

¿CATÁLISIS HOMOGÉNEA EN ACCIÓN? ¡ASÍ NACEN LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES!

José Miguel Moreno Rico, María Juliana Barbu Popa, Diego Marín Blanco

Resumen — En este artículo comentaremos cómo gracias a la catálisis homogénea se pueden lograr obtener plásticos biodegradables que favorecen al medioambiente.

Palabras clave — Biodegradable, Catalizadores, Medioambiente, Plásticos, Renovables.

1- INTRODUCCIÓN

Con la contaminación ambiental en niveles alarmantes y una creciente sensibilización sobre la necesidad de proteger el planeta, es fundamental buscar alternativas al plástico tradicional, un material útil pero altamente problemático. En este contexto, los plásticos biodegradables han surgido como una solución prometedora, al ser capaces de descomponerse mediante procesos naturales como la acción de microorganismos u hongos. Este artículo se centrará en un aspecto clave para su desarrollo: los catalizadores y el proceso de catálisis homogénea. Los avances recientes en catalizadores para plásticos biodegradables, incluidos sistemas químicos, enzimáticos y fotocatalíticos, han mejorado tanto la producción como la degradación de estos materiales. Sin embargo, aún enfrentan desafíos significativos, como la eficiencia, la estabilidad, los costos y la sostenibilidad, lo que sigue motivando investigaciones hacia soluciones más económicas, escalables y ecológicas.

2- ¿QUÉ SON LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES?

Los plásticos biodegradables son materiales poliméricos que tienen la capacidad de descomponerse completamente en condiciones ambientales específicas, gracias a la acción de microorganismos como bacterias, hongos y algas. Durante este proceso, los plásticos se convierten en productos finales inofensivos (agua, CO₂ y biomasa).

Estos plásticos se fabrican a partir de fuentes renovables (almidón de maíz, caña de azúcar o aceites vegetales), aunque también pueden derivarse de procesos químicos que permiten obtener materiales biodegradables a partir de compuestos petroquímicos. Su principal ventaja radica en la reducción de la acumulación de residuos persistentes en el medio ambiente, lo que los convierte en una opción clave para abordar la crisis de contaminación plástica.

3- ¿QUÉ ES LA CATÁLISIS HOMOGÉNEA?

La catálisis homogénea es aquella que comprende sistemas en los que los reactivos, productos y catalizadores se encuentran en la misma fase, la cual generalmente suele ser líquida.

El catalizador se encuentra disperso uniformemente en el medio de reacción y la inter-

racción entre los reactivos y el catalizador se ve más favorecida, obteniéndose velocidades de reacción más rápidas en comparación con la catálisis heterogénea. Como contrapartida, es más complicado separar/eliminar el catalizador del medio de reacción, lo que puede llevar un mayor coste con respecto a los procesos heterogéneos.

Los catalizadores homogéneos más utilizados son complejos organometálicos.



4- TIPOS DE CATALIZADORES

Catalizadores Metálicos

Los catalizadores metálicos (compuestos de estaño y zinc) son ampliamente utilizados en la producción de poliácido láctico (PLA).

El uso de estos catalizadores no sólo acelera la reacción, también permiten un control preciso sobre el peso molecular del polímero resultante. Este control es esencial, ya que el peso molecular influye directamente en las propiedades mecánicas del PLA (resistencia, durabilidad y flexibilidad). Además, estos catalizadores permiten ajustar las condiciones de reacción para optimizar las características del PLA.

Ventajas: Alta eficiencia y posibilidad de personalizar las propiedades del material.

Desafíos: La toxicidad potencial de algunos metales exige procesos adicionales de purificación.

Catalizadores Orgánicos

Estos catalizadores se basan en moléculas orgánicas (aminas o bases orgánicas fuertes). Lo que los hace atractivos es su menor impacto ambiental al ser menos contaminantes.

Ventajas: Mayor compatibilidad ambiental y menor generación de residuos tóxicos.

Desafíos: Su estabilidad puede ser limitada en aplicaciones industriales de gran escala.

Catalizadores Híbridos

Combinan componentes metálicos y orgánicos, ofreciendo lo mejor de ambos mundos. Estos sistemas híbridos permiten ajustes finos en las reacciones y abren nuevas posibilidades en el diseño de plásticos biodegradables.

Ejemplo: Complejos metálicos soportados en matrices poliméricas.

Ventajas: Alta versatilidad y eficiencia.

