

EFICACIA DE PRESERVANTES EN MADERA DE *PINUS RADIATA* D. DON, FRENTE AL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS (*RETICULITERMES HESPERUS*)♣.

Rene Carmona C.¹, Andrés Durán F.¹

In memoriam of Dr. H. Peter STEINHAGEN

RESUMEN

La aparición de la termita subterránea (*Reticulitermes sp.*) en Chile y la reiterada detección de focos de infestación en prácticamente todas las comunas de Santiago y en algunas de la V región, deja al descubierto la falta de información sobre el uso correcto de la madera así como de los productos elaborados en base a ella. Aún no se han incorporado medidas concretas que tiendan a una adecuada información y capacitación a nivel de usuarios para el desarrollo de la prevención, como de regulaciones o normativas en la construcción.

El estudio del comportamiento en Chile de la termita subterránea se justifica porque se sabe que presentan rápidas adaptaciones al medio en donde se desarrollan y sólo conocer su actuar en el país de origen no es suficiente para encontrar una respuesta eficiente para su control.

El Departamento de Ingeniería de la Madera ha abordado este problema y desarrolla investigaciones como la presente, la cual tiene como objetivos proporcionar información sobre productos alternativos de protección, así como las dosis recomendadas en la impregnación de madera de *Pinus radiata* D. Don.

La madera usada fue albura de pino radiata comercial y la metodología empleada corresponde a la descrita en la norma española UNE 54-410-92, equivalente a la norma europea EN 117 "Determinación del umbral de eficacia contra *Reticulitermes santonensis* de Feytaud"- Método de laboratorio, el cual considera exponer probetas de madera a la acción de mini colonias de termitas por un período de dos meses en condiciones óptimas para el actuar de estos insectos, clasificando al final el nivel de daño que experimentaron, en cinco grados, desde sin ataque hasta ataque fuerte.

Los resultados obtenidos con madera de pino protegida con tres sales hidrosolubles, indican que el umbral de eficacia para las sales CCA-C usadas en éste estudio, está comprendido entre 6,0 y 9,6 Kg. ox./ m³. Una segunda sal hidrosolubles considerada en el estudio, es la de cobre, cromo y boro (CCB), la que arrojó un umbral de eficacia más bajo, entre 5 y 7 Kg. ox./ m³. La tercera sal probada el meta-arsenito de zinc (MZA), dio un umbral de eficacia claramente inferior al de las anteriores, el que está por debajo de 1,75 Kg. ox./ m³.

Palabras claves: Pino radiata, preservantes hidrosolubles, *Reticulitermes sp.*, termitas subterráneas.

♣ Trabajo presentado inicialmente en el II Congreso Chileno de Ciencias Forestales, U. Austral, Valdivia, 2004 y preseleccionado para la revista Recibido 31.12.2005. Aceptado: 31.03.2005. MADERAS: Ciencia y Tecnología 7(1): 27-36.

¹ Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, casilla 9206, Santiago, Chile.

✉ :recarmon@uchile.cl

SUMMARY

The appearance of the subterranean termite (*Reticulitermes sp*) in Chile and the repeated detection of centers of infestación in practically all the communes of Santiago and in some of the V region, to show the lack of information on the correct use of the wood as well as of products elaborated on the wood basis. Not yet concrete measures have been gotten up that tend to a suitable information and qualification at level of users for the development of the prevention, like of regulations or norms in the construction.

Study of behavior in Chile of subterranean termite justifies because it knows that they display fast adaptations to means in where they are developed and only to know his to act in the origin country is not sufficient to find an efficient answer for its control.

The Department of Wood Engineering is boarded this problem and develops investigations like the present which must like objectives provide information on alternative products of protection, as well as of the doses recommended in the wood impregnating of *Pinus radiata* D. Don.

The used wood was sapwood of commercial pine and the used methodology corresponds to the described one in the Spanish norm UNITES 54-410-92, equivalent to the European norm IN 117 " Determination of the threshold of effectiveness against *Reticulitermes santonensis* of Feytaud " - Method of laboratory, which considers to expose wood specimens to the action of mini colonies of termites by a period of two months in optimal conditions acting of these insects, classifying in the end the damage level which they experimented, in five degrees, from without attack to strong attack.

