

Página inicial:60 Página final:69
Tipo de artículo: Científico

EMPLEO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS SOSTENIBLES AMBIENTALMENTE¹

USE OF RECYCLED PLASTIC WASTE IN THE MANUFACTURE OF SUSTAINABLE PRODUCTS ENVIRONMENTALLY

Recibido: marzo 1 de 2010 / Revisado: marzo 15 de 2010 / Aceptado: marzo 30 de 2010
Por: Carlos Córdoba², Jenny Mera³, Jesús Rodríguez⁴, Diego Martínez⁵

RESUMEN

El presente artículo expone los resultados de una investigación cuantitativa realizada con el fin de preparar un nuevo producto -composite-, obtenido a partir de material plástico reciclado y reforzado con la fibra vegetal de nombre tetera (stromanthe stromathoides). Se utilizó polietileno de alta densidad, el cual se obtiene de bolsas plásticas, y polipropileno, derivado de tapas para envases de bebidas gaseosas. La tetera se obtuvo de las plantaciones ubicadas en el municipio de Ricaurte, departamento de Nariño, Colombia, donde es ampliamente utilizada en artesanías por la cooperativa Manos Creativas. La presentación de la tetera, como materia prima, es en cintas flexibles de alrededor de 1500 a 2000 milímetros de largo por 35 a 40 milímetros de ancho, con un espesor variable entre 0,3 a 0,7 milímetros. Las cintas son trituradas en molino de disco con malla de 4 milímetros, hasta un tamaño de 1 a 3 milímetros, material utilizado como refuerzo. Se fabricó una extrusora, tipo laboratorio, con relación L/D = 20:1 y se diseñaron probetas según norma ASTM (American National Standard Institute) D 1037, para pruebas estructurales de paneles aglomerados. Las pruebas de flexión y compresión muestran que la tasa de deformación, así como la ductilidad, aumentan, con pérdida pequeña de resistencia. El material obtenido es ambientalmente sostenible, liviano, con resistencia mayor que la madera y, económicamente, favorable a proyectos productivos de la Cooperativa de recicladores del municipio de Pasto, dedicados a la producción de madera plástica, y otros materiales, empleados en la construcción de vivienda de interés social.

Palabras clave: Fibra tetera, Madera plástica, Plásticos reforzados, Reciclaje.

ABSTRACT

This article presents the results of quantitative research in order to prepare a new product - composite - obtained from recycled and reinforced plastic with vegetable fiber name Kettle (stromanthe stromathoides). It was used high density polyethylene, which is obtained from plastic bags, and polypropylene caps for soft drink containers-derived. The teapot was obtained from plantations in the municipality of Ricaurte, Department of Nariño, Colombia, which is widely used in handicrafts by Corporación Manos Creativas. The teapot as raw is flexible about 1500 to 2000 millimeters in length for 35 to 40 millimeters wide, with a variable thickness between 0.3 to 0.7 millimeters tape. Tapes are crushed in disc with 4 millimeters, mesh mill to a size of 1 to 3 millimeters, material used as reinforcement. Manufactured an extruder, laboratory, L/D relation type = 20: 1 and test pieces according to standard American National Standard Institute (ASTM) D 1037, for structural tests of chipboard panels were designed. Bending and compression tests show that the rat strain, as well as the ductility, will increase, with little loss of resistance. The material obtained is environmentally sustainable, light, with resistance increased the wood and economically favorable to productive projects dedicated to the production of plastic wood, the town of Pasto, recyclers and other material, used in the construction of social housing.

Key words: Fiber tea, Plastic wood, Reinforced plastics, Recycling.

