
EFECTO DE ONDAS SONICAS EN LA ACCIÓN DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS SOBRE PIEZAS DE MADERA DE DIFERENTES ESCUADRÍAS

Alejandro Bozo González¹ y José Tomas Karsulovic C.²

RESUMEN

La introducción accidental de la termita subterránea (*Reticulitermes sp.*) al territorio nacional, hace más de 15 años, esta ocasionando un problema que comienza lentamente a vislumbrarse. Estos insectos se alimentan fundamentalmente de celulosa y pueden llegar a ocasionar daños significativos en las construcciones. Esto puede ser una amenaza a las pretensiones de convertir a la madera, generada en el país, en la solución para el problema habitacional que se tiene hoy en día a nivel nacional. Los efectos de las termitas subterráneas se manifiestan diariamente en las comunas de la Región Metropolitana y desde algún tiempo han empezado a manifestarse en comunas de regiones vecinas (Valparaíso y O'Higgins).

El Departamento de Ingeniería de la Madera de la Universidad de Chile, ha desarrollado una línea de investigaciones tendiente a detectar y controlar la termita subterránea, utilizando técnicas no destructivas como son la aplicación de ondas sónicas y ultrasónicas. Los resultados presentados en este artículo se enmarcan en esta línea de investigación.

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de ondas sónicas en el comportamiento de termitas subterráneas durante el proceso de infestación en el interior de piezas de madera de pino radiata (*Pinus radiata* D.Don) de diferentes escuadrías.

La metodología consistió básicamente en exponer a la acción de las termitas madera de pino radiata en escuadrías de 40 x 45 mm, 40 x 70 mm y 40 x 90 mm, en un largo de 200 mm y a un contenido de humedad de 12 %. Estas piezas fueron colocadas en contenedores de vidrio de 12 x 7 cm de base y 25 cm de altura, conformando cada una de ellas un mini termitero con 250 obreras y 15 individuos entre soldados y ninfas. Para el manejo del material biológico se siguió las prescripciones de la norma española UNE 56-410-92. Basándose en los resultados obtenidos en estudios previos se procedió a aplicar ondas sónicas en la parte superior de las piezas de madera. Cada ensayo se efectuó con tres repeticiones y un testigo. Los resultados registrados fueron la tasa de alimentación y la supervivencia de las termitas.

Los resultados revelan que existe una disminución de la tasa de alimentación con la aplicación de ondas sónicas para todas las escuadrías estudiadas.

Palabras claves: Termitas subterráneas, ondas sónicas, pino radiata.

1 Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. CHILE. abozo@uchile.cl

2 Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. CHILE. tkarsulo@uchile.cl

EFFECT OF SONIC WAVES IN THE ACTION OF SUBTERRANEAN TERMITES ON PIECES OF WOOD OF DIFFERENT SIZES

SUMMARY

The accidental introduction of the subterranean termite (*Reticulitermes sp.*) to the national territory, since 15 years, this causing a problem that slowly begins to glimpse. These insects feed fundamentally on cellulose and can get to cause significant damages in the constructions. This can be a threat to the pretensions to turn to the wood, generated in the country, in the solution for the housing problem that Chile has nowadays at national level. The effects of the subterranean termites are pronounced daily in the communes of the Metropolitan Region and from some time they have begun to pronounce in communes of neighboring regions (Valparaiso and O'Higgins).

The Department of Wood Engineering of the University of Chile has developed a line of nondestructive technical investigations to detect and control the subterranean termite using the application of sonic and ultrasonic waves. The results presented in this paper are framed in this line of investigation.

The Objective of this study is to determine the effect of sonic waves in the behavior of subterranean termites during the process of infestation inside wood pieces of Radiata Pine (*Pinus radiata* D.Don) of different size.