The results obtained with wood of pine protected with three hidrosolubles salts, indicate that the threshold of effectiveness for salts CCA-C used in this one study, is understood between 6.0 and 9.6 kg ox. / m³. One second considered salt hidrosolubles in the study, is the one of copper, chromium and boron (CCB), the one that threw a lower threshold of effectiveness, between 5 and 7 kg ox. / m³. The third proved salt the zinc meta-arsenite (ZMA), gave a threshold of clearly inferior effectiveness to the one of the previous ones, the one that is below 1.75 kg ox. / m³.

Key words: Radiata pine, water-borne preservatives, *Reticulitermes hesperus*, subterranean termites.

INTRODUCCION

La madera es uno de los materiales más utilizados en la construcción, por su bajo costo, facilidad para trabajarla, ser un recurso renovable, de valor estético alto y porque proviene de bosques, principales fijadores de CO₂ y liberadores de oxígeno en el planeta. Sin embargo, su vida útil puede verse seriamente afectada, ya que es susceptible de ser degradada por agentes de deterioro (Eaton y Hale 1993, Peraza 1994).

El primer paso en la protección de la madera es conocer cuáles son los agentes que pueden deteriorarla y su impacto real. Entre ellos están los abióticos, tales como : los agentes mecánicos, químicos y físicos. Otro grupo lo conforman los agentes bióticos: hongos, bacterias, moluscos, crustáceos e insectos; dentro de estos últimos se encuentran las termitas, termes u hormigas blancas (Juacida y Quintana 1992, Peraza 1994).

En la actualidad se conocen más de 2500 especies de termitas. Este grupo de insectos se caracteriza por formar colonias con castas separadas por función. Se pueden distinguir dos sub- grupos, los que viven en la tierra o termitas subterráneas y los que habitan en otros materiales, principalmente madera o termitas de madera (Pearce 1997).

El ataque de termitas subterráneas (*Reticulitermes sp.*) se caracteriza inicialmente por una infestación leve y que puede no ser detectada de inmediato. Posteriormente, el daño inevitablemente se vuelve severo; porque las termitas penetran en toda la madera, infestando la construcción por completo (Cammousseight 1997).

El deterioro de la madera se manifiesta como un problema en la utilidad que presta y se materializa

en un gasto e incomodidades para los usuarios. Este gasto puede llegar a ser significativo cuando el problema se expande por todas las construcciones de una región. El daño económico en Santiago se ha estimado en pérdidas entre 70 y 210 millones de dólares en viviendas ya construidas (Smith 200).

Aquellas especies de madera que presentan baja durabilidad natural y que están sometidas durante su vida útil a los agentes de biodeterioro, deben ser protegidas para resistir las condiciones adversas. Con las técnicas de preservación se le puede conferir mayor vida útil a la madera frente al ataque de organismos destructores (Inn 1979, Juacida y Quintana 1992).

Los resultados del proyecto INTEC-INFOR (FDI-Corfo 1998a), ponen de manifiesto que el desarrollo creciente que presenta *Reticulitermes hesperus* en la Región Metropolitana y las condiciones de temperatura y humedad del suelo, pueden volver cada vez más serio el problema y expandirse a ciudades entre la V y X regiones de Chile, perjudicando la imagen de la madera en el mercado.

El Comité de Preservación de la Madera (FDI-Corfo 1998b), identificó entre los problemas que deben resolverse en el mediano plazo: la falta de conocimiento a nivel usuario de la utilidad de la madera impregnada, desconocimiento de las concentraciones mínimas de sales CCA que impidan el ataque de termitas subterráneas e incorporarlas a los riesgos de la Norma Chilena 819; necesidad de otros productos alternativos para la protección de madera contra las termitas subterráneas que podrían ser recomendados para Chile, de acuerdo al grado de riesgo al que se someterá la pieza (FDI-Corfo 1998a).