¹ Artículo que se deriva de la investigación: "Obtención de un composite extrusado con refuerzos de fibra natural tetera en matriz de desechos de polipropileno y polietileno", realizada por el grupo de investigación en materiales cerámicos y vítreos, línea de investigación en nuevos materiales; avalada y financiada por la Universidad de Nariño.
² Magister en Química Universidad Nacional Autónoma de México, Ingeniero Metalúrgico, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Investigador Universidad de Nariño, Colombia. Correo electrónico: carcob@udenar.edu.co
³ Química, Universidad de Nariño. Química adscrita al Centro de Investigación en Materiales de la Universidad de Nariño. Correo electrónico: jennyval@udenar.edu.co
⁴ Magister en Educación Probémica, UNINCA, Colombia. Ingeniero Químico Universidad Industrial de Santander. Investigador, centro de materiales Universidad de Nariño. Correo electrónico: jrjbu4@hotmail.com
⁵ Estudiante de Ingeniería Electrónica y estudiante investigador, Centro de Investigación en Materiales, Universidad de Nariño, Colombia. Correo electrónico: diegunchis257@hotmail.com

»»» INTRODUCCIÓN

Actualmente, la utilización de materiales destinados a la construcción (especialmente de vivienda de interés social), y al sector de muebles domiciliario e industrial, están generando impacto a nivel tanto económico como ambiental, ya sea durante la ejecución de la obra como en la vida útil de la misma. En consecuencia, es importante introducir, en estas actividades, el criterio de sostenibilidad para garantizar bajos costos y, sobre todo, la protección del medio ambiente a través del empleo de materiales funcionales y no perjudiciales para el entorno.

La madera es un material natural muy apreciado, sin embargo, presenta altos costos y tiene problemas de durabilidad y mantenimiento; además, su utilización incide en la deforestación y tala de bosques; como ejemplo ilustrativo de esta situación, se tiene que la construcción de 196 estibas de madera vegetal, equivalen a deforestar 12.000 metros cuadrados de bosque; en cambio, con 6 toneladas de plástico reciclado se elaboran las mismas 196 estibas, más duraderas, pero con problemas para el medio ambiente en cuanto a biodegradabilidad, según los datos publicados por la empresa Sistema Global de Reciclaje [SGR] (Miller, 2003).

El aluminio, el acero y el cloruro de polivinilo [PVC] son los materiales más demandados en los sectores de la construcción y mobiliario. Los dos primeros se caracterizan por una gran durabilidad, pero presentan un bajo aislamiento térmico, son relativamente pesados y poco maleables; mientras que el PVC logra productos económicos, pero con una vida útil inferior; además, unos y otros no son biodegradables, lo cual causa impactos negativos en el ambiente (Craig, 2002).

El Polipropileno [PP] y el Polietileno de alta densidad [PEAD] son materiales plásticos que se encuentran en diversas formas, variadas presentaciones y son reciclables en un 90%. El PEAD se caracteriza por su resistencia química, sus capacidades como aislante eléctrico, su tenacidad y su relativamente bajo coeficiente de fricción. Se utiliza, generalmente, en empaques, botellas flexibles y contenedores de productos químicos. El PEAD garantiza un volumen considerable de material potencialmente reciclable.

Miller (2003) y Craig (2002), mencionan al PP como un polímero termoplástico, pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipos de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

De acuerdo a lo reportado por Delgado (2003), a lo largo de muchos años, se ha dado en Colombia un crecimiento del consumo de los plásticos. En la generación de basura per cápita por día, que oscila entre 0.5 y 0.8 kilogramos, 0.056 corresponden a desechos plásticos, representando el 20 % del volumen, y de un 5 a un 7 % del peso total de desechos generados a nivel urbano. Esto, sin tener en cuenta los desechos originados por empresas petroquímicas, las cuales, en su proceso de producción de materias primas plásticas, generan retales que no cumplen ninguna función y no tienen las especificaciones requeridas para salir al mercado como producto terminado, generando problemas para su almacenamiento y posterior eliminación. Este crecimiento en el volumen de generación de basuras en el país, ha llegado a niveles alarmantes, lo cual convierte su manejo en una actividad prioritaria para investigarse debido, entre otras razones, a problemas de almacenamiento ya que su relación peso a volumen es bajo, y la disponibilidad de rellenos sanitarios es cada vez menor.

