



Editada por el Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río  
Vol. 16, No.2 abril - junio, 2014

## ARTÍCULO ORIGINAL

### **Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba**

Impact environmental of industrial residuals of sawdust and plastic. Uses for the industry of board in Cuba

**Yonny Martínez López<sup>1</sup>, Máryuri García González<sup>2</sup>, Emilio Martínez Rodríguez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, ECOVIDA. Km 2<sup>1/2</sup>carretera Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba.

Doctor en Ciencias Forestales. Profesor Instructor. Correo electrónico:

[ytmnez@ecovida.vega.inf.cu](mailto:ytmnez@ecovida.vega.inf.cu)

<sup>2</sup>Departamento Ingeniería Industrial Universidad de Pinar del Río. Calle Martí No. 270 Final. Pinar del Río, Cuba.

Doctor en Ciencias de la Educación. Profesora Asistente. Correo electrónico:

[maryuri@vrect.upr.edu.cu](mailto:maryuri@vrect.upr.edu.cu)

<sup>3</sup>Estación Experimental Agroforestal Baracoa. IIAF. Km 13 carretera a Guantánamo, Cuba. Ingeniero Agrónomo. Correo electrónico: [baracoa@forestales.co.cu](mailto:baracoa@forestales.co.cu)

---

## RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo mostrar la relación que existe entre la generación-disponibilidad-efecto que estos residuos provocan al medio ambiente. Esto se lleva a cabo considerando la mayor cantidad de información disponible sobre diversos aspectos técnicos, legales, económicos, sociales y ambientales que pudieran tener estos residuos para la industria del tablero en Cuba. Para la evaluación del impacto ambiental se desarrolló según el método matricial causa-efecto, para obtener una descripción cualitativa de las interacciones entre los aspectos ambientales y los factores ambientales del entorno, en términos de la magnitud y la importancia del impacto. Se emplearon encuestas para la valoración de los residuos plásticos. Como resultado se obtuvo que los 10 aserraderos existentes en la provincia constituyen una fuente importante de

generación de residuos sin utilización industrial, lo cual permite clasificarlo en la escala 3, de alto impacto ambiental. Los residuos plásticos, su alto impacto al medio ambiente está asociado a la baja biodegradación de estos compuestos al estar expuestos al medio, condicionando la aparición de enfermedades de riesgo para la salud humana. Sin embargo, estos residuos dada su compatibilidad pueden formar parte como materia prima para la industria del tablero en Cuba, donde se puede estimar que según sus disponibilidad se pueden producir aproximadamente más de 4 000 m<sup>3</sup> de tableros de muy buena calidad y de propiedades excepcionales.

**Palabras clave:** Impacto ambiental, Residuos, Industria.

---

## ABSTRACT

The investigation you development with the objective of evaluating the damages that can cause the residuals of the industry of the sawmill in the process of transformation of the wood, as well as the plastic residuals for the environment, the carried out tasks facilitated to quantify these residuals in the county of Pinar del Río. The work you development by means of the calculation of the potentialities of forest residuals (sawdust) existent, in the mark of their possible use for the production of boards. Surveys were also used for the valuation of the plastic residuals generated so much by the residential sector as the state sector. As a result it was obtained that in the county 10 sawmills located in near places to communities exist, impacting negatively in the health from their inhabitants when causing him breathing illnesses, besides the rising damages caused to the environment, being these danger of fires, the calculations of the potentialities of sawdust threw a total of 8,2 annual Mm<sup>3</sup> for each sawed wooden m<sup>3</sup>, and on the other hand the plastic residuals were classified and quantified according to their type. It was also demonstrated the compatibility of these matters cousins for the plastic, given elaboration of wood plastic boards.

**Key words:** Impact environmental, Residuals, Industry.

---

## INTRODUCCIÓN

La industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de explotación y elaboración de la misma, esto ocurre antes de la madera ser introducida en el proceso propiamente dicho hasta la obtención del producto final (Álvarez *et al.*, 2010). Hablar de residuo es relativo. Surge del mundo de la economía, del valor que se le asigna, de las posibilidades de utilización conforme 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. A partir de esta visión el aprovechamiento de los residuos forestales en los procesos industriales, de servicios, así como en la esfera residencial, es 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 (Ortiz, 2004).

En la actualidad la utilización de los subproductos forestales tiene un alto grado de desaprovechamiento. El aserrín, virutas, despuntes, entre otros, se almacenan en grandes cerros o se quema en calderas, sin poseer un mayor valor agregado o alcanzar una eficiencia energética mayor (Soto y Nuñez, 2008).

