

ESTUDIO DE LA APLICABILIDAD DE LA FIBRA DE LA PENCA DE LA PIÑA (PALF) EN MATERIALES PLÁSTICOS REFORZADOS -COMPOSITES-

Ing. NATHALIA MERIZALDE TOLEDO

Investigadora principal

Ing. EFFRAÍN MARTÍNEZ MENESES

Co-investigador

Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria

Resumen. La imperante necesidad mundial de desarrollar productos con nuevos materiales cuyo componente ecológico esté acompañado del social, genera el concepto conocido como "Desarrollo Sostenible" para el planeta. Innovar en los procesos y en los componentes de los composites o materiales plásticos reforzados, es quizás, sólo un pequeño aporte a éste propósito ambientalista.

La biodegradabilidad de los materiales constituyentes del plástico reforzado es uno de los tantos tópicos que se han estudiado durante años, uno de estos componentes, el que concierne a la presenta investigación, es la carga de refuerzo, que hasta hace relativamente poco, era considerada solo de origen sintético, pero actualmente, el entorno ecologista que rodea los desarrollos de nuevos materiales para la ingeniería, obliga a los investigadores y científicos a introducir bases fibrosas de origen natural y estructura celulósica como refuerzo a los composites.

Esta investigación estudiará la fibra extraída de la penca de la piña PALF (Pineapple Leaf Fiber) en materiales plásticos reforzados. La PALF es un desperdicio agrícola, el cual es rico en celulosa, económico y con potencial de reforzamiento polimérico debido a su contenido de celulosa alrededor del 71%. Además su fácil manipulación de la superficie, la hace muy atractiva como opción para el estudio de las propiedades mecánicas que pueden ser obtenidas.

La fibra será obtenida del municipio de Barbosa-Antioquia, donde el cultivo de la piña es tradicional y si es necesario, se recurrirá a otras regiones colombianas con cultivos de piña o potencialidad para su sembrado.

Palabras clave: Composite, material plástico reforzado, matriz, polímero, fibra natural,

Abstract. The great necessity on the world wide to development products made with new materials, which should have special ecological and social components that generate the most important concept about the environment known as "Holding development" for the planet. The contribution in the environmental purpose, is based in the new designs of the process and the composite's components.

The biodegradability of the compounds materials if the reinforced plastics is one of the many topics that it has studied for ages; one of the these components is the reinforce charge or fiber, that is the research issue. The fiber was just considerate originally synthetic; nowadays, the ecological world trend about the new materials development for the engineering, make the investigators and scientists to put in reinforced plastics, natural origin fibers bases with cellulose structure as composites reinforce.

This investigation will study the PALF (Pineapple Leaf Fiber) use in reinforced plastic materials. The Pineapple Leaf Fibre" (PALF) is an agro-waste which is rich in cellulose, relatively inexpensive and has the potential for polymer reinforcement, due to 71% cellulose content And the easy manipulation of the surface, this makes it a very attractive option for a experimental study of the mechanical properties that can be obtained.

Theoretically this research will show the feasibility of the production of polymers reinforced with PALF. That will be obtained in Barbosa-Antioquia, where

the pineapple harvest is traditional and if is necessary, PALF will be obtained from others Colombian places.

Keywords: Composite, plastic reinforced raw, matrix, polymer, natural fiber.

INTRODUCCIÓN

En un contexto general actualizado, la industria del plástico ha realizado grandes desarrollos en la utilización de fibras naturales para reforzar los polímeros obviando el uso de resinas sintéticas y remplazándolas por fibras con un desempeño igual o mayor pero que posean como valor agregado el hecho de ser de origen orgánico y que esto a la postre soporte menores costos con altos rendimientos y la gran posibilidad de realizar una contribución significativa a los problemas ambientales causados por el bajo porcentaje de biodegradabilidad de las resinas sintéticas.

En la fase inicial se propone compilar toda la información precedente y actual en trabajos realizados con fibras de la hoja de la piña (PALF) y fibras similares que se han estado usando como refuerzo con óptimos resultados, de esta manera se tiene la posibilidad de tomar una decisión acertada en el momento de elegir el proceso más adecuado, tanto para la obtención de la fibra de refuerzo y de la resina, como del composite final; sin obviar el diagnóstico cuantitativo de la probabilidad de la fabricación industrial de acuerdo a la producción en kilogramos (rendimiento) de esta fruta en la región y en el país. Información que requiere una observación in-situ del proceso de siembra, cosecha y manejo de residuos del cultivo de ésta fruta.

