

BIODEGRADACIÓN DE POLIURETANO RESIDUAL POR FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO

BIODEGRADATION OF RESIDUAL POLYURETHANE USING FERMENTATION IN SOLID STATE

GUSTAVO ADOLFO HINCAPIÉ LLANOS¹, MARGARITA ENID RAMÍREZ CARDONA²

PALABRAS CLAVE:

Biodegradación, Poliuretano, Espectrofotometría IR, SEM, *Aspergillus niger*.

KEYWORDS:

Biodegradation, Polyurethane, Spectrophotometer IR, SEM, *Aspergillus niger*

RESUMEN

En 1996 la producción mundial anual de materiales poliméricos estaba alrededor de 150 millones de toneladas, con un promedio de consumo per cápita de plásticos en los países desarrollados de 80–100 k/año, por ejemplo, en la China se estimó la producción de desechos plásticos en 16 millones de toneladas en el año 2000, siendo el quinto país en el mundo responsable de estos residuos, después de EEUU, Japón, Alemania y Corea del sur. El consumo per cápita en países como Colombia es más bajo debido a la limitada producción y utilización de estos materiales por los hábitos de consumo [1]. Para el año 2002, en Colombia se produjeron cerca de 4 millones de toneladas de residuos sólidos [2], Medellín generó 58.572 toneladas/año de plásticos [3]. Dow Polyurethanes estimó que, en 1999, el consumo mundial de poliuretanos fue de aproximadamente 6.8 millones de toneladas métricas. Siendo Europa y Norteamérica las regiones con mayor producción [4]. En Colombia la demanda de poliuretano ha aumentado en los últimos tres años, pasó de aproximadamente 1000 toneladas en el año 2003, a 2000 toneladas en el año 2005 y según proyecciones el mercado sigue en aumento, estos datos no incluyen el poliuretano que se produce dentro del país por reacción de un poliisocianato y un polioli [5].

Las técnicas más utilizadas para tratar residuos sólidos poliméricos son el reciclaje, el compostaje, la incineración y el relleno sanitario [1]. Investigaciones sobre la pirólisis de poliuretanos concluyen que se producen

Recibido para evaluación: 11 de junio. Aprobado para publicación: 24 de junio

1 Magister en Ingeniería Ambiental, docente-investigador Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
2 Ingeniera Química. D. Sc. Coordinadora del Grupo de Investigaciones CIBIOT de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.,

Correspondencia: gustavo.hincapie@upb.edu.co

compuestos poliaromáticos y radicales libres que pueden ser contenidos y atrapados [6], también se pueden producir compuestos como isocianatos que pueden generar problemas a la salud y al ambiente [7]. Una de las propiedades físicas de este polímero es que es termoestable, lo que descarta su reciclaje utilizando calentamiento [8]. Una posible vía de minimización de este residuo, ya sea antes o después de su disposición en relleno sanitario, consistiría en recurrir a la biorremediación (biorrecuperación) [9][10][11], el cual es un tratamiento para la descontaminación y regeneración de aguas, suelos y gases. Se emplea para describir una gran variedad de sistemas de ingeniería que utilizan microorganismos para degradar compuestos químicos orgánicos (tratamientos biológicos). La biorremediación es un proceso amplio y global, donde la biodegradación es la reacción biológica que se realiza, siendo ésta la transformación del contaminante mediante procesos metabólicos [12][13]. Esta solución sería aplicable en los casos en que no se haya previsto el aprovechamiento de los residuos plásticos por reciclaje u otro proceso, y contribuiría igualmente a reducir el volumen total de residuos sólidos dispuestos, lo que aumentaría la vida útil del relleno sanitario donde se está disponiendo este residuo [14]. El poliuretano, a pesar de su origen sintético, es susceptible de ser biodegradado de una forma natural con microorganismos. Ataques enzimáticos sobre poliuretanos pueden ocurrir por las hidrolasas tales como ureasas, proteasas y esterases. Efectivamente, enzimas proteolíticas (papaina y ureasa) y la colesterol esterasa se utilizaron para degradar poliuretanos in Vitro [15].

