

DURABILIDAD DE MADERAS TRATADAS CON CCA Y CCB EN SUELOS DE JUDIBANA Y SAN JUAN DE LAGUNILLAS, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

**Nestor Mora R.;¹ Osvaldo Encinas B.;²
Yoly Molina L.;³ José Vielma A.⁴**

RESUMEN

Mediante ensayos de campo (cementerios de estacas) en dos localidades del estado Mérida Venezuela, se estudió la durabilidad de once maderas tropicales, tanto en su estado natural como tratadas con sales CCA y sales CCB. Se describe la evaluación, a los tres años de establecido el ensayo, del estado en que se encuentran tanto las maderas tratadas como las no tratadas expuestas en Judibana (El Vigía) y en el Jardín Botánico San Juan de Lagunillas, campos con diferentes condiciones edáficas y ambientales. Las maderas, aún las que tienen muy baja durabilidad natural, mejoran notablemente su resistencia al biodeterioro cuando se emplean sales CCA y CCB, aunque se observaron diferencias en cuanto a la efectividad de los tratamientos aplicados, que dependen, principalmente, tanto de la localidad donde se expusieron al suelo como de la lixiviación de los compuestos químicos preservantes ensayados. Los principales agentes de biodeterioro de las maderas tratadas y no tratadas son hongos de pudrición blanda y pudrición blanca, y termitas subterráneas.

Palabras Claves: Protección de la madera, durabilidad, CCA, CCB, pruebas de campo, hongos, termitas.

¹ Ing. For. MSc.

² Ing. For. MSc. PhD.

³ Grupo de Investigación en Conservación de Maderas (GICOM). Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

⁴ Ing. For.

DURABILITY OF TREATED WOOD WITH CCA AND CCB EXPOSED TO JUDIBANA AND SAN JUAN DE LAGUNILLAS SOILS, MÉRIDA, VENEZUELA

**Nestor Mora R.;² Osvaldo Encinas B.;²
Yoly Molina L.;³ José Vielma A.⁴**

SUMMARY

Field test results of the durability of eleven wood species exposed to different terrestrial environments, both untreated and treated with CCA and CB salts. After a three year exposition, both sites, Judibana and Botanical Garden, in San Juan de Lagunillas (Mérida state), allowed the improvement of the durability of the tested woods, according to the different soils and environmental characteristics of the tested fields. Even very poor natural resistant wood showed a remarkable resistance improvement to biodeterioration, according to the soil type and environment, and also, according to the chemical leaching. The main wood biodeterioration agents were identified as white and soft rot fungi and subterranean termites.

Keywords: Wood protection, durability of tropical woods, CCA, CCB, field test, fungi attack, termites.

² Ing. For. MSc.

² Ing. For. MSc. PhD.

³ Grupo de Investigación en Conservación de Maderas (GICOM). Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

⁴ Ing. For.

INTRODUCCION

La madera es uno de los recursos naturales más abundantes del planeta y ha tenido siempre un papel muy significativo e importante en la economía humana. Ha proporcionado al hombre, desde tiempos prehistóricos, materia prima para: elementos estructurales, combustible, herramientas, fabricación de medios de transporte, medicinas, entre otros; sin embargo, por ser un material de origen orgánico, es susceptible a los procesos de biodeterioro, variando este riesgo conforme el sitio donde es expuesta en servicio.

El uso de la madera en contacto directo con el suelo y expuesta a la intemperie es considerado uno de los mayores riesgos de utilización, ya que, en estas condiciones, se presentan diversos agentes de biodeterioro producidos por numerosos microorganismos e insectos que afectan la durabilidad de la madera. Existen maderas naturalmente durables y que pueden perdurar durante varios años de servicio; sin embargo, como resultado de la alta tasa de explotación de las mismas están desapareciendo del mercado. Consecuentemente, surge la necesidad de estudiar alternativas para suplir la demanda de madera para este uso, por ejemplo, utilizando maderas de menor durabilidad natural que aún quedan en los bosques o incorporando maderas provenientes de plantaciones forestales, las cuales, cuando se les aplican técnicas apropiadas de protección, constituyen las opciones más adecuadas para suplir el déficit de maderas altamente resistentes.

En los trópicos, el riesgo al deterioro de las maderas en contacto con el suelo se intensifica, ya que las condiciones ambientales y edáficas propician la presencia de mayor número de agentes de biodeterioro, tanto microorganismos como insectos, muy característicos de cada sitio en particular, originando naturalmente variados grados de vulnerabilidad de la madera. Al mismo tiempo, estas condiciones influyen notablemente en la efectividad de los tratamientos aplicados a la madera para prolongar su vida de servicio. Bajo estas premisas, hace tres años se estableció un ensayo en forma de proyecto de investigación en varias regiones de la geografía venezolana, por parte del grupo de Investigación en Conservación de Maderas (GICOM) del Laboratorio Nacional de Productos Forestales, bajo el apoyo financiero del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (FONACIT).

