

Análisis de compuestos de residuos de Bolaina blanca y polietileno de alta densidad reforzados por radiación gamma

Javier Gago^{1,*}, Víctor Ramos¹, Yuri Hernández, Moisés Acevedo³, Alcides López^{1,2}

¹Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería. Av. Túpac Amaru 210 Lima 25, Perú

³Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina

Resumen

Se presentan los efectos reforzantes de la radiación gamma en compuestos de polietileno de alta densidad y residuos de madera Bolaina blanca (*Guazuma crinita*) procedentes de la región Pucallpa. Las muestras han sido mezcladas con anhídrido maléico y extruidos a temperaturas comprendidas entre 170 y 200 °C, obteniéndose pellets pequeños de forma cilíndrica; posteriormente, fueron prensados a través de un proceso térmico entre 180 y 200 °C, en un rango de tiempo entre 15 a 20 minutos. Las probetas obtenidas han sido expuestas a radiación gamma entre 50 y 300 kGy, luego sometidos a ensayos mecánicos de dureza y rugosidad. Se pudo observar que la dureza y rugosidad aumentan en forma directamente proporcional al incremento de la dosis de radiación gamma, excepto las muestras sometidas a dosis en el rango de 100 y 150 kGy, donde estos parámetros experimentan un ligero comportamiento inverso.

Palabras claves: Residuos de Bolaina, Polietileno, Material Compuesto, Rugosidad, Dureza

Abstract

The reinforcing effects of gamma radiation in a high density polyethylene and wood waste white Bolaina (*Guazumacrinita*) compounds from Pucallpa region are presented. Samples were mixed with maleic anhydride and extruded at a temperature between 170 and 200 °C, yielding small cylindrical pellets; were subsequently pressed through thermic process between 180 and 200 °C, in a time range between 15 to 20 minutes. The produced samples were exposed to gamma radiation between 50 and 300 kGy, and then subjected to mechanical testing of hardness and roughness. It was observed that the hardness and the roughness increases in direct proportion to the increase of the dose of gamma radiation, but the samples subjected to doses in the range of 100 to 150 kGy, had a slight inverse behavior.

Keywords: Waste Bolaina, Polyethylene, Composite Material, Roughness, Hardness.

1. Introducción

El mundo actual requiere con urgencia del uso y reúso eficiente de los materiales, aprovechando también los desechos y residuos producidos en diversos centros industriales disminuyendo no solo los costos de producción, sino también la contaminación del medioambiente [1]. En el presente trabajo se desarrollan materiales compuestos utilizando residuos de una madera nativa peruana que abunda en la región Ucayali conocida como Bolaina blanca (*Guazumacrinita*) y polietileno de alta densidad, sometidos a dosis de radiación gamma a los que se les evalúa las propiedades y características como producto.

La industria maderera y el de los plásticos dejan como subproducto grandes cantidades

de residuos. En caso de los polímeros, son difícilmente asimilables a los ciclos biológicos de la naturaleza y tardan hasta unos 500 años en degradarse [2]. En este sentido, el uso de los residuos del procesamiento de la madera y de los plásticos reciclados para fabricar nuevos materiales, contribuirá a la atenuación y un mejor manejo de la contaminación ambiental, disminuyendo además la depredación irresponsable de nuestros bosques.

2. Procedimiento experimental

2.1. Preparación de las probetas

El material compuesto se obtiene por métodos físicos-químicos mezclando las

*Correspondencia autor: jgago@ipen.gob.pe

fibras de la madera y los polímeros de alta densidad seguidos de un proceso térmico a alta presión.

El procedimiento se inicia con la limpieza de ambos insumos, seguido de procesos mecánicos de trituración, molienda y tamizado, para lo cual se ha usado un Molino de cuchilla Retsch SM-2000, marca Heavy Duty, Germany con tamices de 0.75 mm para las virutas y de 2.00 mm para el polietileno. Con la finalidad de incrementar la cohesión molecular a estos materiales se les adicionó anhídrido maléico.

