{\text{Comerc.}}$ PLÁSTICOS (reac. quím.)

- Existen <u>polímeros naturales o biopolímeros</u>:
  - madera, caucho, algodón, lana, cuero y seda
  - proteínas, enzimas, almidón y celulosa

PRIMEROS PLÁSTICOS OBTENIDOS DE POLÍMEROS NATURALES:

Celulosa + HNO_3 → Celuloide

Desarrollo → 1930

Modificación quím. de prod. naturales → Mejora de sus propiedades (Sector Industrial)

POLIMERIZACIÓN:

Unión química de monómeros para formar polímeros (que se unen en forma de cadena).

- Tipo de "eslabón"
- Estructura lineal y/o ramificada

} PROPIEDADES DE PLÁSTICOS

POLÍMEROS O MACROMOLÉCULAS

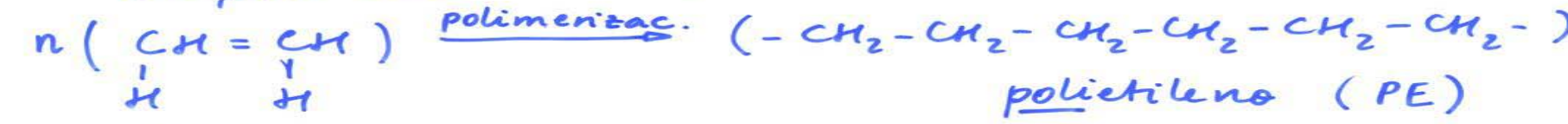
- Estructura química

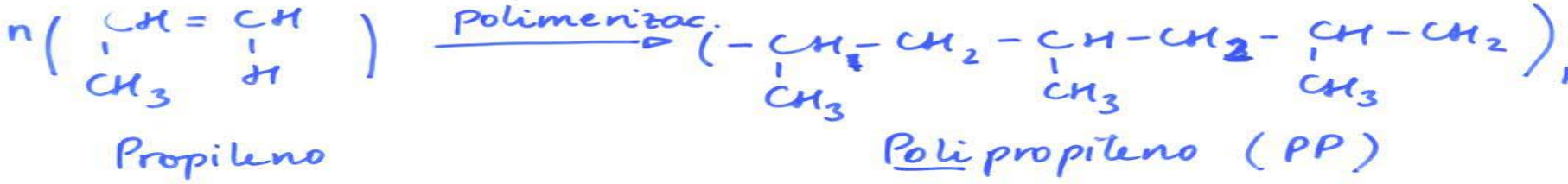
Naturaleza orgánica: átomos de Carbono unidos entre sí un gran número de veces (largas cadenas)

- Tipos de monómeros

(1) Olefinas o alquenos

Olefina más sencilla:





Otros:

Cloruro de vinilo ($CH_2=CHCl$) → Policloruro de vinilo (PVC)

Estireno () → Poliestireno (PS)

Metacrilato de metilo → Polimetacrilato de metilo (PMMA)



(2) Monómeros funcionalizados

Poseen, al menos, dos grupos reactivos en la molécula para que la reacción pueda transcurrir varias veces y puedan unirse un número importante de monómeros entre sí.

$$A-R-A + B-R'-B \longrightarrow A-R-A-B-R'-B + \xrightarrow[B-R'-B]{A-R-A}$$

$$R'-B-A-R-A-B-R'-B-A-R-A \ldots.$$

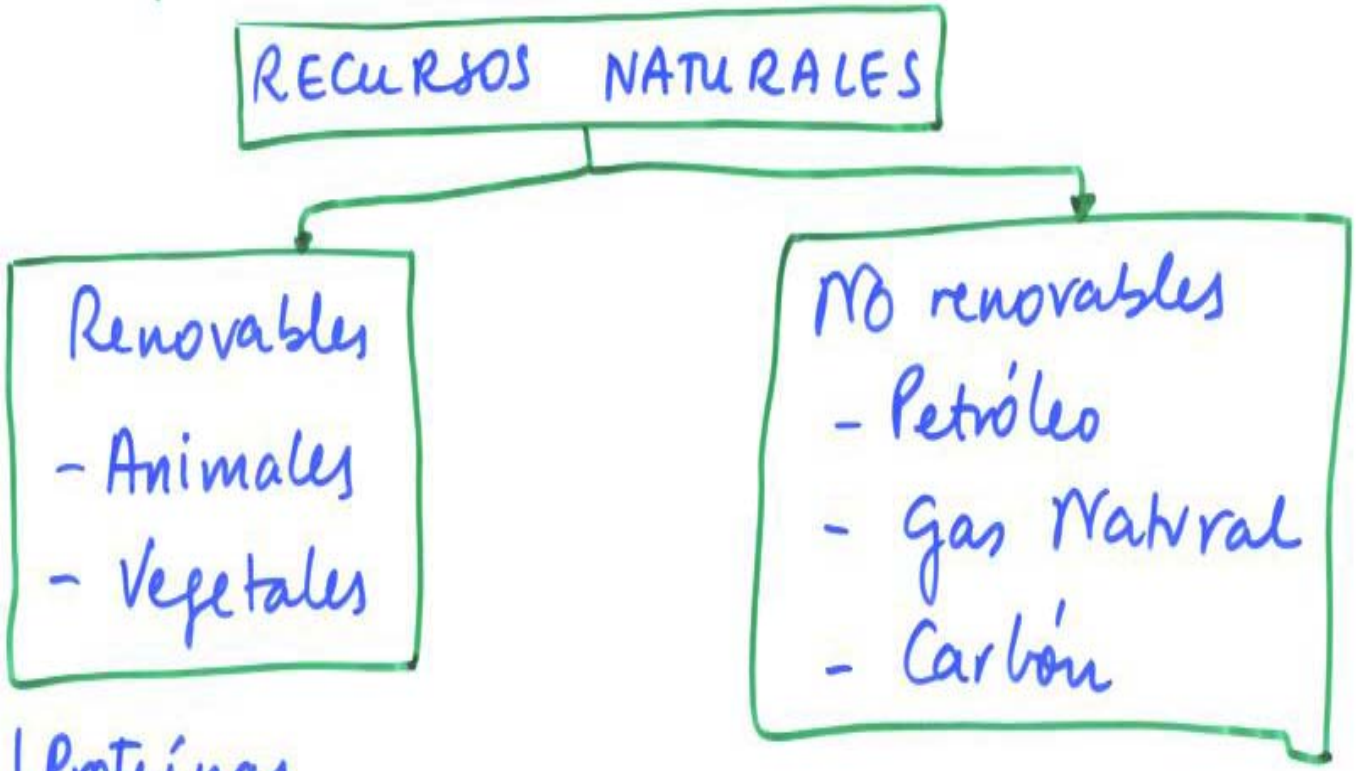
Los más comunes:

Ácido adípico
Hexametiletilendiamina } Nylon 6,6 (poliamida)

Ácido tereftálico
Etilenglicol } Politereftalato de etileno (PET) POLIÉSTER

Fenol + formaldehído → Baquelita

Materias primas



Animales { Proteínas, Colágeno, Seda ...