El presente trabajo presenta los resultados del efecto de tres años de exposición de maderas tropicales, en sus estados naturales y preservadas con sales CCA y CCB, en dos sitios con diferentes características edáficas y

ambientales del estado Mérida, San Juan de Lagunillas y El Vigía, en ensayos conocidos como ensayos de campo o ensayos en cementerios de estacas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los campos o cementerios de estacas: evaluados

El Campo Judibana (Figura 1) se encuentra ubicado en El Vigía, municipio Alberto Adriani del estado Mérida, localizado geográficamente a 8° 37' 26" N y 71° 42' 22" O, a una altitud de 67 msnm. La zona presenta una temperatura promedio anual de 28,6 °C, característico de un clima tropical lluvioso donde la precipitación varía entre 1500 y 1900 mm, y está uniformemente distribuida durante todo el año. Según la clasificación de Holdridge, pertenece a un bosque húmedo tropical. El suelo está constituido por materiales con relativo equilibrio entre las fracciones arcillas-limos y altos porcentajes de fracción de arena, con alta capacidad de retención de humedad (Urbano y colaboradores, 2006), textura franco y franco-arcilloso y pH de 5,1. El nitrógeno total es muy bajo y la capacidad de intercambio catiónico es baja. Los elementos nutritivos están presentes en cantidades pequeñas, siendo calcio, sodio y fósforo bajos, magnesio mediano y potasio muy bajo. El contenido de materia orgánica es bajo en la superficie y muy bajo con el aumento de la profundidad (Millán, 1998).

El Campo Jardín Botánico (Figura 2) se encuentra ubicado en el municipio San Juan, distrito Sucre del estado Mérida. Geográficamente, se halla entre los 8° 31' de latitud norte y 71° 22' de longitud oeste, a 1104 msnm. Se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 22,2 °C, y una precipitación promedio anual de 526,9 mm. La vegetación corresponde a la típica de un ambiente xérico; con los datos de precipitación, aplicando el sistema de Holdridge, corresponde a un monte espinoso premontano. El suelo es semidesértico, calcáreo y arcilloso, con muy bajos contenidos de fósforo, irregulares en el contenido de potasio, salinidad normal y pH moderadamente alcalino. Son suelos moderadamente drenados debido al alto porcentaje de arcilla (Rondón, 1980).



Figuras 1. Campo Judibana



Figura 2. Campo Jardín Botánico

Maderas Ensayadas

Se utilizaron las especies forestales *Catostemma commune* (Baramán), *Parkia oppositifolia* (Casarón), *Alexa imperatricis* (Leche de cochino), *Jacaranda copaia* (Simaruba), *Didymopanax morotoni* (Sun-sun), *Erisma uncinatum* (Mureillo), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Eriotheca globosa* (Ceiba roja), *Sterculia pruriens* (Majagua) del bosque natural del Sur del Orinoco y las especies introducidas *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Pino caribe) y *Gmelina arborea* (Melina) de plantaciones. Para el estudio de la durabilidad natural e inducida de estas maderas se prepararon probetas (o estacas) de 50 x 5 x 2,5 cm tanto de madera de albura como de duramen.

Las probetas fueron tratadas a presión en la planta de preservación de maderas del Laboratorio Nacional de Productos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, con el preservante hidrosoluble Sales CCA (Cromo, Cobre, Arsénico), y en algunas especies, las sales CCB (Cobre, Cromo, Boro), ambos en tres concentraciones diferentes para obtener tres niveles de retención (8 - 9,6 y 12 Kg/m³), correspondiendo los extremos a una por debajo y otra por encima de la concentración estipulada por los fabricantes para las condiciones descritas. Para cada tratamiento se dispuso de un total de 10 probetas por especie y por campo.

Método de Evaluación de las Maderas

La evaluación de la durabilidad de las maderas ante microorganismos e insectos se llevó a cabo según las especificaciones del estándar europeo EN 252 (CEN, 1989) en base a la siguiente escala: 0 sin ataque, 1 ligeramente atacada, 2 moderadamente atacada, 3 severamente atacada y 4 falla o degradación total. Las probetas que presentaron falla por ataque de microorganismos fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología de Maderas de la Sección de Conservación de Maderas del Laboratorio Nacional de Productos Forestales, para determinar el tipo predominante de agente de biodeterioro presente en los dos sitios de exposición de las maderas y estudiar microscópicamente sus mecanismos de degradación. Para este último propósito, se realizaron cortes finos en las maderas, tanto en sección longitudinal como transversal, que fueron teñidos con safranina al 0,1 % en glicerol y azul de algodón en 50 % de ácido láctico. Los detalles de la degradación de las maderas fueron documentados a través de la toma de microfotografías digitales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Campo Judibana (EL Vigía)

La menor concentración de las sales CCA (8 Kg/m³) (Figura 3) permite diferentes grados de protección en las maderas ensayadas, notándose buena efectividad en las especies Baramán, albura y duramen de Mureillo, Pino caribe, Melina, seguidas de Majagua y Leche de cochino; en este grupo, la mayoría de las probetas instaladas no presentaron ningún tipo de ataque (grado 0); sin embargo, en las maderas de Ceiba y duramen de Ceiba roja esta concentración no fue efectiva, notándose mayor número de probetas afectadas con ataque grado 4.

