

---

---

## CONTRIBUCIÓN AL ECODISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR EN EL ECUADOR MEDIANTE LA SELECCIÓN DE MATERIAL SUSTENTABLE

MsC Margarita del Rocío Pomboza Floril<sup>1</sup>

### Resumen

El presente estudio muestra un análisis de materiales sustentables a utilizar en el diseño de mobiliario escolar específicamente de maderas y metales, para lo cual se ha realizado un análisis comparativo entre materiales que pertenecen a la misma categoría, lo que ha permitido determinar que tanto el bambú como el aluminio reciclado presentan mejores características eco-amigables para fabricar mobiliario escolar en Ecuador, y así aportar a la sostenibilidad ambiental y ecoeficiencia.

**Palabras Clave:** Ecodiseño, madera, metal, sostenibilidad ambiental.

**Correspondencia:** Margarita del Rocío Pomboza Floril. (margaritapomboza@unach.edu.ec)

### Introducción

La presente estudio fue motivado por la existente preocupación de los gobiernos mundiales por el respeto y cuidado de la naturaleza, tanto los reales decretos o constituciones establecen parámetros que debe cumplir el ser humano para salvaguardar el medioambiente. En cumplimiento a dichos parámetros, empresas y consumidores están empezando a ofertar y demandar productos ecológicos, reciclables y/o reutilizables.

Es por ello que con la presente investigación se trata de aportar al mejor

escogimiento de material para la fabricación de mobiliario escolar en lo referente a la sostenibilidad ambiental, y con lo que se contribuirá a reducir el impacto ambiental generado, específicamente en lo concerniente a las maderas y metales utilizados.

Con respecto a la madera el principal problema ecológico que presenta es la deforestación, debido a que durante las últimas décadas se ha incrementado la llamada “crisis de la biodiversidad”, debido a su acelerada pérdida en todo el mundo. La deforestación y la fragmentación de ecosistemas se han reconocido en muchos

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Chimborazo-Ecuador

países como unas de las principales causas de pérdida de la biodiversidad y se ha alertado sobre las consecuencias que estos fenómenos pueden tener sobre el bienestar de la humanidad y la salud general del ambiente (Noss 1994), mitigando la deforestación de los bosques y la reducción del consumo energético en la obtención y transformación de los mismos. En lo referente a los metales uno de los principales contaminantes ambientales es la chatarra generada por el sector automovilístico y su afectación al suelo, según lo establece Chicharro, A. et al (1998). Bajo este contexto se ha considerado estudiar materiales que aporten a la sustentabilidad ambiental, la misma que según Gligo, N. (1987) es la capacidad de un sistema (o un ecosistema) de mantener constante su estado en el tiempo, constancia que se logra ya sea en parámetros de volumen, tasas de cambio y circulación, o ya sea fluctuándolos cíclicamente en torno a valores promedio. Además establece que la sustentabilidad ecológica se logra cuando la relación hombre-medio se mantiene en equilibrio sobre la base de la equivalencia entre las cualidades de los materiales, energía e información del sistema intervenido, y las entradas, sea éstas naturales o artificiales, dicha sustentabilidad

aportará al desarrollo sostenible, que es aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Capuz Rizo S. y Ferrer Gisbert P. 2002.a), y a la ecoeficiencia que definida por Lehni M. (2002) es aquella que maximiza el valor añadido a la vez que se reduce el impacto medioambiental y el uso de recursos y energías, consiguiendo beneficios económicos. Para lograr la ecoeficiencia en el desarrollo de productos, las estrategias generales que se deberían abordar son: reducir el consumo de recursos, reducir el impacto en la naturaleza, y suministrar más valor con el producto o servicio. Así mismo sus objetivos son: reducir la intensidad de uso de materias primas, reducir la intensidad de uso de energía, reducir el daño a la salud humana y al medio ambiente, fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales, proporcionar calidad de vida real, aumentar la intensidad de servicio de sus productos y servicios, y fomentar la economía de servicios (Capuz Rizo 2002.b). Por lo tanto con el presente trabajo se desea aportar al desarrollo sostenible y a la ecoeficiente por medio de la fabricación de un mobiliario escolar con materiales sustentables.