Países como Colombia, ubicados en el trópico y con una producción importante de frutos exóticos como la piña, se convierten sin lugar a dudas en candidatos ineludibles para el estudio de la fabricación de polímeros reforzados con la fibra de esta planta (y otras con similares características que por ahora no competen a nuestros intereses), la cual, debido a su elevado contenido de celulosa ofrece

altas posibilidades de ser transformada en carga de refuerzo en los llamados composites.

En éste tipo de investigaciones, donde el problema se cataloga como *teórico-práctico*, uno de los propósitos se destina al progreso, que para nuestro caso son dos, el primero, es el desarrollo socio-económico de los cultivadores de piña variedad perolera en la región de Barbosa-Antioquia, y segundo, reducir los costos en la producción industrial de los composites y en la afectación medioambiental, ya que el costo generado por la utilización de productos combustibles en la fabricación de resinas sintéticas, se ve reflejado directamente en la no biodegradabilidad del producto resultante y obviamente en el costo ambiental que esto implica.

Si bien todo progreso es generado a partir de las tecnologías, ellas deben convertirse en sostenibles. En este proyecto, los propósitos mencionados se definen a través del desarrollo tecnológico, basado en el aprovechamiento de los subproductos obtenidos en la cosecha de dicho cultivo; es decir, se optimiza su eficiencia, para mejorar la calidad de vida de quienes se usufructúan de este tipo de plantaciones y contribuir al posicionamiento de los productos llamados "de la cuna a la cuna"¹. Es de considerar, que en la actualidad, tales residuos orgánicos, simplemente se dejan descomponer sobre metros cuadrados de tierra que pudiesen ser empleados como áreas de nuevos sembrados, mientras se espera la nueva cosecha en otra área cultivada.

El desarrollo que se pretende, requiere una exploración en materiales orientada a dos aspectos; el primero, encaminado a la elección del método más adecuado para la obtención de la fibra y su tratamiento, y el segundo relacionado con la investigación sobre las diferentes bases poliméricas (plásticas), aptas para la construcción del laminado.

Un estudio profundo en esta materia con un previo diagnóstico del mismo, permitirá entonces vislumbrar mas acertadamente la viabilidad de este tipo de desarrollos que en otras regiones del mundo funciona a la perfección, pero que igualmente debe

¹ Término empleado en ciencia de los materiales para aquellos, que siendo transformados en productos, puedan ser devueltos a la tierra con una biodegradabilidad del 100%

contextualizarse a las condiciones dadas por el entorno.

La optimización de los procesos en la industria textil, es por naturaleza una constante en la ecuación del desarrollo de nuevos productos con recursos que permitan la competitividad que hoy en día está definida por componentes sociales, económicos y medioambientales. El hecho de tener en nuestro país una condición tropical que favorezca el desarrollo de diversos productos derivados de la naturaleza, permite la exploración de nuevos procesos que incluyan todo aquello que se considere como subproducto, desperdicio o desecho y que al ser sometido a diferentes procedimientos, genere objetos igualmente útiles al ser humano, pero que adicionalmente conserven la teoría de la elaboración de productos con recursos renovables y ambientalmente sostenibles.

El hallar oportunidades de desarrollo en las regiones de nuestro país, se convierte en una necesidad que invita a los gobiernos, a la academia y a la industria a participar de ellas. La utilización de la fibra extraída de la penca de la piña (PALF) variedad perolera en el refuerzo de composites, es quizá una oportunidad, no solo para la industria como tal, sino también para esos otros componentes que constituyen la competitividad, la cual es excluyente para aquellos productos que no cumplen con estándares internacionales de conservación del medio ambiente, sustentabilidad y generación de desarrollo social en las regiones donde se promueve el progreso.

La necesidad de fabricar productos ambientalmente amigables, es un requisito mundial, al cual, Colombia no puede ser ajeno, por tanto, buscar oportunidades económicas rentables y que posean características de biodegradabilidad o reciclabilidad, se ha convertido, no solo para Colombia, sino, para los países del mundo en una premisa para el desarrollo. Por tanto, investigaciones de este tipo, deben ser consideradas de interés para los gobiernos, pues son los ápices para el desarrollo y por ende, la permanencia de sus productos en el mundo.

Si se apela a las reglas del mercadeo, en donde la oferta obedece a la demanda, entonces, Colombia, debe buscar alternativas que pueda ofrecer a los mercados mundiales (incluyendo el nacional), donde las exigencias no son condescendientes con absolutamente ningún producto. Aquí, es donde proyectos de desarrollo sostenible como éste, concurren en el mismo nivel de la necesidad.

