



United States
Department of
Agriculture

Forest Service

Forest
Products
Laboratory

Research
Note
FPL-RN-0306



Reduction of Oxidative Stain in Ochoó (*Hura crepitans* L.)

Reducción de la Mancha de Oxidación en Ochoó (*Hura* *crepitans* L.)

Michael C. Wiemann

Mark Knaebe

Fernando Harriague



Abstract

The sapwood of ochoó (*Hura crepitans*) suffers from an oxidative stain that results in substantial loss in value, making it one of the most important utilization problems encountered among Bolivian timber species. Initiating kiln drying within 6 days of felling did not reduce staining of ochoó, although many boards with extensive interior stain had bright surfaces, so it is possible that immediate drying might reduce or eliminate discoloration. Shock treatments did not reduce staining either, except for the localized effects of surface hammering. Eighteen-hour treatment with a 5% solution of sodium metabisulfite reduced stain, although penetration was limited in many samples.

Keywords: Ochoó, *Hura crepitans*, oxidative stain, discoloration, compression, vibration, shock treatment, sodium metabisulfite, sulfite

Acknowledgments

The authors thank Andrea von der Ohe of the U.S. Forest Service International Programs for facilitating and funding this project. Gerd Resnikowski, Director of the Centro Amazónico de Desarrollo Forestal, oversaw the research in Santa Cruz, and Pablo Antelo, Manager of La Chonta Ltda. supplied the timber and sawmill facilities for preparing the test material.

September 2007

Wiemann, Michael C.; Knaebe, Mark; Harriague, Fernando. Reduction of Oxidative Stain in Ochoó (*Hura crepitans* L.) = Reducción de la Mancha de Oxidación en Ochoó (*Hura crepitans* L.). Research Note FPL-RN-0306. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 23 p.

A limited number of free copies of this publication are available to the public from the Forest Products Laboratory, One Gifford Pinchot Drive, Madison, WI 53726–2398. This publication is also available online at www.fpl.fs.fed.us. Laboratory publications are sent to hundreds of libraries in the United States and elsewhere.

The Forest Products Laboratory is maintained in cooperation with the University of Wisconsin.

The USDA prohibits discrimination in all its programs and activities on the basis of race, color, national origin, age, disability, and where applicable, sex, marital status, familial status, parental status, religion, sexual orientation, genetic information, political beliefs, reprisal, or because all or a part of an individual's income is derived from any public assistance program. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Persons with disabilities who require alternative means for communication of program information (Braille, large print, audiotope, etc.) should contact USDA's TARGET Center at (202) 720–2600 (voice and TDD). To file a complaint of discrimination, write to USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, S.W., Washington, D.C. 20250–9410, or call (800) 795–3272 (voice) or (202) 720–6382 (TDD). USDA is an equal opportunity provider and employer.

Resumen

La presencia de manchas de oxidación (decoloración) en la albura del ochoó (*Hura crepitans*) implica una pérdida de valor considerable del producto, siendo uno de los principales problemas identificados en la utilización comercial de especies madereras bolivianas. Iniciando el secado en horno en un plazo de seis días desde el apeo no se observó reducción del manchado del ochoó. Sin embargo varias tablas con grandes manchas en el interior presentaban superficies brillantes, lo que podría implicar que el secado temprano es capaz de reducir o eliminar la decoloración. Los tratamientos de impacto tampoco redujeron el manchado, excepto en relación al efecto localizado de golpes de mazo en la superficie. Dieciocho horas de tratamiento con una solución de metabisulfito de sodio resultó en una reducción de las manchas, pero la penetración en varias de las muestras fue limitada.

Palabras clave: Ochoó, *Hura crepitans*, mancha de oxidación, decoloración, compresión, vibración, tratamiento de impacto, metabisulfito de sodio, sulfito.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Andrea von der Ohe, de la U.S. Forest Service International Programs, por haber auspiciado y financiado este proyecto. Gerd Resnikowski, Director del Centro Amazónico de Desarrollo Forestal, administró la investigación en Santa Cruz, y Pablo Antelo, Gerente de la Chonta Ltda., suministró la madera y el local del aserradero para llevar a cabo los preparativos del material de investigación.

Septiembre 2007

Wiemann, Michael C.; Knaebe, Mark; Harriague, Fernando. Reduction of Oxidative Stain in Ochoó (*Hura crepitans* L.) = Reducción de la Mancha de Oxidación en Ochoó (*Hura crepitans* L.). Research Note FPL-RN-0306. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 23 p.

Copias gratuitas de esta publicación están disponibles al público en cantidad limitada de en el Forest Products Laboratory, One Gifford Pinchot Drive, Madison, WI 53726–2398. Las publicaciones del Laboratorio se envían a cientos de bibliotecas de los Estados Unidos y de otros países.

El Forest Products Laboratory realiza sus actividades en cooperación con la Universidad de Wisconsin.

El United States Department of Agriculture - USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) prohíbe en todos sus programas y actividades la discriminación por raza, color, nacionalidad de origen, sexo, religión, edad, discapacidad, orientación política, orientación sexual, estado civil o situación familiar. (Algunas de estas prohibiciones no aplican a todos los programas). Personas con discapacidades que requieran medios alternativos para la comunicación de la información de los programas (braille, impresión en letra grande, grabación en cinta, etc.) deben comunicarse con el USDA's TARGET Center al (202) 720–2600 (voz y TDD). En caso de tener alguna queja por discriminación puede dirigirse por escrito al Director de USDA, Office of Civil Rights, Room 326-W, Whitten Building, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20250–9410, o llamar al (202) 720–5964 (voz y TDD). USDA es un proveedor y empleador que brinda igualdad de oportunidades.

Reduction of Oxidative Stain in Ochoó (*Hura crepitans* L.)

Michael C. Wiemann, Botanist

Mark Knaebe, Forest Products Technologist
Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin

Fernando Harriague, Area of Wood Drying and Preservation
Centro Amazónico de Desarrollo Forestal, Santa Cruz, Bolivia

Introduction

Hura crepitans L. is a wide-ranging species that grows in the West Indies, Central America, and tropical South America. It is known internationally by the trade names rakuda, hurawood, and possumwood. It is called ochoó in Bolivia, and sandbox, ceiba, haba, jabillo, acuapa, and assacú in other parts of its natural range. Its diameter often exceeds 2 m, and it can attain a height of 60 m with a clear stem of up to 30 m. It produces light, soft wood (air-dry density 0.35–0.45 g/cm³) whose color varies from creamy white (sapwood) to yellowish or grayish brown. In Bolivia it is considered the principal commercial species of wet tropical forests (Gutiérrez R. and Silva S. n.d., Killeen et al. 1993.) Dry wood is easy to work and finishes well, but green wood is more difficult, typically producing fuzzy surfaces. The grain may be interlocked, which can result in poor machined surface quality. The wood takes coatings well and glues easily. It is moderately difficult to dry without degrade. Green to oven-dry shrinkage is 2.7% in the radial direction and 4.5% in the tangential direction. Heartwood is moderately durable, but sapwood is susceptible to fungal decay and stain and is not insect resistant. Uses include general carpentry, boxes, plywood, furniture, and particleboard (Chudnoff 1984, Longwood 1962, Record and Hess 1943.)

Bolivia is underutilizing the sapwood of ochoó, which typically suffers from an oxidative stain (Fig. 1). The condition is so severe that sawmills typically discard clear, 20-in.- (51-cm-) wide sapwood boards, and much of the production is used for low-value products. The primary purpose of this research project was to determine if rapid processing of ochoó can eliminate oxidative stain from the sapwood and, in the event that rapid processing is not feasible, if treatments prior to drying can affect the occurrence and severity of the stain.

In some tests on sapwood species in the United States, treatments using fumigants, strong reducing agents, microwaves, ultrasonic probes, vibration, and mechanical compression caused by rollers or hammers resulted in unstained areas. For example, Forsyth and Amburgey (1992a,b) controlled non-microbial stain by 3- to 5-min dip treatments in sodium bisulfite solutions followed by 2 weeks of diffusion storage. The role of parenchyma in

the formation of discolorations was demonstrated in an experiment conducted by Schmidt and Amburgey (1994), in which untreated sapwood developed a gray-blue stain, whereas sapwood whose parenchyma had been killed by fumigation with methyl bromide was stain free. The demonstration by Amburgey and Kitchens (1997a) that non-microbial sapwood discolorations are caused by pigmented granules in parenchyma and that discoloration could be prevented by treatments that kill parenchyma prior to drying, such as exposure to mechanical stresses (compression and vibration), was the basis for patents issued to them for a method of stain control (Amburgey and Kitchens 1997b, 1999.) Our objective was to determine if similar treatments could eliminate or reduce discoloration in ochoó sapwood. Because this was a pilot study, the methods used were simplified from methods that might be used in a commercial setting. For example, we created vibration and compression using loud music, hammering, and dropping boards onto a hard surface, rather than using impact tampers, rollers, plates, or presses, as specified in other studies. Our sulfite diffusion time was considerably less than the recommended 2 weeks (Mississippi Forest Products Laboratory 1995.)