Así las cosas, no todos los residuos sólidos pueden ser reciclados fácilmente, pero esta actividad cobra especial importancia desde la perspectiva ecológica. En el área del reciclaje existen los métodos llamados: primario, secundario, terciario y cuaternario. El método primario tiene que ver con la utilización de partes del plástico en aplicaciones diferentes, y se lo obtiene por recortes del material original. El secundario es el más empleado, éste fue el utilizado en la investigación, y consiste en la fusión de los desechos, los cuales son convertidos en productos de diferente forma y con mayor espectro de aplicaciones, que resultan diferentes a las del plástico original. El método terciario es un proceso de tipo químico, consistente en el aprovechamiento de los componentes químicos del plástico. La ruta química de reciclado terciario es la solvólisis o descomposición química, la cual se puede realizar por diferentes vías, entre las que están: la metanólisis, glicólisis, hidrólisis y aminólisis (Dawans, Jarrin & Serpe, 1989). El cuaternario consiste en la incineración para recuperar energía.

Los tratamientos utilizados para el resto de los residuos sólidos, como la incineración y el enterramiento en vertederos controlados, son métodos inconvenientes para los plásticos ya que generan subproductos tóxicos. Por su parte, los residuos orgánicos tardan entre 10 y 15 años para degradarse en un 25 a un 50%, en cambio, la no biodegradabilidad de los materiales plásticos, genera problemas de manejo supremamente complicados.

Todo lo anterior, unido a consideraciones económicas, hace que el reciclaje de plástico sea una alternativa que cobra cada vez mayor fuerza. El plástico reciclado es de gran importancia, ya que usado como insumo es menos costoso que el plástico original, y mezclando diferentes calidades se puede obtener materiales con mejores cualidades y de menor precio.

Fundamentalmente, son dos los aspectos que deben tenerse en cuenta respecto al uso actual de los materiales de construcción y para mobiliario: uno relacionado con su costo y funcionalidad, y otro

asociado con los impactos ambientales ocasionados (Shunt, 2001). En este sentido, la investigación se orientó hacia el estudio de estos dos problemas para buscarles una solución a través de la verificación de la siguiente hipótesis:

La mezcla en proporciones adecuadas de PP y PEAD reciclados, como matriz polimérica, reforzada con cantidades óptimas de fibras naturales (provenientes de desechos vegetales), permite obtener materiales a bajos costos y que pueden reemplazar los usados actualmente en la construcción y mobiliario, superando sus propiedades mecánicas y de durabilidad, al mismo tiempo que se contribuye, significativamente, a mitigar impactos ambientales negativos.

En la actualidad, son numerosos los estudios sobre fibras obtenidas con materiales compuestos; entre éstos se puede mencionar el de Yan, Yiu-Wing, & Lin (2000), Hull (1996), los estudios de Amigó et al (2008), quienes realizaron investigaciones sobre refuerzos de plásticos empleando fibras procedentes de residuos textiles de algodón y lino, y fabricación de cuerdas como sisal, cañamo, fique y kenaf. Todos los estudios concluyen que el aprovechamiento de fibras vegetales de desecho, es perfectamente viable, con la peculiaridad de su disparidad en forma y tamaño, obligando a la peletización previa y a la utilización de compatibilizantes para obtener el producto final.

De igual manera, Juarez, Valdez y Durán, (2004) han desarrollado materiales de construcción con base en el empleo de lechuguilla y concreto. Por su parte, Llop, López, López, A., Vilaseca y Mutjé, (2005) estudiaron el empleo del yute y Quesada, Alvarado, Sobaja y Baudrit, (2005), investigaron con la piña como refuerzo de materiales.

Todos estos trabajos se han enfocado sobre fibras naturales del centro del país, en especial, de la zona del eje cafetero. Otras fibras empleadas como soporte de materiales compuestos son la caña de azúcar (género Saccharum) (Chavez, Morales & Bruno 2000),

los fiques (Agave sisalana, Agave fourcroydes) (Belmares, Barrera, Castillo, 1981 & Hepworth, Hobson, Bruce, 2000), palmas (Yucca carnerosana, Roystonea Regia, Phoenix sylvestris) (Belmares, Barrera, Castillo, 1981 & Mohan, Mohana, Rao, 2005).