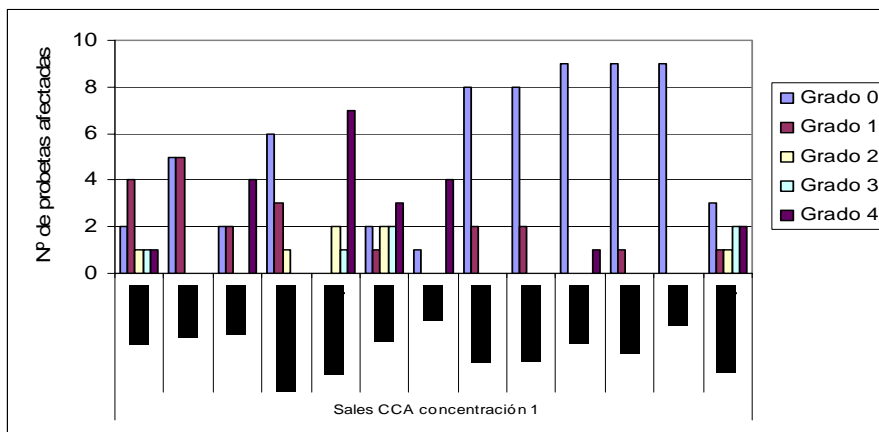


Figura 3. Campo Judibana. Número de Probetas Afectadas y Grado de Ataque cuando las Maderas se Preservan con Sales CCA con Retención de 8 kg/m³.

Con la segunda concentración (9,6 Kg/m³), las maderas de Sun-sun, Baramán, albura y duramen de Mureillo, Leche de cochino, Pino caribe, Majagua y Melina, mejoran su resistencia a la biodegradación, como se puede apreciar en la Figura 4, donde se observa que la mayoría de las probetas no presentaron ataques considerables.

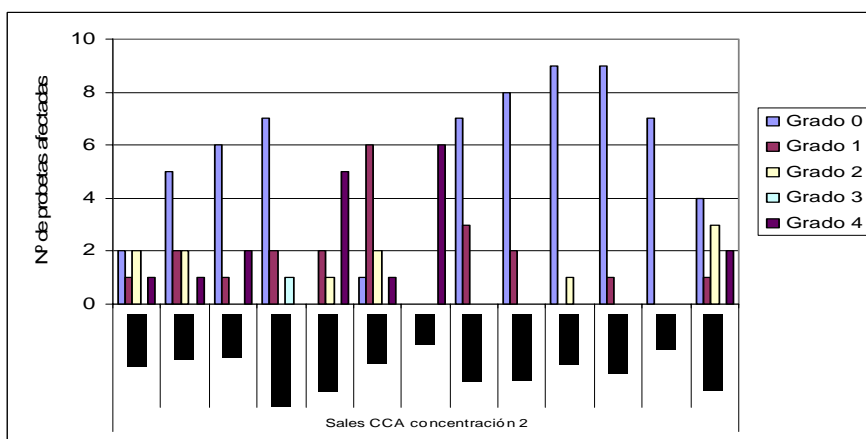


Figura 4. Campo Judibana. Número de Probetas Afectadas y Grado de Ataque Cuando las Maderas se Preservan con Sales CCA con Retención de 9,6 Kg/m³.

No todas las maderas mejoran su durabilidad inclusive con dosis altas como 12 Kg/m³. Es el caso de las maderas de Ceiba y albura y duramen de Ceiba roja, y en menor grado las maderas de Sun-sun, Leche de cochino y Simaruba. A esta concentración, se contabilizaron buen número de piezas de madera con grado 4 de deterioro, como se aprecia en la Figura 5.

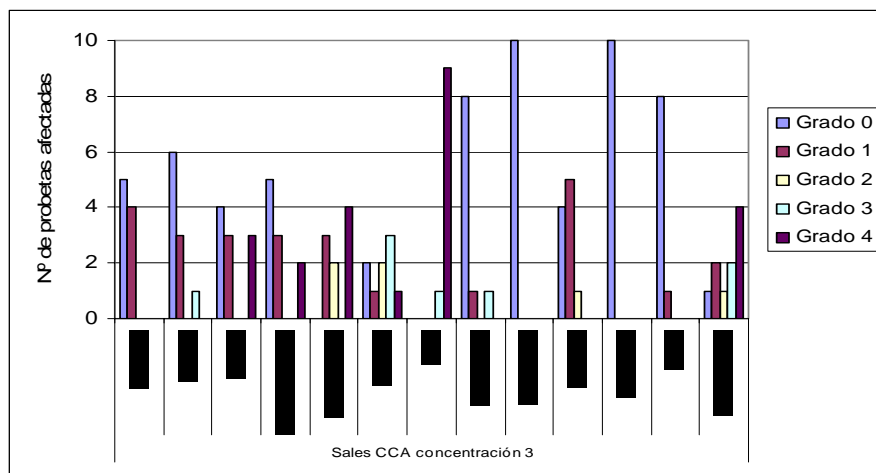


Figura 5. Campo Judibana. Número de Probetas Afectadas y Grado de Ataque Cuando las Maderas se Preservan con sales CCA con retención de 12 Kg/m³.

Resultados similares se obtuvieron cuando se emplean sales CCB en sus tres concentraciones. A medida que aumenta la concentración, mejora la durabilidad de las maderas conforme se aprecia en la Figura 6, que resume el número de probetas y grado de ataque, observado con las maderas ensayadas y preservadas a las tres concentraciones de sales CCB.