On 19 June 2006, we traveled to the La Chonta sawmill in Ascención de Guarayos, Santa Cruz, Bolivia. La Chonta felled and bucked four trees of ochoó for our study (Figs. 2 to 4). Diameter at breast height (DBH), log length, diameters inside bark (dib), and log heartwood diameter for each tree are given in Table 1.

Although these trees were to have been predominantly sapwood, three of them had large heartwood cores, which reduced the yield of sapwood needed for our study. Each log was skidded to a loading site, bucked into two or three smaller logs (2.6–5.9 m long), then transported by logging truck from the concession to the La Chonta sawmill. The logs were then bucked into 1.6-m segments, which were labeled A, B, C, D, or E, with A representing the butt segment and E representing the highest segment on the tree.

The segments were sawn into 5-cm-thick, random-width boards on 20 June. Each board that contained a significant amount of sapwood was marked to indicate its tree number, the segment from which it came, and the treatment to which it was to be subjected. Boards that were entirely heartwood

were not used in the study. For each treatment board, an estimate of percentage sapwood was made, and the board width was measured. Tree 1 had the longest log (13 m) and the smallest heart (15 cm), so it produced more sample boards than did the other trees. The treatments, assigned sequentially as the boards came off of the saw, were as follows:

1. Control—No treatment
2. Sulfite bath—A 28-cm-wide × 21-cm-high × 166-cm-long treatment box was constructed by clamping up a wooden frame, setting it on the ground, and fitting a large plastic sheet to create a basin. This basin was filled with 50 L of a 5% solution of sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), which is a food additive (mainly as a preservative). Each board was submerged in the sulfite bath for 5 min and stacked on a plastic sheet. When all boards had been treated, the remaining sulfite solution was poured over the dead-piled boards, and they were wrapped with the plastic sheet to keep them wet for 18 h (Figs. 5 and 6). This treatment time was significantly less than that used in other studies.
3. Hammer end—Each board was hit on its end (cross-section) 10 times with a sledge hammer (3-kg head, 22-cm handle).
4. Hammer face—Each board was hit along 60 cm of one surface with the 3-kg sledge hammer. The hits were in a zigzag pattern, with 14 hits (two rows) for boards less than 15 cm wide and 24 hits (three rows) for boards greater than 15 cm wide.
5. Speaker—Each board was held for 15 seconds against a Peavey PV-1.3K speaker, blaring the music of “Reggaeton Boricua” at volume 4 out of a scale maximum of 10 (Fig. 7).
6. Drop on end—Each board was dropped twice from a height of 4 m onto a concrete sidewalk such that the unmarked end hit the sidewalk (Fig. 8).

The marked boards were immediately taken by truck to Fundación Infocal in Santa Cruz. All treatments were carried out at Infocal 22–24 June except for the speaker treatment, which was conducted at a commercial sound system business in a residential neighborhood of Santa Cruz on 23 June.

Kiln Drying

The boards used in the study were loaded into the dry kiln at Infocal on 24–25 June. First, the kiln was stacked with 12 courses of non-experiment ochoó, followed by the treatment and filler boards (because the treatment boards were shorter than the rest of the charge). Care was taken to ensure that the treatment boards were uniformly distributed (Fig. 9). The kiln was then filled with non-experiment ochoó. Four kiln samples were prepared and inserted into the charge to monitor drying. The charge was weighted with

timbers and concrete tiles, and the baffles were sealed to guarantee air flow through the stacked lumber (Fig. 10).

On 25 June the kiln was turned on. The kiln schedule used was T3–D1 (modificado) of the *Guía para el secado de la madera en hornos* (Viscarra 1998), given in Table 2.

When the kiln boards reached the target moisture content, the charge was equalized and conditioned. The boards were unloaded from the kiln on 20 July and were stored in the workshop until evaluation of the discoloration on 13–14 February 2007.

Evaluation of Discoloration

Most of the boards had developed a surface mold prior to being loaded into the kiln. After drying, each board was cut at 30 cm from treatment end, and the cross sections were evaluated for degree of discoloration. Many were completely discolored across their entire cross sections, but it was common for a board surface to be white to a depth of a few millimeters yet have severe discoloration in the center. In these instances, the discoloration was sometimes quite regular or sometimes irregular (Figs. 11 to 14). The discoloration-free surfaces have two possible explanations: (1) Rapid surface drying may be a factor in preventing discoloration, so that quicker processing could reduce or eliminate discoloration, or (2) the mechanical action of the saw blade on the wood surfaces may cause cellular damage that prevents discoloration from developing. The damage hypothesis is the basis for the Amburgey and Kitchens’ 1997 patent.

The depth of the white surfaces was measured on each evaluation board in four places, once at each corner of the 30-cm cut-off. When a board was completely white, the depth was recorded as 22 mm, which is one-half the average dry board thickness of 44 mm. The Appendix lists the tree, log and board numbers, board width and percentage sapwood, treatment to which the board was subjected, degree of discoloration rated from 1 (slight or none) to 4 (completely discolored), and thickness of undiscolored wood.

Table 3 and Figures 15 and 16 summarize the evaluations. Most of the boards were significantly discolored (the mean score of all boards was 3.0), but the sulfite treatment reduced discoloration (mean score for sulfite-treated boards was 1.8) (Fig. 17). The other treatments did not result in any improvement, and one (hammer, end) was even worse than the untreated control. A similar trend was found from the depth of discoloration evaluation. The mean thickness of undiscolored wood was 6.6 mm, but the thickness for the sulfite-treated samples was more than double this mean (13.9 mm), and the other treatments showed no overall improvement over the control. However, the boards that were hammered on the face gave very interesting results. Many of these boards showed white circles that

corresponded to the face of the hammer. Cutting through these circles showed that the white areas penetrated to a depth of 0.5–1.0 cm (Fig. 18). Thus, it appears that surface hammering might eliminate discoloration, although the hammer hits would have to overlap, and perhaps the force necessary to achieve adequate penetration would result unacceptable surface damage. Nonetheless, the use of surface impact warrants further study, especially if combined with vibration as described in Amburgey and Kitchens (1997a,b), whose most successful tests were conducted on both surfaces of 2.5-cm-thick boards.

There were differences among trees (Table 3), although there is no clear explanation for them. Trees 1 and 4 suffered more discoloration than did trees 2 and 3, both in overall discoloration scores and in thickness of undiscolored wood. All four trees were about the same size (DBH range 72 to 78 cm). Heartwood diameters of trees 2 and 3 (38 and 32 cm, respectively) were much larger than that of tree 1 (15 cm) but only slightly larger than that of tree 4 (30 cm), so it would seem that sapwood quality as a function of thickness is not a factor. A possibility is that sapwood quality varies with height in a tree; the study log from tree 1 was much longer than the other logs, although the study log from tree 4 (which gave the worst results) was only slightly longer than those of trees 2 and 3. More logs with greater variability in DBH and heartwood diameter, with annotation of height within a tree, must be studied to determine if sapwood characteristics are a determinant in degree of discoloration.

Percentage heartwood contained by a board had no effect on discoloration score or depth of undiscolored wood. Boards that were as little as 30% or as much as 100% sapwood showed completely undiscolored wood in some samples.

Conclusions and Recommendations

1. A time interval of 6 days between felling and initiation of kiln drying did not prevent sapwood discoloration. Shortening this interval might successfully reduce stain, but the efficacy of very rapid processing must be tested.
2. Submersion in sulfite for 5 min, followed by sealing the treated boards for 18 h, greatly decreased overall discoloration, with half the boards showing slight or no discoloration and a third of them undiscolored across the entire board thickness. A 2-week diffusion time would probably eliminate most stain, but such a long interval is not a practical solution for most sawmill operations in Bolivia. Further testing is required to determine if a practical sulfite treatment, perhaps one that uses a slightly longer soak time, higher sulfite concentration, or pressure treatment, can be effectively incorporated into the green chain.
3. Shock treatments did not substantially reduce discoloration, except for the localized effects of hammering

board surfaces. The white areas produced had cross-sections slightly larger than the area of the face of the hammer and penetrated about 0.5 cm. More impacts with greater force might result in completely undiscolored wood, although the force necessary to achieve adequate depth might result in unacceptable surface damage. Use of rollers or presses that apply vibration and uniform pressure might achieve the desired results.

4. The decision to eliminate sapwood discoloration in ochoó sapwood is an economic one. Sulfite treatment will work, but the 1- to 2-week diffusion period, perhaps coupled with pressure treatment for thick boards, is probably not cost effective. Shock, pressure, and vibration will also work, but special equipment would be necessary to achieve uniform, deep penetration. Rapid processing might be successful, but the 6-day felling to drying interval of this study was not fast enough, and it is unlikely that current conditions in Bolivia will allow for faster turnaround.

Table 1. Characteristics of the study trees and logs.