La industria textil y la de los plásticos, ambas, consideradas unas de las más tecnológicamente avanzadas del mundo y además generadoras de grandes cantidades de emisiones contaminantes, está en el deber de buscar soluciones que aporten tanto desarrollo ambientalmente amigable, como el generado por sus agentes contaminantes.

Fibras con características similares a las que posee PALF, han sido ampliamente empleadas para el tratamiento en la fabricación de laminados tipo composite para diferentes usos finales; con lo anterior, y considerando lo tradicional del cultivo de piña en la región en cuestión (Barbosa-Antioquia), cabe la posibilidad de desarrollar procesos de este tipo para incentivar y propender por el progreso de la misma.



Evidentemente, la consecución de información constituye uno de los más importantes elementos en la realización de una investigación, y aunque se encuentren en abundancia y diversas índoles que hacen alusión a algunos tópicos de nuestro proyecto, su existencia no garantiza la pertinencia y utilidad para las especificaciones de éste, por lo que entonces, se requiere, no sólo tener acceso a tal información, sino interpretarla y considerar su relevancia para el proyecto. Las diferentes fuentes, tanto primarias, como secundarias, están encabezadas, como se demostrará posteriormente, por informaciones de carácter técnico-tecnológico fundamentadas en artículos científicos bastante serios y reconocidos internacionalmente.

METODOLOGÍA

Diseño y técnicas de recolección de información.

La recolección de datos previa, como información de soporte, está basada en dos ápicos:

El primero, consistente en recolectar información in situ, es decir, en Barbosa en su área rural y urbana, de donde se obtienen datos verídicos mediante *observación grupal* (ambos investigadores) del entorno y de la situación de los cultivadores (en la vida real). Además de las consultas a las respectivas secretarías de agricultura para obtener información estadística de los cultivos en la región, y en general de Antioquia.

El segundo, basado en las informaciones obtenidas de libros, artículos, internet y otros medios, cuya selección de contenidos permite obtener las fichas bibliográficas.

Detección de literatura escrita

El rastreo bibliográfico en la ciudad se realiza en las diferentes bibliotecas donde es posible encontrar gran variedad de material y trabajos realizados por estudiantes y profesores de ellas, donde se destacan algunos relacionados con polímeros pero pocos con el refuerzo a base de fibras orgánicas en este sentido se puede considerar que este trabajo integrará investigaciones realizadas de manera separada, por un lado los grandes estudios sobre resinas sintéticas y por otro lado los realizados sobre fibras naturales, teniendo en cuenta además las pruebas ya establecidas sobre resistencia de materiales que nos

permitirán en la instancia final del proceso investigativo determinar las rutas viables para caracterizar el material resultante y ofrecer condiciones específicas de trabajo en los campos interesados en remplazar las fibras sintéticas (como refuerzo) por fibra natural con óptimos resultados de rendimiento. Algunas dificultades son evidentes para la consecución de datos actualizados en nuestra región, entidades como la Secretaría de Agricultura y el ICA, no poseen información reciente sobre los cultivos de piña sembrada y mucho menos discriminada por variedad. La información obtenida data del 2005, la correspondiente al 2006 todavía no ha sido validada por la Secretaría de Agricultura, por esta razón se hizo un sondeo donde se obtuvo información de campo a la que más adelante se hará referencia, cabe anotar además que la búsqueda en la web arrojó buenos resultados al descubrir algunos trabajos similares en la INDIA con resultados positivos lo que refleja que la ruta puede ser igual de exitosa, la información obtenida después de ser seleccionado lo más relevante para nuestro proyecto quedó registrada en las fichas bibliográficas.

Información de campo

La información obtenida en la Secretaría de Agricultura Departamental no está actualizada, por lo tanto, se decide confrontar tales datos con una visita in situ a algunas de las parcelas con cultivo de piña y a la Secretaría de Agricultura Municipal (Barbosa), intentando conseguir con ello, obtener una información más fidedigna, pero infortunadamente, en allí tampoco tienen datos estadísticos de la cantidad de piña sembrada. Poseen sin embargo, números telefónicos de cultivadores, los cuales se contactaron para obtener datos de primera mano que proporcionaran una aproximación real a la cantidad de producción de piña y la extensión de los cultivos.

