

## DETERMINACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES DE ASERRÍN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE DIVERSOS SURTIDOS EN LA INDUSTRIA FORESTAL

R. R. F. CONCEPCIÓN<sup>1</sup>, R. A. CHONILLO<sup>2</sup>, A. F. LORENZO<sup>3\*</sup> y S. C. MORALES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Universidad de Pinar del Río

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil

<sup>3</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

aafernandez2@espe.edu.ec\*

Artículo presentado en enero/2016 y aceptado en julio/2016

DOI: 10.15628/holos.2016.3981

### RESUMEN

El aserrín generado por la industria primaria de la madera es considerado en la mayoría de los países como un residuo del sector forestal, el cual es dispuesto al medio, convirtiéndose en una severa fuente de contaminación que afecta tanto a las corrientes de aguas superficiales como a los asentamientos poblaciones ubicados en el entorno de los aserraderos. Sin embargo este mal llamado "residuo" constituye una apreciada fuente de materia prima para países desarrollados, reportándose más de 12 productos elaborados a partir del mismo. En el presente trabajo se realiza un estudio para determinar las potencialidades de aserrín que se generan en la ciudad de Guayaquil, el cual constituirá el material fundamental para la elaboración de diversos surtidos como alternativa para disminuir el impacto ambiental generado por la

industria forestal así como para incrementar el valor agregado a la referida industria. Se determinaron la granulometría, el contenido de humedad así como el contenido de resina del aserrín, al ser los mismos los parámetros básicos para el diseño del flujo productivo más adecuado para este tipo de producción. Los resultados del estudio arrojan que solamente teniendo en cuenta los aserraderos instalados en la ciudad de Guayaquil, al año se puede contar con más de 1500 toneladas de aserrín disponibles para destinarlo a la producción de esos surtidos. En este balance no están incluidos los valores de virutas de madera que se producen en estas instalaciones, las cuales una vez molidas se convierten en una materia prima excelente para la producción de diversos productos.

**PALABRAS CLAVES:** Industria primaria de la madera, Residuos, Valor agregado en la industria forestal.

## DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF SAWDUST IN THE CITY OF GUAYAQUIL AS RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF VARIOUS ASSORTMENTS IN FORESTRY INDUSTRY

### ABSTRACT

The generated sawdust from the wood industry is considered as a forestry remains; which it leaves exposed to the environment. This will become a source of contamination that affects the surface waters, local populations and towns nearby. Whoever this, wrong called waste, is a very appreciated source of raw material for country in development, with more than 12 products based on it. On this research we go over the potentials from the sawdust generated by the City of Guayaquil, and their prospective as base materials for the production of different elements. This option could help to reduce the environmental impact caused by the wood industry, and

added value to the business. It was determined the particle size, moisture content and the resin content of the sawdust, in order to meet the basic parameters for the design of more productive flow for this type of production. The study results shed only considering the sawmills located on Guayaquil. Within a year this is can have more than 1500 tons of sawdust available to be considered for the production of these products. In this balance they are not included values of wood chips produced in these facilities, which once ground become an excellent raw material for the production of various products.

**KEYWORDS:** Primary industry of wood, Remainder or Waste, Value added in the forestry industry

## 1 INTRODUCCIÓN

En relación al manejo de residuos existen tres grandes alternativas de gestión ambiental para la industria, habiéndose demostrado en la práctica, que hay una clara jerarquización respecto del orden en que éstas deben aplicarse, de acuerdo a sus ventajas y desventajas. En orden de conveniencia, es posible distinguir las siguientes alternativas:

**1.- Reducción de residuos en el origen.** Que involucra cambios en los productos y cambios en los procesos productivos (sustitución de materia prima e insumos, cambios tecnológicos y la aplicación de buenas prácticas productivas en la gestión de operaciones).