En el Departamento de Nariño, Colombia, entre otras fibras, las más utilizadas por los grupos humanos de la región han sido el barniz, resina extraída del arbusto Mopa-mopa (Elaeagia pastoensis), la palma de Iraca (Carludovica palmata), el tamo (extraído del bagazo de la cebada), el fique (Agave sisalana) y la tetera (Stromanthe stromathoides).

Sin embargo, en una reciente investigación de los diseñadores industriales Córdoba y Bonilla (2009), éstos lograron obtener un compuesto a partir de resina poliéster [RP] y fibra tetera molida, al igual que tabletas longitudinales de 5 milímetros de espesor, con las cuales se desarrollaron diferentes prototipos aplicables al diseño de sillas. No obstante que el uso de polímeros reforzados con fibras vegetales ha sido ampliamente estudiado, los materiales compuestos a partir de polímeros reciclados y fibra vegetal, son relativamente recientes.

La tetera, realmente, no ha sido utilizada como refuerzo de polímeros, y menos en productos reciclados; sin embargo, algunos estudios indican que esta fibra tiene efectos favorables en la producción de madera plástica y productos similares. Por esta razón, se la retomó para unirla a los polímeros obtenidos de material plástico reciclable y, de esta manera, obtener el composite. En términos generales, se denomina composite a un material compuesto, formado por fibras rectas y largas situadas en el interior de una matriz, la cual las mantiene unidas y distribuye los esfuerzos. Las fibras se sitúan en capas o láminas superpuestas en la dirección del espesor, obteniendo estructuras que se denominan laminado; éstas soportan la mayor parte de las cargas, mientras que la matriz se responsabiliza de la tolerancia a los golpes y a la fatiga. Las fibras ofrecen sus mejores propiedades

cuando están alineadas en la dirección de la fuerza exterior (Rodríguez, 2000).

La matriz, o base, puede ser metálica, polimérica o cerámica. Las características de los materiales compuestos radican, fundamentalmente, en la mejora de las propiedades mecánicas, tales como: la alta rigidez específica, la buena estabilidad dimensional, la tolerancia a la alta temperatura y la resistencia a la corrosión.

Se reconoce que estos materiales tuvieron su origen en los grandes proyectos espaciales a comienzos de los años sesenta del siglo pasado, tanto en Estados Unidos como en Europa. Hoy en día, los materiales compuestos de matriz metálica han encontrado una gran aplicación y amplio mercado en la industria automotriz y de empaques, debido a sus mejores propiedades mecánicas y características tales como su baja densidad volumétrica y resistencia al desgaste. Actualmente, las nuevas tecnologías y los procesos de manufactura demandan nuevos materiales, ya sea en busca de reducción de costos o de una optimización en el funcionamiento de los productos. Debido a esto, en los últimos diez años los compuestos de matriz metálica y polimérica han adquirido una gran importancia en el desarrollo científico y tecnológico.

Es importante resaltar que los materiales composite han existido siempre en forma natural; un ejemplo de ello es la madera, la cual es, precisamente, un compuesto reforzado con fibra natural; en ella, una de las propiedades más importantes es la resistencia a la tensión específica, la cual se define como el cociente que resulta de la resistencia a la tensión dividido entre la densidad volumétrica [RT/DV]; para el caso de la madera, la resistencia específica es mayor que la del concreto y la del mismo acero.

En la figura 1 se puede apreciar las propiedades de resistencia de algunos materiales. El elevado valor de la resistencia específica de la madera se debe a la estructura interna del material.

Material	Gravedad Específica	Resistencia a la tensión (MNm ⁻²)	Tensión Específica (m)	Módulo de elasticidad (GNm ⁻²)	Módulo Específico (GNm ⁻²)
Madera de abeto	0,46	104	226	10	22
Madera de pino	0,50	110	220	10	22
Acero Maleable	7,90	459	58	203	26
Aluminio	2,80	247	88	69	25
Concreto	2,50	4	2	48	19
PVC rígido	1,50	59	39	2,4	1,7
Poliéster	1,80	276	153	18	10
Epox	1,80	1.100	611	45	25

Figura 1. Resistencia a la tensión, gravedad específica y módulo de elasticidad de algunos materiales. Fuente: Serrano, C. (2002). Plásticos reforzados al natural. México: Editorial Reverté.

