

COMPUESTOS MIXTOS A BASE DE PLASTICOS Y MADERA

WOOD-POLYMER COMPOSITES

MARIO SOLÍS JARA Y JUSTO LISPERGUER MUÑOZ

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del Bío-Bío, Avda. Collao 1202, Casilla 5-C, fono (41) 261696, fax (41) 731023, Concepción, Chile. E-mail: msolis@ubiobio.cl

RESUMEN

En la actualidad, a nivel mundial, hay una creciente búsqueda de nuevos materiales, con mejores propiedades y bajo costo. Hasta el momento ha habido grandes avances en este sentido en compuestos mixtos plástico/madera, pero todavía persisten algunos problemas de deficiente resistencia mecánica y resistencia al ataque por agua. En la Universidad del Bío-Bío hemos tratado de abordar la solución de estos problemas elaborando compuestos mixtos a base de polietileno (PE) y cloruro de polivinilo (PVC) vírgenes y maderas de pino radiata, raulí y *eucaliptus nitens*. Se usó madera en polvo de granulometría 60 mesh y 100 mesh. Se investigó la influencia de estas distintas maderas, de su granulometría y del porcentaje de reemplazo de polímero por madera en las propiedades mecánicas y fisico-químicas a base de tracción, resistencia al impacto y resistencia a la humedad, para ver el efecto de las variables anteriormente planteadas. Se elaboraron probetas de estos compuestos mixtos con dimensiones de acuerdo a normas establecidas. Los valores de resistencia a la tracción para mezclas con 20% de reemplazo, para madera de pino es mayor que el valor dado por el polietileno puro, lo que viene a indicar una buena cohesión del material. En relación al módulo de elasticidad o módulo de Young, en todos los casos, fue mayor para las mezclas en relación al polietileno puro, lo que indica claramente que se aumentó la rigidez del material, al agregarle polvo de madera. Para la resistencia al impacto de compuestos mixtos (cloruro de polivinilo/*eucaliptus nitens*) se concluye que para reemplazos de 20% de madera se obtuvieron los mayores valores (1,37 Kg-cm), pero con reemplazos de 10% de madera se observó una leve disminución (1,04 kg-cm) en relación al valor dado por el cloruro de polivinilo puro (1,2 kg-cm). Este valor indica la influencia que tiene la adición de polvo de madera en las propiedades y características del cloruro de polivinilo puro, en el sentido de aumentar o disminuir la interacción entre las dos fases (polímero/madera).

PALABRAS CLAVES: Compuestos mixtos, Madera, Plásticos, Resistencia fisico-química.

INTRODUCCION

La elaboración de productos manufacturados a base de madera y polímeros (composites) está siendo investigada a nivel internacional y existen numerosas publicaciones científicas y técnicas en los últimos años (Hedenberg y Gatenholm, 1996; Biedzki, Reihmane y Gassan, 1996; Oksman, 1996; Carvalho y Batista, 1995).

El objetivo central de estas investigaciones está focalizado en mejorar la interacción

polímero-madera a fin de obtener productos de alta resistencia y duración, utilizando desechos como aserrín, harina de madera, astillas, polietileno y polipropileno de reciclaje, etc.

A nivel nacional no existen antecedentes de investigaciones en este campo, y en el área industrial sólo pequeñas y medianas empresas se dedican al procesamiento de plásticos para envases y manufacturas de diversa naturaleza. Trabajos preliminares han comprobado la factibilidad técnica de la elaboración

de paneles a base de aserrín y polietileno reciclado, cuya densidad y resistencia a la tracción son satisfactorias, pero las propiedades de flexión y comportamiento de exteriores son bajas. La homogenización y fundido de materias primas fue realizada en una extrusora para plásticos a nivel industrial, de una empresa de la VIII Región, y demostró la necesidad de profundizar las investigaciones en búsqueda de parámetros que mejoren la interacción polímero-madera. Además, en el Departamento de Química de la Universidad del Bío-Bío, se han elaborado composites de polietileno con madera de pino y raulí y con cloruro de polivinilo y madera de *eucalyptus nitens*. Ha habido avances importantes en el sentido de mejorar la cohesión de los materiales compuestos y en el de aumentar la rigidez del polímero al agregarle polvo de madera. En la actualidad contamos con una extrusora tamaño piloto, a fin de ensayar diversas modalidades de paneles a base de residuos forestales y plásticos variados, obtenidos de materiales de desecho.