Análisis y clasificación de la información

Parámetros de clasificación

En el proyecto hay tres tópicos o categorías (variables y constantes) de pertinencia que son: *La Fibra o carga de refuerzo, el polímero o matriz y el composite o material reforzado* Sub-categorías

	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
CAUSA	FIBRA O CARGA DE REFUERZO	Obtención de la fibra
		Producción de la fibra
		Propiedades Físicas y Químicas de la fibra
	MATRIZ O POLÍMERO	Obtención del polímero
		Producción del polímero
		Propiedades físicas y químicas del polímero
EFECTO	COMPOSITE O PLÁSTICO REFORZADO	Obtención del Composite
		Producción del Composite
		Propiedades físicas y químicas del Composite

Clasificación de la información

La clasificación radicará entonces en hacer mención de la categoría y subcategoría a la cual pertenece cada información recopilada

Para efectos prácticos se han tabulado cada uno de los datos recopilados de manera tal que permita tener un manejo puntual de la información. La siguiente es una acotación de algunos apuntes relacionados en la tabulación mencionada.

Porcentaje de pertinencia

Después de analizar cada texto y dato obtenido en la recopilación bibliográfica fruto del trabajo de rastreo bibliográfico y de ubicar en la matriz las respectivas constantes del proceso y de componentes, el porcentaje de pertinencia es la variable que va a representar el grado de importancia en cada ítem de nuestro proceso investigativo de manera fácil pues es un término de manejo continuo en procesos domésticos y científicos.

Población y muestras

El universo o población seleccionado para este proyecto está dado por el municipio de Barbosa-Antioquia, de donde, para obtener la muestra o

muestras (penca de piña para la elaboración de las probetas) se hará una selección simple al azar - muestra aleatoria al azar- en las diferentes parcelas o plantaciones del cultivo de piña, situadas en el área comprendida dentro del municipio de Barbosa incluyendo veredas y corregimientos.

Técnicas de análisis

La información obtenida del rastreo bibliográfico, después de una depuración dada por la lectura y selección de los investigadores, se registra en las fichas bibliográficas y se determina para ella los parámetros de análisis de pertinencia (dada en porcentaje) en la investigación.

Para la información derivada de las mediciones a las probetas, ésta deberá ser registrada, tabulada y graficada estadísticamente, para establecer comparaciones y deducir conclusiones para cada probeta o conjunto de ellas.

Guía de trabajo de campo

Aquí, el trabajo de campo tiene tres derivaciones; la primera se trata del área rural, donde inicialmente se hace un sondeo del sitio y sus cultivos con la ayuda de la secretaría de agricultura del municipio, más adelante, se hacen visitas al azar a algunos cultivadores para realizar un diagnóstico previo de

los cultivos y las condiciones de vida de sus agricultores; las impresiones y datos deberán ser registrados y analizados en un diario de campo. La segunda, relacionada con el sitio donde se prepara la probeta, allí deberán de haber condiciones controladas de fabricación de las muestras que serán sometidas a los ensayos respectivos; y la tercera, hace referencia al laboratorio donde se realizarán tales pruebas, allí se obtendrán datos numéricos de

carácter continuo y deberán ser registrados y tabulados adecuadamente.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la búsqueda de información para determinar la factibilidad del objeto de esta investigación:

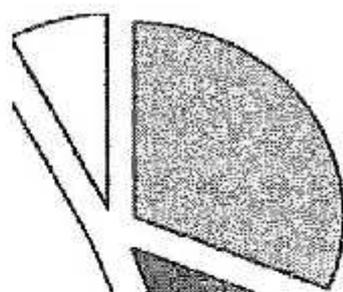
NOMBRE	VEREDA	HECTÁREAS (Ha) CULTIVADAS
Oscar Olarte	Aguas claras	10
Oscar Marín	Aguas claras-Tablazo	7
Marco Zapata	Tablazo-Popalito	10
	TOTAL Ha CULTIVADAS	<u>27</u>

Tabla de cultivadores y hectáreas cultivadas (Datos secretaria agricultura Barbosa)

A continuación, se tabula y grafica la información obtenida de la Secretaría de Agricultura Departamental para el resto del departamento.