The methodology consisted basically of exposing to the action of the termites wood of Radiata Pine of following cross section: 40 x 45 mm; 40 x 70 mm and 40 x 90 mm in a length of 200 mm to a moisture content of 12 %. These pieces were placed in glass containers of 12 x 7 cm of base and 25 cm of height, conforming each one of them a mini termite nest with 250 workers and 15 individuals between soldiers and nymphs. For the handling of the bacteriological agents the prescriptions of the Spanish norm were followed UNE 56-410-92. Being based on the results obtained in previous studies it was come to apply sonic waves in the superior part of the wood pieces. Each test took place with three repetitions and a control. The registered results were the rate of feeding and the survival of the termites.

The results revealed that exist a diminution of the rate of feeding with the application of sonic waves for all wood sizes studied.

Key words: Subterranean termites, sonic waves, Radiata Pine

INTRODUCCIÓN

Los resultados que se reportan aquí corresponden a una parte de una investigación que tiene por finalidad la aplicación de ondas sónicas para crear una barrera física a la acción de las termitas subterráneas en construcciones en madera. Si bien las termitas juegan un importante rol ecológico en la naturaleza, siendo la celulosa su principal fuente de alimentación, éstas constituyen un grave agente de deterioro para la madera en servicio.

Hasta hace algunos años en Chile existían solo dos familias de termitas, *Kalotermitidae* y *Termopsidae* agregándose, con la introducción de la termita subterránea, la familia *Rhinotermitidae* a la cual pertenece la especie *Reticulitermes flavipes* Kollar, identificada inicialmente en Chile como *Reticulitermes hesperus* Bank, la cual sería originaria de Estados Unidos e introducida en Chile en la década de los setenta. Es reconocido el hecho que las especies del género *Reticulitermes* son la mayor plaga que se encuentra infestando estructuras en madera en numerosos países del mundo, provocando cuantiosas pérdidas.

Se ha detectado en la zona central de Chile una vasta infestación, con un significativo incremento durante los últimos cinco años, corroborado por las numerosas denuncias de la presencia de termitas en viviendas, las cuales en su gran mayoría corresponden a construcciones destinadas a la habitación de personas de niveles sociales de menores recursos económicos, que son construidas íntegramente de madera las que son utilizadas sin ningún tipo de tratamiento de preservación y que no siguen además ninguna normativa de construcción.

La erradicación total de las termitas no es posible y los esfuerzos deben orientarse a controlar la existencia de la población de insectos y limitar o disminuir los riesgos a las construcciones, a través de la implementación de estrategias integradas de manejo de la plaga (Morris, 2000). Para un adecuado manejo de las termitas es necesario disponer de métodos de prevención y control. Para la prevención se utilizan diferentes técnicas, consistente en el establecimiento de barreras físicas y químicas. En general, el uso de barreras físicas está concebido para tratamientos de pre-construcción de una edificación (uso de arenas, mallas de acero, plásticos impregnados, etc.). Las barreras químicas se utilizan tanto como tratamientos preventivos como curativos en pre y post construcción y tienen por objetivo la exclusión de las termitas subterráneas de las estructuras.

Los métodos curativos consisten en la aplicación de tratamientos químicos y no químicos, como por ejemplo, la utilización de dióxido de carbono (Delate et. al, 1995), aire caliente (Woodrow y Grace, 1998), nitrógeno líquido (Lewis 1997). Los tratamientos químicos en áreas localizadas consisten en la perforación y posterior inyección de insecticida en las galerías construidas por las termitas.

Para la aplicación de métodos curativos es necesario disponer de sistemas de inspección o detección de la actividad de las termitas en elementos en servicio. Para éste objetivo se ha desarrollado diferentes técnicas, tales como emisión acústica (Scheffranhm, 1993; Lemaster, 1997; Yanase, 1998; Mankin, 2002), ondas de esfuerzo (Ross et. al. 1997; De Groot et. al. 1998), ultrasonido (Wilcox, 1998), detección de gases que emiten las termitas durante su metabolismo (metano y dióxido de carbono), imágenes infrarrojas, microondas, rayos x, etc.