Considerando la importancia que tienen las industrias de alto volumen de mercado, como la automotriz, los materiales compuestos de matriz metálica [MMC] son parte de los nuevos insumos con excelentes propiedades, ya que pueden satisfacer los requerimientos de la ingeniería, propiciados por los estándares de calidad (por ejemplo: baja densidad y excelentes propiedades mecánicas).

El Centro de Investigaciones en Materiales [CIMA] de la Universidad de Nariño, dentro de sus objetivos investigativos, pretende solucionar este tipo de problemas mediante la búsqueda de perfiles de composite ecológicos, de bajo costo y adaptables a las solicitudes de cada aplicación por parte de los clientes, y que por sus ventajas reemplacen a los materiales tradicionales.

Particularmente, el trabajo está enfocado a conseguir por extrusión en matriz termoplástica, un material composite reforzado con fibras naturales biodegradables, mediante la determinación de la influencia de su composición (formulación) y sus condiciones de procesamiento (referidos a esta-

blecer los parámetros fisicoquímicos apropiados), para caracterizar su estructura y estudiar su reciclabilidad; lo cual, permite dar al producto la calidad requerida por el cliente. Además, se debe propiciar un bajo costo, precisamente, por la utilización de insumos reciclados (fibra natural y plástico).

La fibra vegetal fue obtenida del tallo de la planta tetera, existente en zonas del municipio de Ricaurte, en el departamento de Nariño, y es ampliamente utilizada en artesanías por la cooperativa Manos Creativas. El material termoplástico [PP] y [PEAD] se obtuvieron del reciclaje de los residuos sólidos plásticos. Todo lo anterior permite justificar la propuesta desde los puntos de vista económico, ecológico y funcional.

Los resultados constituyen un aporte a las actividades de la cooperativa de recicladores Coemprender, del municipio de Pasto, Colombia, dedicada al reciclaje de productos de plástico, para que implemente esta propuesta y darle valor agregado a sus productos.

»»MÉTODO

La investigación acogió un enfoque cuantitativo del tipo empírico –analítico, bajo el cual se realizaron las mediciones numéricas y análisis estadísticos de los ensayos de extrusión continua, buscando establecer los principales parámetros fisicoquímicos del proceso que puedan incidir en las características del producto final; éste debe tener la apariencia y procesabilidad de la madera, pero con mejores propiedades mecánicas (baja densidad, rigidez y estabilidad dimensional, bajo nivel de abrasión y durabilidad). La durabilidad hace referencia a características del material para que éste no se vea afectado por la humedad y por los insectos.

Acorde con los objetivos específicos, la propuesta investigativa, siguiendo los estudios de Serrano (2002), se desarrolla en etapas hasta estructurar, a través de los ensayos, el perfil extrusado con las características anteriormente reseñadas.

En primer lugar, como el PP y el PEAD son insumos reciclados, se estableció un proceso de identificación y separación del material reciclado, utilizando propiedades físicas como el punto de fusión y la densidad, y operaciones de separación como la flotación. Además, se sometió el material a un acondicionamiento mediante lavado y molienda, con el fin de darle el tamaño más adecuado para manejarlo durante el proceso de extrusión térmica.

Por su parte, la presentación de la tetera, como materia prima, es en cintas flexibles de alrededor de 1500 a 2000 milímetros de largo, por 35 a 40 milímetros de ancho, con un espesor variable entre 0,3 a 0,7 milímetros. Posteriormente, es triturada en molino de disco, hasta un tamaño de 1 a 3 milímetros, material que es utilizado como refuerzo.

Simultáneamente, se construyó una extrusora térmica monotornillo, tipo Brabender Plasticorder modelo 2523, con medidor de temperatura, pero sin puertos de venteo para evitar la pérdida de gas, y con un tornillo sinfín de 60 centímetros y 2 pulgadas de diámetro; el tamaño es a escala de laboratorio para minimizar costos en los ensayos. De acuerdo a experiencias de extrusión reportadas en la literatura, todas las extrusiones realizadas se efectuaron en rangos de temperatura comprendidos entre 120 y 180 grados centígrados.