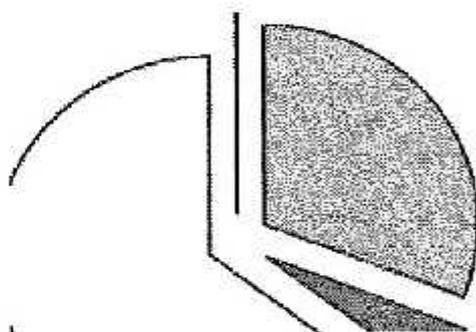
Municipio	Área Plantada en hectáreas	Volumen producción en toneladas	Rendimiento promedio Kg/ha
BARBOSA	28.5	570	20.000,0
PUERTO BERRIO	7	0	0
TOLEDO	12	83,5	7.198,3
MUTATÁ	44	1183	36.400,0
TOTAL DEPARTAMENTO	<u>91,5</u>	<u>1836,5</u>	<u>25.296,1</u>

ÁREA PLANTADA (Ha)



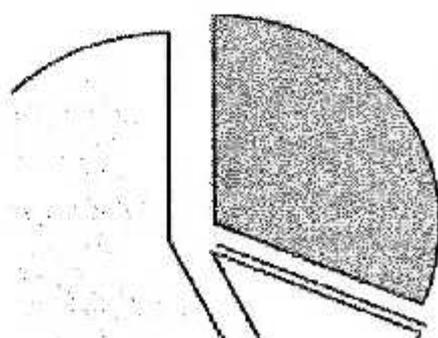
- Barbosa
- Toledo
- Mutata
- Puerto Berrío

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (Ton)



- Barbosa
- Toledo
- Mutata
- Puerto Berrío

RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/Ha



- Barbosa
- Puerto Berrío
- Toledo
- Mutatá

CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN EN CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS

Ficha #	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	TÍTULO
1	FIBRA	Propiedades	Potentiality of pineapple leaf fibre as reinforcement in poly - polyester composite: surface modification and mechanical performance
2	FIBRA	Propiedades	Study on the mechanical properties of jute/glass fiber - reinforced unsaturated polyester hybrid composites: effect of surface modification by ultraviolet radiation
3	FIBRA	Propiedades	Interface modification and mechanical properties of natural fiber-polyolefin composite products
4	COMPOSITE	Obtención, producción, propiedades.	Termoplásticos Reforzados
5	COMPOSITE	Producción	Procesamiento de Plásticos
6	COMPOSITE	Obtención	Elaboración de espumas epóxicas reforzadas con fibras vegetales
7	COMPOSITE	Propiedades	Optimization of mechanical properties of Colombian natural fiber reinforced polypropylene employing taguchi method
8	COMPOSITE	Obtención	Nuevas alternativas en composites: polipropileno reforzado con fibras de fique, banano y plátano
9	COMPOSITE	Obtención, producción, propiedades	Fiber reinforced composites : materials, manufacturing, and design
10	COMPOSITE	Propiedades	Análisis de los refuerzos mixtos de fibras de vidrio y fibras en la escayola, como alternativa a los refuerzos monofibras (homogéneas)
11	COMPOSITE	Propiedades	Electrotecnia. Métodos de ensayos normalizados para determinar las propiedades de flexión de plásticos reforzados y no reforzados y de materiales aislantes eléctricos
12	COMPOSITE	Obtención, producción, propiedades	Plástico Reforzado
13	COMPOSITE	Obtención, producción, propiedades	Nuevos Materiales
14	FIBRA	Obtención	Microbial Degumming of Pineapple (Ananas comosus var . Formosa) and Banana (Musa sapientum var . Cavendish) Fibers
15	COMPOSITE	Propiedades	Stress Relaxation Behavior of Short Pineapple Fiber Reinforced Polyethylene Composites
16	COMPOSITE	Propiedades	Effect of Strain Rate and Temperature on the Tensile Failure of Pineapple Fiber Reinforced Polyethylene Composites
17	COMPOSITE	Propiedades	Comportamiento ambiental de materiales compuestos reforzados con fibra de fique.
18	FIBRA	Producción	Pineapple fiber production.
19	FIBRA	Producción	Interfacial and mechanical properties of environment-friendly green composites made from pineapple fibers and poly(hydroxybutyrate-co-valerate) resin
20	FIBRA	Propiedades	Melt Rheological Behavior of Short Pineapple Fiber - Reinforced Low-Density Polyethylene Composites
21	FIBRA	Propiedades, Producción	Properties and Processing of the Pineapple Leaf Fiber
22	COMPOSITE	Producción	Short pineapple -leaf-fiber-reinforced low-density polyethylene composites
23	COMPOSITE	Obtención	Chemical modification of pineapple leaf fiber: Graft copolymerization of acrylonitrile onto defatted pineapple leaf fibers
24	FIBRA	Propiedades	Performance of pineapple leaf fiber -natural rubber composites: The effect of fiber surface treatments
25	COMPOSITE	Propiedades	Ageing studies of pineapple leaf fiber-reinforced polyester composites
26	COMPOSITE	Propiedades	IR and X-ray diffraction studies of raw and chemically treated pineapple leaf fiber (PALF)
27	COMPOSITE	Propiedades	Mechanical properties of pineapple leaf fiber -reinforced polyester composites
28	COMPOSITE	Propiedades	Evaluación de las propiedades de la interfase fibra -matriz en el sistema resina -epoxi - fibra de fique