Vegetales { almidón, celulosa

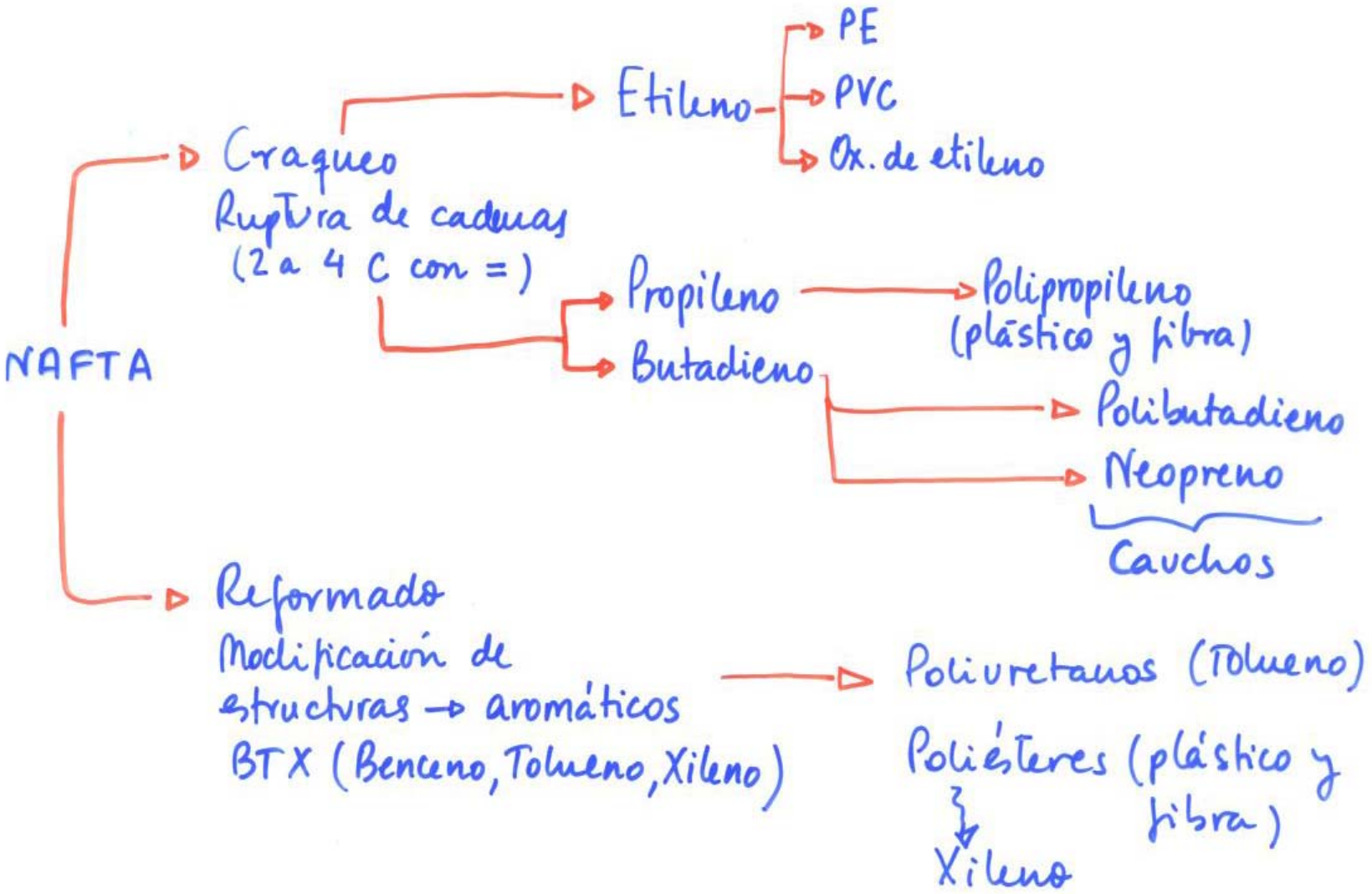
⇒ POLÍMEROS SEMISINTÉTICOS

Rayón

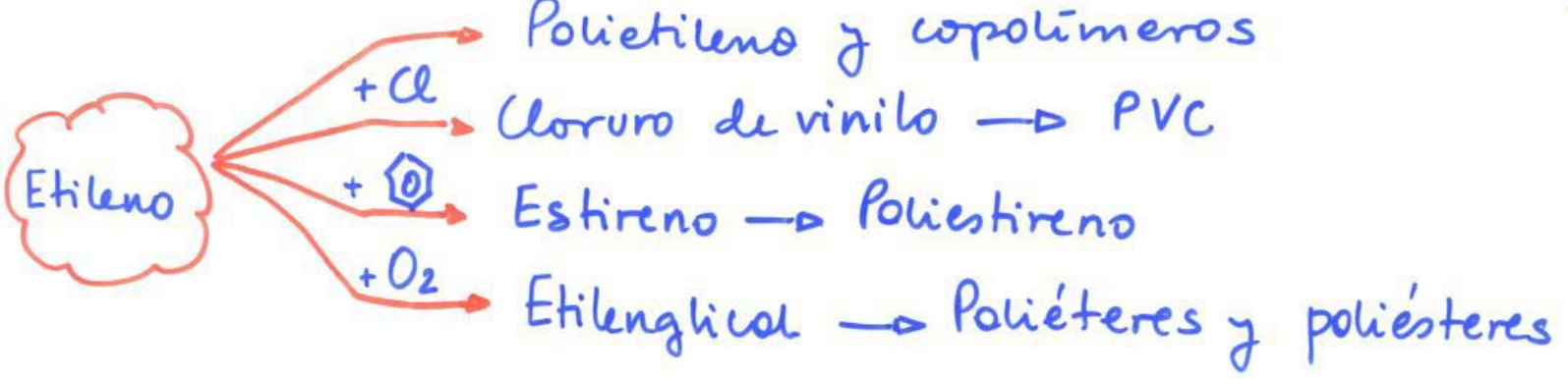
Acetato de celulosa

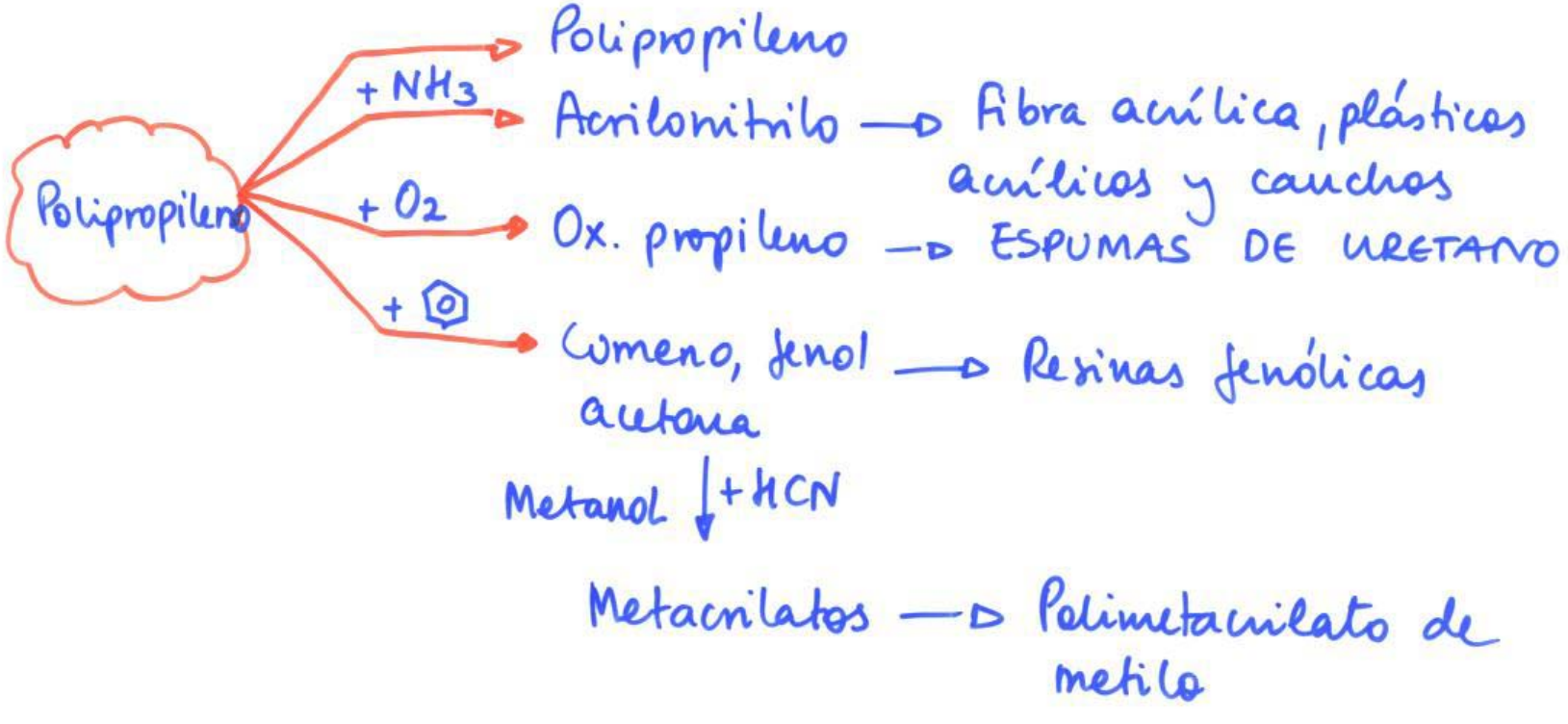
RECURSOS fósiles => POLÍMEROS DE SÍNTESIS
(petróleo)

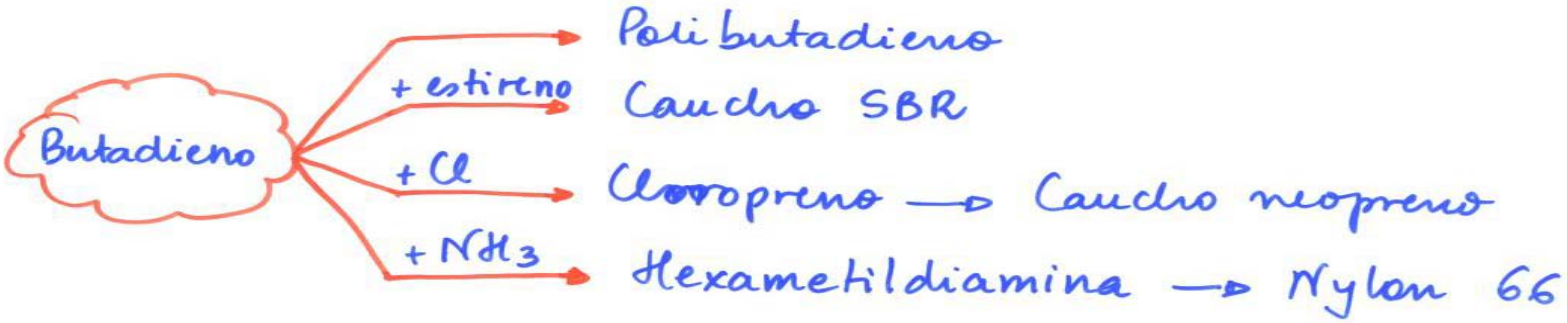




BASE DE LA INDUSTRIA QUÍMICA ORGÁNICA ACTUAL:


Etileno
Polietileno y copolímeros
+ Cl
Cloruro de vinilo → PVC
+
Estireno → Poliestireno
+ O2
Etilenglicol → Poliéteres y poliésteres


Polipropileno
Polipropileno
+ NH3
Acrilonitrilo → Fibra acrílica, plásticos acrílicos y cauchos
+ O2
Ox. propileno → ESPUMAS DE URETANO
+
Cumeno, fenol acetona → Resinas fenólicas
Metanol
+ HCN
Metacrilatos → Polimetacrilato de metilo



SÍNTESIS DE POLÍMEROS.

(1) – Reacciones de adición

(2) – Reacciones de condensación

(1) ADICIÓN (PE, PP, PVC)

Combinación de moléculas iguales formando una cadena, con ayuda de un catalizador

(2) CONDENSACIÓN (Nylon)

Reacción de dos moléculas distintas para dar lugar a una tercera, que se polimeriza (monómeros funcionalizados, gralmente)

Clasificación de polímeros

En función de su comportamiento con la temperatura:

- Termoplásticos: Reblandecen llegando a fluir cuando se someten a calentamiento y vuelve a ser sólido y rígido cuando baja la temperatura (permite el moldeo). Se disuelven en orgánicos
  * Mayor parte de plásticos para envasados (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS)
- Termoestables o TERMOFIJOS: No encuadran en los anteriores. Sufren cambio químico permanente al ser calentados (piezas electrónicas, automóvil). Ingeniería de diseño
  * Plásticos de Ingeniería: Fines específicos en la Industria:

¡Termoplásticos!:
- Poliamidas (PA): Films protector de alimentos
- Polimetacrilatos (PMMA): Aislantes transparentes
- Policarbonatos (PC): Pantallas protectoras
- Policlor de vinildeno (PVDC): Impermeables a la

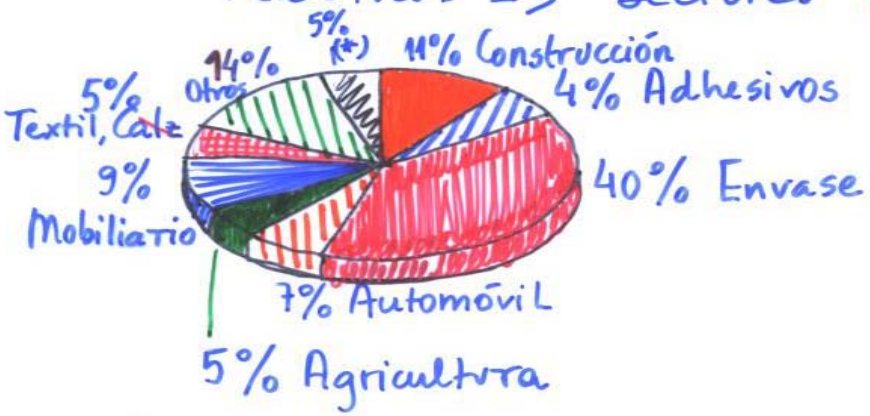
Recordar:

PLÁSTICO = NO BIODEGRADABLE

- Preservación de alimentos, medicinas
- Inertes frente a las sustancias y el medio

* Plásticos biodegradables: Contienen fibras biodegradables (almidón) que confiere al producto la capacidad de ser degradado por acción del medio ambiente => NO HAY DEGRADACIÓN COMPLETA, aunque sí en aplicaciones específicas (suturas, medicina, ...)