Para las pruebas mecánicas, se tomó como referencia las normas ASTM D1037 (1999), especiales para paneles aglomerados. Con esta base, se diseñaron los moldes de las probetas; éstas se elaboraron en aluminio y se acoplaron a la máquina extrusora. Solamente se registraron pruebas de flexión y compresión, dado que el objetivo es obtener madera plástica.

Las pruebas bromatológicas de la tetera, se llevaron a cabo en el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño y en el laboratorio de materiales de la misma universidad. Se efectuaron los análisis químicos y el maquinado de las probetas, para realizar las pruebas de flexión y compresión, las cuales se calcularon de acuerdo a los estudios de Smith (1998).

Para el manejo de las mezclas, se realizó un diseño experimental -irrestrictamente al azar-, en un arreglo factorial: 2 x 3 x 3 (A x B x C, donde A = PP ó PEAD, en inglés conocido como HDP -High Density Polymer-, B = 2, 3 y 5% de fibra tetera, y C = Temperatura), para tres réplicas. Los porcentajes se escogieron tomando como base los trabajos de Quesada (2005), que permitió determinar, para este caso, los límites más adecuados

»»RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis bromatológico de la tetera (vease Figura 2), los porcentajes de humedad son similares a los reportados por Córdoba y Bonilla (2009); según estos autores, el bajo porcentaje de humedad se debe al proceso de secado, el cual se lleva a cabo a pleno sol por varios días. La influencia de la celulosa y lignina en la mezcla polimérica, se puede

afirmar que no es significativa, ya que en los plásticos los enlaces primarios son covalentes fuertes, y están presentes a lo largo de las cadenas moleculares, no siendo afectados por la presencia de la tetera. Sin embargo, las fuerzas secundarias que unen las cadenas entre sí, y que restringen sus movimientos relativos, si son influenciadas por la fibra, lo cual se refleja en las propiedades mecánicas al permitir aumentar la deformabilidad en detrimento de la resistencia.

ANÁLISIS	Fibra Tetera % B. P. S	Fibra Tetera % Base seca
Humedad	4.28	0
Celulosa	61.06	63.94
Lignina	17.20	18.73

Figura 2. Prueba vegetal de la Tetera
Fuente: elaboración propia.

Entretanto, la densidad si se ve afectada con el aumento del porcentaje de fibra, porque vuelve más liviano el material, propiedad importante para la producción de madera plástica. La disminución es significativa para los dos casos (Véase, figura 3).

Polímero	POLIETILENO RECICLADO				POLIPROPILENO RECICLADO			
	100	98	97	95	100	98	97	95
% Polímero	100	98	97	95	100	98	97	95
% Fibra (Tetera)	0	2	3	5	0	2	3	5
Densidad (g/cm ³)	0,72	0,67	0,65	0,63	0,69	0,57	0,55	0,52

Figura 3. Densidades para los diferentes porcentajes de fibra
Fuente: elaboración propia

En la extrusora se estandarizaron las temperaturas de trabajo para las tres zonas por las cuales el material es obligado a pasar. Se transporta, funde y homogeniza así: PE 90°C, 120°C, 180°C, y para el PP 130°C, 150°C y 200°C

Las figuras 4 y 5 muestran el comportamiento de la mezcla polimérica de polietileno y de polipropileno sin fibra y con diferentes porcentajes de ella, para las pruebas de compresión. Se observa que, para el caso del polietileno reciclado y reforzado con fibra, se alcanzan valores ligeramente inferiores al presentado por la matriz sin fibra, lo cual indica que esa propiedad mecánica de la mezcla, se ve afectada (Vease Figura 4). Igual ocurre con

el PP; en ambos casos, los porcentajes agregados de fibra alcanzan valores muy similares, con una tendencia dirigida a lograr mejor ductilidad, lo cual sería de gran utilidad para aplicaciones como la madera plástica, aunque hay un detrimento de su resistencia a la compresión, y constituye, por sí solo, una ventaja ya que es posible introducir al menos un 5 % de fibra, de manera que el material se vuelve más liviano.