CONCLUSIONES

La revisión de los conceptos, actualizaciones respecto al objeto de estudio y el soporte cognitivo propio de los investigadores, permite establecer lo siguiente:

1. En la región en cuestión, Barbosa-Antioquia, los niveles de producción de paja y por consiguiente de PALF, son relativamente bajos, lo que permite deducir entonces, que se deben tener en cuenta otras regiones del país como por ejemplo Mutatá en Antioquia y la región de los Santanderes.
2. La información de campo presentada aquí, deberá ser ampliada si se considera lo descrito en el punto 1.
3. Debido a que inicialmente la recolección de la hoja de la paja sería manual, esto podría quizás retrasar y encarecer el proceso, por lo que se hace necesario explorar modalidades de recolección y extracción de la fibra de la hoja.
4. De acuerdo con los conceptos y los estudios científicos realizados a nivel mundial como antecedentes, se concluye que los métodos de fabricación de composites son factibles técnicamente en el medio industrial colombiano, lo cual permite a su vez, desarrollar la fase experimental de la investigación y estudiar la manera de industrializar el producto resultante.
5. Las informaciones y datos estadísticos, dan certeza de la viabilidad de mercado mundial para los plásticos reforzados con PALF.
6. Ciertamente existen dos incertidumbres, que son la permisividad de la industria para permitir la fabricación de las probetas y la disponibilidad de los laboratorios con los equipos para las pruebas.
7. Por último, se debe anotar, que dado que es una investigación experimental, los procesos intermedios pueden alterar la ruta inicialmente descrita, pero no los objetivos originales de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Mishra, S.; Mishra, M.; Tripathy, S.; Nayak, K.; Mohanty, K. Potentiality Of Pineapple Leaf Fibre As Reinforcement In PALF-POLYESTER Composite: Surface Modification And Mechanical Performance. (Orissa, India), abril, 2001. <http://jrp.sagepub.com/cgi/content/abstract/20/4/321>
- Abdullah-Al-Kafi, M.Z. Abedin, M.D.H. Beg and K.L. Pickering, Mubarak A. Khan. Estudy On The Mechanical Properties Of Jute/Glass Fiber-Reinforced Unsaturated Polyester Hybrid Composites: Efect Of Surface Modification By Ultraviolet Radiation. (Bangladesh). Abril, 2001. <http://jrp.sagepub.com/cgi/content/abstract/20/4/321>
- M. Sain, P. Sahara, S. Law, A. Bouilloux. Interface Modification And Mechanical Properties Of Natural Fiber-Polyolefin Composite Products. Feb, 2005. <http://jrp.sagepub.com/cgi/content/abstract/20/4/321>
- Titow, W.V. y Lanham, B.J. Termoplásticos Reforzados. Americanlac, Inglaterra, 1978.
- Morton Jones, D. H. Procesamiento de Plásticos. Limusa, Inglaterra, 2002
- ARIZA HURTADO, Jairo Medina Zea, Leticia. Elaboración de espumas epóxicas reforzada con fibras vegetales la Memorias de la 9 Jornadas de Investigación en Ingeniería, Ciencias Sociales y Ciencias de la Salud. CIDI, (2004) Universidad Pontificia Bolivariana.
- GUTIERREZ GIL, Iván. Zuluaga Gallego. Robin. Cruz Riano. Javier. Cañan Rojo, Piedad. Restrepo, Adriana. Optimization of mechanical properties of Colombian natural fiber reinforced polypropylene employing taguchi method. CIDI (2004). la Memorias de la 9 Jornadas de Investigación en Ingeniería, Ciencias Sociales y Ciencias de la Salud. Universidad Pontificia Bolivariana.
- GUTIERREZ GIL, Iván. Cañan Rojo, Piedad. Nuevas alternativas en composites: polipropileno reforzado con fibras de fique, banano y plátano. CIDI (2004). la Memorias de la 9 Jornadas de Investigación en Ingeniería, Ciencias Sociales y Ciencias de la Salud. Universidad Pontificia Bolivariana.