La contaminación ambiental que provocan estos residuos tanto forestales como plásticos son muy visibles en nuestros días, estos últimos aun más preocupantes, ya que no son biodegradables, por lo que permanecen mucho tiempo a la intemperie causando daños al medio ambiente y a la salud humana. Los materiales plásticos, utilizados en todas las áreas de consumo, son, posiblemente, los que con mayor amplitud se transforman en productos manufacturados destinados a pequeños periodos de uso (ejemplo: embalaje). Como consecuencia, cada día es mayor la cantidad de residuos de estos materiales, creando problemas ambientales y un despilfarro irracional de recursos. Estas razones son motivo suficiente para recuperar y reciclar, de alguna forma, los residuos de plásticos.

El uso de estos residuos constituyen una fuente de materia prima muy importante en la fabricación de un nuevo producto en la industria del tablero, el cual puede obtener propiedades muy superiores a la madera y otros materiales que en condiciones de intemperismo sufren fuertes daños.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, la evaluación del impacto ambiental que ocasionan los residuos industriales permite la toma de decisiones para mitigar tal efecto. Además, en la investigación se demuestra las perspectivas de utilizar estos residuos en la industria del tablero de madera plástica en Cuba.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para evaluar el impacto ambiental de los residuos industriales se fijaron varias etapas, las cuales condicionaron obtener resultados más cercanos sobre el factor causa-efecto de estos residuos al medio ambiente. Las etapas consideradas fueron:

- Identificar los factores ambientales que pueden verse afectados por las acciones de los residuos industriales.
- Caracterizar, cuantitativa y cualitativamente, el estado de los residuos industriales.
- Predecir el efecto de los residuos industriales debido a las acciones que provocan.
- Evaluar el impacto de los residuos y determinar el efecto de tales impactos.
- Identificar, evaluar medidas de mitigación y perspectivas de uso de estos residuos que permitan eliminar o reducir los impactos a niveles aceptables.

En la *tabla 1* se muestran los criterios fijados para la valoración de los índices cualitativos del impacto ambiental, estos fueron considerados tanto para los residuos de la industria maderera como para los plásticos.

**Tabla 1.** Criterios fijados para la valoración de los índices cualitativos del impacto ambiental para los residuos industriales.

<b>Criterios</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valoración</b>
<b>Carácter del impacto</b>	Establece el efecto de los residuos industriales al medio ambiente	Beneficioso: positivo Perjudicial: negativo
<b>Intensidad</b>	Indica el efecto de los residuos industriales como consecuencia de su generación y disponibilidad	Índice entre 0 y 10. El valor mínimo es aplicable cuando el grado de alteración es insignificante, el valor máximo cuando el grado de alteración es extremo
<b>Extensión o influencia espacial</b>	Expresa la superficie afectada por los residuos industriales y su alcance sobre el medio ambiente	Generalizado: 10 Local: 5 Puntual: 2
<b>Duración del cambio</b>	Referido al período que persisten los cambios al medio ambiente	Largo (>10 años): 10 Mediano (5-10 años): 5 Corto (1-5 años): 2
<b>Reversibilidad</b>	Capacidad de retomar una capacidad de equilibrio que posibilite mitigar la contaminación que provocan estos residuos industriales	Irreversible: 10 Parcial: 5 Reversible: 2
<b>Probabilidad (Riesgo)</b>	Incorpora la probabilidad de ocurrencia del efecto de los residuos industriales sobre el medio ambiente	Alta (>50%): 5 Media (10-50%): 0,5 Baja (1-10%): 0,2
<b>Magnitud</b>	Es una medida que integra la intensidad, duración e influencia espacial de los residuos industriales	Calculada como función lineal
<b>Valor del impacto ambiental</b>	Índice calculado a partir de la magnitud, reversibilidad y probabilidad de ocurrencia del impacto ambiental	1: bajo 2: medio 3: alto

*Fuente: elaboración propia.*

#### *Estimación de las potencialidades de materia prima.*

La estimación de las potencialidades de aserrín, se realizó a partir estudios relacionados con el rendimiento y generación de residuos en los aserraderos de la provincia por diferentes investigadores, entre los que se destacan Relova (2000); Egas *et al.* (2001); Lesme *et al.* (2001); Andrade y Valenzuela (2002); García (2003); Álvarez (2005); Martínez *et al.* (2012), ellos ofrecen porcentajes aproximados que varían desde 9 hasta 13 %, de la generación de aserrín en cada uno de los aserraderos de la provincia de Pinar del Río, estos resultados aplicados a la producción de madera aserrada en los aserraderos permiten obtener un estimado de la generación de aserrín en la provincia.

