



Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 6 (17), 2009

NOTA TÉCNICA

Efectos en el color de la madera con acabado de *Cedrela odorata* L. y *Carapa guianensis* Aubl. expuesta a la intemperie

Juan Carlos Valverde Otárola ¹

Resumen

En el área de la industria de la madera se han desarrollado diferentes tipos de acabados para aumentar el tiempo de vida de la madera y disminuir la decoloración. El color es una de las propiedades físicas más susceptibles a la degradación, en especial cuando es expuesta a la intemperie. En el presente experimento se determinó el comportamiento de la degradación del color en *Carapa guianensis* y *Cedrela odorata*, con tres diferentes acabados: poliuretano, nitroceluloso y al natural. Se determinó que ninguna de las especies se mantuvo bajo el valor de 12 como valor mínimo para que el cambio sea susceptible por el ojo humano. El acabado más efectivo fue el poliuretano y la combinación *C. guianensis* con poliuretano fue la más resistente y se mantuvo bajo del valor de 12

Palabras claves: Color, Maderas tropicales, Acabados para madera, *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata*, Costa Rica.

Abstract

In the present study timber color degradation on two tree species was analyzed after applying three different wood finishing products. The two tree species were *Carapa guianensis* and *Cedrela odorata*, and the wood finishing techniques tested were polyurethane, nitrocellulose and natural finishing as control. The timber samples were maintained exposed to the open and the results show that the more effective treatment was polyurethane, and that the combination of *C. guianensis* with polyurethane was the most resistant.

Key words: Color, Tropical wood, Finishes for wood, *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata*, Costa Rica

¹Instituto Tecnológico de Costa Rica. jcvalverde07@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La madera es un material sumamente versátil y con excelentes características para trabajarlo; se ha utilizado durante siglos en múltiples áreas como la construcción, inmobiliario o en la elaboración de artículos de lujo (Peña y Rojas, 2005).

Sin embargo, una de las principales debilidades que presenta este material es la susceptibilidad a la degradación, en especial la pérdida del color natural (Deka *et al*, 2008). Cuando la madera inicia un proceso de decoloración, se puede decir que es una de las primeras señas de la pérdida de sus características físicas y a largo plazo un indicador de que se desarrolló un proceso de pudrición (Castillo y Erdoiza, 1995).

La degradación del color de la madera es rápida, en especial cuando es expuesta a la intemperie sin ningún tipo de protección o aislante. Factores ambientales como el sol, viento y lluvia ayudan a la decoloración. George *et al* (2005) mencionan que básicamente es un fenómeno superficial debido a la penetración de luz ultravioleta, además, señalaron que la luz visible e infrarroja afectan la composición del color. Estos tres tipos de luz tienen efectos sobre los procesos químicos que se desarrollan en las paredes celulares que conforman la madera, atacando en especial la lignina y los extraíbles. Este último grupo conformado por aceites, ceras, grasas y taninos, entre otros (Hiltunen *et al*, 2008).

Para evitar o simplificar los procesos de degradación del color, profesionales en ingeniería y química han diseñado una gran gama de acabados, los cuales son compuestos ya sea de sustancias orgánicas o inorgánicas, que al ser aplicados a la madera producen una película insoluble en agua, adherente y dura. Generalmente son transparentes y permiten conservar la apariencia natural de la madera por periodos de tiempo prolongados (Coatings *et al*, 1999).

En Costa Rica, en el año 2008 se reportó un consumo de 177 823 m³ de madera en rollo en la elaboración de muebles (Barrantes *et al*, 2009). Especies como *Cedrela odorata* L. (cedro amargo) y *Carapa guianensis* Aubl. (caobilla) son muy utilizadas para la elaboración de puertas e inmobiliario en general (Jiménez, 2005), sin embargo, son susceptibles a la decoloración cuando son expuestas a la intemperie.

El objetivo en esta investigación, fue determinar el comportamiento del color de ambas especies con diferentes acabados al ser expuestas a la intemperie durante 63 días.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en Cartago, Costa Rica. La región que se caracteriza por tener una temperatura media anual de 19,4°C y una precipitación promedio anual de 1586 mm (IMN, 2010).