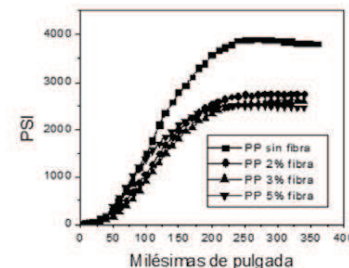


Figura 4. Ensayo de compresión para PE puro y PE con 2%, 3% y 5% de fibra.
Fuente: elaboración propia

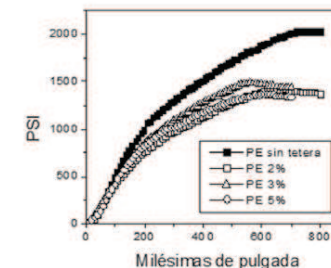


Figura 5. Ensayo de compresión para PE puro y PP con 2%, 3% y 5% de fibra.
Fuente: elaboración propia

Las propiedades de resistencia a flexión para el polietileno (Vease, figura 6), se mejoran con la introducción de fibras a la matriz, pues se obtiene un material capaz de mayor deformación antes de romperse, superior al de la resina sin fibra, (Véase, figura 7) lo cual es favorable para la producción de madera plástica, por cuanto la rata de deformación aumenta.

El material obtenido bajo esas ratas de deformación, exhibe menor resistencia, pero hay un aumento de su ductilidad en forma significativa.

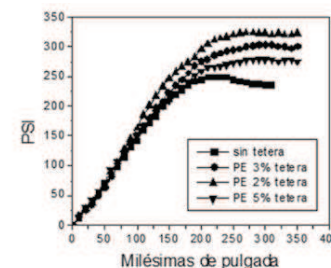


Figura 6. Ensayo de Flexión para PE PP puro y PE con 2%,3% y %5 de fibra.
Fuente: elaboración propia.

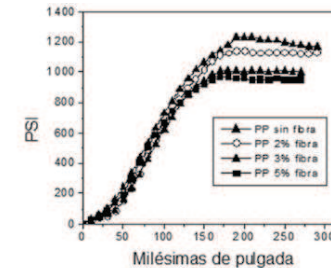


Figura 7. Ensayo de Flexión para PE puro y PP con 2%, 3% y 5% de fibra.
Fuente: elaboración propia.

»»CONCLUSIONES

En el caso de la prueba de flexión para el polipropileno sin fibra (Véase, figura 7), éste tiene una tendencia a la rotura después de los 1200 PSI; sin embargo, para las muestras con porcentajes del 2, 3 y 5% disminuye, pero su tendencia es a mejorar su ductilidad, lo cual es coherente con las pruebas de compresión.

Cabe destacar también, que no se encontró una gran influencia del tamaño de fibra en las propiedades de compresión y flexión, por lo cual no se justifica la selección de un solo tamaño de fibra, con la posibilidad de utilizar los demás de diferente tamaño. Puede utilizarse fibra desde 1 a 10 milímetros sin que se afecte la matriz. El refuerzo con fibra suministra un medio para generar anisotropía, y, en tal caso, el material mejora su resistencia en dirección del alineamiento de la probeta, pero hay una disminución de esa resistencia en sentido transversal.

Finalmente, se logró establecer que los límites para trabajos con fibra de tetera son del 5% o menos, y que cantidades mayores originan fragilidad en el compuesto.

Con los resultados de la investigación se logró obtener un producto nuevo, composite, a partir del reciclaje de plásticos, como el polietileno y polipropileno, provenientes de bolsas plásticas y tapas de botellas de bebidas gaseosas, reforzados con fibra natural sacada de la planta de la tetera, abundante en algunas zonas del departamento de Nariño.

Las propiedades del nuevo composite, permiten la fabricación de madera plástica, útil en la construcción de estibas, estacas para camionetas, cajas para baterías y en una amplia gama de productos de mobiliario urbano.