**2.- Reutilización y/o reciclaje.** Reúso de materiales o residuos.

**3.- Tecnología de control (Tratamiento).** Que se aplica al final del proceso («end of pipe») y que comprende el tratamiento de los residuos y su disposición final. (Ochoa, 2007)

Para el caso de la presente investigación el reciclaje y la reutilización de los residuos fue la alternativa a seguir, y de los tipos de residuos generados y mal utilizados en Guayaquil, se decidió estudiar el aserrín como residuo del proceso de transformación mecánica de la madera, el cual no solo en este territorio, sino a lo largo del Ecuador y en muchos países en vías de desarrollo, constituye en severo problema ambiental con marcada incidencia en las poblaciones asentadas en el entorno de los múltiples aserraderos existentes en estos lugares.

### 1.1 Residuos de la industria forestal.

Hablar de residuo es relativo, este concepto surge del mundo de la economía, del valor que se le asigna, de las posibilidades de utilizarlo acorde a los conocimientos científicos y técnicos del momento, lo que hoy es llamado residuo mañana puede ser materia prima, si adquiere un valor en el mercado.

La industria de la madera puede clasificarse como una apreciable fuente generadora de residuos durante el ciclo de explotación y elaboración de la misma, generándose los mismos a lo largo de todo el proceso propiamente dicho hasta la obtención del producto final. (Ayessa *et al.*, 2010; Martínez, *et al.*, 2012)

Ortiz, Tejada y Vázquez (2004), mostraron una visión del aprovechamiento de los residuos forestales en los procesos industriales, de servicios, así como en la esfera residencial, considerándolo como una necesidad social en aras de disminuir el consumo de combustibles fósiles, y su utilización puede constituir una solución no solo a los problemas medioambientales que la incorrecta disposición de ellos ha provocado a través de los años, sino que a su vez le aporta mayor valor agregado a la madera en la industria forestal. Aspecto este que coincide con lo expresado por Soto y Núñez (2008), quienes dan muestra de la utilización de los subproductos tanto forestales como de otras industrias que tienen un alto grado de desaprovechamiento.

Por ejemplo, el aserrín, las virutas, despuntes y costaneras se almacenan en grandes cerros o se queman en calderas, sin poseer un mayor valor agregado o alcanzar una eficiencia energética mayor.

Por su parte Lesme, Roca y Guillermo (2001), demostraron que existen vías para el aprovechamiento de los residuos forestales; especialmente el aserrín; los cuales son frecuentemente utilizados para la producción de pulpas, papel, fertilizantes y con amplias perspectivas para la industria del tablero, producción de elementos de pared, producción de alimento animal, entre otras producciones, lo cual permitirá contar con productos de calidad que pueda ir desplazando de la preferencia de los consumidores el empleo de otros materiales más caros y de más difícil disposición, sin embargo la realidad es que en los países que no cuentan con estas tecnologías su utilización como combustible es lo más corriente.

Ecuador por su rico patrimonio forestal, así como por su cultura de utilizar la madera en diversos usos, es un alto generador de aserrín, el cual en países del tercer mundo y en vías de desarrollo es mal llamado un residuo, al contrario de países industrializados donde a partir del aserrín se elabora una amplia gama de productos de alto valor agregado.

El objetivo del presente estudio es determinar las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal con vistas a disminuir las afectaciones ambientales generadas por la acumulación de este residuo y plantear propuestas para el incremento del valor agregado de la referida industria.

## 2 MÉTODOS

Para desarrollar el proceso investigativo se utilizaron métodos teóricos, empíricos, experimentales y estadísticos de forma tal que se pudieran obtener los resultados esperados y los mismos fueran analizados y comparados para poder demostrar su factibilidad.

Se utilizaron las técnicas de observación y el cuestionario para determinar las potencialidades disponibles de aserrín en la ciudad de Guayaquil; futura materia prima para el desarrollo de una variada gama de productos donde se cuenta la madera plástica, elementos de paredes, tableros, briquetas combustibles, alimento animal, entre otros. Se visitaron y encuestaron a directivos y trabajadores de 15 de los 26 principales locales (la muestra representa el 58% del total de aserraderos existentes en Guayaquil) diseminados por toda la ciudad donde se genera aserrín.