En etapas posteriores se utilizará este tipo de material polímero-madera en otros artefactos manufacturados, empleando diferentes tipos de moldes y sistemas de inyección. Algunas evidencias señalan que composites polímero-madera se emplean en artículos tan variados como manillas de puertas y ventanas, mangos de cuchillería, herramientas, partes de escritorios, paneles para equipos eléctricos, moldes en la industria automotriz, rodillos, parquets de alta densidad y otra gran cantidad de aplicaciones específicas (Kumar, 1994).

La tendencia cada vez mayor a disminuir el tamaño de la fibra de las maderas usadas en la ingeniería ha contribuido a aumentar su utilización y la velocidad de corte, mejorando el rendimiento de los productos y minimizando las irregulares características de este biomaterial natural. Sin embargo, si el tamaño de la fibra es muy pequeño, conduce a menor resistencia al agua de los productos

resultantes. Por lo tanto, es importante para las necesidades industriales actuales, mejorar la resistencia al agua de maderas reconstituidas, especialmente tableros, preparados de fibras pequeñas, tales como harina de madera o fibra de madera. En este contexto, compuestos plásticos polímero-madera muestran un gran potencial (Takatani *et al.*, 2000).

Esta línea de investigación, no existente a nivel nacional, permitirá en el corto y mediano plazo generar impactos de diversa índole como:

- Investigación básica y de desarrollo de nuevos productos en base a polímeros-madera.
- Utilización de materiales contaminantes del medio como plásticos y residuos forestales en artículos de consumo de bajo costo, con un impacto ambiental positivo.
- Servicios y asesorías a la pequeña y mediana empresa en la manufactura de materiales poliméricos de reciclaje y los respectivos controles de calidad.

MATERIALES Y METODOS

Los compuestos mixtos de polietileno con madera de pino y raulí, y con cloruro de polivinilo y madera de *eucalyptus nitens*, fueron elaborados en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad del Bío-Bío. Se procedió de la siguiente manera: Se tamizó aserrín de pino radiata proveniente de la fábrica de muebles de la Universidad del Bío-Bío, utilizando un tamiz de 250 micrones (60 mesh); el aserrín de madera de *eucalyptus nitens* se hizo pasar por un tamiz de 150 micrones (100 mesh). En ambos casos se obtuvo un polvo fino, que posteriormente se ocupó para combinarlo con los polímeros anteriormente indicados, en porcentajes especificados en las tablas I y II.

Para las determinaciones de resistencia a la tracción y resistencia al impacto de compuestos mixtos polietileno/pino o raulí, se trabajó con una muestra para cada porcentaje de reemplazo de polímero por madera. Se utilizó solamente una muestra a modo de experimentación a escala de laboratorio.

En la serie de compuestos mixtos pvc/*eucalyptus nitens* se prepararon 4 muestras por cada reemplazo de pvc por madera (0%, 10% y 20%) y los valores experimentales de resistencia al impacto se analizaron mediante un análisis de varianza.

TABLA I. Compuestos mixtos a base de polietileno y maderas de pino o raulí.

% de los componentes (plástico/madera)	Grs. de los componentes (plástico/madera)	Total grs. utilizados por muestra
100% plástico	27,0 g plástico	30 g
	3,0 g fundente	
90% plástico 10% madera	24,3 g plástico	30 g
	2,7 g fundente	
	3,0 g de madera	
80% plástico 20% madera	21,6 g plástico	30 g
	2,4 g fundente	
	6,0 g madera	

A todas las mezclas se les agregó cera poliolefínica como fundente, la cual además le da mayor fluidez a las mezclas para moldearlas.