Plásticos => Sectores industriales



(*) Eléctrico

Sector	1992	1993	1994	1995	1996
Construcción	221	220	260	295	306 (Tm)

* Componentes estructurales: aditivos de hormigón, bovedillas
* Cerramientos: Ventanas, persianas...
* Aislantes: térmicos, acústicos, sellantes, impermeabilizantes
* Instalaciones: fontanería, electricidad
* Pinturas y recubrimientos
* Pavimentos
* Mobiliario urbano

Son apreciados por:

- Resistencia a los factores ambientales
- Facilidad de procesado
- Capacidad aislante
- Baja densidad
- Resistencia

c/ Aplicación => Plástico determinado. Así:

POLIESTIRENO => Chapas y laminados

↓ en forma de espuma

Bovedillas y aislantes térmicos

a) Mejora el aislamiento térmico (mal conductor);

b) Reduce el peso del forjado y mejora el transporte y puesta en obra;

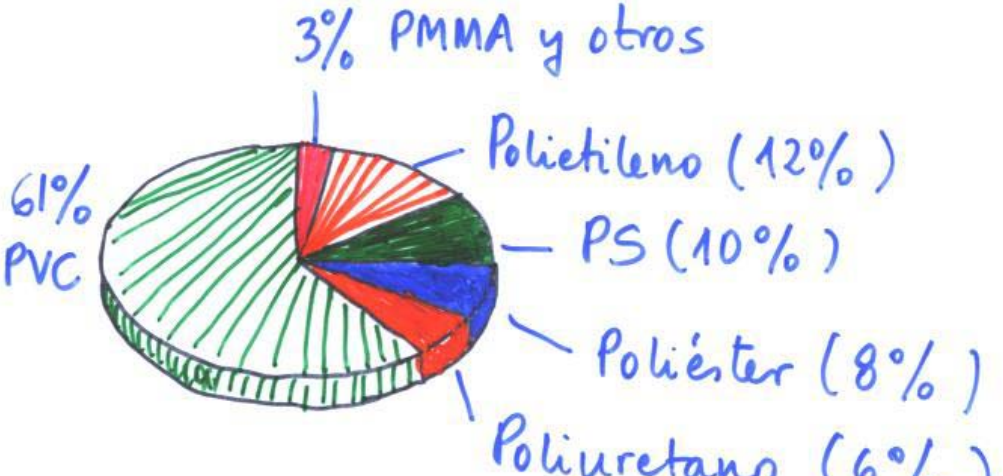
c) Se adapta fácilmente mediante recorte;

d) Reduce el coste de la estructura por su baja densidad;

e) Mejora el fraguado del hormigón (no absorbe agua y mantiene constante la tª)

f) Presenta bajo índice de roturas;

g) No se altera



→ Desafío de urbanistas, arquitectos e ingenieros civiles:

EQUILIBRIO entre

necesidad de construcción

Protección del medio ambiente

Salud de los habitantes



Materiales plásticos

- ✓ Equilibrio económico y ambiental
- ✓ Necesidades de diseño funcional debido a sus propiedades:
  - ✓ Durables y resistentes a la corrosión
  - ✓ Efectivos aislantes (frío, calor, ruido)
  - ✓ Buena relación costo/beneficio
  - ✓ No requieren mantenimiento (p. ej, pintura => disminuye el riesgo de contaminación)

- ✓ Higiénicos y limpios
- ✓ Fácil procesado e instalación
- ✓ Amigables con el medio ambiente (reutilizados, reciclados, fuente de energía)
- ✓ Livianos

Los plásticos más usados en la construcción y el equipamiento son:

PET: Polietileno tereftalato
PEAD: " de alta densidad
PVC: Policloruro de vinilo
PEBD: Polietileno de baja densidad
PP: Polipropileno
PS: Poliestireno
PSE: " expandido
PC: Policarbonato
PU: Poliuretano

PET			
Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Placas para carteles y exhibidores, Geotextiles (pavimentación / caminos) Fibras para alfombras, cortinas, tapicería.	Resistentes a la radiación ultravioleta, el viento, el clima y el vandalismo, lo que posibilita el uso en carteles a la intemperie, que se verán bien año tras año. Mayor resistencia al impacto que las placas de acrílico modificado. Transparente, Irrompible, Liviano e Impermeable	Es un material inerte por lo que no contamina el medio ambiente. El termoformado de la placa ahorra tiempo, energía y dinero.	Es un material No tóxico para la salud. Mayor resistencia al impacto: minimiza las roturas en fábrica, durante el transporte y su uso, por lo que resulta más segura, reduciendo la posibilidad de heridas. Por ser liviano e irrompible reduce los riesgos de accidentes laborales durante su manipuleo e instalación y también reduce el índice de lesiones musculares.

PEAD			
Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Cañerías y tuberías Revestimiento de cables Caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario - Macetas - Bolsas tejidas. Paneles Geomembranas, Geotextiles y recubrimientos de arcilla geosintéticos (Geosynthetic-Clay Liners) para rellenos sanitarios y otros centros de disposición de residuos También se utiliza PEAD reciclado, bajo la forma de "madera plástica" en aplicaciones a la intemperie.	Resistente a las bajas temperaturas Irrompible Liviano Impermeable Los paneles con un núcleo sinusoidal de PEAD no son afectados por la humedad, son resistentes al agua y además son durables, de fácil instalación, livianos, económicos y de bajo mantenimiento.	Es un material inerte por lo que no contamina el medio ambiente. Las geomembranas en los rellenos sanitarios impiden la contaminación de las napas subterráneas.	Es un material no tóxico para la salud. Por ser liviano e irrompible reduce el riesgo de accidentes laborales durante su manipuleo e instalación y reduce el índice de lesiones musculares.

PP

Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Alfombras y bases de alfombras Caños e instalaciones para agua fría y caliente Cajas de electricidad Enchufes, perfiles, muebles Membranas para rellenos sanitarios Sacos y Bolsas de rafia tejidas para cargar cemento, arena, y otros materiales granulados o en polvo. Membranas de asfalto modificado para techos comerciales tanto en construcción nueva como retechado. Fibras de PP para reforzar el concreto Baldes de pintura y enduido Caños corrugados Canillas Caños para desagüe Rejillas	Alta resistencia a la abrasión Resistente a la temperatura (hasta 135°) Impermeable Irrompible Brillo Liviano Transparente en películas Alta resistencia química Las bolsas y sacos soportan pesos de hasta 2.500 kg. Las membranas para techos tienen mayor resistencia al agua, y al calor, larga vida útil (más de 20 años)	Es inerte por lo que no contamina el medio ambiente. Las membranas de rellenos sanitarios protegen las napas subterráneas de agua, evitando su contaminación por lixiviados infiltrados desde los rellenos. Los procesos más modernos de producción de PP carecen de efluentes líquidos o gaseosos. Está constituido en un 99% por carbono e hidrógeno, elementos inocuos y abundantes en la naturaleza. Los residuos de PP constituyen una excelente alternativa para ser usados como combustible para producir energía eléctrica y calor.	Es un material no tóxico para la salud. Al evitar la contaminación de napas subterráneas de agua, protege también la salud de los habitantes de la zona.

PS

Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Placas aislantes para la construcción	Ignífugo Liviano Irrompible (alta resistencia al impacto en aplicaciones de PS con caucho) Impermeable sólo a líquidos, no a ciertos vapores o gases Posibilidad de Transparencia en algunas aplicaciones Fácil limpieza	Los materiales de PS resultan totalmente inocuos para el medio ambiente, ya que son por naturaleza estables y no sufren degradación. Por lo tanto, no generan lixiviado de productos de degradación, líquidos o gases, que se emitan al aire, suelo o aguas subterráneas. La fabricación de bienes durables de poliestireno consume menos del 1% de del gas natural y el petróleo de los EE.UU. Los productos de PS espumado se fabrican usando dos tipos de agentes sopladores: Pentano y CO_2 (dióxido de carbono). El gas pentano no afecta la capa de ozono. Algunos fabricantes usan dióxido de carbono para hacer la espuma de PS. El CO_2 no es tóxico, es inflamable, no depleciona la capa de ozono.	No tóxico para la salud Los fabricantes de PS espumado pueden utilizar tecnologías que capturan las emisiones de gas pentano. Por ser ignífugo y liviano reduce el riesgo de incendio y reduce el riesgo de lesiones musculares y articulares que típicamente se producen al cargar grandes pesos.

EPS

Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Aislantes térmicos en la construcción. Aislación de cañerías Aislación acústica Cielorrasos Pisos flotantes Hormigón liviano Ladrillos aislantes Sistemas modulares usados en construcción Aislantes para techos, paredes y pisos Construcciones prefabricadas Sistemas de calefacción Cámaras frigoríficas Encofrados para obras Aislación de ruidos en obras en centros urbanos Puentes: La espuma de PSE actúa como un relleno de vacío, permitiendo reducir el peso total del puente.	Baja conductividad térmica Gran capacidad aislante Resistencia a la compresión Alto poder de amortiguación Fácilmente trabajables y manipulables Alta resistencia química a los materiales que se utilizan en la construcción Una de las propiedades más importantes del poliestireno expandido es su excelente capacidad de aislamiento térmico, pues de ella depende el espesor necesario de la capa aislante y por lo tanto los costos. Por su estabilidad a las bajas temperaturas, de hasta -190°C, el EPS es muy apto para la aislación de cañerías conductoras de frío (agua fría, líquidos refrigerantes, gases licuados, etc.) y soporta además temperaturas de hasta +85°C, utilizándose en cañerías de agua caliente y calefacción por agua.	Los productos con PSE no tienen sustrato nutritivo de animales, hongos ni bacterias, no se pudren y no son solubles en agua ni liberan materiales solubles en medio acuoso, por lo que no contaminan las aguas subterráneas. El Poliestireno Expandido - EPS - es un material inerte que no emite ningún tipo de contaminantes Tampoco daña la capa de ozono.	La aislación de ruidos en obras de construcción reduce el stress auditivo y mejora el entorno. Un aislamiento térmico correctamente colocado previene la aparición de grietas, manchas y humedad en los ambientes, deterioros de la construcción y congelamiento de agua en las cañerías y del agua en las partes húmedas de los elementos constructivos, en condiciones climáticas severas así como también evita las grandes pérdidas de calor (gasto elevado de energía). Las construcciones prefabricadas dan una solución más rápida y accesible económicamente a muchas personas sin vivienda, reduciendo el tiempo de espera de entrega de la vivienda durante el cual muchos viven a la intemperie y es el período de alto riesgo para accidentes y enfermedades. Esto mejora notablemente la calidad de vida y el nivel sanitario.