Este trabajo tiene la finalidad de efectuar un nuevo aporte a las técnicas ya existentes para el control de termitas. Se postula que las termitas pueden ser susceptibles a la acción de ondas mecánicas, a una determinada frecuencia e intensidad de irradiación, pudiendo ello producir alteraciones en sus mecanismos de comunicación, alimentación u otros cambios biofísicos y/o bioquímicos que ocasionen efectos inmediatos o mediatos en su comportamiento o sobrevivencia.

OBJETIVOS

El objetivo general determinar el efecto de ondas acústicas sobre el comportamiento de termitas subterráneas durante el ataque de estas en madera de pino radiata de diferentes escuadrías.

Los objetivos específicos son determinar el efecto en la tasa de alimentación de las termitas subterráneas cuando están sometidas al efecto de ondas sónicas y evaluar la mortalidad de las termitas subterráneas sometidas al efecto de ondas sónicas durante un periodo de dos meses.

MATERIAL Y MÉTODO

Recolección y Manutención de Termitas

Las termitas utilizadas en los ensayos provinieron de una colonia ubicada en la parte central de la ciudad de Santiago. La captura se efectuó mediante cebos diseñados y construidos para éste efecto, utilizando tubos de PVC de 75 mm de diámetro y 250 mm de largo, rellenos con cartón corrugado como fuente de alimentación y tapados en ambos extremos. A los tubos se les practicaron ranuras de 5 mm de ancho a través de su periferia en dirección transversal para permitir la entrada de las termitas (Figura N° 1). Los cebos fueron enterrados en los lugares infestados durante un periodo de 20 días.



Figura N° 1
CEBOS DE CAPTURA

Con las termitas capturadas, obreras y soldados, fueron establecidas cuatro colonias, las que fueron instaladas en una sala climatizada con ambiente controlado de temperatura, 24°C, y humedad relativa de 70% a 80%, de modo de otorgarle a los insectos las condiciones óptimas para su mantención y desarrollo.

La constitución de los termiteros se realizó mediante receptáculos de vidrio de 60 cm de longitud por 45 cm de ancho y 30 cm de alto, con tapa y orificio de aireación cubierto con rejilla metálica (Figura N° 2). En su interior se introdujo un sustrato formado de gravilla mezclada con tierra, arena de cuarzo y material inductor consistente de pequeños trozos de madera de pino radiata. Para mantener la humedad del sustrato se adicionó diariamente una cantidad de agua destilada. Como fuente de alimentación se instaló dentro de los termiteros paquetes de 10 tablillas de madera de pino radiata de 5 mm de espesor, 60 mm de ancho y 200 mm de largo, unidas entre sí con amarras de alambre de acero. De acuerdo a los requerimientos de los ensayos se fue extrayendo los paquetes y coleccionando las termitas en las cantidades necesarias, para luego retornar los paquetes al termitero.





Figura N° 2
TERMITERO UTILIZADO EN LABORATORIO

Equipos y Accesorio

Generador de frecuencias (Agilent 33220A).
Amplificador (Peavy cs 1200 X).
Altavoces.
Cámara climatizada.
Balanza.

Método

El método consistió básicamente en exponer a la acción de las termitas madera de pino radiata de las siguientes escuadrías: 40 x 45 mm, 40 x 70 mm y 40 x 90 mm, en un largo de 200 mm (Figura N° 3) a un contenido de humedad de 12 %.