El método seguido fue el experimental, el cual estuvo dirigido a la determinación de la humedad, la granulometría y el porcentaje de resinas que contiene el aserrín receptado de los aserraderos, al ser estos tres indicadores decisivos en la determinación del índice de mermas de la materia prima para poder realizar un correcto balance de masa para definir con exactitud la materia prima disponible para la producción de madera plástica. Las determinaciones de estos tres parámetros se realizaron en los laboratorios del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) de la Universidad de Guayaquil.

### 2.1 Cálculo del contenido de humedad del aserrín.

Para la determinación del porcentaje de humedad se seleccionaron muestras de tres aserraderos (20% de los aserraderos visitados). Se tomaron muestras de 10 g que fueron secadas en estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta masa constante según norma TAPPI T12-os-75. El porcentaje de humedad (Ecuación 1) se calculó de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\%H = \frac{A - B}{A - C} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

A: crisol más masa de la muestra.

B: crisol más masa seca.

C: crisol vacío.

## 2.2 Cálculo del contenido de resina del aserrín.

El proceso de extracción de resina del aserrín se realizó según la Norma Estándar TAPPI T-6m-59. El procedimiento fue ejecutado mediante una extracción seriada de cinco gramos de la muestra, empleando como disolvente alcohol/cloroformo (50% de cada uno) por cuatro horas. Para la extracción se utilizó un equipo Soxhlet con reflujo contracorriente de agua fría, durante el tiempo establecido por cada disolvente según la norma, luego fueron secadas en una estufa durante cuatro horas a una temperatura de  $103 \pm 2$  °C.

## 2.3 Cálculo de la granulometría de las muestras de aserrín.

El análisis granulométrico se desarrolló con el objetivo de evaluar las distribuciones de las partículas de acuerdo a sus dimensiones. Mediante estudios de este tipo se puede determinar la ruta crítica para la transportación de la materia prima, buscando una mayor economía por este concepto, además de poder establecer el régimen de molienda buscando los tamaños de partículas adecuados para su utilización como materia prima en la elaboración de diversos perfiles de madera plástica según su uso. Los análisis se realizaron mediante el método de tamizado, con la serie de tamices milimétricos, a partir de una muestra de 10 g de aserrín, utilizando un vibrador durante 30 minutos. Los grupos de tamices escogidos para cada ensayo dependen del tamaño estimado de partícula para la muestra. Para el presente estudio los diámetros extremos utilizados fueron entre 3,15 mm y 0,056 mm.

Los resultados obtenidos para los tres parámetros fueron procesados a través del programa Microsoft Excel para determinar su factibilidad.

# 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 Disponibilidad del aserrín como materia prima.

En los aserraderos de la ciudad de Guayaquil son trabajadas diversas especies maderables, dentro de las más comúnmente utilizadas se cuentan:

- Encino (*Quercus virginiana* Mill)
- Caoba (*Swietenia macrophylla* King)
- Chanul (*Humiriastrum procerum* (Little) Cuatrec.)
- Pino (*Pinus caribaea*)
- Cedro (*Cedrela odorata* L.)
- Teca (*Tectonia grandis* L.f.)
- Lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos)
- Laurel (*Laurus nobilis* L.)

- Fernán Sánchez, Roblón o San Fernando (*Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey.)
- Sande, Lechoso o Baco (*Brosimum utile* (Kunth) Oken)
- Santa María, Guanandi o Palo de aceite (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)

Como parte de la investigación se visitaron 15 de los 26 aserraderos reconocidos en la ciudad de Guayaquil. De forma general el rendimiento del proceso de aserrado para las especies anteriormente señaladas, oscila entre un ocho (8) y un 13%, lo cual coincide con estudios realizados por Andrade y Valenzuela, (2002); García, (2003); Quirós *et al.*, (2005), y Martínez *et al.*, (2012a), los cuales reportan porcentajes aproximados que varían desde 9 hasta 13 %, de generación de aserrín en cada uno de los aserraderos de la provincia de Pinar del Río, Cuba. A partir de este rendimiento; el cual depende del estado técnico del equipamiento con que cuenta cada aserradero, de los volúmenes de madera que se procesan en estas instalaciones, y de la calidad de la madera que se recibe en estas instalaciones, se pudo estimar una disponibilidad de 1600 toneladas de aserrín al año en la ciudad, cifra esta que puede prácticamente triplicarse de procesarse también las virutas que se generan en estos aserraderos, pues las mismas al ser molidas brindan una granulometría similar a la del aserrín molido, óptima para ser utilizadas en la producción de madera plástica, tableros, briquetas y otros productos.