Todos los componentes de las mezclas se depositaron en una cápsula de porcelana a una temperatura de aproximadamente 100°C.

Una vez que los compuestos estaban reblandecidos y mezclados homogéneamente se retiraron de la cápsula y se introdujeron en un molde de acero inoxidable para dimensionar las diversas probetas necesarias para los ensayos de calidad de estos materiales.

TABLA II. Compuestos mixtos a base de cloruro de polivinilo y madera de *eucalyptus nitens*.

Compuesto	Cera poliolefínica (g)	Resina (cloruro de polivinilo) (g)	CaCO ₃ (endurecedor) (g)	Madera de <i>eucalyptus nitens</i> (g)
Muestra al 100%	13,0	15,0	7,0	-
Muestra al 10%	13,0	13,5	7,0	1,5
Muestra al 20%	13,0	12,0	7,0	3,0

Estos compuestos mixtos cloruro de polivinilo/madera de *eucalyptus nitens* se prepararon de la siguiente manera: Se pesan todos los componentes por separado y luego se introduce sobre una cápsula de porcelana cera poliolefínica en polvo y se empieza a aplicar temperatura. Cuando la cera está líquida se agrega la resina de cloruro de polivinilo y se mezcla permanentemente para evitar que se queme la resina. Una vez bien homogenizada esta mezcla, se le agrega el CaCO₃ que actúa como aditivo endurecedor. Siempre agitando, se agrega finalmente el polvo de madera para evitar que se queme y pierda sus propiedades. Luego se vacían las mezclas rápidamente a los distintos moldes, a los que previamente se les ha aplicado desmoldante (silicona spray), y se debe esperar que se enfríen para desmoldar.

RESULTADOS

Las determinaciones (ensayos) de resistencia al impacto y de resistencia a la tracción fueron realizadas de acuerdo a normas establecidas (Norma ASTM D 256 y norma chilena Of. 76).

Después de haber elaborado las distintas muestras (probetas) se obtuvieron los siguientes resultados de resistencia al impacto y resistencia a la tracción (tablas III, IV, V y VI).

TABLA III. Resistencia al impacto de compuestos mixtos: Polietileno/madera (pino o raulí).

%Madera de pino	%Madera de raulí	% Plástico (polietileno de alta densidad)	Resistencia al impacto (Kg-cm) #
-	-	100	10,75
10	-	90	2,35
-	10	90	3,15
20	-	80	1,95
-	20	80	2,15

#Método Izod.

Para las determinaciones de resistencia a la tracción se elaboraron las muestras como se especifica en la Fig. 1.



FIGURA 1. Probetas para resistencia a la tracción.

TABLA IV. Resistencia a la tracción de compuestos mixtos: Polietileno/madera (pino o raulí).

%Madera de pino	%Madera de raulí	% Plástico (polietileno de alta densidad)	Punto de ruptura (Kgf)	Resistencia a la tracción (Kgf /cm ²)
-	-	100	40,27	111,9
10	-	90	54,90	152,5
-	10	90	50,47	140,2
20	-	80	41,61	115,6
-	20	80	36,38	101,1

TABLA V. Resistencia al impacto de compuestos mixtos: Cloruro de polivinilo/madera de *eucaliptus nitens* #.

%Madera de eucaliptus	% Plástico (cloruro de polivinilo)	Resistencia al impacto (Kg-cm) ##
-	100	1,15
10	90	1,04
20	80	1,37

#Valores promedio.

##Método Izod.

Las probetas de compuestos mixtos (cloruro de polivinilo/madera de eucaliptus) elaboradas para pruebas de resistencia a la tracción se ensayaron tanto en estado seco como después de haber sido sometidas a ataque por agua fría (Tabla VI).