Se evaluó la biodegradación del poliuretano residual, utilizando *Aspergillus niger*, se realizaron ensayos de respirometría en un equipo OXITOP, consumiéndose el 98% del oxígeno disponible para el ensayo a las 200 horas. La biodegradación se realizó en un reactor de acumulación aireada, con una humedad del 40% y 25°C de temperatura durante 45 días. Se realizaron análisis de espectroscopía IR apareciendo una banda en 610 cm^{-1} , correspondiente a anillos aromáticos liberados cuando los enlaces de los grupos amida II y IV se rompen. Se efectuó Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) observándose el cambio en la superficie del poliuretano. Se recomienda continuar este estudio empleando una mezcla de microorganismos y más tiempo de exposición, para lograr una biodegradación que permita que el carbono y el nitrógeno presente en el residuo, esté disponible como recuperador de suelos para la agricultura, realizando los estudios de toxicidad necesarios en plantas.

ABSTRACT

The annual worldwide production of polymeric materials to 1996 was around 150 million ton, with per capita average consumption of plastics in the developed countries of 80-100 k/year, for example, in China was estimated plastics residue in 16 million ton in 2000, being the fifth country in the world responsible for this residue, after U.S., Japan, Germany and South Korea. Consumption per capita in countries as Colombia is low due to limited production and use of these materials for consumer habits [1]. In Colombia to 2002 almost 4 million tons of solid residue was produced [2], Medellín generated 58.572 ton/year of plastics [3]. Dow Polyurethane estimated that in 1999 the global consumption of polyurethanes was approximately 6.8 million ton. Europe and North America are regions with the highest production [4]. In Colombia the polyurethane demand has increased over the past three years, from 1.000 ton in 2003 to 2000 ton in the year 2005 and the projections in the market continues increase, these datas do not include the polyurethane that produced inside country by reacting a polyol whit a polyisocyanate [5].

Techniques more used to treat solid residue polymer are recycling, composting, incineration and landfill [1]. Research on the pyrolysis of polyurethanes conclude that polyaromatic compounds occur and free radicals that can be contained and retained [6], It can produce compounds such as isocyanates that cause problems to health and

the environment [7]. Physical properties of this polymer is that it is thermostable, and it can not recycled again [8]. One way to minimize this residue, either before or after its disposal in landfill, would resort to bioremediation (biorecuperation) [9][10][11], which is a treatment for the decontamination and restoration of water, gases and soil. It is used to describe a wide variety of engineering systems that use microorganisms to degrade organic chemicals (biological treatment). The bioremediation process is a comprehensive and global, where the biodegradation is the biological reaction that takes place, this being the transformation of the contaminant through metabolic processes [12][13]. This would be applicable in cases where no provision has been made use of residue plastics for recycling or other process, and would also reduce the total volume of solid waste are ready, which would increase the lifespan of the landfill where it is providing this residue [14]. Polyurethane, in spite of its synthetic origin, is likely to be biodegraded by microorganisms in a natural way. Enzymatic attacks can occur on polyurethanes by hydrolases such as urease, proteases and esterases. Indeed, proteolytic enzymes (papain and urease) and cholesterol esterase were used to degrade polyurethanes in vitro [15].

*Biodegradation of residual polyurethane by means of *Aspergillus niger* was evaluated. Respirometric tests were performed using an OXITOP equipment, tests which showed a 98% of consumed oxygen in a 200 hours lapse. Biodegradation was done in an aerated accumulation reactor, at 40% humidity and 25 °C temperature during 45 days. Spectroscopy IR analysis showed a 610 cm⁻¹ band, which corresponds to aromatic rings that were released when the amide II and IV links were broken. Scanning Electronic Microscopy (SEM) showed changes in the polyurethane surface. It is recommended to continue this study using a mixture of microorganisms and longer exposure time, to achieve a degradation that allows the carbon and nitrogen present in the waste, is available as back land for agriculture, making the toxicity studies required plants.*