### 3.2 Contenido de humedad del aserrín analizado.

Se seleccionaron muestras de tres aserraderos de la ciudad de Guayaquil; el 20 por ciento del total de aserraderos estudiados. Este proceso igualmente se realizó para el caso de las virutas las cuales fueron recepcionadas solamente del aserradero ubicado en las calles 11na y Venezuela por ser el mayor generador de este tipo de “residuo”. En la Tabla No. 1 se presentan los resultados obtenidos para este indicador:

El contenido de humedad de las partículas de aserrín, juega un papel importante en la fabricación de tableros, incluyendo los de MP, ya que contribuyen al transporte rápido de energía calorífica a todo el tablero, permitiendo que sus propiedades de compactación sean mejores, y facilitando la función de cada uno de los aditivos empleados. A mayor contenido de humedad en el aserrín a procesar, el consumo energético en el proceso será mayor a partir del nivel de humedad final que deben tener los productos a desarrollar, fundamentalmente para el caso de los tableros, la madera plástica, las briquetas y los elementos de pared.

**Tabla No. 1: Resultados de humedad en muestras de aserrín y virutas de madera.**

Tipo de Muestra	Aserraderos seleccionados	Especies forestales procesadas	Contenido de humedad (promedio)
Aserrín	Coronel y Camilo Destruge	Guayacán, Caimitillo, Laurel, Manglillo, Pachaco	13,66%
Aserrín	Capitán Zaera y Camilo Destruge	Caimitillo, Laurel, Manglillo, Pechiche	18,14%
Aserrín	11 y Venezuela	Chanul, Sande, Caimitillo	14,49%
Viruta	11 y Venezuela	Chanul, Sande, Caimitillo	20,12%

Fuente: IIT (2013)

Se ha podido estimar a partir de estudios realizados por diversos autores que 1 kg de muestra de aserrín presenta 0,2 kg de agua determinada por gravimetría (estufa a 103 ± 2°C) a escala de laboratorio, y tiene 0,8 kg de masa seca, (Carballo, 1990; Martínez *et al.*, 2012a). A escala industrial el procedimiento de secado del aserrín se realiza en secadores del tipo de suspensión

con gases, ya sean gases de combustión, con aire caliente o ambos, cuya temperatura de entrada y salida fluctúa entre 175°C y 117°C respectivamente. Se considera con buenas propiedades de humedad según norma, a partículas que contengan hasta un 6 % de humedad. Esta es la tecnología más adecuada para el secado de las partículas de madera a utilizar en la elaboración fundamentalmente del tablero MP y otros tipos de tableros a gran escala.

Los ensayos de laboratorio permitieron determinar que el contenido de humedad inicial del aserrín de las principales especies que se procesan en la industria primaria de la madera en Guayaquil: Sande (*Brosimum utile*), Laurel (*Laurus nobilis* L.), Cedro (*Cedrela odorata*) y el Chanul (*Humiriastrum procerum*), oscilan entre 13 y 18%, y el de las virutas se encuentra alrededor del 20% de humedad, de ahí que para ser usados como materia prima para este tipo de proceso, este contenido de humedad debe ajustarse a las normas establecidas, las cuales establecen valores entre 3 – 6 %, considerando su estado ideal entre 1 - 2 %, por lo que resulta necesario reducir al menos entre el 10 y el 12% de humedad a esta materia prima.

Resultados similares con respecto al contenido de humedad han sido reportados por varios autores (Rowell *et al.*, 2000; Raukola y Makinen, 2003; Dominkovics *et al.*, 2007) para las harinas de madera, cuando este material se ha utilizado para la fabricación de compuestos termoplásticos fabricados mediante moldeo por inyección.