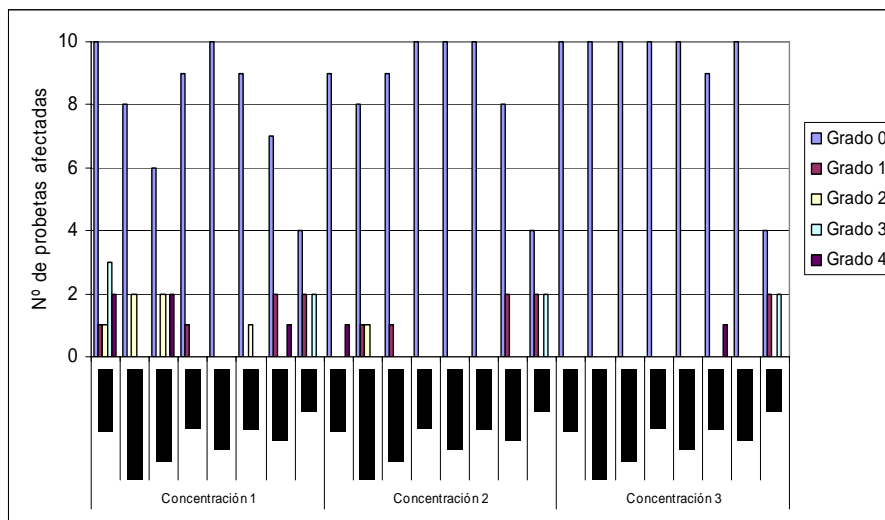


Figura 6. Número de Probetas Afectadas y Grado de Ataque en las Maderas Preservadas con Sales CCB a las tres Concentraciones Ensayadas.

Campo Jardín Botánico (San Juan de Lagunillas)

En la misma forma que en campo Judibana, en este campo se observa que los tratamientos con sales CCA mejora la durabilidad de las maderas ensayadas, principalmente de Majagua, Sun-sun, Simaruba, duramen y albura de Mureillo, Baramán, Pino caribe, Melina, y albura de Ceiba roja. Sólo se apreciaron ataques de grado 1 a 3 y en menor proporción grado 4, cuando se utiliza concentración baja (8 Kg/m³), Figura 7.

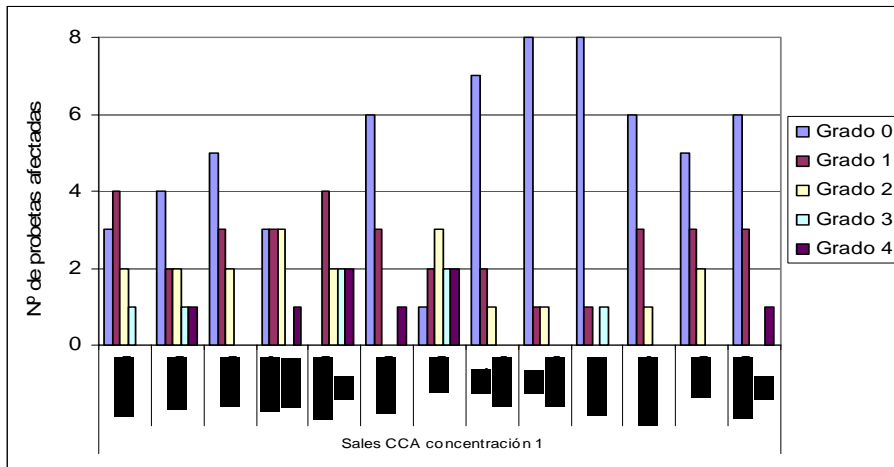


Figura 7. Campo Jardín Botánico. Número de Probetas y Grado de Ataque en las Maderas Tratadas con Sales CCA a la Concentración de 8 Kg/m³.

Aumentando la concentración, se mejora la durabilidad de las maderas tratadas, como se aprecia en las Figuras 8 y 9.

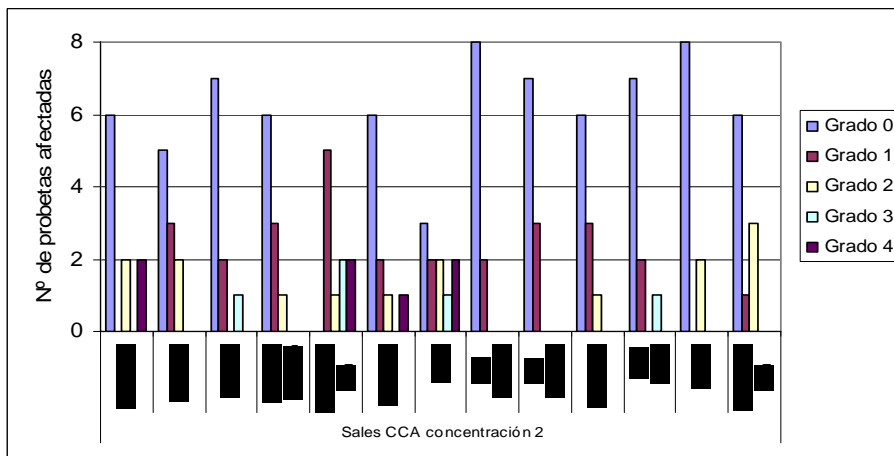


Figura 8. Campo Jardín Botánico. Número de Probetas y Grado de Ataque en las Maderas Tratadas con Sales CCA a la Concentración de 9,6 Kg/m³.