## **Materiales y Métodos**

### **Análisis de las especies madereras en función a su desarrollo fisiológico.**

Como primer paso se empezará a identificar las maderas a utilizar en el presente estudio

en función al menor número de años de desarrollo fisiológico, por ende a una pronta reforestación en comparación con otras especies madereras. En la Tabla 1 se muestra un estimado del número de años de

algunas especies madereras duras y azul se identifican las maderas con un menor desarrollo fisiológico (Tabla1).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	DESARROLLO FISIOLÓGICO (AÑOS)
Arabisco,	Garza Jacarnad copaira	18
Acacia	Acacia macranta	20
Araucaria	Araucaria agustifolia	25
Aliso	Alnus jorullensis	15
Amarillo	Centrolobium patinensis	25
Balsa	Ochroma lagopus	5
Bambú	Bambusa bambusiflora	8
Cipres	Cupressus macrocarpa	25
	Cupressus llucitanice	25
Capulí	Prunus capuli	20
	Prunus cerolina	20
Casuarina	Casuarina equisetifolia	25
Cedro	Cedrela odorata	30
Cedria	Cedrela ficilis	30
Cedro de monte	Cedrela rosei	30
Canelo	Nectandra spp	20
Caoba	Platymiscium pinnatum	25
	Swietenia macrophylla	25
Cascol	Libidibia corymbosa	25
Caña Fistula	Cassia fistula	20
Cascarilla	Sinchona officinalis	25
Cuángare	Dialyanthera gracilipes	25
Colorado	Pouteria sp.	25
Caimito	Chrysophylum aurantum	25
Copal	Dacryodes peruviana	25
Chaviande	Virola dixonii	30
Ebano	Zizyphus thysiflora	25
Eucalipto	Eucalyptus globulus	15
	Eucalyptus saligna	15
	Eucalyptus robusta	15
	Eucalyptus grandis	15
	Eucalyptus deglupta	15
Fuguroa, tângare	Carapa guianensis	20
Fernan Sánchez	Triplaris guayaquilensis	25
Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	25
Guayacán	Tabebuia cryantha	40

**Tabla 1.** Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador. Referenciado de la Planificación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador (2007-2012).

En este sentido las especies madereras de pronto desarrollo fisiológico (resaltadas de color azul en el Tabla 1) con su respectiva densidad se muestran en la Tabla 2.

Nombre común	Desarrollo fisiológico en años	Densidad g/cm <sup>3</sup>
Balsa	5	0,12
Bambú	8	0,7
Eucalipto	15	0,45-0,55
Pachaco	10	0,41

Tabla 2. Densidad de madereras de desarrollo fisiológico menor o igual a 15 años.

Con los datos presentados en la Tabla 2, se puede concluir que por densidad y por su capacidad de reforestación no muy tardía las especies madereras a analizar más

detalladamente son el bambú (madera semidura), el eucalipto (madera liviana), y el pachaco (madera liviana), excluyendo la balsa por ser una madera muy suave.

### Análisis individual de las especies madereras seleccionadas

El **Bambú gigante**, ha sido considerado por varias empresas como un extraordinario material debido a la fortaleza de su fibra, por este motivo se lo conoce como acero vegetal, así también Krishnaswany (1956) destaca que un bosque de bambú productivo y bien manejado genera más materia seca por año de lo que se obtiene de especies arbóreas, además de carecer de toxicidad en las dosis recomendadas. En lo referente a su sostenibilidad ambiental se destaca que el bambú al ser una planta, su proceso regenerativo es mucho más rápido que la de un árbol, es por ello que es de rápido crecimiento sobre la tierra, llegando alcanzar sus postes hasta 25 metros de alto, un diámetros de 17 centímetros y un grosor en la base de 3.5 centímetros, así también se destaca que se pueden obtener alrededor de 50 toneladas de madera de bambú al contarlo con la tecnología adecuada (BIGBAMBOO, 2014). Otra de las ventajas

que presenta la planta de bambú es que no necesita replantación, cada año brota de nuevo y absorbe un 30% más de CO<sub>2</sub> que los árboles (BambooTouch, 2014).