Se ha determinado que la influencia del contenido de humedad de las partículas puede repercutir en los tableros MP, dado a que durante el procesamiento, las altas temperaturas a que es sometida la madera (aserrín) en el secado, la mezcla en el peletizado y el extrusado (105 - 220°C), se pueden degradar los compuestos extraíbles y los carbohidratos de menor masa molecular presentes fundamentalmente en la pared celular de la madera, lo cual favorece la pérdida de humedad. Igualmente se considera que este efecto puede incidir en el contenido de humedad del compuesto, ya que los gases y el vapor de agua resultante pueden encapsularse por la matriz termoplástica, durante el proceso de formación del tablero (Gorrini *et al.*, 2004; Shebani *et al.*, 2009; Bouafif *et al.*, 2009), favoreciendo el aumento del contenido de humedad de los compuestos, por lo que es recomendable trabajar con partículas con un bajo porcentaje de humedad, y así igualmente se evitan los desprendimientos de gases en las maquinarias.

Los resultados de la presente investigación muestran que a partir del contenido de humedad de las muestras de aserrín provenientes de las especies declaradas en la Tabla 1, la utilización industrial de esta materia prima puede ser energéticamente factible.

### 3.3 Contenido de resinas de las muestras de aserrín.

Los resultados obtenidos para este parámetro se muestran en la Tabla No. 2.

**Tabla No. 2: Resultados de la extracción de resina en muestras de aserrín**

Muestras	Especies forestales procesadas	% de Resina presente (promedio)
Virutas del Aserradero de 11 y Venezuela	Chanul, Sande, Caimitillo	2,02%
Aserrín del Aserradero de Coronel y Camilo Destruge	Guayacán, Caimitillo, Laurel, Manglillo, Pachaco	4,53%
Aserrín del Aserradero de Capitán Zaera y Camilo Destruge	Caimitillo, Laurel, Manglillo, Pechiche	3,21%
Aserrín 11 y Venezuela	Chanul, Sande, Caimitillo	1,84%

Fuente: IIT (2013)

En el proceso industrial para la producción de surtidos a partir del aserrín, se ha demostrado que el contenido de resina de la madera, deteriora el equipamiento fundamentalmente al eje o tornillo sinfín de las extrusoras y de las peletizadoras, motivado a las explosiones que ocurren a temperaturas que pueden superar los 200°C, dados los componentes de la resina. Este fenómeno ocurre a partir de la formación de gases inflamables en el interior de estas maquinarias. Estos no solo provocan desajustes internos en el equipamiento, también afectan el proceso de síntesis con el consecuente deterioro de la calidad del tablero a producir, de ahí la importancia de utilizar aserrín o virutas en la elaboración de estos productos, que posean contenidos bajos de resina.

Este proceso de extracción puede realizarse utilizando otros disolventes orgánicos como el n-hexano, cloroformo, bencina, y mezclas de estos con etanol (Nour-Eddine, 2013). La factibilidad del proceso de extracción de resina al aserrín permite proponer el uso del mismo a la industria forestal ecuatoriana como materia prima para la producción de madera plástica u otros surtidos mediante la extrusión o la inyección (Arriola, 2016), ya que estos disolventes en su mayoría no resultan contaminantes tanto para el aserrín como para el medio ambiente, además de ser de fácil adquisición y baratos. Mediante la extracción de la resina contenida en el aserrín, se favorecerá el estado técnico de la tecnología a utilizar, y se reducirán las pérdidas por calidad que se pudieran presentar en estos procesos productivos. (González *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2012b).

Se considera que un contenido de hasta un dos (2) porciento de resina presente en el aserrín no afecta significativamente procesos posteriores de extrusado ni la calidad de surtidos como la madera plástica, tableros aglomerados y elementos aligerados de pared, por lo que tanto las virutas como el aserrín generados en el aserradero ubicado en las calles 11 y Venezuela cuentan con la calidad adecuada para la producción de estos productos, no así el aserrín obtenido de los otros aserraderos estudiados (los ubicados en Coronel y Camilo Destruge y en Capitán Zaera y Camilo Destruge), los cuales por su contenido de resina requieren de un proceso de extracción de la misma para evitar daños mecánicos en el equipamiento de la línea productiva. Teóricamente esto puede encarecer el proceso, pero a la larga los beneficios serán mayores pues se logrará una mayor calidad del compound, así como se alargará la vida útil de equipos costosos como la extrusora, como se corrobora en el estudio de López *et al.*, 2016.