PC

Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
"Vidrios" de seguridad Vallas y cercos de seguridad transparentes	Inerte, inocuo, Altísima resistencia a la temperatura, propiedades mecánicas y productos químicos	Es un material inerte por lo que no contamina el medio ambiente	Es un material no tóxico para la salud

PU

Aplicación (Construcción y equipamiento)	Características	Ventajas y beneficios para el medio ambiente	Ventajas y beneficios para la salud
Materiales de aislamiento para la construcción Techos sin soldaduras: se aplica en forma de spray de espuma de PU (SPF), la cual impide el infiltrado de aire y agua. Paneles Aislamiento de cañerías	**Resistente a la corrosión** Flexibilidad Liviano No tóxico Altísima resistencia a la temperatura, propiedades mecánicas y productos químicos	Son materiales inertes por lo que son amigables con el medio ambiente. La aplicación en techos de spray de espuma de PU permite un mejor control de la temperatura dentro del ambiente, lo cual reduce el consumo de combustibles fósiles y disminuye la emisión al aire de gases de	Son materiales no tóxicos para la salud. La presencia de spray de espuma de PU en las paredes de edificios les otorga mayor durabilidad, mayor integridad y solidez y excepcional resistencia al viento, haciéndolos menos vulnerables a huracanes y dando mayor seguridad a sus habitantes, reduciendo los índices de heridas y lesiones graves.

→ La contribución de los plásticos a la salud:

✓ Aislan el ruido y reducen el factor de stress

✓ Reducen el riesgo de accidentes (son durables, resistentes a las roturas, no inflamables o con retardantes de llamas)

✓ Accesibles a mayor cantidad de personas

✓ Soportan condiciones climáticas extremas

✓ Eliminan el Pb de las aguas (por sustitución de estas cañerías)

✓ Benefician la salud de los trabajadores de la construcción:

* Indumentaria
* Livianos
* No inflamables

→ La contribución de los plásticos al medio ambiente:

✓ Ahorro de energía (producción y durabilidad)

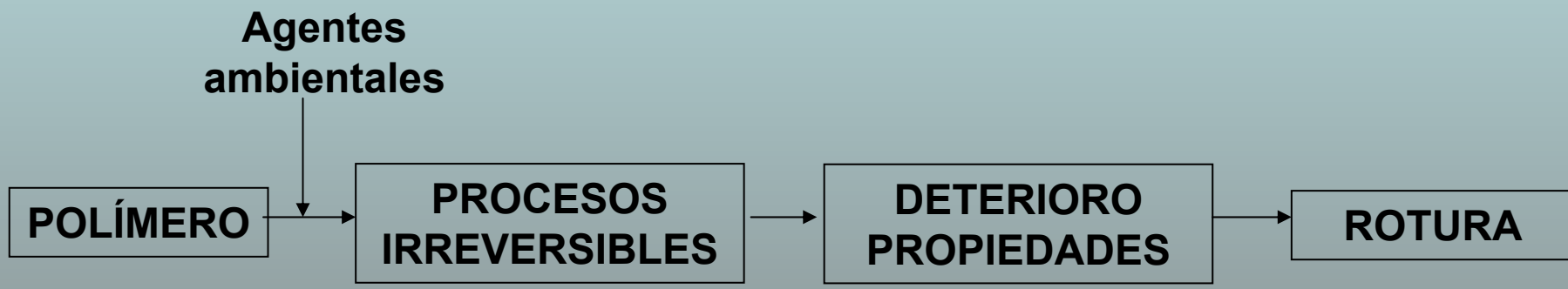
✓ Protección y administración de los recursos de la naturaleza

✓ Reutiligación, reciclaje o incineración con recuperación de energía, que puede ser usada como combustible

✓ Actualmente, < 0.5% de los residuos totales de la construcción y demolición en Europa Occidental son plásticos.

Material polimérico

⇒ Deterioro por interacción con el ambiente
⇒ DEGRADACIÓN FISICOQUÍMICA
⇒ Gran variedad de reacciones y consecuencias adversas: Ruptura de enlaces covalentes (por energía térmica, reacciones químicas, radiación,…) acompañadas de una disminución de las características mecánicas del material.



Debido a la complejidad de la estructura química, los agentes ambientales actuarán según:

a) El tipo de enlace de valencia (a mayor energía de disociación, más difícil su degradación);
b) Impurezas (compuestos añadidos como catalizadores)
c) Estructura física del material (grado de cristalinidad, compactación de las cadenas, etc.)

Los agentes ambientales se clasifican en:

- **Agentes químicos**

a) El más importante es el oxígeno, ya que todos los polímeros reaccionan con él, fundamentalmente, a altas temperaturas (termoxidación o autoxidación).

b) El agua (degradación hidrolítica), catalizada por ácidos y bases $\Rightarrow$ Contaminación ambiental.

c) Procesos enzimáticos (biodegradación)

- **Agentes o factores energéticos**

a) Temperatura (degradación térmica y pirólisis (en presencia de nitrógeno y ausencia de oxígeno);

b) Radiación ultravioleta (fotodegradación). Si existe acción conjunta de los rayos ultravioleta con el oxígeno, hablamos de fotooxidación.

c) Radiación de alta energía (Rayos X) se conoce como Degradación Ionizante (en raras ocasiones)

d) Energía Mecánica provocando Degradación Mecánica.

DEGRADACIÓN TERMOXIDATIVA O AUTOXIDACIÓN

Se conoce desde hace poco tiempo por el deterioro observado en los alimentos, más tarde en los cauchos (envejecimiento) y, por último, en los plásticos.

Es importante destacar la velocidad de oxidación: más lenta cuando se realiza a temperatura ambiente debido a que la producción de radicales libres (iniciadores del proceso) es lenta aunque su producción depende de la historia térmica del material.

El mecanismo (25-150ºC) es el siguiente:

a) Iniciación. Formación de radicales libres (P•) pero no se conoce con exactitud cómo y por qué aparecen

b) Propagación. Reacción de los radicales libres con el oxígeno para dar radicales peróxido ($P\bullet + O_2 \rightarrow PO_2\bullet$) que pueden atacar a cadenas poliméricas substrayendo un H:

$$PO_2\bullet + PH \rightarrow POOH + P\bullet$$

Se forman otros radicales (PO•, PO_2•, P•)

c) Terminación. Combinación de los distintos radicales originando productos moleculares

FACTORES QUE DETERMINAN LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS POLÍMEROS A LA AUTOXIDACIÓN. Los más importantes son:

a) Estructura química del material

- La velocidad de oxidación depende de la facilidad con que los radicales peróxido retiren el H de la cadena polimérica;
- Conociendo la energía de disociación de los enlaces C-H es posible predecir si un material es más o menos susceptible a la autooxidación.

b) Características físicas y cristalinas del material

Se basa en la facilidad del oxígeno para penetrar en las cadenas poliméricas.

- Compactación de las cadenas
- Densidad
- Cristalinidad

BIODEGRADACIÓN

- Susceptibles a la degradación biológica tanto los materiales poliméricos naturales como los sintéticos (debido a los aditivos).

- Se debe a la acción de los enzimas generados por diversos microorganismos.

-Para evitar el ataque biológico, se usan los biocidas (atacan a microorganismo bien matándolo, bien inhibiendo su reproducción o crecimiento)

*) *Principales agentes biológicos*

1. Hongos, los cuales rompen las estructuras poliméricas, que utilizan como nutrientes (necesitan temperatura adecuada, presencia de oxígeno y humedad);

2. Bacterias, que destruyen materiales celulósicos mediante acción enzimática;

3. Acción de insectos y roedores

BIODEGRADACIÓN

) *Biodegradación de polímeros sintéticos*.

- En general, son estables a la acción de los microorganismos Susceptibles de degradación aquéllos que se puedan hidrolizar (poliéster).

- Relacionada con las ramificaciones y el peso molecular.

- Los microorganismos se adaptan y crecen sobre ellos debido a la presencia de aditivos, atacando en puntos terminales

- Desarrollo de polímeros biodegradables en medicina y agricultura.

DEGRADACIÓN TÉRMICA

- Se habla de pirólisis para hacer referencia a una degradación térmica en un ambiente inerte (nitrógeno).

- No es usual ya que es difícil que el proceso se produzca en ausencia total de oxígeno.

- Dos casos de interés práctico:

1. Procesado de los materiales (en etapas en las que se ha eliminado todo el oxígeno)
2. Industria espacial (materiales que se usan como corazas de cohetes espaciales)

- Consiste en la escisión de cadenas moleculares a elevadas temperaturas provocando, en algunos polímeros, reacciones químicas que producen especies gaseosas que se manifiestan en una pérdida de peso del material.

- Relacionada con las energías de enlace de los distintos átomos.

- Desde el punto de vista industrial, el comportamiento de los materiales frente a la temperatura viene determinado por:

* Temperatura de degradación (Td): Temperatura a la cual el material pierde el 10% de la propiedad física que interese.

* Temperatura de vida media (Tm): Temperatura a la cual el material pierde el 50% de peso a los 30 minutos de tratamiento.

FOTODEGRADACIÓN O FOTOXIDACIÓN

Exposición a la radiación ultravioleta en presencia de oxígeno de los materiales poliméricos que desencadenan una serie de reacciones químicas provocando la modificación de las propiedades mecánicas de los mismos (mecanismo radicalario). Se diferencian tres etapas típicas:

1. Iniciación

Formación de radicales libres por fotones de energía determinada, que son absorbidos por grupos cromóforos presentes en el sistema polimérico (impurezas internas y/o externas o integrantes de su estructura química)

2. Propagación

Mecanismo similar al de la termooxidación (formación de mayor número de radicales libres)

$$P\bullet + PH \rightarrow PH + P\bullet$$

3. Terminación

Combinación de todos los radicales presentes en el sistema.

DIFERENCIA CON LA TERMOXIDACIÓN: Cantidad y tipo de radicales libres presentes así como la temperatura del proceso

FOTODEGRADACIÓN O FOTOXIDACIÓN

DIFERENCIA CON LA TERMOXIDACIÓN: Cantidad y tipo de radicales libres presentes así como la temperatura del proceso

Se añaden fotoestabilizantes para inhibir y/o retardar la fotooxidación. Deben cumplir:

- Resistentes a la acción de la temperatura;
- Resistentes a la acción de los agentes químicos;
- Resistentes al ataque de los radicales libres que se forman en el sistema;
- No ser sensibles a la acción del oxígeno.

La cantidad de fotoestabilizante a añadir dependerá de:

- Espesor de la muestra de polímero (cuánto más delgado, mayor cantidad);
- Tolerancia de color
- Coste
- Efectos secundarios
- Sensibilidad del polímero al ultravioleta (mayor sensibilidad, mayor cantidad)

DEGRADACIÓN MECÁNICA

La mecanoquímica engloba todas las reacciones químicas que tienen lugar como consecuencia de la aplicación de una tensión al material polimérico, relacionada con la maquinaria utilizada en la etapa de procesado y transformación.