El objetivo de éste estudio fue determinar la eficacia preventiva de tres preservantes contra el ataque de las termitas subterráneas en madera de pino, constituyendo una base para posteriores estudios de los métodos más adecuados de impregnación, cálculo de costos de tratamientos y evaluación de nuevos productos.

MATERIAL Y METODO

El ensayo se desarrolló de acuerdo a la norma EN 117 “Determinación del umbral de eficacia contra *Reticulitermes santonensis* de Feytaud”. La especie de termita usada en el presente estudio correspondió a *Reticulitermes hesperus* Banks. Según la identificación del Museo de Historia Natural.

MATERIAL

Las probetas de albura de pino radiata (*Pinus radiata* D.Don), con dimensiones 25 mm x 15 mm x 50 mm y 12% de contenido de humedad .

Los protectores evaluados y las dosis aplicadas fueron:

- CCA de nombre comercial **Timberlux 70**: de una mezcla de 24% de pentóxido de arsénico (As_2O_5), 33% de trióxido de cromo (CrO_3), 13% de óxido cúprico (CuO) y 30% de inertes. En retenciones de 3,5 - 6,0 y 9,6 Kg ox/m³.
- CCB de nombre comercial **Timberlux CCB**: mezcla de los siguientes elementos activos: cromo hexavalente (Cr_2O_6) 25,7%, cobre bivalente (CuO) 10,7% y boro pentavalente (B_2O_3) 18,6%. Concentrado al 55%. En retenciones de 5 y 7 ox/m³ expresado en H_3BO_3 .
- MZA de nombre comercial **INMUTAN AZ-35** (Meta arsenito de cinc): Arsenito trivalente (As_2O_3) 60%, Oxido de cinc (ZnO) 40%, en retenciones de 1,75 - 3 y 4,8 Kg ox/m³. Concentrado al 35%.

El material biológico - las termitas - empleadas en el estudio se extrajeron del termitero existente en el Departamento de Ingeniería de la Madera y la especie correspondería a *Reticulitermes hesperus* Banks.

Como sustrato para las mini-colonias se utilizó arena fina de cuarzo blanco formada por granos de sílice cristalizada, como recipientes se emplearon frascos de vidrio con tapa rosca, superficie base de 78,5 cm², altura de 16,5 cm y volumen de 1000 cc.

Durante el ensayo, las mini-colonias contenidas en los frascos se mantuvieron en una cámara oscura, con renovación de aire regulada a una temperatura entre $26 \pm 2^\circ$ C. y una humedad relativa mínima de 75 % y máxima 90 %.

METODO

Impregnación

La impregnación de las probetas con los productos y retenciones especificadas se realizó con el método de absorción bajo vacío en una campana de vidrio. Para ello se sumergieron en un vaso con la solución preservante, realizando luego un vacío de 60 cm Hg. por 20 minutos. A continuación se extraían y secaban en una hoja de papel absorbente y transcurrido 1 ó 2 minutos se pesaban en la balanza, obteniéndose la absorción de solución que fue transformada a la retención corrigiendo por la concentración de la solución y multiplicando por el volumen de la probeta. Variando la sal y la dilución se obtuvieron las concentraciones para los ocho tratamientos. Una vez finalizado el proceso de impregnación las probetas fueron secadas por cuatro semanas en cámara de acondicionamiento a un C.H. = 12 %. La retención en las sales CCA se comprobó mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos x. Para diferenciar los tratamientos se utilizó la siguiente nomenclatura (Tabla 1):

Tabla 1: Nomenclatura de tratamientos

Nomenclatura	Tratamiento
T0	Testigo
T1	CCA 3,5 Kg oxido activo por m ³
T2	CCA 6 Kg oxido activo por m ³
T3	CCA 9,6 Kg oxido activo por m ³
T4	CCB 5 Kg oxido activo por m ³ expresado en H ₃ BO ₃
T5	CCB 7 Kg oxido activo por m ³ expresado en H ₃ BO ₃
T6	MZA 1,75 Kg ox act/m ³
T7	MZA 3 Kg ox act/m ³
T8	MZA 4,8Kg ox act/m ³