Tree	DBH (cm)	Log length (m)	Log dib (cm)		Heartwood diameter (cm)	
			Base	Top	Base	Top
1	75	13	71	55	8	23
2	72	6	72	53	42	34
3	74	6	67	54	32	32
4	78	8	64	55	31	28

Tabla 1. Características de los árboles y rollos empleados para el estudio

Árbol	DAP (cm)	Largo de rollo (m)	Diámetro de la corteza hacia adentro (cm)		Diámetro del duramen (cm)	
			Extremo inferior	Extremo superior	Extremo inferior	Extremo superior
1	75	13	71	55	8	23
2	72	6	72	53	42	34
3	74	6	67	54	32	32
4	78	8	64	55	31	28

Table 2. Kiln schedule T3-D1 (modificado), used for drying 5-cm thick ochoó.

MC at start of step (%)	Dry-bulb (°C)	Wet-bulb (°C)
>50	43.5	41.5
50-40	43.5	41.0
40-35	43.5	40.0
35-30	43.5	37.5
30-25	49.0	35.0
25-20	54.5	32.0
20-15	60.0	32.0
15–final	70.0	43.5

Tabla 2. Programa de secado T3-D1 (modificado) empleado para el tratamiento de tablas de ochoó de 5 cm de espesor.

CH al inicio (%)	Bulbo seco (°C)	Bulbo húmedo (°C)
>50	43,5	41,5
50-40	43,5	41,0
40-35	43,5	40,0
35-30	43,5	37,5
30-25	49,0	35,0
25-20	54,5	32,0
20-15	60,0	32,0
15–final	71,0	43,5

Table 3. Summary of tree characteristics (basal diameter inside bark and heartwood diameter) and discoloration evaluations^a

Tree no.	DBH (cm)	Heart diameter (cm)	Treatment	No. boards	Average discoloration score	Average thickness of undiscolored wood (mm)
1	75	15	Control	14	3.9	3.7
			Drop	12	3.9	3.5
			Hammer, end	13	4.0	3.7
			Hammer, face	13	3.7	3.5
			Speaker	13	3.6	3.9
			Sulfite	15	2.0	11.0
			All boards	80	3.5	5.0
2	72	38	Control	9	2.9	8.4
			Drop	7	1.9	14.5
			Hammer, end	7	2.9	4.1
			Hammer, face	7	2.3	9.9
			Speaker	7	2.4	7.7
			Sulfite	8	1.1	20.1
			All boards	45	2.2	10.9
3	74	32	Control	4	2.2	8.0
			Drop	3	2.0	13.2
			Hammer, end	3	2.3	5.9
			Hammer, face	3	2.3	9.8
			Speaker	3	2.7	5.3
			Sulfite	4	1.0	22.0
			All boards	20	2.1	11.1
4	78	30	Control	6	4.0	0.7
			Drop	6	4.0	1.2
			Hammer, end	6	4.0	0.8
			Hammer, face	6	3.5	1.2
			Speaker	6	3.7	1.2
			Sulfite	6	2.5	7.5
			All boards	36	3.6	2.1
All four trees			Control	33	3.4	5.0
			Drop	28	3.2	6.8
			Hammer, end	29	3.6	3.4
			Hammer, face	29	3.2	5.2
			Speaker	29	3.2	4.4
			Sulfite	33	1.8	13.9
			All boards	181	3.0	6.6

^a Discoloration scored from 1 to 4, where 1=no discoloration and 4=severe discoloration. Thickness of undiscolored wood is the average of four measurements.

Tabla 3. Resumen de las características de los árboles (diámetro a la altura del pecho y diámetro del duramen) y evaluaciones de decoloración^a

N° de árbol	DAP (cm)	Diámetro de duramen (cm)	Tratamiento	Cantidad de tablas	Valor promedio de decoloración	Espesor promedio de madera sin decoloración (mm)
1	75	15	Control	14	3.9	3.7
			Caída	12	3.9	3.5
			Golpe, extremo	13	4.0	3.7
			Golpe, cara	13	3.7	3.5
			Parlante	13	3.6	3.9
			Sulfito	15	2.0	11.0
			Todas las tablas	80	3.5	5.0
2	72	38	Control	9	2.9	8.4
			Caída	7	1.9	14.5
			Golpe, extremo	7	2.9	4.1
			Golpe, cara	7	2.3	9.9
			Parlante	7	2.4	7.7
			Sulfito	8	1.1	20.1
			Todas las tablas	45	2.2	10.9
3	74	32	Control	4	2.2	8.0
			Caída	3	2.0	13.2
			Golpe, extremo	3	2.3	5.9
			Golpe, cara	3	2.3	9.8
			Parlante	3	2.7	5.3
			Sulfito	4	1.0	22.0
			Todas las tablas	20	2.1	11.1
4	78	30	Control	6	4.0	0.7
			Caída	6	4.0	1.2
			Golpe, extremo	6	4.0	0.8
			Golpe, cara	6	3.5	1.2
			Parlante	6	3.7	1.2
			Sulfito	6	2.5	7.5
			Todas las tablas	36	3.6	2.1
Todos los árboles			Control	33	3.4	5.0
			Caída	28	3.2	6.8
			Golpe, extremo	29	3.6	3.4
			Golpe, cara	29	3.2	5.2
			Parlante	29	3.2	4.4
			Sulfito	33	1.8	13.9
			Todas las tablas	181	3.0	6.6

^a Valores de decoloración de 1 a 4, siendo 1=sin decoloración y 4=decoloración grave. El espesor de la madera sin decoloración es el promedio de cuatro mediciones.

Appendix—Tree, log, and board number, board width, percentage sapwood, degree of discoloration,^a and average depth of undiscolored wood

Tree no.	Log	Board no.	Treatment	Width (cm)	Percentage sapwood	Degree of discoloration ^a	Average depth of undiscolored wood (mm)
1	A	1	Control	22	100	4	3.8
1	A	7	Control	22	100	4	6.0
1	A	13	Control	20	50	3	5.8
1	A	19	Control	11	100	4	5.0
1	A	25	Control	11	100	4	5.0
1	C	1	Control	10	100	4	2.0
1	C	7	Control	11	100	4	3.3
1	C	13	Control	10	100	4	2.3
1	C	19	Control	10	100	4	1.0
1	C	25	Control	11	100	4	1.5
1	C	31	Control	11	100	4	4.3
1	E	1	Control	9	100	4	5.5
1	E	7	Control	11	50	3	1.5
1	E	13	Control	11	100	4	5.5
2	A	1	Control	22	80	3	10.8
2	A	7	Control	11	100	4	4.5
2	A	13	Control	22	60	2	13.5
2	A	19	Control	10	100	3	6.5
2	A	25	Control	10	100	3	11.8
2	A	31	Control	10	90	2	6.3
2	C	1	Control	22	40	4	2.8
2	C	7	Control	10	70	3	13.0
2	C	13	Control	10	90	2	7.0
3	C	1	Control	10	50	2	14.8
3	C	7	Control	8	100	2	5.0
3	C	13	Control	10	90	2	0.0
3	C	19	Control	18	85	3	12.3
4	A&C	1	Control	14	70	4	1.0
4	A&C	7	Control	22	100	4	0.8
4	A&C	13	Control	14	100	4	0.5
4	A&C	19	Control	11	100	4	0.5
4	A&C	25	Control	17	100	4	1.0
4	A&C	31	Control	22	70	4	0.5
1	A	5	Drop	22	100	4	5.0
1	A	11	Drop	22	100	3	6.3
1	A	17	Drop	10	100	4	3.0
1	A	23	Drop	11	100	4	7.0
1	C	5	Drop	22	80	4	1.5
1	C	11	Drop	10	100	4	3.0
1	C	17	Drop	10	100	4	1.8
1	C	23	Drop	11	100	4	2.8
1	C	29	Drop	10	100	4	1.3
1	C	35	Drop	11	100	4	1.5
1	E	5	Drop	11	100	4	4.8

Tree no.	Log	Board no.	Treatment	Width (cm)	Percentage sapwood	Degree of discoloration ^a	Average depth of undiscolored wood (mm)
1	E	11	Drop	13	100	4	4.3
2	A	5	Drop	22	70	3	3.8
2	A	11	Drop	22	30	2	22.0
2	A	17	Drop	22	70	1	22.0
2	A	23	Drop	10	90	2	5.3
2	A	29	Drop	11	100	3	4.5
2	C	5	Drop	10	90	1	22.0
2	C	11	Drop	10	90	1	22.0
3	C	5	Drop	22	70	2	12.8
3	C	11	Drop	11	90	2	22.0
3	C	17	Drop	11	100	2	4.8
4	A&C	5	Drop	14	100	4	0.5
4	A&C	11	Drop	22	100	4	1.5
4	A&C	17	Drop	22	80	4	1.8
4	A&C	23	Drop	15	90	4	0.5
4	A&C	29	Drop	9	100	4	1.5
4	A&C	35	Drop	9	100	4	1.5
1	A	3	Hammer, end	22	40	4	3.5
1	A	9	Hammer, end	22	40	4	3.8
1	A	15	Hammer, end	15	100	4	2.0
1	A	21	Hammer, end	11	90	4	5.0
1	C	3	Hammer, end	22	80	4	2.8
1	C	9	Hammer, end	14	100	4	1.0
1	C	15	Hammer, end	10	100	4	1.3
1	C	21	Hammer, end	11	100	4	1.8
1	C	27	Hammer, end	10	100	4	2.0
1	C	33	Hammer, end	11	100	4	3.3
1	E	3	Hammer, end	11	100	4	6.5
1	E	9	Hammer, end	13	80	4	8.3
1	E	15	Hammer, end	13	100	4	7.0
2	A	3	Hammer, end	10	100	3	6.0
2	A	9	Hammer, end	10	100	3	4.0
2	A	15	Hammer, end	22	70	2	0.0
2	A	21	Hammer, end	10	100	2	4.3
2	A	27	Hammer, end	10	95	3	6.0
2	C	3	Hammer, end	10	100	3	4.3
2	C	9	Hammer, end	13	80	4	4.3
3	C	3	Hammer, end	11	100	3	10.3
3	C	9	Hammer, end	10	100	2	2.0
3	C	15	Hammer, end	10	100	2	5.5
4	A&C	3	Hammer, end	17	100	4	0.0
4	A&C	9	Hammer, end	17	100	4	0.3
4	A&C	15	Hammer, end	22	100	4	1.3
4	A&C	21	Hammer, end	22	80	4	1.8
4	A&C	27	Hammer, end	22	80	4	1.0
4	A&C	33	Hammer, end	22	80	4	0.8
1	A	4	Hammer, face	22	95	4	5.3
1	A	10	Hammer, face	22	100	4	7.0
1	A	16	Hammer, face	13	100	4	5.5
1	A	22	Hammer, face	17	100	1	4.0