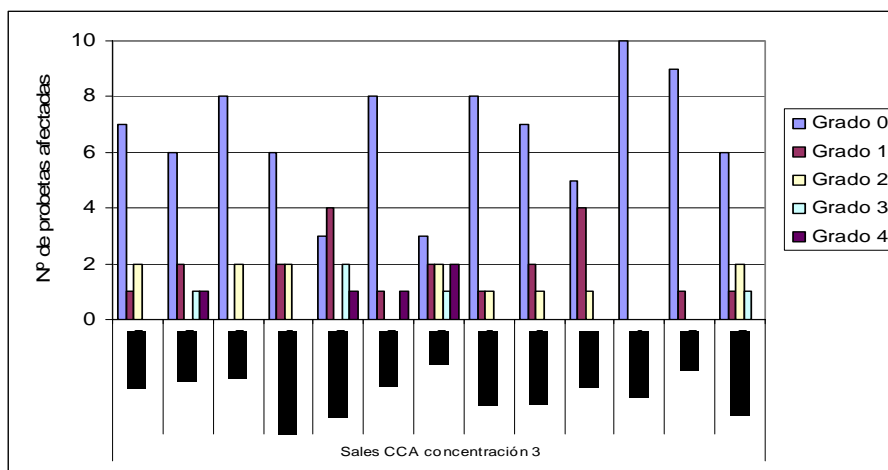


Figura 9. **Campo Jardín Botánico. Número de Probetas y Grado de Ataque en las Maderas Tratadas con Sales CCA a la Concentración de 12 Kg/m³.**

En ambos campos, se evaluaron también las probetas testigos, sin tratamiento químico, que mostraron muy baja durabilidad natural, observándose que la mayoría de las probetas son fácilmente degradadas tanto por hongos como por termitas subterráneas. Estos resultados coinciden con los encontrados por Angulo y Parra (2003), degradación ya observada durante la evaluación del primer año en los dos cementerios de estacas.

Al realizar las comparaciones entre los tratamientos y los dos sitios evaluados, se observa una marcada diferencia en la eficiencia de las sales CCA para controlar la degradación de las maderas dependiendo del sitio de exposición, Figura 10. En el campo Judibana, se observaron más probetas afectadas por ataque de hongos de pudrición en comparación con el campo Jardín Botánico. Al parecer, tal resultado se relaciona con las condiciones climáticas y edáficas del sitio; en San Juan de Lagunillas las precipitaciones son escasas y los suelos son deficientes en materia orgánica. Las precipitaciones escasas pueden haber afectado en la menor lixiviación del preservante de las maderas y la escasa presencia de materia orgánica pudo haber contribuido para hacer más eficientes las sales ensayadas, puesto que se conoce que la materia orgánica es un factor que condiciona la presencia de determinados microorganismos que degradan la madera en contacto directo con el suelo.

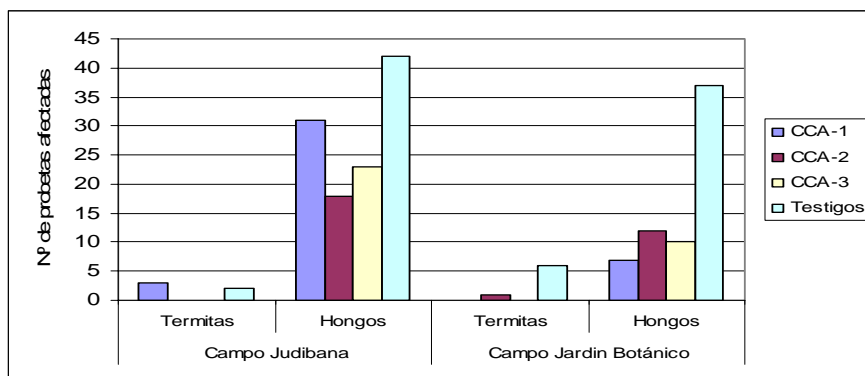


Figura 10. **Número de Probetas Afectadas por Hongos y Termitas, Grado 4 para Facilitar la Comparación, en las Maderas Tratadas con sales CCA y en las Probetas Testigos, en los Campos Judibana y Jardín Botánico de Lagunillas**

Estadísticamente, las tres concentraciones de sales CCA resultaron tener el mismo efecto para controlar los procesos de biodeterioro en las maderas ensayadas, tal como lo refleja el análisis de varianza (ANOVA), sólo se determinaron diferencias significativas (95 % de confianza) entre las probetas testigo y las tratadas con sales CCA, y entre los dos campos evaluados. La comparación de medias mediante el test de Tukey señala que los tratamientos con concentraciones de 8 y 9,6 Kg/m³ son similares, pero ambas difieren de la concentración de 12 Kg/m³ que protege mejor la madera.

En relación con las dos sales ensayadas, aparentemente las sales CCB ofrecen mejor protección a las maderas ensayadas, especialmente en el campo Jardín Botánico Lagunillas, a diferencia de resultados de experimentos similares (Edlund, 1998) que destacan que las sales CCA ofrecen mejor protección que las sales CCB. En nuestro caso, puede deberse al hecho de que las condiciones climáticas del sitio, xerofítico, no permiten mayor lixiviación de las sales, lo que mejoraría la eficiencia en la protección de las maderas ensayadas.