Preparación de colonias de ensayo

Posterior a la impregnación se prepararon 30 recipientes de ensayo con una capa de 500 gr. de arena, un anillo de vidrio enterrado 10 mm y apoyado contra la pared. Todos los frascos fueron colocados en un autoclave para su esterilización. Una vez enfriados se humedecieron con 125 ml de agua destilada. En el fondo y centro del recipiente se colocaron 0,5 gr. de madera de cría para el sostenimiento inicial de la colonia.

Paralelamente a la actividad anterior, se constituyeron las mini-colonias, para lo cual se extrajeron del termitero tablillas infestadas, separando grupos de 250 obreras, 3 soldados y 10 ninfas utilizando para ello un pincel blando procurando no dañarlas, se desecharon los insectos heridos o con poca movilidad. Cada grupo así formado fue repartido con cuidado sobre el sustrato de cada recipiente. Se cerró cada frasco con su tapa y se instalaron en la cámara de ensayo.

A los dos días de la constitución de las colonias, se seleccionaron las 24 que presentaban buena actividad colocando en ellas las probetas correspondientes.

Los frascos se mantuvieron durante 8 semanas en la cámara de ensayo controlando semanalmente la actividad de las termitas, humedad de los sustratos u otros eventos. La actividad de los insectos fue clasificada en cuatro categorías dentro de la guía de observación semanal: movimiento nulo (inmovilidad total de las termitas o nula observación de individuos), lento (desplazamientos cortos exclusivamente para ocultarse de la luz u observación de no más de 15 individuos), regular (desplazamiento por las galerías en forma continua y observación de 16 a 40 insectos) y rápido (desplazamiento por las galerías en forma ágil y continua, actividad de termitas sobre la probeta y observación de más de 40 termitas).

Evaluaciones

Al final del ensayo se retiraron las probetas de los recipientes separando cuidadosamente las partículas de substrato u otras sustancias adheridas a su superficie, así como también las termitas. Se registró la cantidad de supervivientes, existencia de madera de cría y cada probeta fue examinada visualmente para la valoración del ataque en cuanto a la localización, extensión y profundidad del daño según la siguiente escala de la norma :

0 Ningún Ataque

1 Tentativa de ataque, arañazos superficiales cuya profundidad no se pueda medir, o ataque hasta 0.5 mm de profundidad, si se restringe a tres zonas de menos de 3 mm de diámetro cada una.

2 Ataque ligero, ataque superficial (menor a 1 mm) y limitado en extensión a 1/10 de la superficie lateral de la probeta como máximo, o una perforación única de profundidad inferior a 3 mm..

3 Ataque medio, ataque superficial (mayor a 1 mm) afectando a más de 1/10 de la superficie lateral de la probeta o erosión (de 1 mm a 3 mm) sobre una extensión que no sobrepase 1/10 de la superficie lateral de la probeta, o perforaciones puntuales que no se extiendan en cavernas y de profundidad superior a 3 mm.

4 Ataque fuerte, erosión sobre una extensión superior a 1/10 de la superficie lateral de la probeta, o ataque penetrante superior a 3 mm. extendiéndose en cavernas dentro de la masa de la probeta y pudiendo llegar a un estado de destrucción muy avanzado.

Validez del ensayo

El ensayo es válido si al menos dos de las probetas testigo reciben un examen visual con nota 4 y si las colonias correspondientes tienen al menos un 50% de sobrevivientes.

El análisis estadístico correspondió a un diseño completamente al azar, donde los tratamientos representaban a las 7 combinaciones de sal y retención más el testigo, con tres repeticiones cada uno. Las comparaciones entre tratamientos se establecieron mediante un análisis de varianza con los valores de pérdida de peso y volumen de las probetas, al igual que un análisis de varianza de supervivencia de las obreras. Cuando fue necesario se hicieron pruebas de comparación de medias.