Tree no.	Log	Board no.	Treatment	Width (cm)	Percentage sapwood	Degree of discoloration ^a	Average depth of undischored wood (mm)
1	C	4	Hammer, face	22	80	4	2.5
1	C	10	Hammer, face	10	100	4	1.3
1	C	16	Hammer, face	11	100	4	1.3
1	C	22	Hammer, face	11	100	4	0.8
1	C	28	Hammer, face	11	100	4	1.0
1	C	34	Hammer, face	10	100	4	3.0
1	E	4	Hammer, face	11	75	4	4.8
1	E	10	Hammer, face	17	90	4	4.5
1	E	16	Hammer, face	24	60	3	4.3
2	A	4	Hammer, face	11	100	3	5.5
2	A	10	Hammer, face	10	95	2	9.0
2	A	16	Hammer, face	11	100	4	13.5
2	A	22	Hammer, face	20	40	1	8.5
2	A	28	Hammer, face	15	80	2	12.5
2	C	4	Hammer, face	11	90	2	6.5
2	C	10	Hammer, face	13	30	2	13.8
3	C	4	Hammer, face	8	70	2	13.3
3	C	10	Hammer, face	8	100	3	12.3
3	C	16	Hammer, face	13	50	2	4.0
4	A&C	4	Hammer, face	11	70	3	0.8
4	A&C	10	Hammer, face	22	100	4	1.3
4	A&C	16	Hammer, face	17	100	4	1.5
4	A&C	22	Hammer, face	22	100	3	0.5
4	A&C	28	Hammer, face	17	100	4	2.0
4	A&C	34	Hammer, face	14	50	3	1.3
1	A	6	Speaker	22	100	4	2.5
1	A	12	Speaker	22	100	3	8.0
1	A	18	Speaker	11	90	4	5.3
1	A	24	Speaker	11	60	4	3.8
1	C	6	Speaker	19	100	4	0.3
1	C	12	Speaker	10	100	4	2.0
1	C	18	Speaker	11	100	3	2.0
1	C	24	Speaker	10	100	4	2.3
1	C	30	Speaker	10	100	4	4.3
1	C	36	Speaker	22	100	4	3.8
1	E	6	Speaker	13	100	3	9.5
1	E	12	Speaker	24	30	3	4.8
1	E	18	Speaker	24	20	3	2.8
2	A	6	Speaker	10	90	2	9.0
2	A	12	Speaker	22	50	2	12.8
2	A	18	Speaker	10	100	2	4.8
2	A	24	Speaker	11	100	3	8.5
2	A	30	Speaker	22	60	3	6.0
2	C	6	Speaker	11	100	2	5.8
2	C	12	Speaker	10	100	3	7.3
3	C	6	Speaker	20	100	3	5.5
3	C	12	Speaker	10	100	3	4.8
3	C	18	Speaker	11	90	2	5.8
4	A&C	6	Speaker	11	95	3	1.0
4	A&C	12	Speaker	14	95	4	1.0

Tree no.	Log	Board no.	Treatment	Width (cm)	Percentage sapwood	Degree of discoloration ^a	Average depth of undiscolored wood (mm)
4	A&C	18	Speaker	11	100	4	1.5
4	A&C	24	Speaker	13	100	4	1.0
4	A&C	30	Speaker	14	40	4	1.0
4	A&C	36	Speaker	10	100	3	2.0
1	A	2	Sulfite	22	100	2	12.3
1	A	8	Sulfite	22	60	4	8.8
1	A	14	Sulfite	22	100	2	18.5
1	A	20	Sulfite	13	95	1	10.5
1	A	26	Sulfite	13	70	1	10.0
1	C	2	Sulfite	10	100	2	4.3
1	C	8	Sulfite	11	100	1	11.0
1	C	14	Sulfite	14	100	3	13.5
1	C	20	Sulfite	10	100	1	11.0
1	C	26	Sulfite	10	100	4	9.8
1	C	32	Sulfite	10	100	2	14.0
1	E	2	Sulfite	10	100	2	5.3
1	E	8	Sulfite	17	95	1	15.0
1	E	14	Sulfite	17	100	2	14.0
1	E	17	Sulfite	22	40	2	8.0
2	A	2	Sulfite	22	100	1	22.0
2	A	8	Sulfite	10	100	1	22.0
2	A	14	Sulfite	11	100	1	22.0
2	A	20	Sulfite	11	30	2	6.7
2	A	26	Sulfite	10	100	1	22.0
2	C	2	Sulfite	13	80	1	22.0
2	C	8	Sulfite	22	40	1	22.0
2	C	14	Sulfite	11	80	1	22.0
3	C	2	Sulfite	11	70	1	22.0
3	C	8	Sulfite	9	90	1	22.0
3	C	14	Sulfite	22	80	1	22.0
3	C	20	Sulfite	22	40	1	22.0
4	A&C	2	Sulfite	10	100	2	17.0
4	A&C	8	Sulfite	10	100	3	1.8
4	A&C	14	Sulfite	20	100	2	4.0
4	A&C	20	Sulfite	22	100	3	3.0
4	A&C	26	Sulfite	17	95	2	14.8
4	A&C	32	Sulfite	11	100	3	4.5

^a 1, no discoloration; 4, severe discoloration.

Apéndice—Número de árbol, troza y tabla, ancho de tabla, porcentaje de albura, grado de decoloración,^a y profundidad promedio de madera sin decoloración

Árbol	Troza	Tabla	Tratamiento	Ancho, cm	% albura	Grado de decoloración ^a	Profundidad promedio de madera sin decoloración, mm
1	A	1	Control	22	100	4	3.8
1	A	7	Control	22	100	4	6.0
1	A	13	Control	20	50	3	5.8
1	A	19	Control	11	100	4	5.0
1	A	25	Control	11	100	4	5.0
1	C	1	Control	10	100	4	2.0
1	C	7	Control	11	100	4	3.3
1	C	13	Control	10	100	4	2.3
1	C	19	Control	10	100	4	1.0
1	C	25	Control	11	100	4	1.5
1	C	31	Control	11	100	4	4.3
1	E	1	Control	9	100	4	5.5
1	E	7	Control	11	50	3	1.5
1	E	13	Control	11	100	4	5.5
2	A	1	Control	22	80	3	10.8
2	A	7	Control	11	100	4	4.5
2	A	13	Control	22	60	2	13.5
2	A	19	Control	10	100	3	6.5
2	A	25	Control	10	100	3	11.8
2	A	31	Control	10	90	2	6.3
2	C	1	Control	22	40	4	2.8
2	C	7	Control	10	70	3	13.0
2	C	13	Control	10	90	2	7.0
3	C	1	Control	10	50	2	14.8
3	C	7	Control	8	100	2	5.0
3	C	13	Control	10	90	2	0.0
3	C	19	Control	18	85	3	12.3
4	A&C	1	Control	14	70	4	1.0
4	A&C	7	Control	22	100	4	0.8
4	A&C	13	Control	14	100	4	0.5
4	A&C	19	Control	11	100	4	0.5
4	A&C	25	Control	17	100	4	1.0
4	A&C	31	Control	22	70	4	0.5
1	A	5	Caída	22	100	4	5.0
1	A	11	Caída	22	100	3	6.3
1	A	17	Caída	10	100	4	3.0
1	A	23	Caída	11	100	4	7.0
1	C	5	Caída	22	80	4	1.5
1	C	11	Caída	10	100	4	3.0
1	C	17	Caída	10	100	4	1.8
1	C	23	Caída	11	100	4	2.8
1	C	29	Caída	10	100	4	1.3
1	C	35	Caída	11	100	4	1.5