TABLA VI. Resistencia a la tracción de compuestos mixtos: Cloruro de polivinilo/madera de eucaliptus.

%Madera de eucaliptus	% de cloruro de polivinilo	Resistencia a la tracción (Kg-cm ²) #	Resistencia a la tracción (Kg /cm ²) ##
10	90	1,04	1,00
20	80	1,37	1,20

#Resistencia a la tracción (probetas estado seco).

##Resistencia a la tracción (probetas sometidas a ataque por agua).

Además, a los compuestos mixtos (Polietileno/madera de pino o raulí), a partir de determinaciones de resistencia a la tracción, se les calcularon los respectivos módulos de elasticidad de young (Fig. 2).

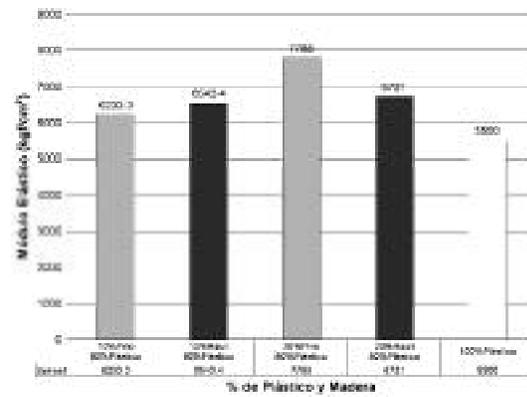


FIGURA 2. Módulo de elasticidad de Young.

A partir de la información dada por la Fig. 2, se muestra que el porcentaje al 20% pino o raulí combinado con un 80% de plástico, el módulo de elasticidad es mayor en comparación a la combinación de 10% de pino o raulí con 90% plástico, correspondiendo el menor valor del módulo elástico al plástico al 100%.

DISCUSION

Al describir los resultados obtenidos se puede señalar lo siguiente:

La resistencia al impacto para los compuestos mixtos (PE/pino o raulí) con 10-20% de reemplazo (pino o raulí) dio valores mayores para las mezclas con raulí (3,15 y 2,15 kg-cm, respectivamente) en relación al valor dado por el pino (1,95 kg-cm), lo que indica que hay una mejor interacción entre las dos fases.

Para todas las mezclas, los valores de resistencia al impacto son menores en relación al valor dado por el polietileno puro (10,75 kg-cm).

La resistencia a la tracción de compuestos mixtos (PE/pino o raulí) con 10 y 20% de reemplazo de madera, dio valores mayores para el pino (152,5-115,6 kgf/cm² respectivamente), lo que indica una mayor cohesión del material.

Los valores de resistencia a la tracción para mezclas con 20% de reemplazo, para pino es mayor que el valor dado por el polímero puro (115,6 kgf/cm²) y para el raulí dio un resultado menor (101,1 kgf/cm²).

El valor para el polímero puro fue de 111,9 kgf/cm².

En relación al módulo de elasticidad de Young, en todo los casos fue mayor para las mezclas en relación al polímero puro (7788-6233 kgf/cm²), esto indica claramente que se aumentó la rigidez del material al agregarle polvo de madera.

Para la resistencia al impacto de compuestos mixtos (PVC/*eucaliptus niteris*) se observó que para reemplazos de 20% de madera, dio los más altos valores (1,37 kg-cm) pero con 10% de reemplazo, se obtuvo una leve disminución (1,04 kg-cm).

El valor de referencia del polímero fue de 1,2 kg-cm. Estos valores vendrían a indicar la influencia que tiene la adición del polvo de madera en la formulación pura de PVC, para aumentar o disminuir la interacción entre las fases (polímero-madera).

La resistencia al impacto promedio de estos compuestos mixtos difiere significativamente (valor p = 0,001) del valor de referencia y 10% de reemplazo.