Por su parte la recuperación de los residuos plásticos en la provincia de Pinar del Río recae fundamentalmente en la Empresa de Recuperación de Materia Prima (ERMP), la cual se nutre fundamentalmente de dos sectores:

- Residencial: donde se recupera solamente un 5,4 %. Este bajo indicador implica una política de trabajo para potenciar el trabajo comunitario y de educación

ambiental que incida en que los actores sociales se vean involucrados en el proceso de recuperación y reciclado de esta materia prima, seguido de una remuneración que estimule su recogida.

- Estatal (Pesca, MINAL, Lácteos, Industria Locales Varias, Empresa de Bebidas y Refrescos): las cuales durante sus procesos de producción generan residuos plásticos que pueden ser reciclados e incorporados otras producciones.

Para evaluar las potencialidades de residuos plásticos se realizó una encuesta a los directivos de estas entidades estatales con el objetivo de cuantificar las potencialidades de residuos que se generan en cada una de ellas, así como el destino que tienen estos residuos una vez producidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Disponibilidad de aserrín en la provincia Pinar del Río.*

Es importante destacar que aun cuando para la elaboración del tablero de madera plástica se utilizó aserrín de *Pinus caribaea* del aserradero Combate de las Tenerías, se considera que las especies de coníferas al presentar similar composición química, podrán utilizarse indistintamente o mezclados; como materia prima para la elaboración del tablero (Fernández y Betancourt, 2007).

Estudios referidos por Cabrera (2010) infieren que estas especies constituyen la mayor fuente de aprovechamiento para la industria maderera en la provincia, representando entre ambas aproximadamente el 90 % del total de la madera aserrada que se produce en el territorio, por lo que la acumulación y disponibilidad de aserrín resultante del aserrado de estas especies dado sus grandes volúmenes, resulta el idóneo para fundamentar el objetivo de producir madera plástica a partir de esta materia prima.

Las potencialidades de aserrín que se generan en la provincia de Pinar del Río anualmente se muestran en la *tabla 2*.

**Tabla 2.** Estimación del potencial anual de aserrín en la provincia Pinar del Río generado por las empresas estatales.

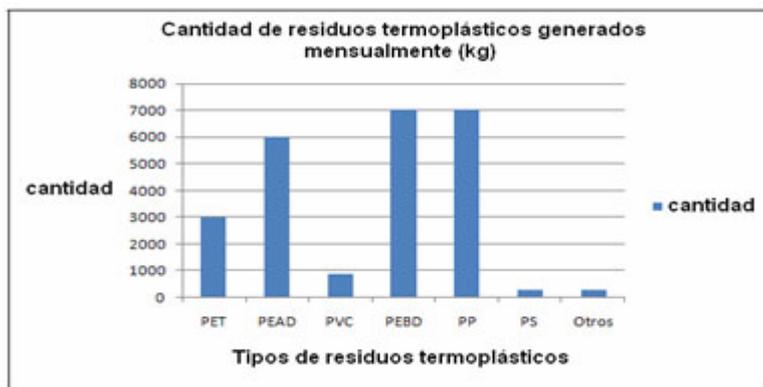
Aserraderos Estatales	Producción (m <sup>3</sup> )	% de aserrín	Volumen de aserrín (m <sup>3</sup> )
Combate de las Tenerías	25 000	9,05	2262,5
Sergio González	1 630	12,54	204,4
Aserradero 22	2 400	11,02	264,5
Julián Grimao	2 400	10,32	247,7
Entronque Herradura	2 310	11,34	262
PONS	20000	10,65	2130
INCLAN 43	2 310	10,03	231,7
La Baria	18 000	10,65	1917
La Jagua	10 000	11,03	1103
<b>Promedio</b>		<b>10,74</b>	
<b>Total</b>	<b>84 050</b>		<b>8 622,8</b>

*Fuente:* MINAGRI Pinar del Río.

A partir del estudio realizado se puede estimar que en la provincia de Pinar del Río existe una generación de 8 622,8 m<sup>3</sup> de aserrín, de ellos 8 000 m<sup>3</sup> corresponden aproximadamente al aserrín de pino. Considerando la merma que se obtiene a partir del tratamiento como materia prima, se puede contar con 6 258 m<sup>3</sup> de aserrín que garantiza la producción de 4 806,1 m<sup>3</sup> de tableros MP. Lo que implica que en la provincia de Pinar del Río, a partir del estudio realizado, se pueden producir adicionalmente al menos el 87,4 % de la actual producción nacional, aprovechando solamente el aserrín de pino. Estas perspectivas son muy positivas, ya que el fortalecimiento de la industria del tablero en Cuba, representa una solución para la sustitución de importaciones de este tipo de producto, y a su vez permite poder contar con productos de producción nacional de una alta calidad, dada sus propiedades físico\_mecánicas, y de resistencia al intemperismo.