Árbol	Troza	Tabla	Tratamiento	Ancho, cm	% albura	Grado de decoloración ^a	Profundidad promedio de madera sin decoloración, mm
1	E	5	Caída	11	100	4	4.8
1	E	11	Caída	13	100	4	4.3
2	A	5	Caída	22	70	3	3.8
2	A	11	Caída	22	30	2	22.0
2	A	17	Caída	22	70	1	22.0
2	A	23	Caída	10	90	2	5.3
2	A	29	Caída	11	100	3	4.5
2	C	5	Caída	10	90	1	22.0
2	C	11	Caída	10	90	1	22.0
3	C	5	Caída	22	70	2	12.8
3	C	11	Caída	11	90	2	22.0
3	C	17	Caída	11	100	2	4.8
4	A&C	5	Caída	14	100	4	0.5
4	A&C	11	Caída	22	100	4	1.5
4	A&C	17	Caída	22	80	4	1.8
4	A&C	23	Caída	15	90	4	0.5
4	A&C	29	Caída	9	100	4	1.5
4	A&C	35	Caída	9	100	4	1.5
1	A	3	Golpes, extremo	22	40	4	3.5
1	A	9	Golpes, extremo	22	40	4	3.8
1	A	15	Golpes, extremo	15	100	4	2.0
1	A	21	Golpes, extremo	11	90	4	5.0
1	C	3	Golpes, extremo	22	80	4	2.8
1	C	9	Golpes, extremo	14	100	4	1.0
1	C	15	Golpes, extremo	10	100	4	1.3
1	C	21	Golpes, extremo	11	100	4	1.8
1	C	27	Golpes, extremo	10	100	4	2.0
1	C	33	Golpes, extremo	11	100	4	3.3
1	E	3	Golpes, extremo	11	100	4	6.5
1	E	9	Golpes, extremo	13	80	4	8.3
1	E	15	Golpes, extremo	13	100	4	7.0
2	A	3	Golpes, extremo	10	100	3	6.0
2	A	9	Golpes, extremo	10	100	3	4.0
2	A	15	Golpes, extremo	22	70	2	0.0
2	A	21	Golpes, extremo	10	100	2	4.3
2	A	27	Golpes, extremo	10	95	3	6.0
2	C	3	Golpes, extremo	10	100	3	4.3
2	C	9	Golpes, extremo	13	80	4	4.3
3	C	3	Golpes, extremo	11	100	3	10.3
3	C	9	Golpes, extremo	10	100	2	2.0
3	C	15	Golpes, extremo	10	100	2	5.5
4	A&C	3	Golpes, extremo	17	100	4	0.0
4	A&C	9	Golpes, extremo	17	100	4	0.3
4	A&C	15	Golpes, extremo	22	100	4	1.3
4	A&C	21	Golpes, extremo	22	80	4	1.8
4	A&C	27	Golpes, extremo	22	80	4	1.0
4	A&C	33	Golpes, extremo	22	80	4	0.8
1	A	4	Golpes, cara	22	95	4	5.3
1	A	10	Golpes, cara	22	100	4	7.0

Árbol	Troza	Tabla	Tratamiento	Ancho, cm	% albura	Grado de decoloración ^a	Profundidad promedio de madera sin decoloración, mm
1	A	16	Golpes, cara	13	100	4	5.5
1	A	22	Golpes, cara	17	100	1	4.0
1	C	4	Golpes, cara	22	80	4	2.5
1	C	10	Golpes, cara	10	100	4	1.3
1	C	16	Golpes, cara	11	100	4	1.3
1	C	22	Golpes, cara	11	100	4	0.8
1	C	28	Golpes, cara	11	100	4	1.0
1	C	34	Golpes, cara	10	100	4	3.0
1	E	4	Golpes, cara	11	75	4	4.8
1	E	10	Golpes, cara	17	90	4	4.5
1	E	16	Golpes, cara	24	60	3	4.3
2	A	4	Golpes, cara	11	100	3	5.5
2	A	10	Golpes, cara	10	95	2	9.0
2	A	16	Golpes, cara	11	100	4	13.5
2	A	22	Golpes, cara	20	40	1	8.5
2	A	28	Golpes, cara	15	80	2	12.5
2	C	4	Golpes, cara	11	90	2	6.5
2	C	10	Golpes, cara	13	30	2	13.8
3	C	4	Golpes, cara	8	70	2	13.3
3	C	10	Golpes, cara	8	100	3	12.3
3	C	16	Golpes, cara	13	50	2	4.0
4	A&C	4	Golpes, cara	11	70	3	0.8
4	A&C	10	Golpes, cara	22	100	4	1.3
4	A&C	16	Golpes, cara	17	100	4	1.5
4	A&C	22	Golpes, cara	22	100	3	0.5
4	A&C	28	Golpes, cara	17	100	4	2.0
4	A&C	34	Golpes, cara	14	50	3	1.3
1	A	6	Parlante	22	100	4	2.5
1	A	12	Parlante	22	100	3	8.0
1	A	18	Parlante	11	90	4	5.3
1	A	24	Parlante	11	60	4	3.8
1	C	6	Parlante	19	100	4	0.3
1	C	12	Parlante	10	100	4	2.0
1	C	18	Parlante	11	100	3	2.0
1	C	24	Parlante	10	100	4	2.3
1	C	30	Parlante	10	100	4	4.3
1	C	36	Parlante	22	100	4	3.8
1	E	6	Parlante	13	100	3	9.5
1	E	12	Parlante	24	30	3	4.8
1	E	18	Parlante	24	20	3	2.8
2	A	6	Parlante	10	90	2	9.0
2	A	12	Parlante	22	50	2	12.8
2	A	18	Parlante	10	100	2	4.8
2	A	24	Parlante	11	100	3	8.5
2	A	30	Parlante	22	60	3	6.0
2	C	6	Parlante	11	100	2	5.8
2	C	12	Parlante	10	100	3	7.3
3	C	6	Parlante	20	100	3	5.5
3	C	12	Parlante	10	100	3	4.8

Árbol	Troza	Tabla	Tratamiento	Ancho, cm	% albura	Grado de decoloración ^a	Profundidad promedio de madera sin decoloración, mm
3	C	18	Parlante	11	90	2	5.8
4	A&C	6	Parlante	11	95	3	1.0
4	A&C	12	Parlante	14	95	4	1.0
4	A&C	18	Parlante	11	100	4	1.5
4	A&C	24	Parlante	13	100	4	1.0
4	A&C	30	Parlante	14	40	4	1.0
4	A&C	36	Parlante	10	100	3	2.0
1	A	2	Sulfito	22	100	2	12.3
1	A	8	Sulfito	22	60	4	8.8
1	A	14	Sulfito	22	100	2	18.5
1	A	20	Sulfito	13	95	1	10.5
1	A	26	Sulfito	13	70	1	10.0
1	C	2	Sulfito	10	100	2	4.3
1	C	8	Sulfito	11	100	1	11.0
1	C	14	Sulfito	14	100	3	13.5
1	C	20	Sulfito	10	100	1	11.0
1	C	26	Sulfito	10	100	4	9.8
1	C	32	Sulfito	10	100	2	14.0
1	E	2	Sulfito	10	100	2	5.3
1	E	8	Sulfito	17	95	1	15.0
1	E	14	Sulfito	17	100	2	14.0
1	E	17	Sulfito	22	40	2	8.0
2	A	2	Sulfito	22	100	1	22.0
2	A	8	Sulfito	10	100	1	22.0
2	A	14	Sulfito	11	100	1	22.0
2	A	20	Sulfito	11	30	2	6.7
2	A	26	Sulfito	10	100	1	22.0
2	C	2	Sulfito	13	80	1	22.0
2	C	8	Sulfito	22	40	1	22.0
2	C	14	Sulfito	11	80	1	22.0
3	C	2	Sulfito	11	70	1	22.0
3	C	8	Sulfito	9	90	1	22.0
3	C	14	Sulfito	22	80	1	22.0
3	C	20	Sulfito	22	40	1	22.0
4	A&C	2	Sulfito	10	100	2	17.0
4	A&C	8	Sulfito	10	100	3	1.8
4	A&C	14	Sulfito	20	100	2	4.0
4	A&C	20	Sulfito	22	100	3	3.0
4	A&C	26	Sulfito	17	95	2	14.8
4	A&C	32	Sulfito	11	100	3	4.5

^a 1, sin decoloración; 4, decoloración grave.



Figure 1—Ochoó boards severely affected by oxidative stain (left) and unaffected by stain (right.)

Figura 1—Tablas de ochoó muy afectadas por manchas de oxidación (izquierda), y sin manchas (derecha)



Figure 2—Freshly cut tree of ochoó showing dark-colored heartwood and light-colored sapwood.

Figura 2—Árbol de ochoó recién apeado donde se observa el duramen oscuro y la albura de color claro.



Figure 3—Ochoó log showing irregularly shaped heartwood.

Figura 3—Rollo de ochoó donde se observa la forma irregular del duramen.



Figure 4—Study logs of ochoó, some with small heartwood, some with large heartwood.

Figura 4—Rollo de ochoó bajo estudio, algunos con duramen menor y otros con gran duramen.



Figure 5—Basin for sulfite treatment.