Además, a las muestras anteriores, se les realizó el ensayo de resistencia al impacto, pero después de haber sido sometidas al ataque por agua fría. Los valores de resistencia al impacto con reemplazo de 10% disminuyeron levemente a 1,0 kg-cm y los con 20% de reemplazo bajaron a 1,2 kg-cm.

Esto se debe a que la mezcla con 20% de madera, al tener mayor cantidad de madera absorbe más agua y, por consiguiente, debilita la resistencia

Compuestos mixtos a base de polietileno lineal de baja densidad y harina de madera (*Pinus silvestris*), usando distintos compatibilizadores fueron preparados con la finalidad de mejorar la adhesión interfacial entre la matriz polimérica y la madera de relleno. Las mediciones realizadas fueron resistencia a la tracción y resistencia al impacto. Una buena adhesión entre la superficie de madera y polímero puede mejorar las propiedades mecánicas y la resistencia al impacto. Los compatibilizadores pueden reducir la energía interfacial entre las partículas de madera y la matriz de polietileno y, por lo tanto, la dispersión del relleno se espera que también sea mejorada.

De los resultados de estas investigaciones se desprende lo siguiente:

En general, la resistencia al impacto y resistencia a la tracción aumentaron, lo que sugiere una mayor interacción entre las fases. Todos los polímero-madera, con o sin compatibilizadores, demostraron buena resistencia al ataque por agua. Después de 65 horas de inmersión en agua, las propiedades mecánicas de las probetas no fueron cambiadas (Oksman, 1996).

Estos últimos resultados están en total concordancia con los encontrados en los compuestos mixtos pvc/*eucaliptus nitens* preparados en nuestro trabajo.

Al observar nuestras probetas quebradas, después de los respectivos ensayos, se deduce en primer lugar una falta de homogeneidad en las mezclas, que podría deberse al tiempo de mezclado y en particular para los compuestos mixtos (pvc/*eucaliptus nitens*) indicaría la falta de aditivos, sobre todo para darle una menor porosidad.

Además, nuestros resultados indican que el tipo de proceso mediante moldeo manual no es suficiente para obtener mezclas bien homogéneas, lo que claramente mejoraría usando una máquina extrusora-inyectora para plásticos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de los Proyectos N°9704042 y N°012004, financiados por

la Dirección de Investigación de la Universidad del Bío-Bío.

REFERENCIAS

- BIEDSKI, A.K., REIHMANE, S. and GASSAN, J. (1996). Properties and modification methods for vegetable fibers for natural fiber composites. J., Appl. Polymer Sci., Vol. 59: pp 1329-1336.
- CARVALHO, L.H., BATISTA, W.W. (1995). Propiedades mecánicas de compositos poliéster/Juta efeitos de tratamentos superficiais no reforgo. Anais do III Congresso Brasileiro de Polímeros. Rio de Janeiro. Brasil, pp. 892-895.
- HEDENBERG, P. GATENHOLM, P. (1996). Conversion of plastic-cellulose waste into composites. Improving adhesion between polyethylene and cellulose using ozone. J. Appl. Polymer Sci. Vol. 60: pp. 2377-2385.
- Norma ASTM 256 "Estándar test methods for determining the pendulum impact resistance of notched specimens of plastic".
- Norma Chilena of 76 "Láminas y películas plásticas-determinaciones de las propiedades de tracción". Instituto Nacional de Normalización.
- OKSMAN, K. (1996). Improved interaction between wood and synthetic polymers in wood polymer composites. Wood Sci. and Technology, Vol. 30: 197-205.
- KUMAR, S. (1994). Chemical modification of wood. Wood and fiber Sci. 26 (2): pp. 270-280.
- TAKATANI, N., ITO, H., OHSUGI, S., KITAYAMA, T., SAEGUSA, M., KAWAI, S., OKAMOTO, T. (2000). Effect of lignocellulosic materials on the properties of thermoplastic polymer/wood composites. Holzforschung, Vol. 54: pp. 197-200.