Patrones de Degradación de las Maderas

Los patrones de degradación de las maderas por los microorganismos se identificaron mediante observaciones microscópicas, que se efectuaron en las maderas tratadas y con ataque grado 4, y en las maderas sin tratamiento químico, testigo. En los dos campos, Judibana y Jardín Botánico, la mayor degradación de las maderas es originada por hongos y luego por termitas, y tal

degradación se observa en todas las maderas ensayadas. Existen, sin embargo, diferencias en el patrón de degradación y el microorganismo causante de la misma.

En Judibana, se observaron al microscopio 105 probetas entre maderas tratadas con sales CCA y testigos y el patrón de degradación corresponde a la originada por hongos de pudrición blanda en el 75 % de las probetas; en el 25 % restante, el patrón de degradación corresponde mayormente a hongos de pudrición blanca y a combinación de ambos hongos, blanda y blanca. La mayor incidencia de este ataque fue observado en las maderas de Ceiba y albura de Ceiba roja. En relación con las probetas tratadas con sales CCB, de las 16 probetas observadas al microscopio, el patrón de degradación corresponde al originado por hongos de pudrición blanca, observado en 56 % de las probetas examinadas; en el resto de las probetas se observaron combinaciones de pudrición originada por hongos de pudrición blanca y blanda. La mayor incidencia de este ataque se observó en la madera de Cascarón. En relación con las termitas subterráneas que degradaron la madera en este campo fueron identificadas como *Nasutitermes* sp. (Termitidae).

En el Campo Jardín Botánico Lagunillas, de las 65 probetas observadas al microscopio, un 54 % presenta el patrón de degradación originado por hongos de pudrición blanca y el 46 % presenta el patrón originado por hongos de pudrición blanda. La mayor incidencia de estos ataques se observó en la madera de Cascarón. En este campo, las termitas que causan degradación de la madera corresponden a la especie *Termes* sp. (Termitidae).

En ninguno de los dos campos evaluados se observó la presencia de patrones de degradación originados por hongos de pudrición marrón. De las probetas degradadas por microorganismos (hongos de pudrición blanda y blanca), se realizaron aislamientos para futuras identificaciones.

La pudrición blanda observada en las probetas degradadas en ambos campos, se identifica por la presencia de cavidades en la pared S₂ de la pared celular de las fibras de la madera, como las observadas en la madera de Ceiba roja en su forma incipiente, Figura 11; pero mejor aún, en la madera de Ceiba tratada con la concentración más baja de sales CCA, Figura 12, donde es abundante la presencia de cavidades, que pueden llegar a degradar completamente la pared celular, transformando la madera en un material tan esponjoso que cuando está húmedo se muestra muy blando al tacto, como una esponja empapada en agua, lo que ha dado origen a su nombre, pudrición blanda.

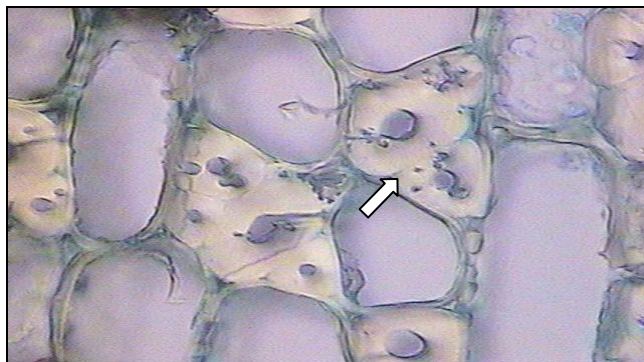
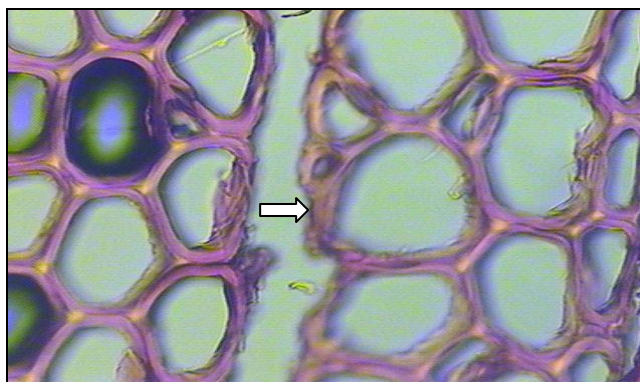


Figura 11. Madera de Ceiba Roja Tratada con Sales CCA, 8 Kg/m³ de Retención, Donde se Observa Ataque Incipiente del Hongo de Pudrición Blanda Originando la Típica Cavidad, Tipo I.



Figura 12. Madera de Ceiba Roja sin Tratamiento, Testigo, mostrando Abundante Presencia de Cavidades, Patrón de Degradación Conocido como Pudrición Blanda Tipo I.

La pudrición blanca, por su parte, tiene un patrón de degradación, que según el hongo de que se trate, puede originar la destrucción total de las células de parenquima y un adelgazamiento de la pared celular por el deterioro que se inicia en la capa S3 de la pared celular de las fibras, como fue observado en la madera de Pino caribe sin tratamiento, Figura 13; o alternativamente algunos hongos pueden causar degradación de la lámina media, rica en lignina, conjuntamente con el adelgazamiento de la pared celular, como la observada en la madera de Pino Caribe tratada con sales CCA en su menor concentración, Figura 14.