Figura 5—Pileta para tratamiento con sulfito.



Figure 6—Board submerged in sulfite bath.

Figura 6—Tabla sumergida en baño de sulfito.



Figure 7—Board being subjected to “Reggaeton Boricua” as a vibration source.

Figura 7—Tabla sometida a “Reggaeton Boricua” como fuente de vibración.



Figure 10—Fully loaded dry kiln. Sample boards on right side.

Figura 10—Horno de secado con carga completa. Las tablas de muestra se encuentran en el lado derecho.



Figure 8—Board being dropped onto concrete walkway as a shock treatment.

Figura 8—Tratamiento de impacto dejando caer la tabla sobre acera de hormigón.



Figure 11—Sample boards after drying.

Figura 11—Tablas de muestra luego del secado.



Figure 9—Sample boards in dry kiln. Tree, log, board, and treatment codes marked on ends of boards.

Figura 9—Tablas de muestra en horno de secado. Los códigos del árbol, rollo, tabla y tratamiento se ven marcados en extremos de las tablas.



Figure 12—Cross sections of dried sample boards.

Figura 12—Corte transversal de tablas de muestra secadas.



Figure 13—Cross sections of control boards, showing extensive discoloration.

Figura 13—Corte transversal de tablas de control donde se observa decoloración importante.



Figure 14—Cross sections of boards that were dropped on walkway to induce shock treatment. Note extensive discoloration.

Figura 14—Corte transversal de tablas que se dejaron caer sobre la acera como tratamiento de impacto. Se observa la importante decoloración.

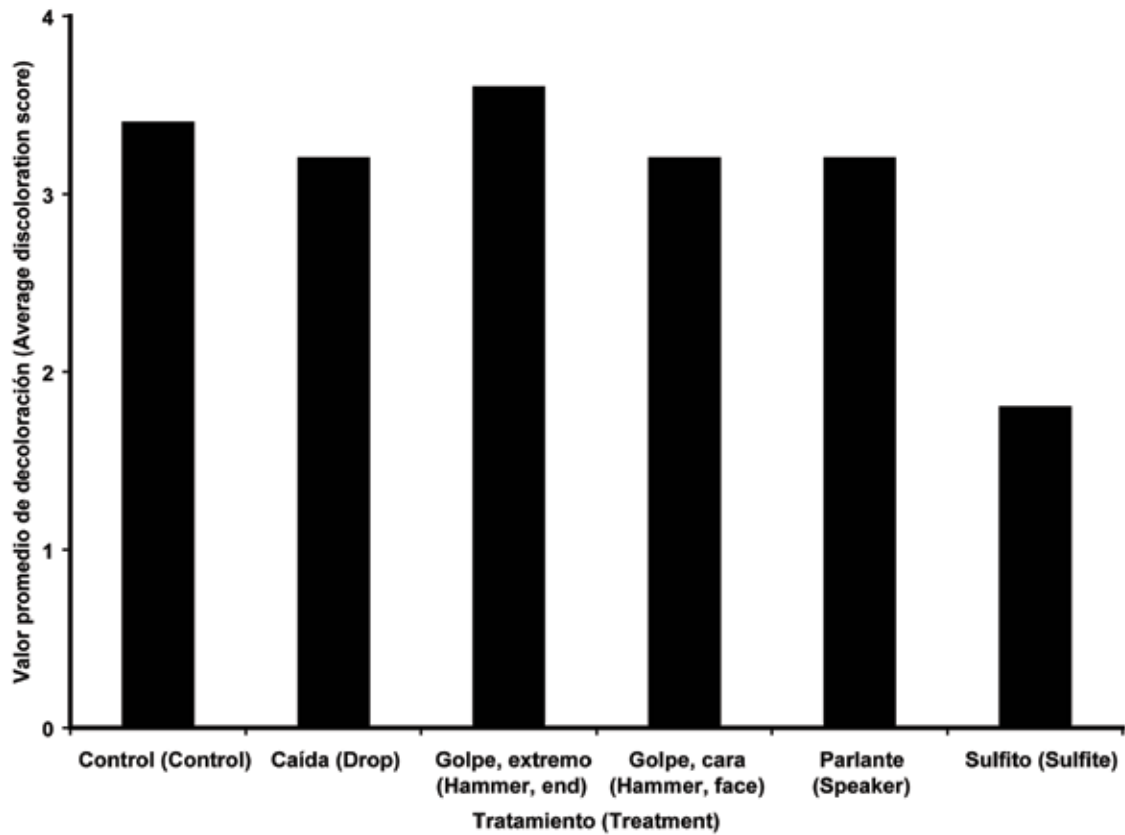


Figure 15—Average discoloration score for each treatment.

Figura 15—Valor promedio de decoloración para cada tratamiento.

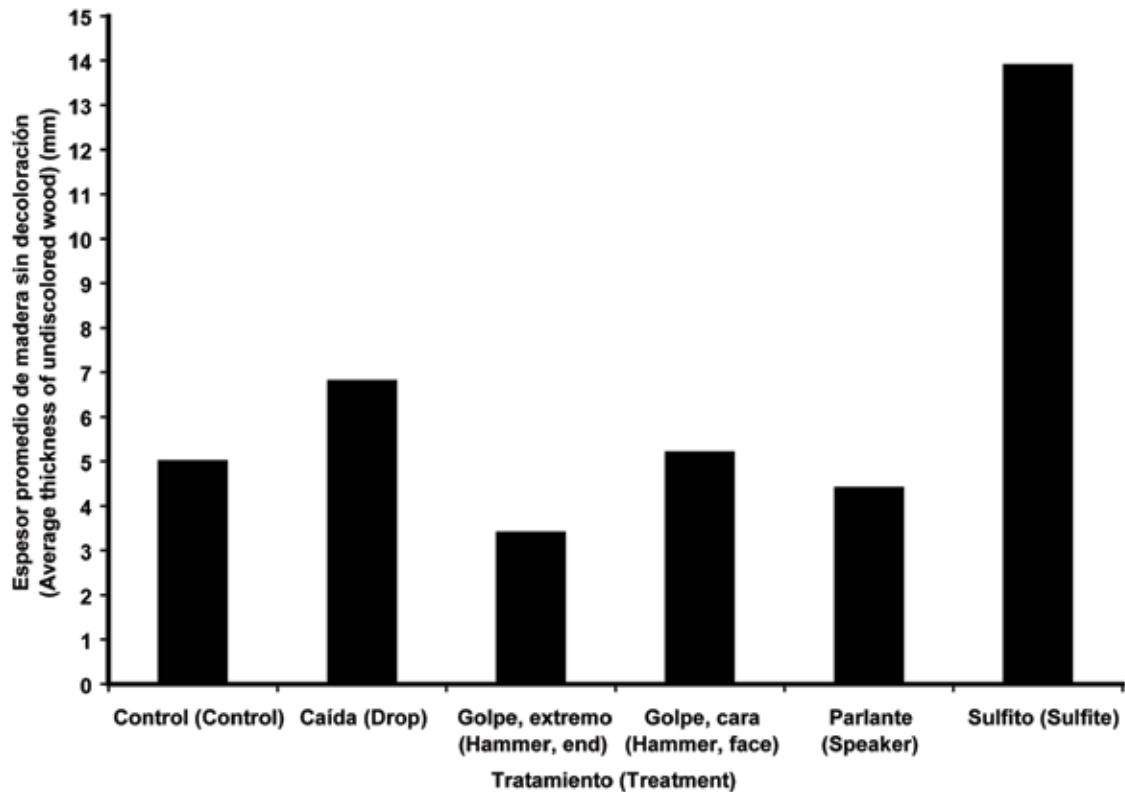


Figure 16—Average thickness of undiscolored wood for each treatment.

Figura 16—Espesor promedio de madera sin decoloración para cada tratamiento.



Figure 17—Cross sections of boards that were treated in sulfite solution. Note that some boards have discolored centers, others have little or no discoloration. Four of the boards are less than 50% sapwood, but their heartwood is distinguishable from discolored sapwood.

Figura 17—Corte transversal de tablas tratadas en solución de sulfito. Se observa que algunas tablas presentan centros decolorados, mientras que otras presentan escasa o ninguna decoloración. Cuatros de las tablas tienen menos de 50 % de albura, pero su duramen se distingue de la albura decolorada.



Figure 18—White marks on board surface, caused by hammer impact.

Figura 18—Marcas blancas en la superficie de la tabla causadas por impacto de mazo.

Reducción de la Mancha de Oxidación en Ochoó (*Hura crepitans* L.)