Se continúa el proceso usando una extrusora semiautomática de laboratorio, construida en la División de Materiales del IPEN (Figura 1) donde se observa que E es la extrusora, C producto extruido, M el motor del tornillo sin fin, T control de temperatura y CM control del motor [4].



Figura 1. Extrusora semiautomática de laboratorio construida para la obtención del compuesto polímero-madera.

La extrusora de laboratorio tiene la función de transformar, transportar, fusionar y homogenizar la mezcla de los componentes, siendo sus partes principales: ducto de alimentación (tolva), cámara cilíndrica, tornillo extrusor, boquilla y sistema de accionamiento (motoreductor). Se le ha acoplado un motor al eje del tornillo extrusor y sistemas electrónicos para control de la temperatura (T) y velocidad de extrusión (CM).

La inyección se realiza bajo presión ejercida al tornillo sin fin a temperaturas que oscilan entre 170 y 200 °C, obteniéndose varillas extruidas de 3.5 mm de diámetro, las que se cortan en forma de pellets de 4 mm de longitud, los que son introducidos en una matriz, tomando como referencia los parámetros establecidos en las normas

técnicas [3], luego son sometidos a presión con una prensa termohidráulica obteniéndose las probetas finales.

La prensa termohidráulica, que se puede apreciar en la Figura 2, consta de una bomba hidráulica BH con cilindro, pistón y manómetro que presiona las dos partes de la matriz caliente MC donde se elaboran las probetas de formas preestablecidas de 1 mm * 14 mm * 160 mm. Las muestras han sido preparadas con un rango promedio de 62% polímero, 33% fibra de bolaina y 5% de aditivo. Estos reactivos fueron mezclados a 180 °C con la extrusora a 15 rpm. Las probetas se pueden apreciar en la Figura 3.

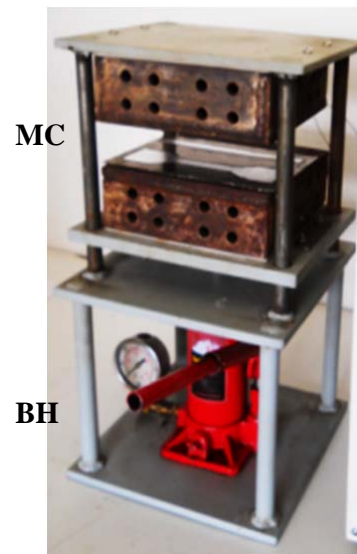


Figura 2. Prensa termo-hidráulica.



Figura 3. Probetas preparadas para pruebas mecánicas.

Posteriormente, las probetas fueron irradiadas con rayos gamma a dosis entre 50 y 300 kGy, en pasos de 50 kGy, en un irradiador Gammacell con fuente de cobalto-60, con la finalidad de estimular la reticulación de la matriz polimérica y las cadenas lignocelulósicas, mejorando de este modo el

entrecruzamiento molecular y las propiedades físicas del producto.

Para los ensayos de rugosidad se utilizó el microscopio de fuerza atómica AFM System Nanosurf EasyScan 2, del Laboratorio de

Materiales de la Dirección de Investigación y Desarrollo del IPEN y los ensayos de dureza se han realizado en el Laboratorio de Sputtering de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.