El material generado, también cumple una función social dentro del mejoramiento de la calidad de vida de las personas que se dedican al reciclaje de diferentes materiales, entre ellas las que pertenecen a la cooperativa Comprender de la ciudad de Pasto, quienes, con base en los resultados ya descritos, pueden proponer proyectos productivos tendientes a la fabricación de nuevos productos, empleando la materia prima que recolectan, dándole un valor agregado. Así mismo, mejorar el almacenamiento para que no afecte sus viviendas y su salud. Respecto a este tema, la Institución Universitaria Cesmag, dentro de sus políticas de proyección social, aportó las viviendas para esta comunidad de recicladores, por lo cual esta propuesta investigativa, también se orienta hacia la atención y solución de problemas dentro de su actividad productiva.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Nariño, por la financiación de este proyecto mediante acuerdo No 975 de abril del 2009.

»»REFERENCIAS

- Amigó, V., Salvador, M. D., Sahuquillo, O., Llorens, R. & Martí, F. (2008). Valorización de residuos de fibras vegetales como refuerzo de plásticos industriales. En REDISA (Ed.), *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. (pp. 1-8). Castellón, España: Universidad Jaume I.
- American National Standard Institute. ASTM. (1999). *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.* (D 1037. 99). Recuperado el 15 de octubre de 2010 de <http://storkvies.storkmt.com/5specite/newpecdetail.asptopic=ASTH-D1037&sid=747>
- Beldares, H., Barrera A., Castillo E., et al. (1981). New Composite Materials from Natural Hard Fibers. *Industrial Engineering Chemistry. Product. Research and Developmen.* (Ed). (3), 555-561.
- Córdoba, C. & Bonilla, H. (2009). La Fibra Natural Tetera (*Stromanthe stromathoides*), en la utilización de nuevos materiales para el Diseño de productos. En: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador PUCE-SI, (Ed.). *Quinto Congreso Internacional de fibras naturales con énfasis en Materiales de Construcción*. (pp. 2-5). Ibarra: Autor.
- Chavez G., Morales, J. & Bruno, M. (2000). A solid state NMR carbon-13 high resolution study of natural fiber from sugar cane and their composites with EV. *Polymer Testing*. 19, 251-259.
- Craig, C. (2002). Wood plastic composites in the United States, the interfacing of the two industries. *Forest Products Journal*, 52 (6), 10 - 18
- Dawans, F., Jarrin, J. & Serpe, G. (1989). Incompatible polymer mixtures. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*. 44, 595-610.
- Delgado, O. (2003). Extrucción de perfiles espumados de madera plástica. *Revista de Ingeniería*. Editorial Dossier, Universidad de los Andes.
- Hepworth D., Hobson R., Bruce D., et al. (2000). *The use of unretted hemp fibre in composite manufacture*. En Composites-Parte A. (Vol. 31 , p. 1279-1283).
- Hull, D. & Clyne, T. (1996). *An Introduction to Composite Materials*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Juarez C., Valdez, P. & Durán, A. (2004). Fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en materiales de construcción. *Ingeniería de Construcción*, 19 (2), 83-92
- Llop, M. F., López, J. P., López, A., Vilaseca, F. & Mutjé, P. (2005). Influencia de la modificación de las fibras sobre las características a fractura de un poliestireno reforzado con fibras de yute. *Anales de mecánica de la fractura*, 22, 306-309.
- Miller, T. (2003). *Introduction to composites, Composites Institute Society of the plastics Industry* 4th Ed, New York: Jhon Wiley & Sons
- Mohan Rao K., Mohana Rao K. (2005). *Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo*. Recuperado el 12 de diciembre de 2009 en <http://www.elsevier.com/locate/compstruct>.
- Quesada, K., Alvarado, P., Sobaja, R. & Baudrit, J. (2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña (ananas comusus), variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster. *Iberoamericana de Polímeros*, 6(2), 157-179.
- Rodríguez, C. (2000). *Compuestos termoplásticos con componentes naturales*. Bogotá: Uniandes.
- Serrano, C. (2002). *Plásticos reforzados al natural*. Mexico: Reverté.
- Smith, W. (1998). *Principles of materials, science and engineering*. San Francisco: McGraw-Hill.
- Yan, L., Yiu-Wing, M. & Lin Y. (2000). Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. *Composites Science and Technology*, 6, 2037-2055.