Efectos que se producen:

- Modificación de la estructura inicial (la tensión debilita las fuerzas de interacción de las cadenas, modificando la conformación de las cadenas y su disposición relativa) rompiendo los enlaces covalentes;

- Susceptibles al ataque del ozono;

- La zona de ruptura de los enlaces parece ser más probable en el centro de las cadenas que en los extremos. Las cadenas más largas son más susceptibles a la ruptura.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

<u>Termoplásticos</u> (resinas que se ablandan con el calor y que se vuelven a endurecer al enfriarse, para convertirse en materiales rígidos). Entre los más interesantes destacan:

a) Polietileno. Excelente resistencia a sustancias químicas (excepto ácidos fuertes) y disolventes a temperaturas por debajo de los 80ºC. Se puede disolver en aceites lubricantes a temperaturas por encima de los 120ºC.

b) Polipropileno. Similar al polietileno de alta densidad.

c) Policloruro de vinilo (PVC). Resistente a ácidos y bases inorgánicas. Los ácidos orgánicos producen pocos efectos en este plástico a temperatura ambiente aunque el ácido acético y fórmico lo atacan levemente a temperatura ambiente y son bastante agresivos a altas temperaturas (100-110ºC). No son resistentes a los disolventes orgánicos (cetonas, esteres, éteres, hidrocarburos clorados,…). Los alcoholes e hidrocarburos producen poco efecto. Es resistente a los aceites comunes (animal, vegetal, mineral)

d) PVC clorado (CPVC). Buena resistencia a ácidos y bases a temperaturas comprendidas entre los 50 y 140ºC.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

e) Copolímeros de policloruro de vinilideno. Mejor resistencia que el PVC. Excelente resistencia a ácidos y bases concentrados (excepto el hidróxido amónico). Resistentes a la mayoría de los disolventes orgánicos.

f) Poliestireno. Se disuelve en algunos hidrocarburos. Es atacado por cetonas y esteres. Buena resistencia a ácidos y bases débiles.

g) Resinas ABS. Atacados por ácidos fuertes aunque buena resistencia a bases. Atacado por dióxido de azufre. Baja resistencia química a la mayor parte de los disolventes orgánicos.

h) Plásticos acrílicos. Deterioro rápido en ácidos concentrados.

i) Poliamidas (nylon). Buena resistencia a ácidos a ácidos orgánicos e inorgánicos a bajas concentraciones aunque concentrados provocan un quebrantamiento del polímero en un tiempo corto.

j) Poliésteres clorados. Resistentes al ataque químico por ácidos minerales, medios alcalinos fuertes y a la mayoría de los disolventes comunes.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

k) Poliolefinas fluoradas. Químicamente inertes frente a la mayoría de los disolventes químicos industriales. No son compatibles con ciertos entornos.

l) Polióxido de fenileno. Excelente resistencia química a ácidos diluidos, álcalis y soluciones salinas. Atacados por ácidos oxidantes fuertes y disolventes orgánicos bajo condiciones límite.

m) Polisulfuro de fenileno. Gran resistencia química a la mayor parte de las sustancias químicas. Sólo los ácidos fuertes pueden provocar deterioro, sobre todo, a altas temperaturas. No se conoce ningún disolvente para este termoplástico por debajo de los 300ºC.

n) Plásticos de celulosa. Muy resistentes al agua y a la mayoría de las soluciones acuosas aunque los ácidos y álcalis fuertes producen ataque. Sin embargo, los alcoholes de bajo peso molecular, ésteres, cetonas, hidrocarburos aromáticos y clorados los "hinchan" y disuelven por completo.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

<u>Duroplásticos</u> (Se obtienen a partir de líquidos o sólidos con bajo punto de fusión que, sometidos a la acción del calor, la presión y la luz ultravioleta se transforman en productos rígidos insolubles). Destacan las siguientes:

a) Resinas alílicas y fenólicas. Buena resistencia a disolventes comunes, soluciones salinas inorgánicas acuosas y medios alcalinos.

b) Resinas ureicas y melamínicas. Atacadas por ácidos oxidantes fuertes y álcalis. No se ven afectadas por disolventes orgánicos. Resistentes a la mayoría de las soluciones acuosas salinas inorgánicas.

c) Resinas epoxídicas. Resistentes a ácidos débiles y soluciones salinas.

d) Resinas furánicas. Resistencia química excelente aunque es atacado por ácidos fuertes.

e) Poliésteres insaturados. No se consideran aceptables para entornos agresivos.

g) Poliuretanos. Hinchamiento bajo el efecto de disolventes comunes aunque recuperan su forma cuando se retira y se seca al aire. Son atacados por agua caliente y disolventes polares. Buena resistencia al oxígeno. Ataque considerable con ácidos y bases fuertes.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

<u>Elastómeros.</u> Destacan las siguientes:

a) Caucho natural. Bastante resistente en medios ácidos y alcalinos con tendencia a hincharse en presencia de aceites vegetales y animales.

b) Caucho de butadieno-estireno (SBR). Deterioro rápido en contacto con aceites y disolventes. Insolubles en cetonas, ésteres y muchos hidrocarburos.

c) Caucho de cloropreno (neopreno). Resistente a algunos disolventes orgánicos y ácidos diluidos. Atacado severamente por ácidos y agentes oxidantes fuertes.

d) Caucho butílico. Bastante resistente a muchos medios ácidos y alcalinos.

e) Caucho de polietileno clorosufonado (CSM). Resistente a la mayoría de las sustancias químicas, aceites y grasas. Pobre resistencia a hidrocarburos aromáticos y alifáticos, gasolina, carburantes para motores de inyección. Resistente a microorganismos y excelente resistencia a la humedad y al ozono.

¿ CUAL ES LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS? Veamos algunos de ellos:

<u>Elastómeros.</u> Destacan las siguientes:

f) Caucho de etileno propileno (EPM). Excelente resistencia química al agua, los ácidos y álcalis. Poca resistencia a los hidrocarburos aromáticos.

g) Caucho acrílico. Buena resistencia a aceites calientes y al aire hasta 250ºC. Buena resistencia a derivados del petróleo, hidrocarburos alifáticos, aceites y grasas animales y vegetales.

h) Fluoroelastómeros. Excelente resistencia a sustancias químicas y disolventes.

i) Caucho de silicona. Muy resistente a aceites lubricantes, vegetales, animales y minerales y a alcoholes, ácidos diluidos y medios alcalinos. Muy utilizados en aplicaciones aeronáuticas (componentes de motores de propulsión, diafragmas, cierres, juntas y conductos de aeronaves)

CUADRO 23.1.

Resistencia a la degradación de materiales plásticos en distintos ambientes.

	Material	Ácidos		Álcalis		Disolvente orgánico	Absorción de agua (%/24 h)	Oxígeno y ozono
		Débil	Fuerte	Débil	Fuerte			
Termoplásticos	Fluorocarbonos	N	N	N	N	N	0	N
	Metacrilato de polimetilo	R	AO	R	A	A	0,2	R
	Nilón	G	A	R	R	R	1,5	SA
	Polietileno (baja densidad)	R	AO	R	R	G	0,15	A
	Polietileno (alta densidad)	R	AO	R	R	G	0,1	A
	Polipropileno	R	AO	R	R	R	<0,01	A
	Poliestireno	R	AO	R	R	A	0,04	SA
	Cloruro de polivinilo	R	R	R	R	A	0,10	R
Polímeros termoestables	Epoxi	R	SA	R	R	G	0,1	SA
	Fenólicos	SA	A	SA	A	SA	0,6	-
	Poliésteres	SA	A	A	A	SA	0,2	A

= no resistente; R = generalmente resistente; SA = ligero ataque; A = atacado; AO = atacado por ácidos oxidantes; G = buena resistencia

mado de: M. G. Fontana y N. D. Greene, *Corrosión Engineering*, 2ª ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1978.

CUADRO 23.2.

Resistencia a la degradación de materiales elastoméricos en distintos ambientes.

Material	Ácidos diluidos	Agentes oxidantes	Álcalis	Aceites minerales y grasas	Agua y anticongelantes	Intemperie y ozono
Poliisopreno (caucho natural)	G	P	F	P	G	F
Cloropreno (nepreno)	G	P	G	G	F	E
Nitrilo	G	P	E	E	E	F
Estireno- butadieno	G	P	P	G	G	F
Caucho de silicona	-	-	G	F	F	E

= excelente; G = buena; F = razonable; P = poca

omado de: M. G. Fontana y N. D. Greene, *Corrosión Engineering*, 2ª ed. MacGraw-Hill Book Company, Nueva York, 978.)

TEMAS PROPUESTOS PARA EL TRABAJO DE EVALUACIÓN:

1. **Corrosión en estructuras de hormigón armado. Prevención y evaluación.**

2. **Efecto del agua en el deterioro de los materiales pétreos.**

3. **Indicadores de alteración en rocas de construcción.**

4. **Prevención y conservación de la madera en obras civiles.**

5. **Procesos de degradación de los plásticos.**

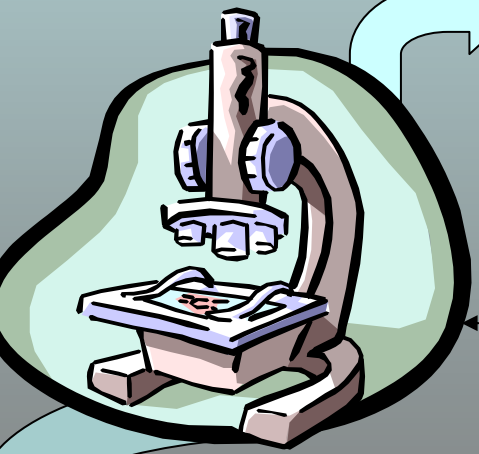
6. **Corrosión de metales sumergidos.**

Código	Siglas	Nombre	Usos
	PET	Tereftalato de Polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.
	PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, cajones para pescado, etc.
	PVC	Polocloruro de vinilo	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, símil cuero, usos médicos como catéteres, bolsas de sangre, etc.
	PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos, usos agrícolas, etc.
	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos, pañales descartables, etc.
	PS	poliestireno	Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc.
	Otros	Resinas epoxídicas Resinas Fenólicas Resinas Amídicas Poliuretano	Adhesivos e industria plástica. Industria de la madera y la carpintería. Elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones, rellenos de tapicería, etc.

EDUCACIÓN MEDIO-AMBIENTAL

RECURSOS NO RENOVABLES
RESPONSABILIDAD SOBRE NUESTROS DESECHOS

POLÍTICA Y GESTIÓN EN MEDIO AMBIENTE



LEYES

SOLUCIÓN

?

MEDIO AMBIENTE

CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Opinión pública



DIRECTRICES

- IMPEDIR LA APARICIÓN DE CONTAMINACIÓN
- ASEGURAR LA PROTECCIÓN DE LA BIOSFERA EN DISTINTAS ETAPAS DE PLANIFICACIÓN Y TOMA DE DECISIONES
- IMPUTAR LOS GASTOS DE PREVENCIÓN Y ELIMINACIÓN DE LA POLUCIÓN A SUS GENERADORES
- PROMOVER UNA POLÍTICA AMBIENTAL QUE PROTEJA Y MEJORE EL MEDIO AMBIENTE
- ELIMINACIÓN DE VERTIDOS TÓXICOS, PERSISTENTES Y BIOACUMULABLES

¿Cuándo surge el problema de la gestión de residuos?