#### *Disponibilidad de residuos plásticos.*

En la *figura 1* se reflejan los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada, estos permitieron estimar que la cantidad de residuos plásticos generado mensualmente según su tipo por las entidades estatales que utilizan este material en el municipio de Pinar del Río, el cual se estima que sea de 24,5 t.



**Figura 1.** Residuos plásticos generados mensualmente en la provincia de Pinar del Río según su tipo.

**Fuente:** elaboración propia.

En la provincia se recupera un total de 294,4 t de residuos plásticos anualmente que representa solamente el 14,9 % del potencial existente. Según la encuesta realizada en las diferentes empresas estatales, se considera que el 100% de ellas reconocen que son generadoras de residuos plásticos, así como también pueden ofrecer cifras aproximadas de las cantidades de estos residuos durante sus producciones, lo cual permitió la información necesaria para realizar estimaciones cercanas del potencial de estos residuos generadas por estas empresas en la provincia. Además, todas coinciden en que no con un sistema de recolección que les permita tener un mejor control de estos residuos, para facilitar su almacenamiento, clasificación, así como su destino, por lo que muchos de estos residuos son regalados (20%) o en ocasiones quemados por algunas instituciones (10%), otros son llevados a la empresa recuperadora de materia prima (30%), siendo en su gran mayoría depositados en vertederos (40%) generando un significativo impacto ambiental.

Sin embargo, estos residuos juegan un papel importante en el proceso tecnológico, debido a su función como aglomerante en la formación del tablero propuesto, además se demostró que su incidencia en las propiedades físico-mecánicas es muy positiva, proporcionando en ellos una baja porosidad, favoreciendo la impermeabilidad del tablero MP. Además estos residuos termoplásticos reciclados permiten disminuir la importación de pellet plásticos, que actualmente es la materia prima que utiliza la empresa productora de este tipo de tablero en Cuba.

A partir del potencial de estos residuos existentes en la provincia de Pinar del Río, se puede estimar que pueden garantizar una producción de 8 422, 4 m<sup>3</sup> de tableros anualmente teniendo en cuenta su dosificación.

*Valoración del Impacto Ambiental de los residuos industriales:*

*Naturaleza:* Perjudicial.

*Tipo de efecto:* Directo.

*Acumulación:* Acumulativo.

*Momento en que se produce:* Corto plazo.

*Persistencia:* Permanente.

*Reversibilidad:* Irreversible.

*Posibilidad de recuperación:* Recuperable.

*Periodicidad:* Periódico.

*Continuidad:* Continuo.

*Evaluación de los índices cualitativos*

Los índices cualitativos para valorar los impactos ambientales provocados por la acción de los residuos industriales se pueden estimar sobre la base de varios criterios de valoración. Estos métodos pueden ser utilizados luego de la identificación y evaluación preliminar de impactos. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos al aplicar el método de evaluación en la investigación mostró que el impacto de estos residuos industriales es muy elevado, los índices cualitativos se pueden verificar a partir de los siguientes criterios:

- Carácter del impacto: Perjudicial: negativo
- Intensidad: Índice de 10
- Extensión o influencia espacial: Generalizado (10)
- Duración del cambio: Largo (>10 años): 10
- Reversibilidad: Reversible (2)
- Probabilidad (Riesgo): Alta (>50%) 5
- Valor del impacto ambiental: 3 (alto)

Los indicadores obtenidos infieren que los residuos industriales conducen a impactos muy significativos al medio ambiente, teniendo en cuenta varios criterios como el alto riesgo de contracción de enfermedades para la salud humana, están disponibles cercanos de asentamiento de comunidades humanas, condicionando alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres, provocan efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, inducen alteraciones significativas del valor paisajístico o turístico teniendo en cuenta que para la provincia de Pinar del Río su valor paisajístico constituye una de las principales potencialidades para el turismo internacional.