Las unidades experimentales fueron piezas de madera. Se utilizaron 21 piezas por especie de duramen, de dimensiones iguales y libres de daños o defectos que afectaran las mediciones. Se mantuvieron durante siete días en un cuarto climatizado, a una temperatura constante de 27,5 °C y una humedad relativa del 54%.

Se utilizaron siete piezas de madera por especie para cada tratamiento o acabado. Los tratamientos evaluados se describen a continuación.

- Testigo: no se le aplicó ningún acabado industrial.

- Nitroceluloso: se aplicaron cuatro capas a cada pieza de sellador y “thinner” en proporción 3:1.
- Poliuretano: se aplicaron inicialmente a cada pieza dos capas de sellador diluido en proporción de sellador, “thinner” y diluyente de 2:1:1; posteriormente se aplicaron dos capas de laca con la misma proporción.

Se realizó una medición inicial de color con ayuda de un colorímetro Hunter Lab. A cada pieza se le tomaron cinco puntos para promediar: cuatro de ellos se ubicaron a dos centímetros de los extremos y el quinto en el centro de la pieza. Se elaboró una plantilla con la ubicación de dichos puntos para garantizar la homogeneidad de las mediciones. En cada punto se evaluaron tres parámetros: intensidad del color (L), tendencia de rojo a verde (a) y tendencia de amarillo a azul (b). Dichos parámetros son utilizados para determinar el delta E (ΔE), el cual es un indicador que mide si se dio un cambio de color en un periodo de tiempo y se expresa como:

$$\Delta E = \sqrt{L_0 - L_1^2 + a_0 - a_1^2 + b_0 - b_1^2}$$

Si el ΔE es superior a 12 existe un cambio de color notable por el ojo humano (Cui *et al*, 2004).

Se tomaron nueve mediciones cada siete días hasta (63 días en total). Con los valores de ΔE generados, se realizó una prueba de análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias significativas fueron determinadas utilizando la prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor especie

Después de 63 días de exposición a la intemperie, se determinó un ΔE promedio de los tres tratamientos para *C. guianensis* de (20,20 \pm 4,15) y para *C. odorata* de (24,49 \pm 6,32), ambas especies sufrieron una degradación del color, ya que los valores de ΔE son superiores a 12.

Si bien, *C. guianensis* fue el que reportó el valor promedio de ΔE más bajo en comparación al *C. odorata*, su grado de decoloración es alto. Según Deka *et al* (2008), las variaciones de color se dan principalmente por la degradación de la lignina, que al degradarse produce radicales libres (probablemente de tipo fenoxilo), los cuales reaccionan con oxígeno y producen compuestos de tipo carbonilo y grupos de cromofórico de carboxilo, los cuales son los principales compuestos orgánicos que producen los cambios de color. Las coloraciones producto de estos cambios químicos en la madera son de tendencias grisáceas.

Factor acabado

Los valores de ΔE para los acabados aplicados en promedio para las dos especies fueron de 12,05 \pm 1,39, 24,76 \pm 2,05 y 30,13 \pm 1,80, para el poliuretano, el nitroceluloso y el testigo, respectivamente, lo que indica que el tratamiento con poliuretano es el que brinda mayor protección a la madera.

Es importante denotar que el uso de un acabado en la madera de cualquiera de las dos especies redujo el valor del ΔE notablemente y se mantiene el color por un mayor periodo de tiempo. El acabado poliuretano presentó una variación del color sumamente baja durante los 63 días de exposición, esto se debe a que está diseñado para su utilización en la intemperie por largos periodos de tiempo y porque se adhiere a las paredes celulares, a diferencia del nitroceluloso que solo las cubre. Williams (2005) explica que el poliuretano se adentra en los vasos y fibras celulares,

lo cual disminuye el escape de los extraíbles por evaporación, o en estado líquido cuando la pieza se moja.

Interacción especie con acabado

Para la interacción especie-acabado, la mejor combinación según la prueba de Tukey fue *C. guianensis* con acabado poliuretano (cuadro 1), la cual no alcanza ni el valor de ΔE de 12. Las demás combinaciones superan dicho valor y los testigos alcanzan los más altos.

Cuadro 1. ΔE con las diferentes combinaciones de especie con acabado después de 63 días de exposición a la intemperie. Cartago, Costa Rica.