#### 3.4 Análisis granulométrico de las partículas de aserrín.

Los resultados mostraron que la muestra del origen "11 y Venezuela, aserrín", tuvo una distribución regular entre 2,5mm y 0,200mm, reteniéndose las mayores cantidades entre los diámetros de tamices de 2.5 mm y el menor de 0,200 mm, y con un tamaño medio de partícula de 0,440 mm. La muestra de viruta del mismo origen, por su estructura grande y alargada no mostró un comportamiento regular, reteniéndose casi el total de ellas en el tamiz mayor (3.15 mm), salvo pequeñas partículas propias del proceso de cepillado que se presentaron en el contenido. La muestra de origen "Aserradero de Capitán Zaera y Camilo Destruge, aserrín" mostró un perfil de tamaño de partícula medianamente uniforme con una retención del 54% de las partículas entre los tamaños de mallas de 0,63 mm y 0,2 mm., un 22% de retención a diámetro inferior a los 0,2 mm y el 24% restante las partículas fueron retenidas a diámetro de malla superior a los 0,8 mm.

La muestra obtenida del aserradero ubicado en "Coronel y Camilo Destruge" tuvo una distribución poco uniforme en cuanto al diámetro de sus partículas. El 21% de las mismas fueron retenidas en la malla de 3.15 mm de diámetro., un 27.5% de partículas se retuvieron entre los

tamaños de malla de 2,5 mm hasta 1.25 mm. Un 21.5% fueron retenidas entre las mallas de 1 mm hasta la de 0.5 mm y el resto de partículas se encuentran por debajo de los diámetros de 0,5 mm.

A partir de los resultados del análisis granulométrico se infiere que todo el aserrín que se recepciona a partir de los aserraderos de la ciudad de Guayaquil debe ser molido buscando que los mayores porcentos de partículas cuenten con un diámetro inferior a los 0,63 mm el cual es el tamaño óptimo para el uso del aserrín en la fabricación de diversos surtidos como: la madera plástica, briquetas combustibles, tableros aglomerados, elementos aligerados de pared, entre otros.

#### 4 CONCLUSIONES

- Existen las cantidades suficientes de aserrín (estimado de 1600 toneladas anuales) y de virutas, como subproductos de la industria primaria de la madera (aserraderos) en la ciudad de Guayaquil para fundamentar la utilización de los mismos como materia prima para la producción de diversos surtidos que incrementen el valor agregado de la industria forestal en este territorio.
- Teniendo en cuenta el contenido de humedad presente en las muestras de aserrín analizadas de los aserraderos seleccionados; el cual oscila entre un 13 y un 19%; es necesario realizar un proceso de secado del mismo con el objetivo de reducir el contenido de humedad hasta valores entre el 3% y el 6%, buscando una mayor eficiencia y calidad en los posteriores procesos donde se utilice al aserrín como materia prima.
- A partir del contenido de resina presente en las muestras analizadas, solamente el aserrín y las virutas de madera procedentes del aserradero ubicado en las calles 11 y Venezuela de la ciudad de Guayaquil no requieren ser sometidos a un proceso de extracción de resinas, ya que los mismos se encuentran dentro de los límites adecuados (hasta un 2%), no así las muestras de los otros aserraderos seleccionados, las cuales presentan contenidos de resina por encima del 3%.
- La granulometría presentada por el aserrín generado en los aserraderos seleccionados, requiere de que esta materia prima sea sometida a un proceso de molienda, buscando obtener el tamaño de partícula óptimo para la producción de diversos surtidos a partir del aserrín, especialmente el caso de la madera plástica.

#### 5 BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade, N; Valenzuela E. (2002). Aserrín de pino pretratado con cepas fúngicas como sustrato para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). Agro sur v. Revistas electrónicas UACH. Valdivia 30 (2): 12 p.
2. Arriola, J.C. (2016). Evaluación de los parámetros adecuados para la elaboración de madera plástica por compresión en caliente, a base de aserrín y polímero de reciclado primario, Polietileno de alta densidad (HDPE). Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 128 p.
3. Ayessa, L; Álvarez, D; Estevez, I; Chávez, P; Cruz, I; Alaejos, J. (2010). Transformación mecánica de la madera con bajo impacto ambiental. Volumen 29 No Especial de la Revista Forestal

Baracoa. 12 p.