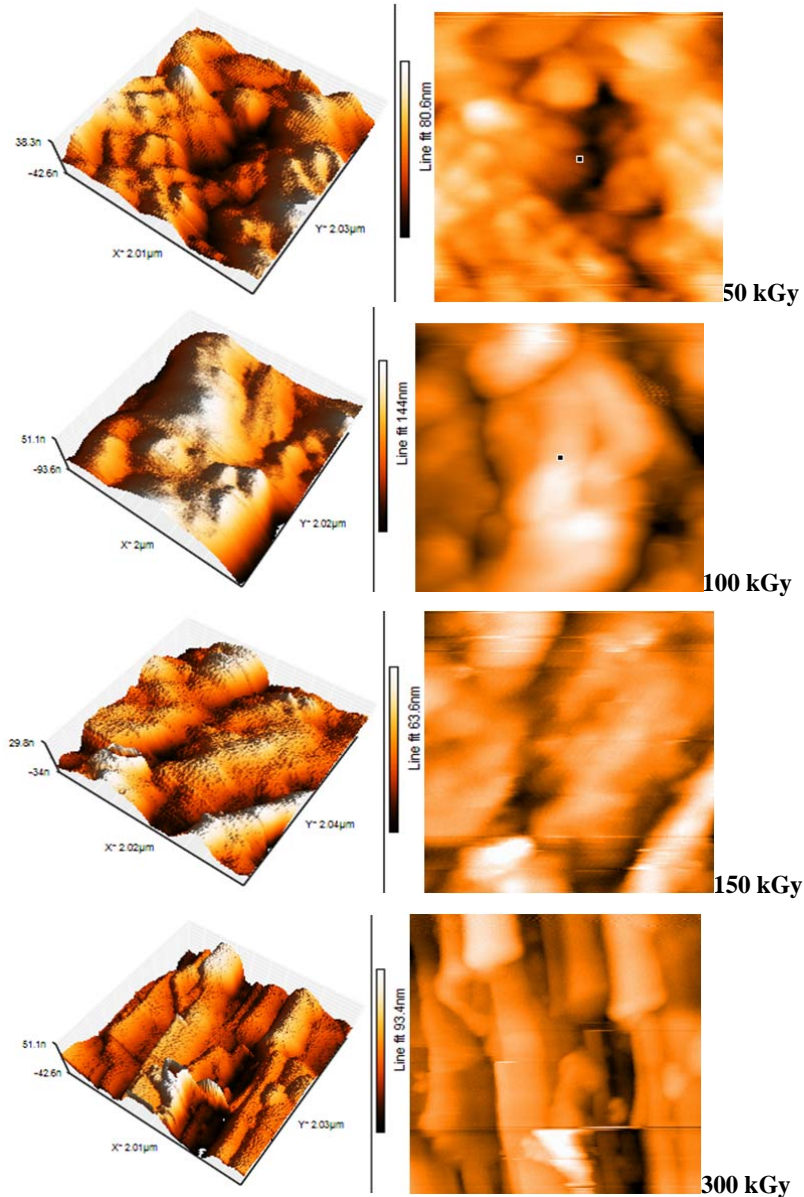


Figura 4. Micrografías AFM, Izquierda: Vista topográfica y derecha: vista superior de compuestos polímero madera irradiados a dosis de 50, 100, 150 y 300 kGy.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis morfológico y de rugosidad

El análisis morfológico se llevó a cabo con un microscopio de fuerza atómica en una superficie de $2 \times 2 \mu\text{m}^2$, encontrándose una superficie irregular, pero continua poblado de elevaciones y depresiones topográficas cuyas

diferencias de alturas alcanzan hasta 140 nm, la muestra irradiada a 100 kGy es la que se muestra más accidentada y con la mayor rugosidad media, que se midió en una superficie de $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ para todos los casos. Las imágenes de la Figura 4 presentan la morfología de cada muestra irradiada, en la columna de la izquierda están las vistas

panorámicas en 3D y al lado derecho las vistas superiores respectivas.

En la Figura 5 se puede apreciar la variación de la rugosidad promedio, medida con el microscopio de fuerza atómica, se observa que la muestra irradiada a 100 kGy es más rugosa que el resto.

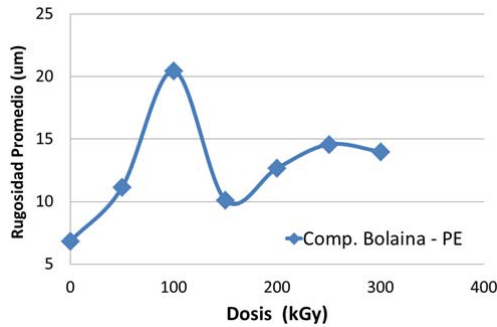


Figura 5. Variación de la rugosidad promedio con respecto a la dosis de irradiación de las muestras.

En trabajos similares, los efectos sobre la variación de la rugosidad a causa de la irradiación gamma muestran que al incrementarse la dosis también se incrementa la rugosidad, lo que permite generar más números de sitios para el enclavamiento mecánico entre la fibra y la matriz [4] condición favorable para el mejoramiento de las propiedades mecánicas. En el presente trabajo, el efecto de la radiación se ha visto reflejado en el incremento de la dureza.