Figuras 13. Madera de Pino Caribe sin Tratamiento, donde se Observa la Degradación de las Células Parenquimáticas (flecha) y Adelgazamiento de la Pared Celular de las Fibras de Madera Temprana, Patrón de Degradación Correspondiente a los Hongos de Pudrición Blanca.

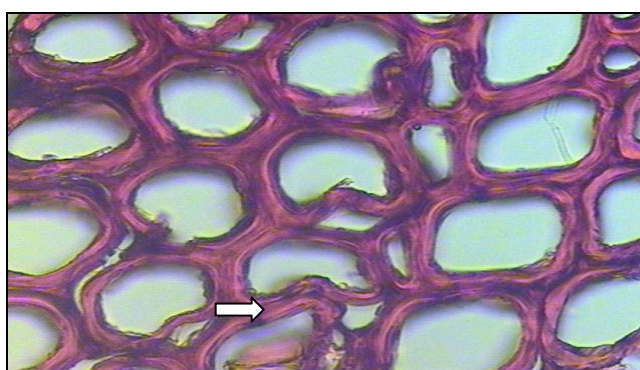


Figura 14. Madera de Pino Caribe con la Menor Concentración de Sales CCA, Donde se Observa Degradación de la Lámina Media y Adelgazamiento de la Pared Celular en Fibras de Madera Temprana, Patrón de Degradación de los Hongos de Pudrición Blanca.

Los hongos de pudrición blanda suelen atacar a las maderas que están en contacto directo con el suelo, puesto que su presencia es común en el suelo, particularmente de los suelos húmedos, y constituyen junto con las termitas subterráneas una de las mayores causas de deterioro de las maderas puestas en este tipo de ambiente (Encinas, 2000), originando pérdidas de gran impacto económico en el mercado de la madera (Leightley y Russell, 1980). El tipo de suelo origina diferencias en la tasa de degradación de las maderas y tales

características edafológicas influyen en la actividad microbiana de los organismos que pueden ocasionar deterioro en las maderas; en la misma forma, el contenido de humedad del suelo condiciona el contenido de humedad de la madera, lo cual es particularmente importante para la germinación de esporas y desarrollo de micelios, particularmente en los hongos de pudrición blanda, los cuales son capaces de desarrollarse en maderas con altos contenidos de humedad. Adicionalmente, el contenido de materia orgánica en los suelos es un factor determinante en la presencia y desarrollo de hongos de pudrición blanda (Terziev and Nilsson, 1999); a medida que aumentan los nutrientes del suelo, particularmente nitrógeno, es mayor el deterioro de las maderas causado por hongos de pudrición blanda. Esto explicaría la mayor degradación de las maderas por hongos de pudrición blanda en Judibana, suelos agrícolas por excelencia, y la menor presencia de estos hongos en el Jardín Botánico con suelos pobres y escasos contenidos de materia orgánica, conjuntamente, con el bajo contenido de humedad. De todos modos, en este último campo también se verificó la presencia de hongos de pudrición blanda a pesar de la escasa humedad en el suelo, que podría haber permanecido en el suelo por la presencia de bolsas de arcilla.

Un factor determinante a considerar cuando se confrontan las características de los dos campos de estudio es la posible lixiviación de las sales de la madera por efecto de la humedad de los suelos en Judibana en comparación con Jardín Botánico; en Judibana es corriente tener largos períodos de lluvia por estar ubicada en una zona con clima tropical lluvioso, donde la precipitación varía entre los 1500 y 1800 mm, uniformemente distribuida durante todo el año. La fijación de las sales preservantes en la madera inicialmente responde a características de la madera en su composición química, particularmente, la cantidad y tipo de lignina (Nami and Stan, 2000) y la proporción y tipo de sus componentes anatómicos, que diferencian las maderas de especies coníferas de las maderas de latifoliadas; en éstas, las sales CCA pueden ser más lixiviables que en las coníferas (Lebow *et al.*, 2004).

No sorprende, en consecuencia, la degradación de las maderas tropicales ensayadas en Judibana y Jardín Botánico, por acción de los hongos de pudrición blanda, aún en maderas que han sido tratadas con sales CCA puesto que los hongos de pudrición blanda han mostrado habilidad para degradar compuestos preservantes que contienen cobre, como las sales CCA, (Eaton and Hale, 1993; Butcher and Nilsson, 1982), inclusive cuando contienen niveles de cobre más altos que los especificados como niveles tóxicos (Butcher, 1980); esta acción de los hongos de pudrición blanda sobre compuestos que contienen cobre, se extiende a otros compuestos preservantes, como el

pentaclorofenol y a otras maderas como eucaliptos, en acción conjunta con bacterias (Leightley, 1982). Inclusive, maderas tratadas con creosota pueden ser degradadas por acción de los hongos de pudrición blanda, pero con este preservante parece que es la pérdida de efectividad de la creosota con el tiempo la que condiciona la degradación por hongos de pudrición blanda, como la observada en postes de pino después de 36 años de ser tratada con creosota (Drysdale and Hedley, 1984).

En muchos casos, la acción de los hongos de pudrición blanda es acompañada por hongos de pudrición marrón y varios tipos de degradación bacteriana y en menor proporción, por hongos de pudrición blanca (Dickinson et al., 1992). En Venezuela, se ha determinado que la acción combinada de los hongos de pudrición blanda y bacterias constituyen la principal causa de degradación de las maderas expuestas en las zonas inundables de los llanos de Barinas (Encinas, 2000).