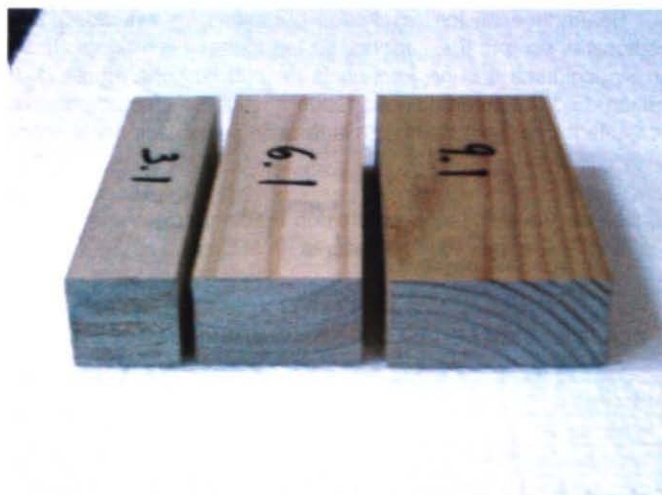


Figura N° 3
PIEZAS DE MADERA DE DIFERENTES ESCUADRÍAS

Estas piezas fueron colocadas en contenedores de vidrio de 12 x 7 cm de base y 25 cm de altura (Figura N° 4), conformando cada una de ellas un mini termitero con 250 obreras y 15 individuos entre soldados y ninfas.

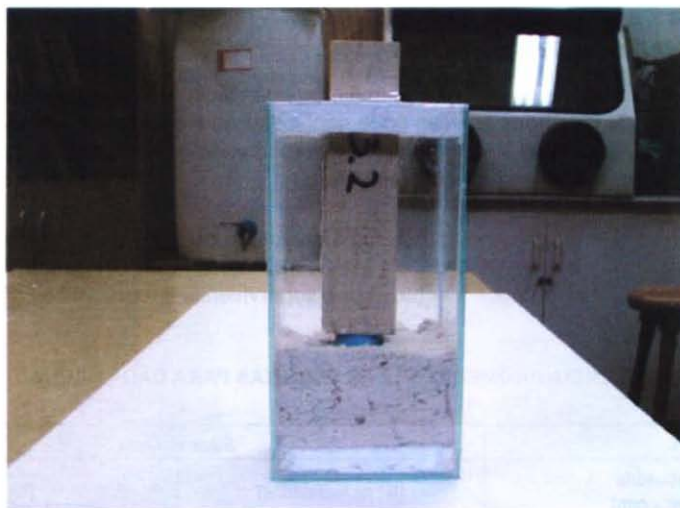


Figura N° 4
MINI TERMITERO DISEÑADO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

Para el manejo del material biológico se siguió las prescripciones de la norma española

UNE 56-410-92. Basándose en los resultados obtenidos en estudios previos se procedió a aplicar ondas sónicas en la parte superior de las piezas de madera. Las ondas sónicas aplicadas fueron sinusoidales de una frecuencia de 200 Hz, una amplitud de 1.5 Vpp y un tiempo de aplicación de 30 minutos diarios. Cada ensayo se efectuó con tres repeticiones y un testigo. Los resultados registrados fueron la tasa de alimentación y la sobrevivencia de las termitas.

La evaluación de los resultados se efectuó mediante un análisis cualitativo, según lo establecido por la Norma Europea EN 118 descrita en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
CLASIFICACIÓN DEL ATAQUE SEGÚN INTENSIDAD DEL DAÑO

Grado de Ataque	Descripción
0	Ningún ataque
1	Tentativa de ataque: Arañazos o roeduras superficiales cuya profundidad no se puede medir.
2	Ataque ligero: Ataque superficial (menos de 1 mm) y limitado en extensión a 1/4 de la superficie expuesta como máximo, o una perforación única de profundidad inferior a 3 mm, sin que exista otra tasa de ataque.
3	Ataque medio: Ataque superficial (menos de 1 mm) que se extiende a más de 1/4 de la superficie expuesta o erosión (de 1 a 3 mm) sobre una superficie inferior o igual a 1/4 de la expuesta o perforaciones puntuales superiores a 3 mm, pero que no se extiendan en cavernas o no atraviesen.
4	Ataque fuerte: Erosión sobre más de 1/4 de la superficie expuesta o ataque penetrante superior a 3 mm extendiéndose en cavernas en el interior de la probeta o sin extenderse en cavernas, pero atravesándola.