Michael C. Wiemann, Experto en Botánica

Mark Knaebe, Experto en Tecnología de Productos Forestales
Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin

Fernando Harriague, Area de Secado Y Preservación de Madera
Centro Amazónico de Desarrollo Forestal, Santa Cruz, Bolivia

Introducción

Hura crepitans L. es una especie de amplia distribución que crece en las Indias Occidentales (Antillas), América Central, y zona tropical de América del Sur. Se la conoce a nivel internacional con los nombres comerciales rakuda, hurawood y possumwood. El nombre común en Bolivia es ochoó, y en otras zonas de su distribución natural se la conoce como sandbox, ceiba, haba, jabillo, acuapa, y assacú. Frecuentemente presenta un diámetro mayor a 2 m y puede alcanzar una altura de 60 m, con un fuste limpio de hasta 30 m. Produce madera suave y liviana (densidad de 0,35–0,45 g/cm³ secado al aire) con color que varía desde casi blanco (albura) a café (marrón) amarillento o grisáceo. Se la considera la principal especie comercial de la selva húmeda tropical boliviana (Gutiérrez R. y Silva S. sin fecha, Killeen et al. 1993.). La madera seca se trabaja fácilmente y tiene buen acabado, pero la madera verde presenta más dificultades, produciendo en general superficies con vellosidades. El grano puede estar entrecruzado, resultando en una baja calidad de la superficie de la madera procesada mecánicamente. La madera tiene buen acabado superficial y es de fácil encolado. Es moderadamente difícil su secado artificial causando algunas deformaciones. Durante el secado en horno de la madera verde se produce contracción radial de 2,7 % y contracción tangencial de 4,5 %. El duramen es de durabilidad moderada, pero la albura es susceptible a afectación por hongos y decoloración, y no es resistente a los insectos. Los usos habituales incluyen carpintería, cajonería, tableros contrachapados, mueblería y tableros de partículas (Chudnoff 1984, Longwood 1962, Record y Hess 1943.)

La albura del ochoó, que habitualmente es afectada por mancha de oxidación (decoloración o “mancha azul”), está siendo subutilizada en Bolivia (Fig. 1). La situación es tan grave que los aserraderos normalmente desechan tableros de albura de 20 pulgadas de ancho, y gran parte de la producción es empleada para mercadería de bajo valor. El objetivo principal del presente proyecto de investigación fue determinar si el procesamiento rápido del ochoó permite la eliminación de las manchas de oxidación en la albura y, en el caso de que no sea factible el procesamiento rápido, si los tratamientos previos al secado pueden incidir en la ocurrencia y gravedad de la mancha.

En algunos ensayos con albura de diferentes especies en los Estados Unidos se obtuvieron zonas sin manchas mediante tratamientos con fumigación, agentes reductores fuertes, microondas, ultrasonido, y vibración y compresión mecánica por rodillos y golpes de mazo. A modo de ejemplo, Forsyth y Amburgey (1992 a,b) controlaron manchas no microbianas mediante tratamiento de inmersión por tres o cuatro minutos en soluciones de bisulfito de sodio, seguidos por dos semanas de depósito para permitir la difusión. El rol del parénquima en la formación de decoloraciones fue demostrado en un experimento dirigido por Schmidt y Amburgey (1994), en el cual se observó que la albura no tratada desarrollaba una mancha gris-azulada, mientras que la albura de la cual se había destruido el parénquima mediante fumigación con bromuro de metilo no presentaba manchas. Amburgey y Kitchens (1997a) demostraron que las decoloraciones no microbianas de la albura son debidas a gránulos pigmentados en el parénquima, y que la decoloración podía ser evitada mediante tratamientos que eliminaran el parénquima previo al secado, tales como exposición a estrés mecánico (compresión o vibración). En base a estos hallazgos dichos autores patentaron un método para control de manchas (Amburgey y Kitchens 1997b, 1999.). Nuestro objetivo fue determinar si mediante tratamientos similares se podía eliminar o reducir la decoloración en la albura de ochoó. Dado que fue un estudio piloto, los métodos empleados fueron simplificaciones de los métodos que pueden ser usados en instalaciones comerciales. Por ejemplo, se produjo compresión y vibración por medio de música a alto volumen, así como golpeando y dejando caer las tablas sobre superficies duras, en lugar de emplear compactadores de impacto, rodillos, placas o prensas, como se especifica en otros estudios. El tiempo de difusión del sulfito fue además en este caso considerablemente menor que el de dos semanas recomendado (Mississippi Forest Products Laboratory 1995.)

El 19 de junio de 2006 visitamos al aserradero La Chonta en Ascensión de Guarayos, Santa Cruz, Bolivia. Se aparearon y tronaron en La Chonta cuatro árboles de ochoó para nuestro estudio (Figs. 2, 3, y 4). En la Tabla 1 se muestran los diámetros a la altura del pecho (DAP), largo de rollos, diámetros de la corteza hacia adentro y diámetros del duramen.

Se esperaba que estos árboles fueran principalmente de albura pero tres de ellos tenían grandes centros de duramen, lo que implicó que la disponibilidad de albura para nuestro estudio se redujera. Cada rollo fue arrastrado al sitio de carga, tronzado en dos o tres rollos menores (largo 2,6–5,9 m), y transportado en camión desde el bosque hasta el aserradero de La Chonta. Los rollos fueron luego cortados en trozas de 1,6 m que se etiquetaron como A, B, C, D o E, siendo A la troza correspondiente a la base del árbol y E la troza del sector más próximo a la copa.

El 20 de junio se aserraron las trozas produciendo tablas de 5 cm de espesor y diferentes anchos. Cada tabla que presentaba cantidad significativa de albura fue identificada con el número del árbol, la troza de la cual provenía, y el tratamiento a aplicar. No se emplearon para el estudio las tablas que eran solamente de duramen. Para cada tabla a tratar se estimó el porcentaje de albura y se midió el ancho de la tabla. El rollo más largo (13 m) y con menos duramen (15 cm) provenía del Árbol 1, del cual se obtuvieron más tablas de muestra que de los árboles restantes. Los tratamientos a los cuales fueron sometidas las tablas según la secuencia en que eran aserradas fueron los siguientes:

1. Control (sin tratamiento)
2. Baño de sulfito. Se construyó una pileta de tratamiento de 28 cm de ancho por 21 cm de altura y 166 cm de largo con un encofrado de madera, que se instaló en el suelo y se recubrió con una membrana plástica. Se llenó la pileta con 50 L de una solución al 5 % de metasulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), aditivo comúnmente empleado para alimentos (principalmente como conservador). Se sumergió cada tabla en el baño de sulfito por cinco minutos y luego se la apiló sobre una membrana plástica (Figs. 5 y 6). Una vez tratadas todas las tablas se vertió el remanente de solución de sulfito sobre las tablas apiladas, envolviéndolas en la membrana plástica a fin de mantenerlas mojadas por 18 horas. Este tiempo de tratamiento es significativamente menor que el aplicado en otros estudios.
3. Golpes de mazo en el extremo. Se golpeó cada tabla en el extremo (corte transversal) diez veces con un mazo (cabeza de 3 kg, mango de 22 cm).
4. Golpes de mazo en las caras. Se golpearon 60 cm de la superficie de una de las caras de cada tabla con el mazo de 3 kg. Los golpes fueron en zigzag, realizando 14 golpes (en dos hileras) en tablas de menos de 15 cm de ancho, y 24 golpes (tres hileras) en tablas de ancho mayor a 15 cm.
5. Parlante. Cada tabla se mantuvo durante 15 segundos contra un parlante Peavey PV-1.3K del cual resonaba música de “Reggaeton Boricua”, a un volumen de 4 en una escala máxima de 10 (Fig. 7).
6. Caída sobre el extremo. Cada tabla fue dejada caer dos veces sobre una acera de hormigón desde una altura de

4 m, de manera tal que el extremo no marcado golpeará la acera (Fig. 8).

Las tablas marcadas fueron trasladadas inmediatamente en camión a la Fundación Infocal en Santa Cruz. Todos los tratamientos fueron realizados en Infocal entre el 22 y el 24 de junio, excepto el tratamiento con el parlante, que se llevó a cabo en un comercio de audio en una zona residencial de Santa Cruz el 23 de junio.

Secado en Horno

Las tablas empleadas para el estudio fueron introducidas en un horno de secado en Infocal el 24 y 25 de junio. El horno fue cargado inicialmente con doce tandas de ocho ó no empleadas para el experimento, seguidas por las tablas sujetas a tratamiento y tablas de relleno (debido a que las tablas en tratamiento eran más cortas que el resto de la carga). Se prestó atención a que las tablas bajo tratamiento fueran uniformemente distribuidas (Fig. 9). Se llenó luego el horno con ocho ó no sometido a experimento. Se prepararon cuatro muestras, las cuales se introdujeron con la carga a fin de controlar el proceso de secado. Se colocó contrapeso con piezas de maderas y baldosas de hormigón para estabilizar la carga, y se sellaron los deflectores para asegurar el flujo de aire a través de la madera apilada (Fig. 10).

El horno se encendió el 25 de junio. Se empleó el programa de secado T3-D1 (modificado) de la *Guía para el secado de la madera en hornos* (Viscarra 1998), según se muestra en la Tabla 2.

Cuando las tablas alcanzaron el contenido de humedad deseado se equilibró y acondicionó la carga. El 20 de julio se retiraron las tablas del horno y se las estibó en el galpón hasta el momento de evaluar la decoloración, el 13-14 de febrero de 2007.