A partir del siglo XIX:

- Acusado desarrollo de la población mundial
- Incremento de las concentraciones urbanas
- Avanzado estado de desarrollo industrial

Aumento considerable de los residuos

Millones de toneladas en el mundo

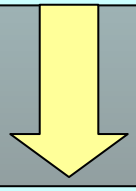
Principales causas:

- Crecimiento demográfico

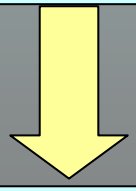
- Concentración en centros urbanos

- Aumento desmesurado de las necesidades energéticas y materiales del hombre (incremento de desperdicios)

- Utilización de materiales y productos de rápido envejecimiento o de no reutilización



Mayor producción = Mayor cantidad de residuos



Gestión razonable de los residuos generados

OBJETIVO DE LA SOCIEDAD

Impedir y reducir los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos.



-Desarrollo sostenible del planeta

- Adecuada gestión de los residuos generados

Residuo

Cualquier material que resulta de un proceso de fabricación, transformación, uso, consumo o limpieza, cuando su propietario lo destina al abandono.

Gestión

Recogida, almacenaje, valorización, tratamiento, rechazo y comercialización de los residuos procedentes de un proceso productivo

Programa de gestión de residuos: prevención, minimización y valorización.

Prevención: Inversión en procesos tecnológicos limpios, con gran eficiencia energética y en el uso de materiales. Ahorro de materias primas y generación de productos fácilmente reciclables y reutilizables.

Minimización: Medidas para una correcta práctica interna y el tratamiento en origen, reduciendo los residuos generados hasta un 20%.

Valorización óptima del rechazo: Aumento del volumen de residuos de reciclaje y regeneración y reducción del volumen final de residuos destinados a vertederos y/o incineración.

Reducción

Mejora de los sistemas de producción para que las materias transformadas generen menos residuos (tecnologías limpias, productos de larga duración)

Reutilización

Proceso de concienciación social y de cambio de hábitos de consumo de los ciudadanos (reutilización de envases)

Reciclaje

Separación, recuperación y utilización de los materiales que forman parte de los residuos, y que son susceptibles de ingresar en este proceso



Ahorro de energía y materias primas, protección del medioambiente y disminución del nivel de los residuos generados

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Tabla 2. Composición de los residuos domésticos	
Materiales	**Media ponderada sobre el total nacional**
Materia orgánica	48,9
Papeles	18,5
Plásticos	11,7
Vidrio	7,6
Metales férreos	2,5
Metales no férreos	1,6
Madera	0,6
Textiles	3,7
Complejos. Celulosa	2,0
Varios	2,9
Composición de los residuos domésticos (envases)	
Materia orgánica	48,9
Envases	26,0
No envases	25,1

GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Estas cantidades parecen mayores ya que:

- Formas huecas
- Baja densidad
- Muy visibles
- Muy resistentes
- Inalterables



EUROPA OCCIDENTAL (1989)

- Aumento del consumo

Vida útil	Aplicación	(10^6 Tm) Consumo	(10^6 Tm/año) Residuos
Corta (< 1 año)	Envasado	7.0	6.3
Media (1-10 años)	Art. hogar Env. indust	6.5	4.3
Alta (> 10 años)	Const., Elect., Aletom., Muebles	9.5	2.4
TOTAL		23	13.0

+60%

AÑO 2000

Optimización de la eliminación final

Lo que no se aprovecha debe ser eliminado sin riesgo para el medio ambiente



Vertederos controlados

Reducción del volumen de los residuos depositados y disminución del impacto ambiental que producen sus instalaciones

Incineración

Control riguroso de las emisiones y gestión cuidadosa de las cenizas y escorias. Utilización de sistemas de recuperación energéticas

Alternativas:

Vertederos controlados

1) Relleno sanitario: Lugares estratégicos elegidos para depositar los residuos urbanos e industriales no tóxicos => Degradación anaeróbica del material => lenta(*)

2) Incineración, con recuperación de energía. Ceniza en rellenos sanitarios (vertederos controlados) Contenido energético alto.

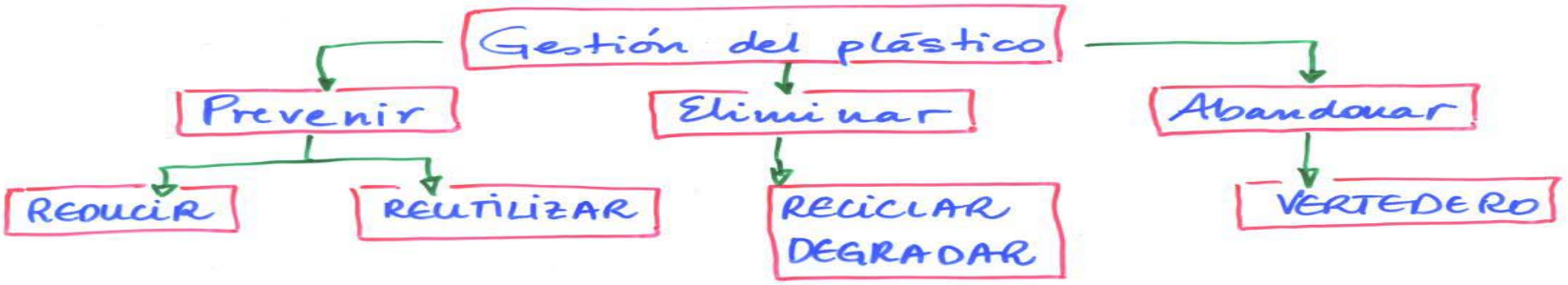
Importante: Emisión atmosférica de sustancias peligrosas, la disposición de las cenizas y el aumento en la emisión de CO_2

Es una solución cara.

(*) Biodegradación

(*) RECURSO

Recuperar el valor económico y energético que lleva asociado ⇒ petróleo ⇒ PLÁSTICOS ⇒ SÍNTESIS Y ENERGÍA.-
⇒ MEDIO AMBIENTE.



REDUCIR.
- ✓ Fabricante del artículo (↓ nº gramos)
- ✓ Exceso de envoltorio por el suministrador
- ✓ Consumidor

REUTILIZAR.
- ✓ Depende directamente del consumidor (p. ej., las bolsas plásticas; productos de limpieza, ...)

RECICLAR.
- ✓ Otras utilizaciones antes de ser desechado
  - Reciclado mecánico
  - " químico
  - Valorización energética (recuperación energética)

¿Cuál elegimos? Dependerá del Qualisis del

Actividades de reciclado

Gestión de los RSU $\Rightarrow$ Manipulación y separación de los RSU en origen (Separación de fracciones $\rightarrow$ acciones de reciclado).

Se recogen de forma selectiva aquellos productos que cumplen unos requisitos mínimos:

- ✓Porcentaje de pureza elevado;
- ✓Gastos de explotación asequibles;
- ✓Precios de venta rentables;
- ✓Potencial de absorción de estos productos por parte del mercado;
- ✓Costes de transporte asequibles.

Los que cumplen estos requisitos son:

- ✓Residuos orgánicos
- ✓El vidrio
- ✓El papel
- ✓El plástico
- ✓Los metales.

Actividades de reciclado

Plásticos

Estimaciones de la generación actual de los residuos plásticos en España (1999)	
Origen de los residuos	**Cantidad (Tm)**
Agricultura	56.500
Construcción	41.500
Automoción	87.000
Eléctrico y electrónico	65.000
Envases y embalajes	1.144.225

Estimaciones de recuperación y reciclado de plásticos en España (1999)	
Origen de los residuos	**Cantidad (Tm)**
Agricultura	32.700
Construcción	5.900
Automoción	3.300
Eléctrico y electrónico	
Envases y embalajes	109.000
Total de plásticos reciclados	150.900

Reciclado: Recuperación y reprocesamiento de los mismos, cuando acaba su vida útil, para darle nuevas aplicaciones.

✓ Separación de materiales

✓ Material no contaminado con otros productos (aceites, productos químicos, ...)

Así:

PET: De botellas de refrescos a filamentos para alfombras, etc...

PVC: " " agua a cañerías y suelas de zapatos

PS: " contenedores de PS expandible a refuerzos de suelos y aditivo en la producción de otros plásticos

PE: De película industrial a plástico agrícola

PP: Componentes de la industria automovilística

Gestión	% 1992	% 2006
Vertedero	77	10
R. mecánico	8	20
R. químico	0	20
Val. energética	15	50

Reciclado mecánico

Troceo del material para volver a utilizarse (granza reciclada)

- ✓ Sólo pueden ser plásticos termoplásticos
- ✓ Previa separación del material y residuos
- ✓ Precio granza > material puesto en la fábrica (rentabilidad)
- ✓ Falta de fomento de uso de los productos reciclados
- ✓ Diseño del reciclado
- ✓ Falta de subvención de los productos reciclados.

Reciclado químico

Obtención de monómeros de partida u otros productos, como gas de síntesis a partir de material postconsumo, para obtener plásticos u otros derivados

Valorización energética

Variante de la incineración. Se resuelven:

a) Eliminación de residuos

b) Reducción del consumo de recursos no renovables

Depolimerización: Recuperación de cadenas primas básicas a través de procesos químicos aplicados a los polímeros.

- ✓ Pirólisis: Ruptura de moléculas por acción del calor en ausencia de oxígeno.
- ✓ Hidrogenación: Tto con hidrógeno y calor que rompe las cadenas de los plásticos
- ✓ Gasificación: Plásticos calentados con aire u oxígeno, generándose gas de síntesis (CO, H_2)
- ✓ Solvólisis: Se induce la ruptura de cadenas por medio de solventes (p. ej., a PE, PU, PA)

PVC ⇒ HCl + comp orgánicos ⇒ dioxinas y benzofuranos
Control de la Tª >600 °C (incineradoras ~ 1000°C)

Incineración con recuperación de E ⇒ Opción con + desarrollo

RELACIÓN DE TRATAMIENTO DE INCINERACIÓN EN EUROPA

País	% residuo vertedero	% residuo incinerado	% recuperación energética incine
Alemania	75	22	99 *
Dinamarca	37	56	100 *
ESPAÑA	77	6	43
Francia	47	44	69
R. Unido	90	10	—
Holanda	37	43	90 *
Italia	78	18	38
Grecia	—	—	—
Luxemburgo	21	76	0
Bélgica	62	29	100 *
Portugal	—	—	—

5) Fotodegradación y biodegradación.

Degradación: Cuando su estructura química sufre cambios, variando las propiedades del plástico ⇒ pérdida de carbonos.

Tipos:

- Biodegradación
- Fotodegradación
- Degradación química (oxidación, hidrólisis)
- Degradación térmica

atmósfera ↓ humedad ↓

Tres componentes esenciales:

✓ sustrato

✓ agente de degradación

✓ Características específicas (humedad, O_2, sales...