4. Bouafif, H; Koubaa, A; Perré, P; Cloutier, A. (2009). Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 40 (12): 1975-1981.
5. Carballo, L.R. (1990). The influence of chemical composition and age of caribea pine wood (*Pinus caribea*) on the physical and mechanical properties as well as on the yield of sulfite pulp. Faculty of wood Technology, University College of Forestry and wood Technology. Dissertation Thesis of the degree of CSc Zvolen. Rep. Eslovaca.
6. Dominkovics, Z; Dányádi, L; Pukánszky, B. (2007). Surface modification of wood flour and its effect on the properties of PP/wood composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 38(8): 1893-1901.
7. García, Y. (2003). Determinación del volumen de aserrín en el aserradero Combate de las Tenerías y efectos ambientales que causa la acumulación de este subproducto en áreas rurales. Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río. 40 p.
8. González, N; Lora, A.M; Sáinz, J; Castro, E; Mitani, Y. Actividades de aseguramiento de calidad como soporte en las mediciones de polímeros. Centro Nacional de Metrología México. Simposio de Metrología. 5 p.
9. Gorrini, B; Poblete, H; Hernández, G; Dunn, F. (2004). Tableros de partículas y MDF de *Eucalyptus nitens*: Ensayos a escala industrial. *Revista Bosques* 25 (3): 89-97.
10. Lesme, J; Roca, R; Guillermo, A. (2001). Coeficientes de residuos de la industria forestal. Universidad de Oriente. 30 p.
11. López, Y.M; Paes, J.B; Martínez, E; Ferreira Da Silva, L. (2016). Efecto de la resina de *Pinus Caribaea* en el proceso tecnológico para madera plástica en Cuba. XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira 09-11/Mar, 2016, Curitiba, PR, Brasil. 10 p.
12. Martínez, Y; Fernández, R.R; Álvarez, D; Barrero, H; García, M. (2012a). Estimación del volumen potencial de aserrín en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari en plantaciones en la EFI Macurije. *Revista Avances* 14 (2): 7p.
13. Martínez, Y; Fernández, RR; Álvarez, H; García, M; Rodríguez, R. (2012b). Perspectivas para la utilización del aserrín en la producción de tableros madera plástica con propiedades ignífugas. *Revista Avances* 14 (2): 7p.
14. Nour-Eddine, E.M. (2013). Aplicación de resinas a base de productos renovables para producir tableros de madera. Libro de memoria. 5to Congreso Forestal Español. Montes y sociedad: Saber qué hacer. 15 p.
15. Ochoa, P.A. (2007). Las producciones más limpias en la gestión empresarial. Monografía. Universidad de Cienfuegos. 38p.
16. Ortiz, L; Tejada, A; Vázquez, A. (2004). Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-industria. *Revista CIS-Madera*. Parte III Producción de elementos densificados. 17-32.
17. Quiros, R; Chinchilla, O; Gomez, M. (2005). Rendimiento en aserríos y procesamiento primario de la madera proveniente de plantaciones forestales. *Revista Agronomía costarricense*. 29 (002): 10p.

18. Raukola, J; Makinen, K. (2003). Wood plastic composites with conical Conex Wood Extruder, Wood Fiber-Composites, report 31.12.2003, VTT. Finland. 1-7.
19. Rowell, R; Lange, S; Jacobson, R. (2000). Weathering Performance of Plant-Fiber/Thermoplastic Composites. *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 353(1): 85-94.
20. Shebani, A; Van Reenen, A; Meincken, M. (2009). The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood-LLDPE composites. *Thermochimica Acta* 481(1-2): 52-56.
21. Soto, G; Núñez, M. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de *Pinus radicta* (D. Don), como material aglomerante. *Revista Maderas, Ciencia y Tecnología* 10 (2): 10 p.