Las observaciones adicionales extraídas de la ficha de observación semanal, sirvieron para apoyar las conclusiones derivadas de la experiencia.

RESULTADOS

NIVEL DE ACTIVIDAD DE LAS COLONIAS:

TRATAMIENTO TESTIGO (T0):

En la tabla 2, se muestran la supervivencia y grado de ataque promedios obtenidos para los testigos y los tratamientos especificados anteriormente (Tabla 1).

Tabla 2: Resultado de supervivencia de las colonias y grado de ataque en probetas.

Tratamientos	Nº de probetas	Retención Media de Protector [Kg/m ³]	Supervivencia de Obreros		Grado de Ataque
			Obreros	Soldados - Ninfas	
Testigos	1	0,0	49,6%	S-N	4
	2		66,8%	S-N	4
	3		41,2%	S-N	4
T1	1	3,4	0	0	1
	2		26,40%	S-N	3
	3		0	0	3
T2	1	6,3	0	S-N	2
	2		0	0	2
	3		0	N	0
T3	1	9,9	0	0	1
	2		0	0	0
	3		0	0	1
T4	1	5,4	0	0	2
	2		0	0	1
	3		0	0	0
T5	1	7,0	0	0	0
	2		0	0	1
	3		0	S-N	1
T6	1	1,5	0	0	0
	2		0	0	1
	3		0	0	1
T7	1	3,0	0	0	0
	2		9,0 %	S-N	0
	3		0	0	0
T8	1	4,7	0	0	0
	2		0	0	0
	3		0	0	0

S-N= La letra indica la presencia de Soldados o Ninfas

La norma europea EN117 “Protectores de la madera. Determinación del umbral de eficacia contra *Reticulitermes santonensis* de Feytaud”, establece como requisito o condición de validez del ensayo el cumplimiento de dos variables; el % de supervivencia y el grado de ataque; de modo tal, que al menos 2 de las 3 probetas testigo sin tratar, reciban en el examen visual nota 4 (ataque fuerte) como se aprecia en el grafico 1 y que las colonias correspondientes tengan al menos un 50 % de supervivientes (Tabla 2). Esta condición es cumplida por el testigo 1 y testigo 2. En virtud del cumplimiento de estas condiciones el estudio es válido ante el Comité Europeo de Normalización (CEN). En cuanto a la supervivencia de las obreras en el resto de los tratamientos, ésta fue muy baja ya que sólo en una colonia de los tratamientos 1 y 7 se encontraron obreros supervivientes.

Tabla 3: Semanas de vida de las colonias.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Repetición 1	8	3	5	3	4	4	6	4	8
Repetición 2	8	8	5	3	8	5	4	8	3
Repetición 3	8	8	2	8	2	8	5	8	6
Medias	8	6,33	4,00	4,67	4,67	5,67	5,00	6,67	5,67

En base a la información recopilada sobre la actividad de las termitas y a un análisis estadístico con una confiabilidad de un 99 %, se observó que las 27 colonias mantuvieron un nivel de actividad homogéneo con una sobrevivencia promedio de ocho semanas en el tratamiento testigo (T0), la que fue mínima en el T2 (Tabla 3). Resultado similar se obtuvo con la semana en que realizaron el “contacto” con las probetas, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, como se puede observar en la tabla 4, dos de las colonias no alcanzaron la probeta, lo que coincide con la corta vida que presentaron estas colonias. La variables “semana de vida de la colonia” con “semana de Contacto”, se relacionan en un 63%, lo cual muestra que mientras más pronto se consume la madera de la probeta, más corta es la vida de la colonia, lo que indicaría el efecto tóxico de las sales.