3.2. Ensayos de Dureza

La variación de la dureza con respecto al incremento de las dosis aplicadas muestra una tendencia polinómica cuadrática de acuerdo a la ecuación 1.

$$y = 0.00003x^2 + 0.0146x + 8.6313 \dots (1)$$

donde y es la dureza en unidades Vicker y x la dosis en kGy.

Se observa también un ligero decremento de la dureza de muestras sometidas a dosis de 100 a 150 kGy, pero en general tienden a aumentar de acuerdo con el incremento de la dosis de irradiación, tal como se reportan en trabajos similares[6]. En nuestro caso por ejemplo, a una dosis de 300 kGy se ha obtenido un incremento del 22 % tal como se puede observar en la Figura 6.

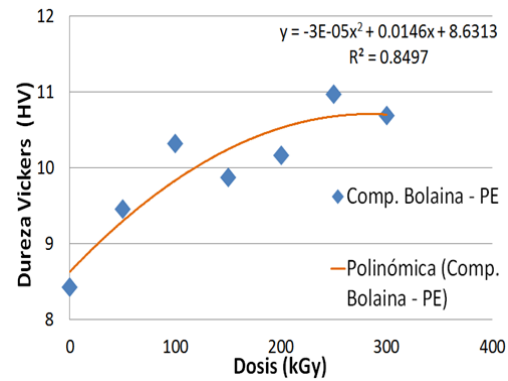


Figura 6. Variación de la dureza con el incremento de la dosis de radiación gamma.

4. Conclusiones

Durante la irradiación de las muestras no se ha detectado un incremento de temperatura que podría modificar bajo efectos térmicos, las propiedades mecánicas de las probetas.

Se ha observado que la dureza se encuentra en un rango entre 8.43 a 10.97HV (escala Vickers) y la rugosidad en un rango entre 7 a 20 μm , ambos parámetros tienen una tendencia general a incrementarse en una relación directamente proporcional al incremento de la dosis de radiación recibida; sin embargo, también para ambos se observa una ligera tendencia decreciente de la rugosidad en las muestras sometidas en el rango entre los 100 a 150 kGy por lo que este comportamiento viene a constituirse en una característica propia del compuesto.

Los resultados obtenidos muestran que es posible reciclar los desechos de la madera bolaina blanca y los plásticos de desecho tratados con radiación gamma para obtener un material alternativo a la madera, pero con propiedades mejoradas. Este tipo de reciclamiento de desechos contribuye a un mejor manejo del medio ambiente.

5. Agradecimientos

Al Dr. Arturo Talledo de la Facultad de Ciencias de la UNI por las mediciones de la microdureza, a los Lic. Johnny Vargas y Mónica Vivanco por los servicios de irradiación gamma.

6. Bibliografía

[1]. Hamad K, Kaseem M, Deri F. Recycling of waste from polymer materials: An overview of the recent works. Polymer

Degradation and Stability. 2013; 98(12): 2801-2812.

[2]. Segura D, Noguez R, Espín G. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología*. 2007;14:361-371.

[3]. American Society for Testing Materials (ASTM). ASTM-D638-10. Standard test method for tensile proportion of plastic. New York; 2011.

[4]. Gago J, Ramos V, León K, López A, *et al.* Desarrollo de una extrusora de laboratorio para compuestos poliméricos basado en residuos de fibras naturales y polietileno. En: Instituto Peruano de Energía Nuclear.

Informe Científico Tecnológico 2011. Lima: IPEN, 2012. p. 147-152.

[5]. Sudhir Tiwari, Bijwe J, Panier S. Polyetherimide composites with gamma irradiated carbon fabric: Studies on abrasive wear. *Wear*. 2011; 270:688–694.

[6]. Dos Santos Alves A, Cassiano Nascimento L, Miguez Suarez J. Influence of weathering and gamma irradiation on the mechanical and ballistic behavior of UHMWPE composite armor. *Polymer Testing*. 2005 Feb; 24(1):104–113.