BIODEGRADACIÓN: Sustancia degradada por organismos vivos a fragmentos más pequeños

En presencia de O_2 → CO_2, H_2O

FOTODEGRADACIÓN: Degradación del plástico por acción de la luz natural.

DEGRADACIÓN QUÍMICA: Por acción de ciertos agentes químicos que actúan sobre el plástico

¿Para qué sirve que un residuo se biodegrade?

RESIDUO COMPLEJO → RESIDUO SIMPLE → Incorporación a procesos naturales

---

Alternativas tto residuos:

VALORIZACIÓN →
1) Reciclado mecánico
2) " químico
3) Incineración-Energía

¿Qué ocurre en los vertederos controlados?

✓ Cuando se llenan, se cierran (orgánico, papel, vidrio, plástico, ...)

Plásticos => volumen apreciable porque no se biodegradan. Sin embargo:

✓ Composición de los vertederos controlados

Papel: principal contribuidor

✓ Crecimiento del volumen de plásticos

Crece su consumo no su volumen

✓ La biodegradación en los rellenos sanitarios

Degradabilidad lenta por activación de bacterias anaeróbicas.

¿Cuál es la importancia real de la biodegradación de los plásticos?

✓ Desde el ámbito legislativo:

Concienciación de la población sobre el cuidado ambiental y sus beneficios

Plan Nal de Residuos Urbanos (a partir de la ley 10/1998 de Envases y Residuos)

Reducción, Reutilización, Reciclaje

✓ Desde el ámbito tecnológico e industrial

Plásticos degradables en Medicina y Agricultura

- Aspectos tecnológicos de los plásticos degradables
  - Mecanismo de la fotodegradación

Imperfecciones en la estructura plástica ← U.V. ≥ λ = 290-350 nm (genera C=O)

→ tendencia natural a desintegrarse

Si aumentamos la presencia de grupos epoxi
⇒ mayor fotodegradación ⇒ variación en su estructura

P. ej:

Polietileno + grupos carbonilos ⇒ FOTOSENSIBLE

PLÁSTICO + complejos que absorben UV ⇒ " capaces de romper el polímero

- Aplicaciones de los plásticos fotodegradables
  - ✓ Productos agrícolas ~~no~~ ¿ productos de degradac?
  - ✓ Basura superficial

- limitaciones de la fotodegradación
  - ✓ Hasta donde llega la luz.

- Tecnología de la biodegradación

  Bacterias, hongos, gusanos, levaduras y/o insectos descomponen o degradan a algunos compuestos orgánicos a compuestos más simples.
  - ✓ Condiciones ambientales adecuadas
  - ✓ Polímeros naturals (almidón, celulosa, ...)

Recordar: Plásticos fotooxidados son sensibles a ciertos microorganismos y a las enzimas generados

- Tipos de plásticos degradables

(1) POLÍMEROS NATURALES O BIOPOLÍMEROS. Distintos plásticos basados en productos vegetales y animales

* PHBV: Hidroxibutirato / hidroxivalerato => GLUCOSA
* Ácido poliláctico (monómero natural obtenido de la fermentación del azúcar y de quesos)
* Celulosa
* Almidón

(2) Polímeros sintéticos. Producción de polímeros que puedan tener una estructura similar a los biopolímeros

* Policaprolactona: Poliéster termoplástico similar al PHBV

- Perspectivas y aplicaciones de los plásticos biodegradables

✓ En agricultura: Cápsulas biodegradables que contienen insecticida para control de plagas

✓ En veterinaria: Cápsulas biodegradables que veliculizan dregas antiparasitarias cuando la vía de contagio es fecal.

✓ En medicina:

liberación controlada de drogas (microcápsulas o píldoras)

Implantes

Material quirúrgico

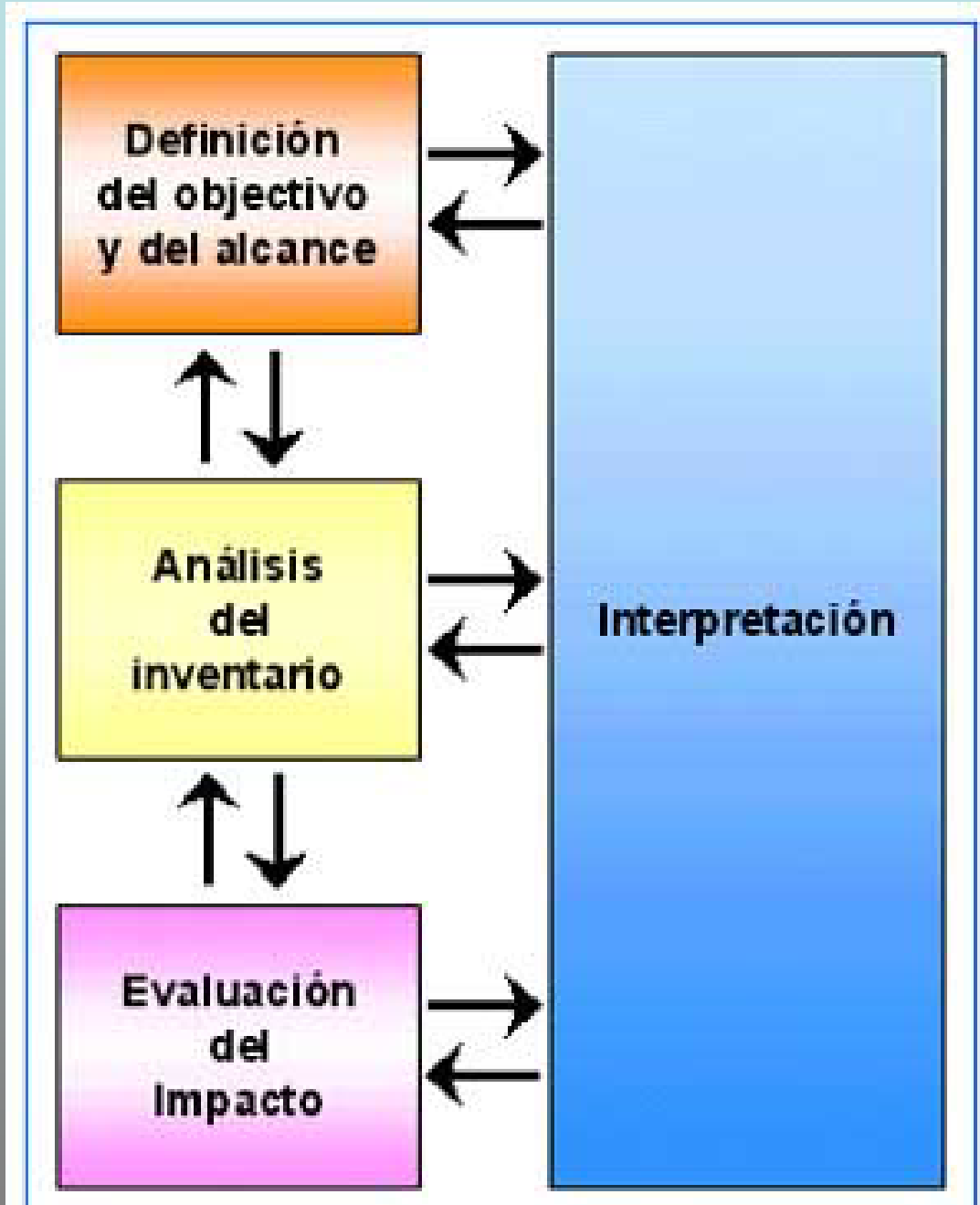
ESTOS PLÁSTICOS SON DE USO LIMITADO Y NO SE PODRÁN REEMPLAZAR POR LOS CLÁSICOS (embalajes, material desechable de medicina, etc.) PORQUE ÉSTOS

Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

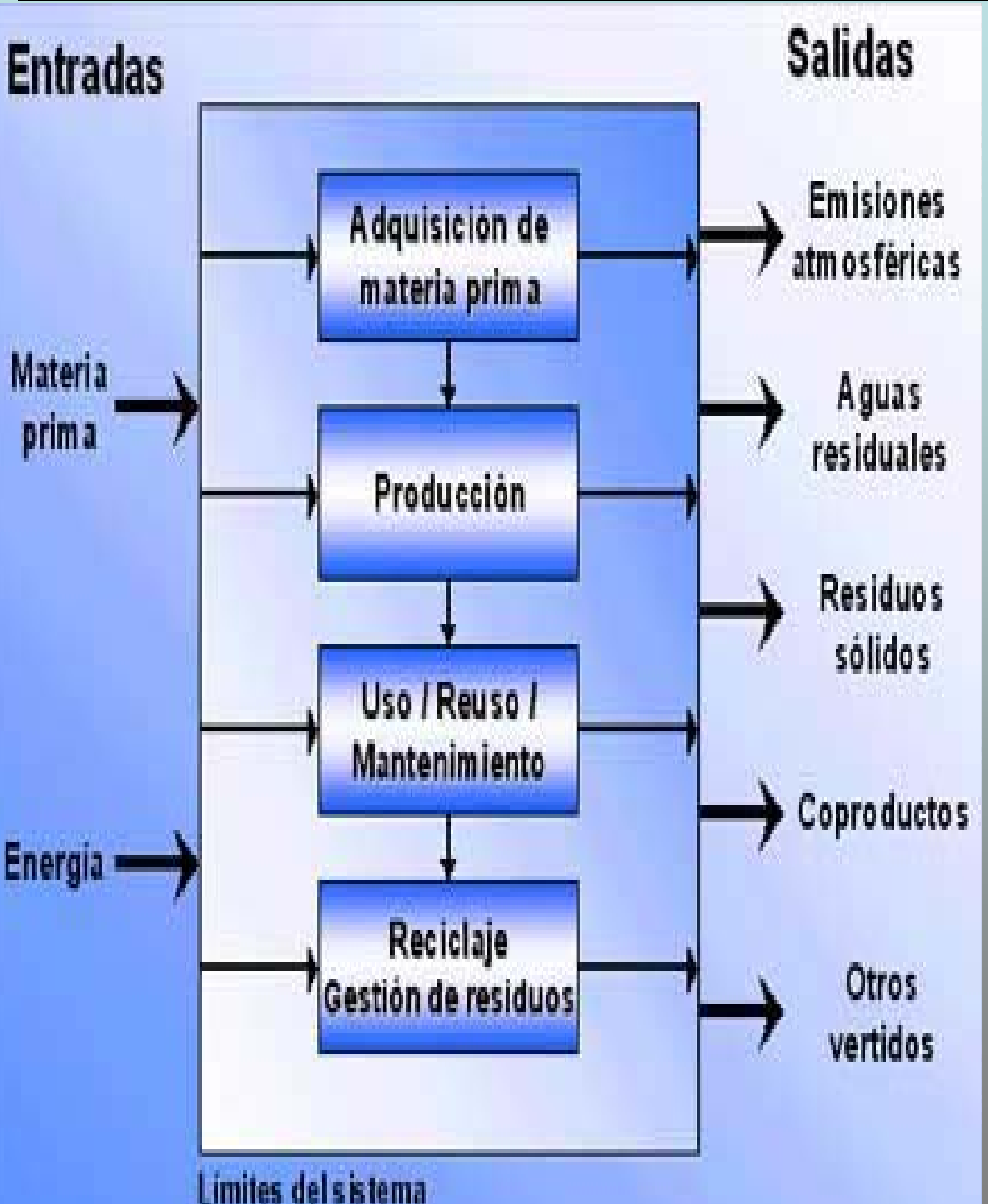
Técnica para evaluar los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto, servicio o actividad, mediante:

-Descripción del objetivo y alcance de un ACV;
- Recopilación (análisis) de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema;
- Evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con esas entradas y salidas;
- Interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Estos puntos se llaman las **fases de Análisis del Ciclo de Vida.**



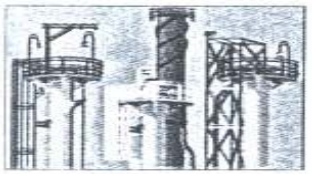
Inventario del Ciclo de Vida de un producto



- Cumplir con la legislación ambiental existente;
- Reaccionar con rapidez frente a cualquier cuestión ambiental, como la puesta en marcha de una nueva normativa;
- Obtener datos fiables e integrados para hacer Informes Ambientales;
- Informar al público de las características ambientales de los productos y de sus materiales;
- Imagen y marketing ambiental.