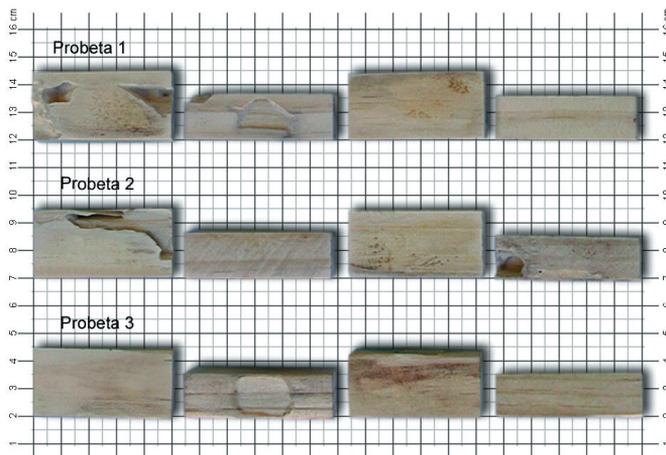
Tabla 4. Semana en que hacen contacto las colonias con las probetas.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Repetición 1	1	2	1	2	1	1	5	1	4
Repetición 2	1	4	1	1	4	1	1	7	-
Repetición 3	3	4	1	4	-	4	1	1	1
Medias	1,67	3,33	1,00	2,33	2,50	2,00	2,33	3,00	2,50

GRADO DE ATAQUE A LAS PROBETAS.

TESTIGO

Como se explicó anteriormente las condiciones de validez impuestas por la norma EN117 son dos, una de supervivencia y otra de grado de ataque. En la foto 1 se puede ver que el ataque en las tres probetas testigo es superior a 1/10 de erosión en a lo menos una cara de las probetas y la profundidad es mayor a 3 mm, de esta forma las tres probetas recibieron en el examen visual nota 4 (ataque fuerte) y que las colonias 1 y 2 obtuvieron más del 50 % de supervivientes (Cuadro 2).

**Foto 1.-** Estado de Probetas Testigo después de las ocho semanas de estudio.

SAL CCA

Los resultados obtenidos con la diferentes retenciones de ésta sal son mostrados a continuación en la figura 2.

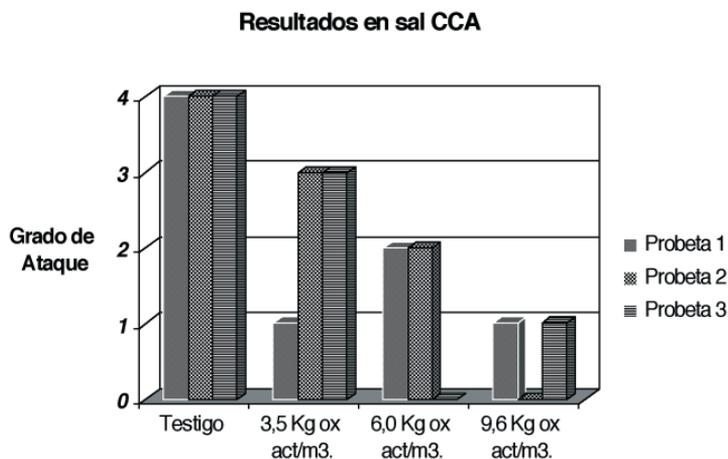


Fig. 1.- Grado de ataque de examen visual en probetas testigo y tratadas.

En este tratamiento la probeta 1 obtuvo una “tentativa de ataque” (nivel 1), mientras que las probetas 2 y 3 obtuvieron “ataque intermedio” (nivel 3) en el examen visual, además una de ellas llegó al final del período de estudio con 26 % de supervivientes, este fue el único caso de supervivencia en probetas tratadas con sal CCA (cuadro 2). De acuerdo al Andeva y al Test de Tukey en este tratamiento se observó el ataque más fuerte dentro de los tratamientos estudiados, incluso tan fuerte como el daño reportado por el tratamiento Testigo (T0) que no tenía sal preservante. En el tratamiento 2 el ataque superó el nivel 2, lo que según norma no es suficiente para inhibir el ataque de *Reticulitermes hesperus*.

En el tratamiento 3 solo 2 de las tres probetas tuvieron “tentativa de ataque” mientras que la probeta 2 terminó con “ningún ataque” en el examen visual (figura 2). De acuerdo a los criterios de la norma, este tratamiento es suficiente para inhibir el ataque, porque entre este y el anterior se encuentra el umbral de eficacia de este preservante.