Interacción especie y acabado		ΔE
<i>Carapa guianensis</i>	poliuretano	7,63 ± 2,42
	nitroceluloso	21,97 ± 2,91
	testigo	30,96 ± 1,87
<i>Cedrela odorata</i>	poliuretano	16,66 ± 3,68
	nitroceluloso	27,55 ± 2,97
	testigo	29,27 ± 0,64

Comportamiento del ΔE durante la realización del experimento

Todos los valores de ΔE variaron con el tiempo (figura 1). Para *C. guianensis*, durante los primeros 28 días se produjo un aumento del ΔE y posteriormente un descenso de su valor; desde la primera semana, la combinación en el acabado poliuretano, presentó los valores más bajos de ΔE . Para *C. odorata*, para la misma combinación, se presenta un aumento del ΔE en los primeros 21 días, se da un leve descenso en los siguientes siete días y nuevamente tiende a aumentar hasta el día 63.

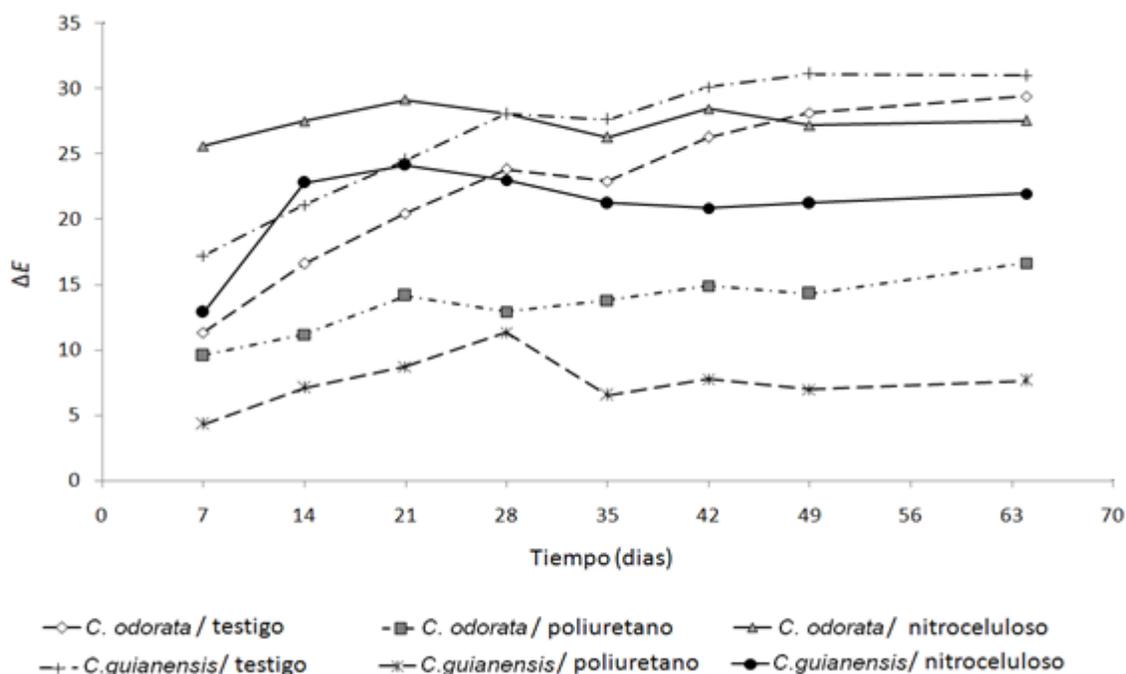


Figura 1. Comportamiento del ΔE de las diferentes combinaciones de especie con acabado durante los 63 días de exposición a la intermedie. Cartago, Costa Rica.

Mientras el ΔE de la combinación *C. guianensis* con nitroceluloso empieza a tener un aumento de su valor durante los primeros 21 días, posteriormente inicia un leve descenso, el cual se extiende hasta el día 35, para nuevamente aumentar hasta el día 42 y finalmente iniciar un descenso al día 63. Para *C. odorata* con el mismo acabado se presenta un comportamiento similar; hay un aumento del ΔE en los primeros 21 días y posteriormente se da un decrecimiento del valor hasta el día 63.

Este comportamiento se debe a la pérdida de extraíbles y degradación de la lignina (Deka *et al* 2008); si bien el acabado nitroceluloso aumenta la resistencia a la decoloración, su composición química no es tan efectiva como el poliuretano cuando se exponen a la intemperie.