#### • Análisis técnico del bambú gigante

- **Trabajabilidad:** Puede ser trabajado como cualquier otra madera (mecanizado, pulido, pegado, etc.)
- **Riesgos:** Puede sufrir ataques de hongos, isóteros, pero puede ser tratado.

Respecto a la dureza, flexión estática, compresión, cizallamiento y humedad, Arias, M. et. al (2011), especifica que la dureza el bambú es comparable favorablemente con el hormigón, el acero y la madera (es dos veces más rígida que esta última), la flexión estética en lo que respecta al módulo de ruptura en flexión (MOR) es de 198,24 kg/cm<sup>2</sup>, el módulo de

elasticidad en flexión es de 80.867 kg/cm<sup>2</sup> y el esfuerzo en el límite proporcional es de 80.40kg/cm<sup>2</sup>, la compresión paralela es de 204.96 kg/cm<sup>2</sup> y la perpendicular es de 68.32 kg/cm<sup>2</sup>, el cizallamiento es de 10.35 kg/cm<sup>2</sup> y la humedad es de 77.92%.

Otra especie madera considerada para el presente estudio es el eucalipto, que un árbol de relativamente rápido crecimiento. En el Ecuador se encuentra plantaciones de dicho árbol en la provincia de Esmeraldas, en una superficie inicial de 1000ha. en la zona de Muisne, Tonchigue y Sua.

En lo referente a su uso, Muirragui A. F. (2011) especifica que las astillas de eucalipto son utilizadas para la elaboración de la pulpa de los tableros contrachapados y MDF, más no para la producción directa de tableros directos o contrachapados. Así también, según Vinuesa Marco (2013) el eucalipto se usa para celulosa, postes de alumbrado, trozas para aserrado. Por lo expuesto el eucalipto no se lo va a considerar para hacer un estudio más detallado, debido a que actualmente en el Ecuador no se industrializan tableros de dicha madera, solo se lo utiliza como pulpa.

Así también se analizado la especie maderera como es el **Pachaco**, que es una especie nativa de la Amazonía e introducida en la costa ecuatoriana Además en el año 2009 el Ministerio Ambiental del Ecuador (MAE.), autorizó el aprovechamiento de 191.27m<sup>3</sup> de madera rolliza de pachaco (Romero M. et al 2011).

Así también el MAE., destaca que el pachaco es una las plantaciones forestales introducida en la costa ecuatoriana, donde la madera de dicha especie es empleada

principalmente en la industria del contrachapado. En lo referente a la sostenibilidad ambiental de dicho árbol, Romero M. et al (2011), destaca que no se ha encontrado reportes de regeneración natural, así también que su desarrollo fisiológico tarde aproximadamente 10 años. Es importante destacar que el pachaco se obtiene de plantaciones forestales a diferencia de otras especies que provienen de bosques nativos.

- **Análisis técnico del árbol pachaco**

- **Trabajabilidad:** Buena trabajabilidad, es difícil obtener superficies lisas, y se seca sin riesgo de contaminarse de hongos.
- **Riesgos:** Puede podrirse, sufrir ataque de insectos, deformaciones leves, roturas.
- **Problemas:** No se obtiene superficies lisas, sus extremos mechudos al ser aserrada y la fijación de clavos y tornillo no es segura.

En lo que respecta a la dureza, la flexión estática, compresión, cizallamiento y humedad, Vinuesa Marco. et. al (2012), especifica que la dureza del pachaco en sus lados presenta 330kg y en los extremos 231kg, la flexión estática correspondiente al MOR es de 569 kg/cm<sup>2</sup>, el MOE kg/cm<sup>2</sup> y el ELP kg/cm<sup>2</sup>. Así también la compresión paralela del pachaco es de 364 kg/cm<sup>2</sup> y la perpendicular es de 54kg/cm<sup>2</sup>., su cizallamiento es de 79 kg/cm<sup>2</sup> y la humedad es del 1,4%.