SAL CCB

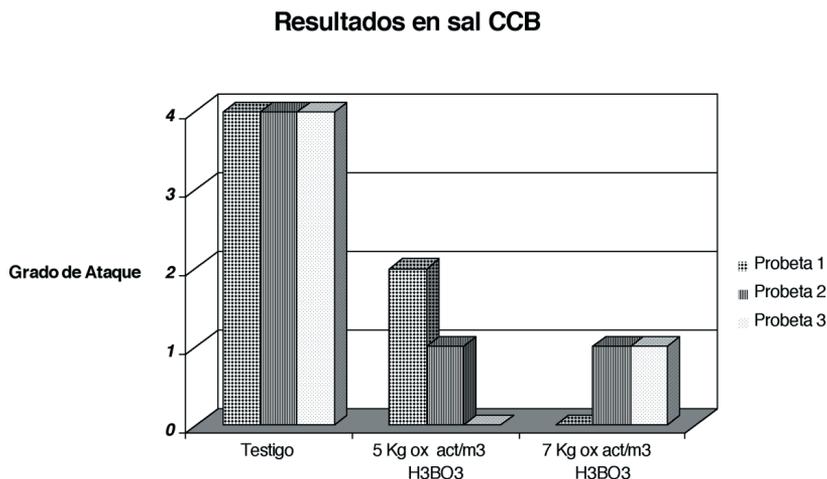


Fig. 2.- Grado de ataque en las probetas tratadas con sales CCB.

En el tratamiento con 5 Kg.ox / m³, dos de las tres probetas presentaron ataque, la probeta 1 un “ataque ligero” y la probeta 2 “tentativa de ataque”, en tanto que la probeta 3 llegó al final del período de estudio sin ningún ataque. Mientras que en el tratamiento con 7 Kg.ox / m³, la probeta 1 terminó con “ningún ataque” en el examen visual mientras que las otras dos probetas tuvieron “tentativa de ataque” (Figura 2), de acuerdo al criterio de la norma la retención de este tratamiento es suficiente para inhibir el ataque de *Reticulitermes hesperus*, porque entre este y el anterior se encuentra el umbral de eficacia de este preservante. Por lo tanto, el tratamiento con 9,6 Kg.ox / m³ en la sal CCA y el tratamiento con 7 Kg.ox / m³ son eficaces, pero las sal CCB es lixivable lo que restringe su uso a lugares libres de humedad, limitación que se compensa por el hecho de que al emplear boro en lugar de arsénico, es mucho menos riesgosa para el ser humano.

SAL MZA

Resultados en sal MZA

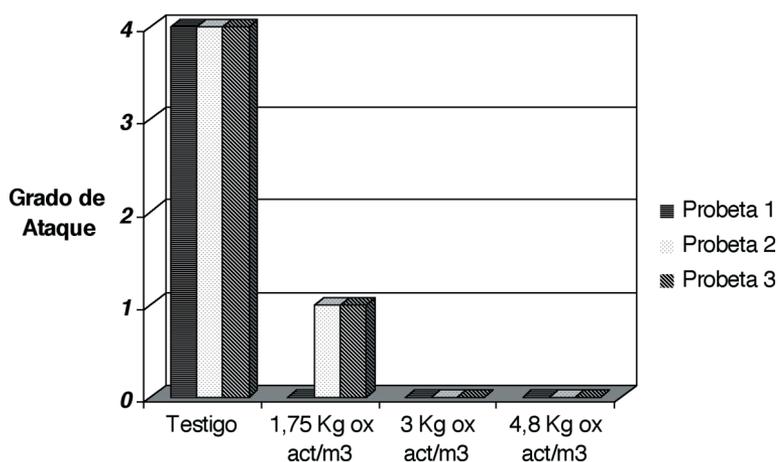


Fig. 3.- Grado de ataque de examen visual en probetas de tratamientos T6, T7 y T8.