Fuente: Norma Europea EN 118, 1992.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de estos ensayos permitieron cuantificar el porcentaje de supervivencia y evaluar el efecto de las ondas sónicas en la capacidad de alimentación de las termitas. En el Cuadro N° 2 se presentan los porcentajes de sobrevivencia promedio para las distintas escuadrias utilizadas y para las probetas testigos.

La Norma EN 118 fija como válidos los ensayos en que dos de tres testigos alcanzan una supervivencia mayor a un 50% de los individuos. Lo que en este ensayo fue logrado, puesto que en las termitas testigos se obtuvo una supervivencia promedio de 64%.

Cuadro N° 2
SUPERVIVENCIA PROMEDIO DE LAS TERMITAS PARA CADA ESCUADRÍA

Escuadria [mm x mm]	Supervivencia	
	(N° de Individuos)	(%)
40 x 45	137	54,8
40 x 70	132	52,8
40 x 90	139	55,6
Testigos	160	64,0

Para las tres escuadrías la supervivencia fue muy similar y siempre superior al 50%, el ataque a la madera correspondió a un ataque fuerte como se puede apreciar en el Cuadro N° 3 donde se presenta los grados de ataque promedio sufrido por las probetas según Norma EN 118.

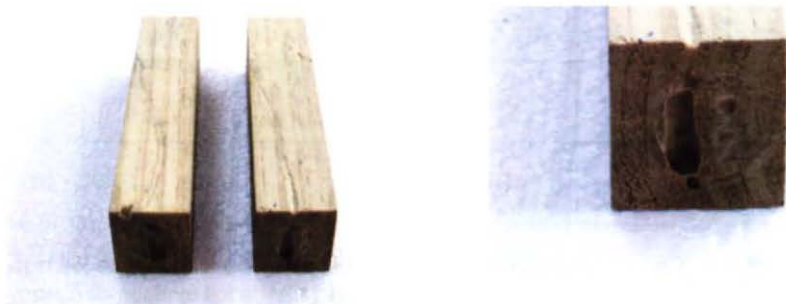
Cuadro N° 3
GRADO DE ATAQUE PROMEDIO SUFRIDO POR LAS PROBETAS SEGÚN NORMA EN 118

Escuadría [mm x mm]	Grado de ataque
40 x 45	4
40 x 70	4
40 x 90	4
Testigos	4

La supervivencia de las diferentes escuadrías fue menor al testigo en casi 10 puntos porcentuales por lo cual es posible deducir decir que esto se debe a la aplicación de las ondas sónicas. Sin embargo, la reducción en la supervivencia no es tan significativa y puede deberse a la interacción de diferentes factores.

Testimonios gráficos del ataque en las diferentes escuadrías pueden ser observados en las imágenes mostradas en la Figura N° 5.

En el Cuadro N° 4 se presenta los resultados del grado de alimentación de las termitas después de irradiación, expresados como consumo de alimento, asociados a cada escuadría. Los valores corresponden a cifras promedio para cada uno de los tratamientos, con tres repeticiones.