## **Análisis individual de los metales a utilizar en el diseño de mobiliario escolar.**

### **• Análisis de las propiedades del aluminio reciclado**

Dentro de las propiedades más importantes del aluminio Rubinos D.A. (2008) determina que su densidad es baja, destaca también que este pesa aproximadamente la tercera parte del acero y que es resistente a la corrosión. En lo referente a las fuentes de energía que se usan en la industria del aluminio, la Asociación Española ARPAL (2014) establece que la energía utilizada mayoritariamente proceden del agua; de la cual la energía hidráulica constituye el 52% del total de energía empleada para los diversos procesos a los que se somete este material, así también otras fuentes de energía utilizadas son: el carbón (25%), la energía nuclear (15%), el gas natural (5%) y el petróleo (3%).

Con respecto al reciclaje de aluminio Rubinos D.A (2008), destaca que cualquier objeto fabricado de aluminio puede ser reciclado repetidamente, así también determina que el reciclaje del aluminio requiere únicamente el 5% de la energía que se necesitaría para producir el metal primario, generando únicamente un 5% de emisiones de gas, considerando además lo que establece la Compañía ABENGOA en su Informe de “Responsabilidad Social Corporativa” (2006), donde destaca que la producción de un kilogramo de aluminio consume aproximadamente 12kwh, mientras que un kilogramo procedente del reciclaje consume solo 0,5kwh. Por su parte ARPAL (2014) establece que el aluminio es un material 100% reciclable sin pérdida de sus cualidades. Por su parte Ungureanu

C.A. et al (2007) determina que las emisiones de CO<sub>2</sub> en función al porcentaje de reciclado del aluminio al 75% son mucho menores que las del acero al 25% específicamente en la etapa de prefabricación.

### **• Análisis de las propiedades del acero reciclado**

En lo referente al acero la Revista Ekos en su artículo “Reciclaje de acero: un ejemplo de RSE Industria” (2011), establece que el acero es el material que más se recicla en todo el planeta, y que aproximadamente el 45% de su consumo a escala global proviene del reciclaje. Esto se debe a la nobleza del material, el cual permite ser transformado y reutilizado indefinidamente sin perder sus propiedades. Además destaca que el proceso de reciclaje del acero tiene evidentes ventajas ambientales en el planeta, entre ellas el ahorro de mineral virgen (90%), ahorro en el consumo de energía (74%), disminución de emisiones atmosféricas (88%) y menor consumo de agua en sus procesos (56%), considerando también que Álvarez J. et al (2013) establece que para producir 10kg. de acero se consume 1200kWh, lo que vendría a equivaler 120kwh por cada kilogramo de acero producido. La Organización Bureau of International Recycling (2014) establece que el reciclaje de una tonelada de acero permite ahorrar 1.100 kilogramos de mineral de hierro, 630 kilogramos de carbón y 55 kilogramos de caliza, así también plantea una reducción del 58% de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la utilización de chatarra

férrica. Al reciclar una tonelada de acero se ahorra 642 kwh de energía, 1,8 barriles (287 litros) de petróleo, 10,9 millones BTUs de energía y 2,3 metros cúbicos de espacio de vertedero, además de utilizar 75% menos de energía en comparación con la creación de acero a partir de materias primas: cantidad

suficiente para suministrar energía a 18 millones de hogares. Por último establece que el reciclaje de acero utiliza un 90% menos de materiales vírgenes y un 40% menos de agua, además de producir un 76% menos.

## Resultados

Detalladas las propiedades físicas y mecánicas tanto del bambú como del pachaco, se procedió a realizar un análisis comparativo entre dichas especies madereras, tanto de sus propiedades físico-mecánicas y medioambientales, para así

determinar cuál de las dos especies madereras se acoge más a los requisitos determinados para este estudio y por ende ser utilizado en el diseño del subsistema escolar silla-mesa. Dicha comparativa se muestra en la Tabla 3y Tabla 4.