El tratamiento 6 fue impregnado con la retención más baja de éste preservante (1,75 Kg.ox / m³), y solo dos de las tres probetas tuvieron “tentativa de ataque”, mientras que la probeta 1 terminó con “ningún ataque” (Figura 3). Este tratamiento es suficiente para inhibir el ataque de *Reticulitermes hesperus*, porque entre este tratamiento y una retención mas baja se encontraría el umbral de eficacia de este preservante. Como se observa en el grafico 2 ninguna de las 6 probetas de los tratamiento 7 y 8 registraron ataque (nivel 0), lo que de acuerdo al Andeva y test de Tukey indica que son los mejores tratamientos de todo el estudio, no encontrándose supervivientes. No obstante, en la colonia 2 del tratamiento 7 (3,0 Kg.ox / m³), se encontraron 9 % de obreras supervivientes.

De acuerdo a estos resultados, el tratamiento con la sal MZA a una retención de 1,75 Kg.ox / m³ (T6) es eficaz contra *Reticulitermes hesperus*, al igual que los tratamientos 3 y 5 con CCA y CCB respectivamente. Esta sal no es lixivable pudiendo ser utilizada en contacto directo con el suelo, empotrada y en lugares húmedos. Al igual que las otras sales también decolora la madera a un color café-verdoso, que podría limitar sus aplicaciones en aquellos usos donde la apariencia natural es un requisito.

CONCLUSIONES

- El nivel de actividad de las mini-colonias va disminuyendo progresivamente con el tiempo, particularmente desde el momento en que los insectos hacen contacto con la madera preservada.
- El umbral de eficacia contra el ataque de termitas subterráneas para la sal CCA es de 9,6 Kg ox act/m³, retención superior a la recomendada en la norma chilena para algunos usos y riesgo esperado de servicio, condiciones en la que madera preservada con ésta sal queda expuesta.
- Para la sal CCB el umbral de eficacia es de 7,0 Kg ox act/m³, recomendándose por su menor costo , para aquellas condiciones en que no existe riesgo de lixiviación.
- El MZA muestra una mayor eficacia preventiva ya que el umbral de eficacia se encuentra por debajo de la retención más baja probada en éste estudio (1,75 Kg ox act/m³), siendo la más económica de las tres evaluadas en éste estudio. No obstante, presenta la desventaja de una mayor proporción de arsénico respecto de los otros preservantes.

BIBLIOGRAFÍA

EATON, R.A.; HALE, M.D.C 1993. *Wood. Decay, pests and protection.* Chapman and Hall Editors. 546 p.

CAMMOUSSEIGHT, A. 1997. Las termitas de Chile: Amenaza latente. *Chile Forestal* (246): 20-21, enero-febrero.

FDI – CORFO. 1998a. Estudio del impacto y prevención de la termita subterránea. Principales resultados del estudio. Seminario final. 9 p.

FDI – CORFO. 1998b. Estudio del impacto y prevención de la termita subterránea .Comité de Preservación de Madera. Seminario Final. 5 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 1979. Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural NCh 789/1 Of 87, INN, Santiago.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 1996. Madera preservada - Pino radiata - Clasificación y requisitos, NCh 819.Of 96, INN, Santiago.

JUACIDA, P.; QUINTANA, J. 1992. Protección de la Madera: Agentes Causales de Degradación; Durabilidad Natural. Publicación Docente N°37. Universidad Austral de Chile. 26 p.

NORMA EUROPEA EN 117. 1989. “Determinación del umbral de eficacia contra *Reticulitermes santonensis* de Feytaud”- Método de laboratorio.

PEARCE, M.J. 1997. *Termites: Biology and pest management.* Cab International.Wallingford, UK. 180 p.

Peraza, F. 1994. *Patología y protección de la madera.* AITIM, Enero 1994. España. 120 p.

SMITH, J. 2000. Termitas subterráneas combatibles al momento de construir. 2000. *Bit*, año 7, N° 19, pags. 29-31.