Materias primas

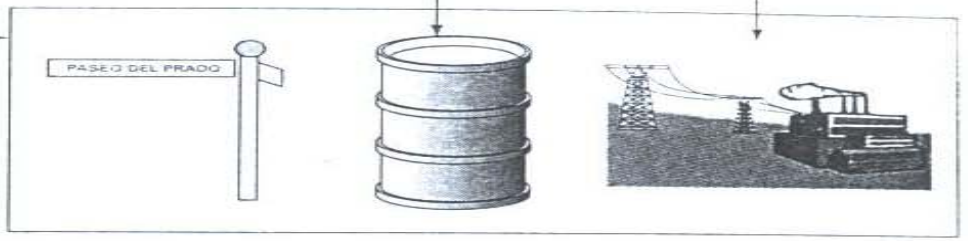


Fabricación



Transformación





Reciclado mecánico

Reciclado químico

Valorización energética

RECICLABLE





Residuo

Recogida selectiva

TRANSPORTE DISTRIBUCIÓN, VENTA USO



Vertedero

c) Resultados sobre la gestión de residuos de las botellas

- Reciclado mecánico
- Recuperación energética
- Incineración sin recuperación energética
- Vertedero

OBJETIVO: Combinación idónea de gestión

Veámoslo en las gráficas:

Opción de gestión => Proyecto => ACV o ecobalance

- Permite realizar la determinación del IA de un proceso o de un producto o de ambos

Ejemplo: Cambio de vaso de poliestireno por vaso de papel en una máquina de bebidas calientes

- Peso de madera
- Petróleo
- Agua de refrigación
- " de proceso

ACV => Modificación y optimización de los procesos de fabricación

Selección materias primas

Selección método de reciclado

Ejemplo:

Fabricación de botellas de 1000cc de PEAD

- Envases de detergente líquido ($d = 1 g/cc$)

a) Definimos el sistema ——▷ Entradas, salidas

b) Producción de polietileno

b.1. Cálculo de energía

b.2. " " materias primas

b.3. " " salidas: atmósfera, aguas, RS

Una vez obtenido el PEAD:

- Fabricación de botellas
- Llenado
- Venta
- Consumo

} Debemos considerar la energía y materia prima necesaria.

Fig. 16.5

$E_{vertedero} \simeq E_{incineración} >> E_{recuperación}$

% recuperación botellas, E <<

Reciclado mec + Recuperación (menor consumo)

En el estudio se incluye un análisis de la energía del sistema viendo por un lado la energía debida al combustible fósil utili-

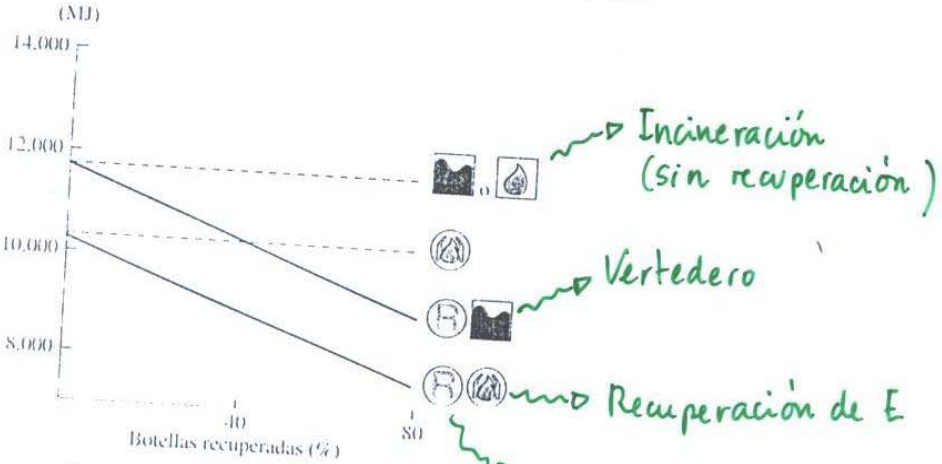


FIGURA 16.5. *Efecto sobre la energía.*

Consumo de energía

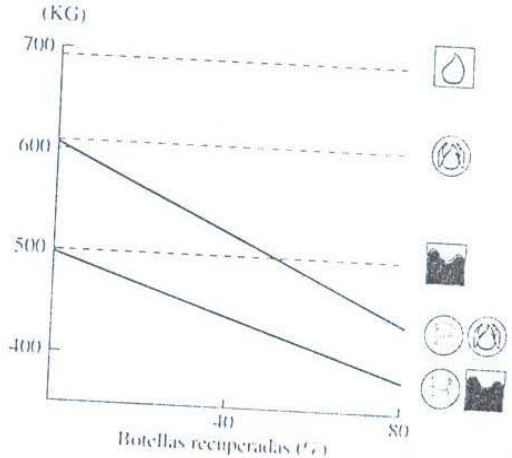


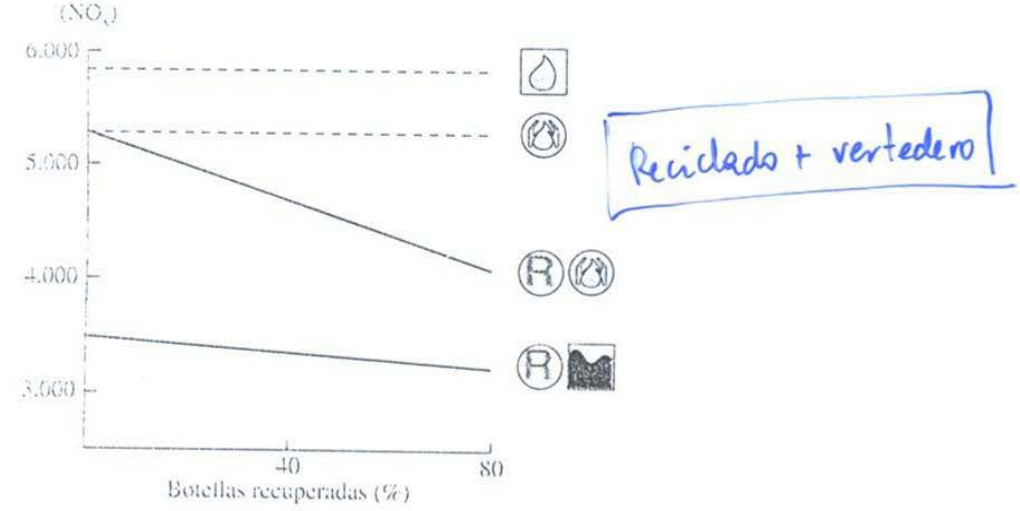
FIGURA 16.6. *Efecto sobre las* emisiones de CO_2

CO_2 > Incineración y/o Rec Energ

$CO_{2\,Rec} > CO_{2\,vertedero}$

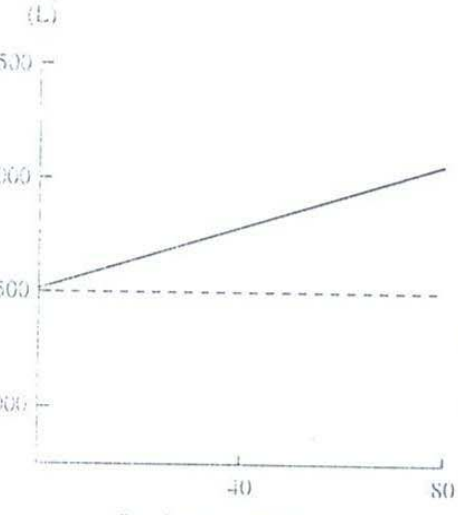
Reciclado mecán + vertedero

...ser tratada en una planta adecuada antes de ser emitida al m...



Reciclado + vertedero

GRA 16.7. *Efecto sobre las emisiones de óxidos de nitrógeno.*



Reciclado ↑consumo agua
¡agua tratada antes de ser vertida!

R + cualquiera

o

Incineración o vertedero

FIGURA 16.8 Efecto sobre las emisiones de agua

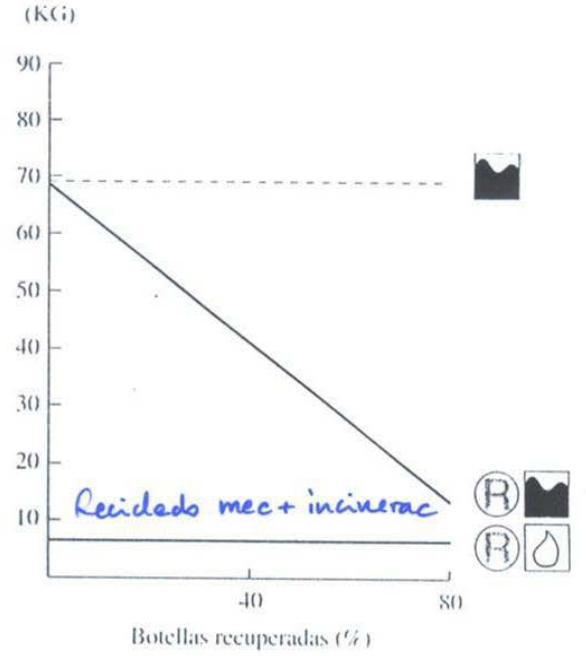


FIGURA 16.9 Efecto sobre los residuos del plástico

Sobre un 70% de botellas recuperadas:

- Rec. mecánico + recuperac. energét
- Peor opción medioambiental: Vertedero o incineración