El proceso de decoloración para las piezas testigo para ambas especies, presenta un patrón similar. Hay un aumento del ΔE durante los primeros 28 días, posteriormente inicia un leve descenso hasta el día 35; para nuevamente iniciar un aumento hasta el día 63. El comportamiento de la degradación de color del testigo es muy diferente a los otros dos tratamientos, ya que no hay una capa protectora que retarde el proceso de pérdida de extraíbles y degradación de la lignina. Ahajji *et al* (2009), menciona que estos procesos tienden a estabilizarse con el paso del tiempo, inicialmente se da un cambio brusco, pero posterior a los 100 días los procesos tienden a estabilizarse y mantener un equilibrio.

Schnabel *et al* (2009), mencionan que los procesos de decoloración se llegan a estabilizar según la especie, el acabado o perseverante aplicado a la madera y a las condiciones ambientales en las que se encuentre el material experimental. Entre mayor sea la calidad del acabado el periodo de estabilización del ΔE es mayor. Igualmente si las condiciones ambientales son más severas, el proceso se estabilizará de una manera más rápida.

CONCLUSIONES

- Ninguna de las dos especies presentó un valor promedio de ΔE inferior a 12 para el periodo evaluado.
- El mejor acabado es el poliuretano, el cual presentó el valor promedio de ΔE menor, lo que implica que protegió de manera más efectiva las piezas de madera para ambas especies.
- La combinación especie con acabado que presentó la menor pérdida de color fue *C. guianensis* con acabado poliuretano.
- El comportamiento de *C. guianensis* con acabado poliuretano, fue el más estable de todas las combinaciones durante el periodo de realización del experimento. Esta combinación mantuvo un valor de ΔE menor a 12 durante todo el periodo de exposición a la intemperie.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahaji, A; Diouf, PN; Aloui, P; Elbakali, I; Perrin, D; Merlin, A; George, B. 2009. Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. *Wood Science Technology* 43(1-2):69–83. (Además disponible en <http://www.springerlink.com/content/93380w0154v83386/>)
- Barrantes, A; Salazar, G; Salas, N. 2009. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadística 2008. San José, CR, Oficina Nacional Forestal. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET)-Gobierno de Costa Rica. 28 p.
- Castillo, M; Erdoiza, J. 1995. Acabados de madera para exteriores. *Maderas y Bosques* 1(2):9-22.
- Coatings, J; Jurdain, C; Dwyer, J; Kersell, K; Mall, D; McClelland, K; Springate, R; Williams, S. 1999. Changing nature of wood products – what does it mean for coatings and finish performance? *Journal of Coatings Technology* 71(890):61-66.
- Cui, W; Kamdem, P; Rypstra, T. 2004. Diffuse reflective infrared Fourier transform spectroscopy (DRIF) and color change of artificial weathender wood. *Wood and Fiber Science* 36:291-301.
- Deka, M; Humar, M; Rep, G; Kricelj, B; Šentjurc, M; Petric, M. 2008. Effects of UV light irradiation on colour stability of thermally modified, copper ethanolamine treated and non-modified wood: epr and drift spectroscopic studies. *Wood Science Technology* 42:5–20.
- George, B; Suttie, E; Merlin, A; Deglise, X. 2005. Photodegradation and photostabilisation of wood- The state of the art. *Polymer Degradation and Stability* 88:268-274.
- Hiltunen, E; Mononen, K; Alvila, L; Pakkanen TT. 2005. Discolouration of birch wood: analysis of extractives from discoloured surface of vacuum-dried European white birch (*Betula pubescens*) board. *Wood Science Technology* 42:103-115.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2010. Datos climáticos. (en línea). San José, CR. Consultado el 25 jul. 2010. Disponible en: www.imn.ac.cr
- Jiménez, Q. 2005. Cultivo de árboles en Costa Rica: ¡nativos y exóticos! *Ambientico* 141:9-11.
- Peña, V; Rojas, M. 2005. *Tecnologías de la madera*. 3 ed. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 678 p.
- Schnabel, T; Zimmer, B; Petutschnigg, AJ. 2009. On the modelling of colour changes of wood surfaces. *Wood Products* 67:141-149.
- Williams, S. 2005. Weathering of wood. In *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Madison, US, CRC Press. 250 p.