Material	Propiedades físicas y mecánicas							
	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Flexión estática			Compresión kg/cm <sup>2</sup>		Cizallamiento kg/cm <sup>2</sup>	Humedad %
		MOR kg/cm <sup>2</sup>	MOE kg/cm <sup>2</sup>	ELP kg/c m <sup>2</sup>	paralela	perpendicular		
Bambu Gigante	0,7	198.24	80867	80.40	204.96	68.32	10.35	7.792
Pachaco	0,41	569	86x10 <sup>3</sup>	0	364	54	79	1,4

**Tabla 3.** Análisis comparativo entre las propiedades físicas y mecánicas del bambú y el pachaco. Elaboración propia.

<b>Característica</b>	<b>Bambú</b>	<b>Pachaco</b>
Tipo de plantación	Planta	Árbol
Desarrollo fisiológico	8 años	10 años
Proceso regenerativo	Regeneración natural (cada año)	No se regenera naturalmente
Obtención de plantaciones propias de las empresas.	Si	Si
Absorción del CO <sub>2</sub>	30% más que los árboles	N/A

**Tabla 4.** Análisis comparativo entre las características medioambientales del bambú y pachaco. Elaboración propia.

En lo que respecta a los metales utilizados en la fabricación de mobiliario escolar, en la Tabla 5 se muestra el análisis comparativo de las propiedades físicas y medioambientales del aluminio reciclado y del acero reciclado.

	<b>Aluminio reciclado</b>	<b>Acero reciclado</b>
<b>Propiedades</b>	100% reciclable. No pierde sus propiedades presentes en la materia virgen. Larga vida útil y resistente. Pesa la tercera parte del acero.	100% reciclable. No pierde sus propiedades presentes en la materia virgen. Larga vida útil y resistente.
<b>Sostenibilidad ambiental</b>		
Emisiones de CO <sub>2</sub>	5% de emisión de gases.	14%-48 % de emisión de gases.
Consumo energético	0,5kwh (producción de un kg. de aluminio reciclado)	120kwh (producción de un kg. de acero reciclado)
	Ciclo de vida de la Huella de CO <sub>2</sub> un 20% menor que la del acero	

**Tabla 5:** Análisis comparativo de las propiedades del aluminio y acero reciclado y de su sostenibilidad ambiental. Elaboración propia.

Dichas comparativas han permitido concluir que materiales, respecto a sus propiedades físicas y medioambientales son los más idóneos para ser considerados en la fabricación de mobiliario escolar.



## Discusión

Tanto el bambú como el pachaco presentan propiedades físico – mecánicas idóneas para la fabricación de tableros, sin embargo con respecto al parámetro medioambiental, el bambú presenta características más amigables para el ecosistema con respecto al pachaco, debido a que al ser una planta su regeneración es más rápida y natural, además de absorber un 30% más de CO<sub>2</sub> que los árboles. Así también el bambú utilizado en las empresas madereras es obtenido por medio de plantaciones propias; con lo que se aporta a reducir la deforestación de los bosques. Otra característica destacable del bambú es su no toxicidad, su resistencia y durabilidad, llegándose inclusive a comparar con el acero. Así también en lo que respecta al análisis comparativo entre los metales

aluminio reciclado y el acero reciclado, se pudo establecer que los dos no pierden sus propiedades físicas al reciclarse, pero en lo referente a su sostenibilidad ambiental se determinó que el metal que resulta más amigable con el medioambiente es el aluminio reciclado, debido a que su consumo energético en comparación con el acero en la producción de 1kg. de material es significativamente menor, además de su ciclo de vida de la Huella de CO<sub>2</sub> es un 20% menor que la del acero .

Por lo expuesto, los materiales sustentables que se recomiendan utilizar para la fabricación de mobiliario escolar, y con lo que se aportará a la sostenibilidad ambiental y a la ecoeficiencia son el bambú y el aluminio reciclado.