Evaluación de la Decoloración

La mayor parte de las tablas presentaban la superficie cubierta por moho antes de ser cargadas en el horno. Luego del secado se cortó cada tabla a 30 cm del extremo tratado y se analizó el grado de decoloración en los cortes transversales. Varios cortes presentaban decoloración total, pero en muchos casos la superficie de la tabla estaba blanca hasta una profundidad de algunos milímetros con decoloración considerable en el centro. En estos casos la decoloración podía ser tanto homogénea como irregular (Figs. 11, 12, 13, y 14). Consideramos que hay dos posibles explicaciones para que las superficies no mostraran decoloración. Es posible que el secado rápido de la superficie prevenga la decoloración, por lo cual se podría reducir o eliminar la decoloración iniciando el procesamiento en forma más temprana. Otra alternativa es que el efecto mecánico de la hoja de sierra sobre la superficie de la madera cause un daño celular que evite que se produzca decoloración. La hipótesis del daño es la base de la patente obtenida por Amburgey y Kitchens 1997.

Se midió la profundidad que alcanzaba la superficie blanca en cuatro sectores de cada tabla analizada, uno en cada esquina del corte a 30 cm. Cuando la tabla estaba totalmente blanca se registró la profundidad como 22 mm, que equivale a la mitad del promedio de espesor de las tablas secadas (44 mm). En la Tabla 3 se presenta un listado de los números de árbol, rollo y tablas; ancho de las tablas y porcentaje de albura; tratamiento al que se sometió la tabla; grado de decoloración en un rango de 1 (leve a nulo) a 4 (totalmente decolorado); y espesor de la madera no decolorada.

Los resultados de las evaluaciones se sintetizan en la Tabla 4 y en las Figs. 15 y 16. La mayor parte de las tablas presentaban decoloración significativa (valor medio de 3,0 para todas las tablas), pero el tratamiento con sulfito redujo la decoloración (valor medio de 1,8 para las tablas tratadas con sulfito) (Fig. 17). Los restantes tratamientos no produjeron mejoras en el grado de decoloración, y con uno de ellos (golpes de mazo en el extremo) el efecto fue peor comparado con el control sin tratamiento. Se observó una tendencia similar con respecto a la evaluación de la profundidad de decoloración. El espesor medio de madera no decolorada fue de 6,6 mm, pero el espesor medio para el caso de las muestras tratadas con sulfito fue de más del doble de este valor (13,9 mm). Los otros tratamientos no evidenciaban mejoras generales con relación al control. Las tablas que fueron golpeadas en una cara mostraron sin embargo resultados interesantes. Varias de ellas presentaban círculos blancos que correspondían con la cabeza del mazo. Al cortar a través de estos círculos se observó que las áreas blancas penetraban hasta una profundidad de 0,5–1,0 cm (Fig. 18). Esto parece demostrar que el golpeado con mazo de la superficie puede eliminar la decoloración, pero los golpes deberían superponerse y la fuerza necesaria para lograr una penetración adecuada podría causar un daño inaceptable en la superficie. Aún así el empleo de impacto superficial amerita estudios adicionales, especialmente si se lo combina con vibración, según se describe en Amburgey y Kitchens (1997). Estos autores obtuvieron los mejores resultados en ensayos realizados en ambas superficies de tablas de 2,5 cm de espesor.

Se obtuvieron resultados diferentes para diferentes árboles (Tabla 4), no habiendo explicación clara al respecto. Los árboles 1 y 4 presentaron más decoloración que los árboles 2 y 3, tanto teniendo en cuenta los valores generales de decoloración como el espesor de madera no decolorada. Los cuatro árboles eran de similar tamaño (DAP entre 72 y 78 cm). El diámetro del duramen de los árboles 2 y 3 (38 cm y 32 cm respectivamente) era mucho mayor al del árbol 1 (15 cm), pero sólo algo mayor al del árbol 4 (30 cm). Esto parece indicar que el espesor no es un factor determinante de la calidad de la albura. Una posibilidad es que la calidad de la albura varíe con la altura del árbol, dado que el rollo en estudio proveniente del árbol 1 era mucho más largo que los demás rollos, aún cuando el rollo

proveniente del árbol 4 (que produjo los peores resultados) era sólo un poco más largo que los de los árboles 2 y 3. A fin de establecer si las características de la albura son determinantes en el grado de decoloración resulta necesario analizar una mayor cantidad de rollos con mayores variaciones de DAP y diámetros de duramen, teniendo en cuenta además a que altura del árbol corresponden.

El porcentaje de duramen en una tabla no afectaba el grado de decoloración o el espesor de madera no decolorada. Se observó madera sin ninguna decoloración tanto en muestras de tablas con sólo 30 % de albura como en otras con 100 %.

Conclusiones y Recomendaciones

1. El inicio del secado en horno dentro de un plazo no mayor a seis días desde el apeo no evitó la decoloración de la albura. Es posible que al acortar este lapso se logre disminuir el manchado, siendo necesario testear si el procesamiento en forma inmediata resulta eficaz.
2. La inmersión en sulfito durante cinco minutos, envolviendo luego las tablas tratadas durante 18 horas, redujo en gran medida la decoloración general. La mitad de las tablas mostraban muy escasa o ninguna decoloración, y un tercio no presentaba decoloración en todo el espesor de la tabla. Se considera que un tiempo de difusión de dos semanas eliminaría probablemente la mayor parte de las manchas, pero no resulta una solución practicable en la mayor parte de los aserraderos de Bolivia. Se requieren evaluaciones adicionales a fin de determinar si un tratamiento con sulfito más funcional, empleando por ejemplo un tiempo de inmersión algo más prolongado, mayor concentración de sulfito, o tratamiento bajo presión, podría actuar efectivamente a nivel de la mancha.
3. Los tratamientos de impacto no redujeron significativamente la decoloración, salvo en el caso del efecto localizado del golpe de mazo en la superficie de las tablas. Las áreas blancas generadas tenían diámetros algo mayores que los de la cabeza del mazo, y penetraban aproximadamente medio centímetro. Mayor cantidad de impactos y con mayor potencia podrían resultar en maderas sin decoloraciones, pero la fuerza necesaria para alcanzar la profundidad adecuada podría producir daños inaceptables en la superficie de la madera. Se podrían lograr los resultados deseados mediante el empleo de rodillos o prensas que generaran vibración y presión uniformes.
4. La eliminación de la decoloración en la albura de ochoó implica una decisión de carácter económico. El tratamiento con sulfito es efectivo, pero probablemente no es viable debido al costo que implica la difusión por un período de una a dos semanas, sumado además al tratamiento bajo presión, requerido posiblemente para las tablas de mayor espesor. Los tratamientos de impacto

o mediante presión y vibración también son adecuados, pero se precisa equipamiento especial a fin de lograr una penetración uniforme y profunda. El procesamiento rápido podría tener buenos resultados, pero el período de seis días entre el apeo y el secado dentro del cual se realizó este estudio no fue suficientemente corto, y es poco probable que se logre iniciar el tratamiento en forma más temprana bajo las condiciones actuales en Bolivia.

Schmidt, E.L.; Amburgey, T.L. 1994. Prevention of Enzyme Stain of Hardwoods by Log Fumigation. *Forest Products Journal* 44:32-34.

Viscarra, S. 1998. Guía Para el Secado de la Madera en Hornos. Documento Técnico 69/1998, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BOLFOR. 64 p.

Literature Cited

Bibliografía Citada

Amburgey, T.L.; Kitchens, S.C. 1997a. Prevention of Non-microbial Sapwood Discolorations in Hardwood Lumber: Chemical and Mechanical Treatments. Paper prepared for the 28th Annual Meeting, International Research Group on Wood Preservation, Whistler, Canada.

Amburgey, T.L.; Kitchens, S.C. 1997b. Method for preventing and/or controlling staining in lumber, apparatus therefore and non-stained lumber. United States Patent 5697414.

Amburgey, T.L.; Kitchens, S.C. 1999. Method for preventing and/or controlling staining in lumber, apparatus therefore and non-stained lumber. United States Patent 5858484.

Chudnoff, M. 1984. Tropical Timbers of the World. USDA Forest Service Agricultural Handbook No. 607. 464 p.

Forsyth, P.G.; Amburgey, T.L. 1992a. Prevention of Non-microbial Sapstains in Southern Hardwoods. *Forest Products Journal* 42:35-40.

Forsyth, P.G.; Amburgey, T.L. 1992b. Prevention of Non-microbial Sapstains in Water-stored Oak Logs. *Forest Products Journal* 42:59-61.

Gutiérrez R., V.H.; Silva S., J. n.d. Información Técnica Para el Procesamiento Industrial de 134 Especies Maderables de Bolivia. La Paz. 352 p.

Killeen, T.J.; García E.E.; Beck, S.G. 1993. Guía de Árboles de Bolivia. La Paz. 958 p.

Longwood, F.R. 1962. Present and Potential Commercial Timbers of the Caribbean. Agricultural Handbook No. 207. Washington, DC. 167 p.

Mississippi Forest Products Laboratory. 1995. Novel Methods for Controlling Gray Stain in Logs and Lumber. *Research Advances* 4:1-4.

Record, S.J.; Hess, R.W. 1943. Timbers of the New World. Yale University Press. New Haven. 640 p.