Nanocatalizadores

La nanotecnología ha permitido desarrollar catalizadores con superficies extremadamente activas que aumentan significativamente la velocidad y selectividad de las reacciones químicas.

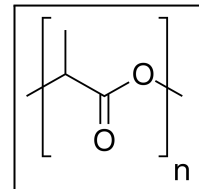
Ejemplo: Nanopartículas de óxidos metálicos como el óxido de titanio.

Ventajas: Alta actividad catalítica y potencial para procesos sostenibles.

Desafíos: Costos elevados y preocupaciones sobre la seguridad ambiental.

5- POLIÁCIDO LÁCTICO (PLA)

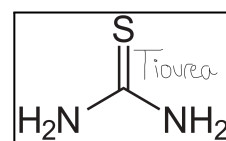
El PLA es uno de los plásticos biodegradables más conocidos y utilizados.



Se sintetiza a partir del ácido láctico, obtenido mediante la

fermentación de azúcares provenientes de recursos renovables (maíz o la caña de azúcar). Es un proceso catalizado generalmente por compuestos de estaño por medio de polimerización de apertura de anillo (ROMP) y la policondensación directa.

Recientemente se ha descubierto que mediante un sistema catalítico rápido y selectivo basado



en tiourea unida a un alcóxido, éste rompe los enlaces éster, produciendo la despolimerización del PLA y regenerando sus

monómeros, siendo posible su reciclado. Esto hace que sea un excelente catalizador verde, al ser orgánico y no metálico.

Propiedades del PLA:

Es un termoplástico biodegradable y bio-compatible, haciéndolo adecuado para reemplazar plásticos derivados del petróleo.

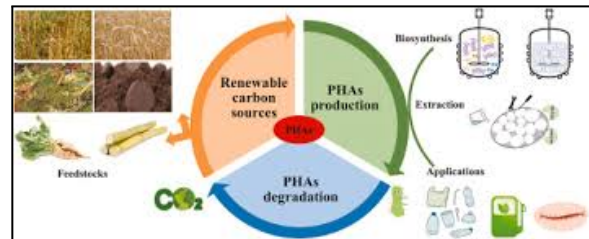
Tiene propiedades mecánicas ajustables según su composición y puede ser procesado en formas amorfas o cristalinas.

Aplicaciones:

Se utiliza para el envasado de alimentos, reducción de desechos plásticos y la producción de textiles.

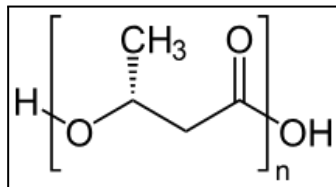
En el ámbito médico, se usa en dispositivos biomédicos, implantes y como portador de fármacos debido a su biocompatibilidad.

Se utiliza como materia prima en el sector de los biocombustibles.



6- POLIHIDROXIALCANOATOS (PHAs)

Los PHAs son plásticos biodegradables sintetizados por microorganismos.



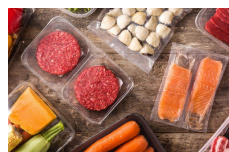
Se producen intracelularmente por más de 300 microorganismos (bacterias y arqueas) bajo condiciones de estrés nutricional (abundancia de carbono y déficit de nitrógeno, fósforo o magnesio). Pueden acumular hasta el 90% del peso seco de la célula y se sintetizan mediante rutas metabólicas como la degradación de azúcares o ácidos grasos.

Propiedades del PHAs:

Son biodegradables, biocompatibles y derivados de recursos renovables, que reducen la contaminación ambiental asociada con plásticos convencionales.

Aplicaciones:

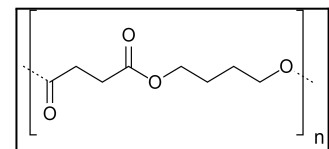
Se utilizan para el embalaje de productos de consumo, reemplazando a los plásticos convencionales.



En medicina para injertos, reemplazo de tejidos y fabricación de dispositivos médicos gracias a su biocompatibilidad.

7- SUCCINATO DE POLIBUTILENO (PBS)

El PBS es un polímero alifático semicristalino obtenido principalmente mediante la fermentación bacteriana del ácido succínico y el 1,4-butanodiol.



Se obtiene gracias al ácido succínico y 1,4-butanodiol obtenidos por fermentación de glucosa y sacarosa

También se da la policondensación en dos etapas (esterificación y policondensación) y se usan agentes de extensión como diisocianatos para mejorar propiedades moleculares, haciendo que sea más flexible que el PLA y que no requiera el uso de plastificantes.