*Medidas de mitigación*

Las medidas para mitigar el efecto que provocan estos residuos al medio ambiente constituyen una prioridad para el sector industrial del país, donde están implicados

entidades gubernamentales y empresas para favorecer su aprovechamiento. Las medidas fundamentales están encaminadas a:

Uso eficiente de los recursos naturales

Eficiencia en el consumo de energía

Hoy, la tecnología existente en el país posibilita que estos residuos industriales tanto como el aserrín como los residuos plásticos sean recuperados y reciclados. Una tendencia muy importante para su aprovechamiento lo constituye la industria del tablero de madera plástica, un producto forestal que de gran preferencia como material para la construcción debido a su desempeño mecánico. Su utilización responde no sólo a producciones de mayor valor agregado, sino al beneficio social, económico y ambiental, ya que tanto los plásticos como los residuos de la madera pueden ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, y así puedan contribuir al desarrollo de materiales útiles para la sociedad (Herrero, 2004).

*Compatibilidad de los residuos industriales para la madera plástica.*

Según estudios realizados por Solar y Melcer (1980), se puede considerar que la compatibilidad del aserrín y los plásticos está dada en que este proceso de sinterización del tablero se realiza a altas temperatura 150-220 °C , pueden ocurrir cambios en los componentes de la pared celular de la madera, como es la degradación de los componentes hemicelulósicos de la madera, debido a la poca resistencias de los hexanos, pueden ocurrir cambios en la polimerización de la celulosa - hemicelulosa y una disminución de la cristalinidad de las hemicelulosas. Además pueden ocurrir cambios estructurales con ruptura de los complejos polisacáridos - polisacáridos y lignina - polisacárido. Todos estos cambios provocados por las altas temperaturas, facilitan la formación de enlaces de las partículas de madera con el plástico, favoreciéndose con ello la síntesis del tablero y con ello obteniéndose una buena calidad en la formación de los tableros MP.

## **CONCLUSIONES**

- Los residuos de la industria de la madera así como los de plástico, constituyen una fuente importante de materia prima para la elaboración del tablero de madera plástica dada su compatibilidad, lo cual contribuye al aprovechamiento de residuos de gran impacto al medio ambiente, y reducir importaciones de tableros y materia prima que actualmente se están empleando para su S
- La disponibilidad de aserrín y de residuos termoplásticos en la provincia Pinar del Río permite una producción de 4 811 m<sup>3</sup> de tableros de madera plástica, a partir de las dosificaciones más eficientes para su elaboración, lo cual representa aproximadamente el 87% de la producción instalada actualmente en el país, condicionando fuertes ventajas para el desarrollo de la industria del tablero en Cuba.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Álvarez, E. (2005). Residuos madereros, transformación y usos. Capítulo 5. Algunos usos de los principales residuos madereros transformados (I). Disponible en. <http://www.mailxmail.com/curso-residuos-madereros-transformacion-uso/algunos-usos-principales-residuos-m> Consultado en diciembre de 2011.
- Álvarez, D; Dorado, M; Fernández, H. (2010). Tecnología de la madera. Editorial Universitaria: Universidad de Córdoba. Argentina. 258 p.

- 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.
- Cabrera, I. (2010). Propuesta para la gestión del aserrín en los aserraderos de la Empresa Forestal Integral de Pinar del Río. (Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río. 68 p.
- Egas, A; Álvarez, D; Estévez, I; García, J. (2001). Factores fundamentales para aumentar el rendimiento volumétrico en los aserraderos de Cuba. *Revista Chapingo*. México. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. VII (2):163-168.
- Fernández, RR; Betancourt, Y. (2007). El sector forestal en Pinar del Río ante los retos de la innovación tecnológica. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 11 p.
- 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.
- Herrero J. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de Trabajo. Informe Nacional Cuba. ESFAL/N/15.
- Lesme, J; Roca, R; Guillermo, A. (2001). Coeficientes de residuos de la Industria Forestal. Universidad de Oriente.
- Martínez, Y; Fernández, RR; Álvarez, D; Barrero, H; García, M. (2012). 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.
- 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, pp. 17-32.
- Relova, I. (2000). Determinación de los modelos matemáticos para el cálculo del aserrín en la industria del aserrado: *Revista Avances*. 2: (2), 12 p.
- Solar, R; Melcer, I. (1980). Physico-chemical and chemical changes in the carbohydrate part of hornbeam wood in the process of wood plasticization with aqueous ammonia solution. *Cellulose Chemical Technology*. Romania. 14, pp. 197-202.
- 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*. Universidad de Talca. Chile 10(2), 10 p.

Aceptado: diciembre 2013

Aprobado: mayo 2014

**DrC. Yonny Martínez López.** Profesor Instructor del Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, ECOVIDA. Km 2<sup>1/2</sup>carretera Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: ymtnez@ecovida.vega.inf.cu