La presencia de hongos de pudrición blanca es común en los suelos tropicales, pero estos hongos son controlados por preservantes que contienen cobre en su formulación, como el caso de las sales CCA y CCB (Eaton and Hale, 1993), utilizados en el presente trabajo, lo que explicaría la relativa menor presencia de este tipo de degradación tanto en Judibana como en el Jardín Botánico. De todos modos, en las regiones tropicales las condiciones de exposición de la madera en contacto con el suelo son sumamente complejas biológica y físicamente, originando la presencia omnipresente de numerosos microorganismos con variadas y no estudiadas capacidades de degradación de maderas, aspecto que deberá ser considerado en futuros trabajos relacionados con este tema.

CONCLUSIONES

La durabilidad de las maderas tratadas con sales CCA varía con el sitio de exposición y depende de la ocurrencia y actividad de diferentes microorganismos presentes en los suelos, ya que los hongos de pudrición y su actividad tienen diferentes impactos sobre las maderas tratadas.

Los hongos de pudrición blanda constituyen una de las principales causas de biodeterioro de maderas tratadas y no tratadas expuestas al contacto directo

con el suelo en los dos sitios estudiados, siendo más ocurrentes en el campo Judibana debido a las condiciones edáficas presentes en la zona.

Las maderas tratadas con las dosis más bajas de los productos fueron más susceptibles al deterioro que las maderas tratadas con la dosis más alta, sin embargo, ésta no fue suficiente para proteger totalmente a las maderas de Ceiba y Ceiba roja, las cuales mostraron algunas probetas degradadas.

Las sales CCA así como las sales CCB resultaron efectivas para controlar la degradación de la madera a causa de termitas subterráneas.

Las condiciones climáticas y edáficas de las zonas evaluadas tuvieron un efecto directo sobre la eficacia de los productos ensayados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGULO, M. y PARRA, G. 2003. **Evaluación de los Cementerios de Estacas en las Zonas de Bailadores, San Juan de Lagunillas y El Vigía.** Tesis de pregrado. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
2. BUTCHER, J. 1980. **Recent Soft-rot Research in Softwoods and Hardwoods.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1108*
3. BUTCHER, J. and NILSSON, T. 1982. **Influence of Variable Lignin Content Amongst Hardwoods on Soft Rot Susceptibility and Performance of CCA Preservatives.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1151.*
4. CEN, 1989. EN 252. **Field Test Method for Determining the Relative Protective Effectiveness of a Wood Preservative in Ground Contact.** **European Committee for Standardisation**
5. DICKINSON, D.; MCCOORMACK, P. and CLAVER, B. 1992. **Incidence of Soft rot in Creosoted Poles.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1554.*
6. DRYSDALE, J. and HEDLEY, E. 1984. **Types of Decay Observed in CCA Treated Pine Posts in Horticultural Situations in New Zealand.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1226*
7. EATON, R and HALE, M. 1993. **Wood Decay, Pest and Protection.** Chapman & Hall, London. 546 p.
8. EDLUND, M. 1998. **Durability of Wood in Ground Contact Tested in Field and Laboratory.** Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 8. Uppsala, Sweden.
9. ENCINAS, O. 2000. **Biodegradación de Maderas Venezolanas en Ensayos de Cementerios de Estacas en los Llanos occidentales.** *Acta Científica Venezolana* 51: 39-44.
10. LEBOW, S.; COOPER, P. y LEBOW, P. 2004. **Variability in Environmental Impacts of Treated Wood.** www.ccaresearch.org/Pre-Conference/pdf/Lebow1.pdf
11. LEIGHTLEY, L. and RUSSELL, I. 1980. **Soft rot Decay of Eucalyptus Maculata Hook in Different Soils From Queensland, Australia.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1113.*

12. LEIGHTLEY, L. 1982. **Soft rot and Bacterial Decay in Preservative Treated Eucalypt Power Transmission Poles.** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 1155*
13. MILLÁN, O. 1998. **Estudio Detallado de Suelos con Fines de Planificación Agropecuaria en las Fincas las Palmas y Rancho “R” en el Vigía Edo. Mérida,** Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ingeniería Forestal.
14. NAMI, S. and STAN, L. 2000. **Effects of Compression Wood on Leaching of Chromium, Cupper and Arsenic From CCA-C Treated Red Pine (Pinus resinosa Ait).** *The International Research Group on Wood Preservation. Document N° IRG/WP 30232.*
15. RONDÓN, J. 1980. **Situación Actual y Anteproyecto de Reestructuración del Jardín Botánico de San Juan de Lagunillas.** Universidad De Los Andes Facultad de Ciencias Forestales Escuela De Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.
16. URBANO, D.; DAVILA, C. y MORENO, P. 2006. **Efecto de las Leguminosas Arbóreas y la Suplementación con Concentrado sobre la Producción de Leche y Cambio de Peso en Vacas doble Propósito.** *Zootecnia Tropical 24 (1): 69-83*

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) por el financiamiento de esta investigación, bajo la subvención S1-99000241 y al CDCHT de la Universidad de Los Andes (Proyecto FO 451-99-01-A).

Se agradece también a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por el apoyo logístico para el establecimiento y mantenimiento de los Campos Judibana, El Vigía y Jardín Botánico San Juan de Lagunillas.