## Referencias

Arias,M., Espinoza, A.,Salaza,A. 2011. Propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y empennadas, sometidas a comprensión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: guayacán, eucalipto y fernansánchez; para el diseño estructural de la cubierta del Proyecto Casa Montúfar 623 (Fonsal). [consultado el día 23 de noviembre de 2014]. Disponible en internet: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3549>

Álvarez, J. et al. 2013. Biomasa y Biogás. [consultado el día01 de diciembre del 2014]. Disponible en internet: <http://ing.unne.edu.ar/pub/biomasa.pdf>

Asociación Española (ARPAL). El aluminio, un material de presente y futuro. [consultado el día 20 de noviembre de 2014]. Disponible en internet: <http://aluminio.org/?p=830>

BambooTouch. Diez razones para escoger bambooTouch. [consultado el día 15 de diciembre de 2014]. Disponible en internet: <http://www.bambootouch.es/universo-bambu/razones-elegir-bambootouch>.

Bureau of International Recycling. METALES FÉRRICOS. [consultado el día5 de agosto del 2014]. Disponible en internet: <http://www.bir.org/industry-es-es/ferrous-metals-es-es/>

Capuz Rizo S., Ferrer Gisbert P. 2002. Ecodiseño. ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Capítulo 4, p.23. ISBN 84-9705-191-2.a.

Capuz Rizo S., Ferrer Gisbert P. 2002. Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el

desarrollo de productos sostenibles. CAPÍTULO 4, pp.47. ISBN 84-9705-191-2.b.

Chicharro, A., Cala, I., Maru, M., Larrear, M. 1998. Impacto ambiental por metales pesados en suelos y plantas del entorno de un depósito de chatarra procedente de automóviles de desguace. Revista Metalurgia. Vol. 9 N°1.

Gligo, N. 1987. El concepto de sustentabilidad ambiental en las estrategias de desarrollo. ambiente y desarrollo. Vol. 3, N° 1-2.

Informe de responsabilidad social cooperativa ABENGOA. 2006 [consultado el día 13 de noviembre de 2014]. Disponible en internet: [https://www.um.es/catedrasc/documentos/memorias/abengoa/ABENGOA\\_06.pdf](https://www.um.es/catedrasc/documentos/memorias/abengoa/ABENGOA_06.pdf)

Krishnaswany, V.S 1956. Bamboos-thei silviculture and management.1956. Journal Indian Forest. Vol.82. N°6,pp.308-313

Lehni. 2000. Ecoefficiency: creating more value with less impact. world business council for sustainable development. 32 p. ISBN 2-940240-17-5

Ministerio del Ambiente del Ecuador. Normas técnicas para la prevención y control de la contaminación ambiental para sectores de infraestructura. [consultado el día 16 de noviembre del 2015]. Disponible en internet Internet: [http://www.efficacitas.com/efficacitas\\_es/default2.php?siteid=32](http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/default2.php?siteid=32)

Noss, R.F. 1994. Some principles of conservation biology, as they apply to environmental

law. Journal Chicago-Kent Law Review. Vol. 69. N°4.

Planificación estratégica bosques nativos en el Ecuador 2007-2012. Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador. [consultado el día 25 de noviembre de 2014]. Disponible en internet: [http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_BN.pdf](http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_BN.pdf) Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador.

Romero, M., Diego Velasteguí, D. Robles, M. 2008. Descripción de las cadenas productivas del Ecuador.

Revista EKOS. Reciclaje de acero: un ejemplo de RSE Industria. 2011. ISSN 7-861000-216586 [consultado el día 30 de mayo de 2014]. Disponible en internet <http://www.ekosnegocios.com/revista/Pagina.aspx?idEdicion=4&pagina=110>

Rubinos, D. A. 2008. Utilización de lodos rojos de bauxita en la contención e inactivación de residuos tóxicos y peligrosos (Doctoral dissertation, PhD thesis dissertation. University of Santiago de Compostela.

Tejada, M, Arévalo A. 1999. Vinuesa, M. Manual de descripción general de especies secundarias SANDE.

Ungureanu, C. A., Das, S., Jawahir, I. S. 2007. Life-cycle cost analysis: aluminum versus steel in passenger cars. In TMS Meeting, Aluminum Alloys for Transportation, Packaging, Aerospace and Other Applications.