Propiedades del PBS:

Tiene un punto de fusión de 115°C, una alta flexibilidad y resistencia y también propiedades comparables al polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP).

Es resistente al calor y a químicos y tiene una biodegradabilidad más lenta que otros biopolímeros como el PCL, aunque se descompone completamente en biomasa, CO₂ y agua.

Aplicaciones:

Es sustituto de plásticos tradicionales como ABS, PP, PE y PET.

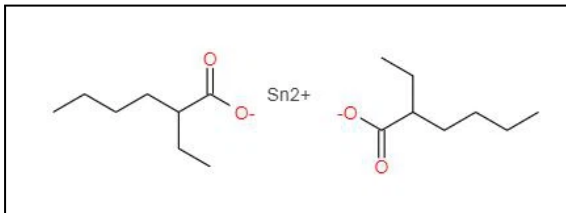
Se utiliza para la fabricación de láminas de mantillo, cubiertos, recipientes, envases de alimentos, bolsas compostables, macetas y redes de pesca.

También para la fabricación de materiales de higiene personal y empaques.

8- ESTUDIOS DE CASOS

Caso 1: Catalizadores de Estaño en el PLA

El octoato de estaño es un catalizador comúnmente utilizado para producir PLA a gran escala. Su eficacia y disponibilidad lo convierten en una opción atractiva, aunque requiere monitoreo para minimizar residuos metálicos en el producto final.



Caso 2: Enzimas en la Producción de PHAs

Las lipasas y otras enzimas han demostrado ser herramientas valiosas para la síntesis de PHAs. Su uso permite obtener materiales con estructuras precisas y propiedades únicas, reduciendo el impacto ambiental.

Caso 3: Catalizadores Heterogéneos para Polímeros Verdes

Los catalizadores heterogéneos, como los basados en zeolitas o soportes metálicos, han demostrado ser eficaces para la producción de polímeros biodegradables a partir de recursos renovables.

Por ejemplo, en la síntesis de poliésteres alifáticos, estos catalizadores permiten reacciones con alta selectividad y menores subproductos tóxicos. Además, su naturaleza reutilizable los convierte en una opción sostenible para aplicaciones industriales. Sin embargo, el diseño de soportes más eficientes y la reducción de costos siguen siendo retos clave.

9- CONCLUSIÓN

El desarrollo de plásticos biodegradables es una solución crucial para abordar los problemas ambientales asociados con los plásticos tradicionales. Los catalizadores, en sus diversas formas, desempeñan un papel esencial en la producción eficiente y sostenible de estos materiales, al optimizar procesos químicos y mejorar las propiedades finales de los productos.

A pesar de los avances, existen desafíos importantes, como la reducción de costos, la mejora de la escalabilidad y el control de los impactos ambientales asociados con ciertos catalizadores. El futuro de esta área dependerá de la colaboración entre científicos, ingenieros y legisladores para promover tecnologías innovadoras y regulaciones que fomenten su adopción.

En conclusión, los catalizadores no solo son herramientas fundamentales para la química moderna, sino también aliados clave en la transición hacia una economía circular y un planeta más sostenible.

REFERENCIAS

[1] Web de AIMPLAS

<https://www.aimplas.es/tecnologias/catalisis/>

[2] Web de MEXPOLÍMEROS

[https://www.mexpolimeros.com/bio/pbs.html#:~:text=El%20poli%20\(succinato%20de%20butileno\)%20\(PBS\)%20se%20sintetiza,glucosa%20y%20sacarosa%20por%20fermentaci%C3%B3n.](https://www.mexpolimeros.com/bio/pbs.html#:~:text=El%20poli%20(succinato%20de%20butileno)%20(PBS)%20se%20sintetiza,glucosa%20y%20sacarosa%20por%20fermentaci%C3%B3n.)

[3] PDFs de DIALNET

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3702404.pdf>

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8572671.pdf>

[4] Página de 'Noticias de la Ciencia'

<https://noticiasdelaciencia.com/art/20639/catalizador-para-elaborar-plasticos-biodegradables-a-partir-de-materiales-renovables>

María Juliana Barbu Popa, Grado en Química, 4º curso.

José Miguel Moreno Rico, Grado en Química, 4º curso.

Diego Marín Blanco, Grado en Química, 4º curso.