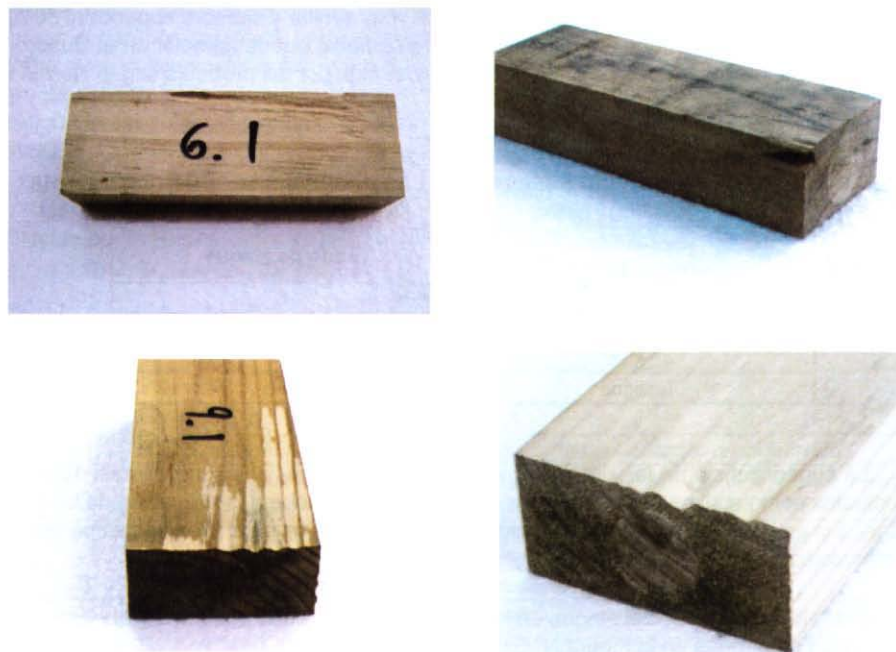


Figura N° 5
EFECTO DE LA ACCIÓN DE LAS TERMITAS EN LAS DIFERENTES ESCUADRÍAS

Cuadro N° 4
CONSUMO DE ALIMENTO, SEGÚN ESCUADRÍA

Escudría (mm x mm)	Estadigrafos	Consumo de Alimento (g)
40 x 45	Media	0,981
	Des. Estándar	0,166
	COV %	16,92
40 x 70	Media	1,021
	Des. Estándar	0,090
	COV %	8,81
40 x 90	Media	1,521
	Des. Estándar	0,109
	COV %	7,17

En el Cuadro N° 5 se presenta los resultados del consumo de alimento de los testigos, para cada una de las repeticiones. Cabe hacer notar que el COV de los testigos es claramente mayor (29,3 %) que los presentados en la tasa de alimentación de las distintas escudrías (11 % promedio).

Cuadro N° 5
CONSUMO DE ALIMENTO DE TERMITAS TESTIGO

Repetición	Consumo de Alimento (g)
1	1,168
2	1,561
3	2,110
Media	1,613
Des. Estándar	0,473
COV (%)	29,3

CONCLUSIONES

Los ensayos sónicos mostraron claras evidencias que la irradiación para las tres escuadrías constituye una alteración en la tasa de alimentación de las termitas.

Los resultados revelaron que existe una disminución de la tasa de alimentación con la aplicación de ondas sónicas para todas las escuadrías estudiadas.

La tasa de supervivencia de las termitas sometidas a irradiación sónica es más baja que los testigos, debido muy probablemente al efecto de las ondas sónicas aplicadas.

El COV de la supervivencia fue claramente más alto para los testigos que para las termitas sometidas a irradiación sónica.

A la luz de los resultados obtenidos se concluye que es necesario realizar un mayor número de ensayos utilizando otras frecuencias y amplitudes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a FONDECYT por el financiamiento del Proyecto N°1040726, en cuyo contexto se realizó éste estudio.

REFERENCIAS

De Groot, RC., Ross, RJ. & Nelson, WT., 1998. Non-destructive assessment of wood decay and termite attack in southern pine sapwood. Wood Protection 3: 25-34.

Delate, KM., Grace, FK. & Armstrong, JW., 1995. Carbon dioxide as a potential fumigant for termite control. Pesticide Science 44: 357-361.

Lemaster, R.I., Beall, F.C. and Lewis, V.R., 1997. Detection of termites with acoustic emission. For. Prod. J.47:75 –79

- Lewis, VR., 1997. Alternative control strategies for termites. *Journal of Agricultural Entomology* 14: 291-307.
- Mankin, RW, Osbrink, WL., O FM & Anderson, JB., 2002. Acoustic detection of termite infestations in urban trees. *Journal Economique Entomology* 95: 981-988.
- Morris, PI., 2000. Integrated control of subterranean termites: The 65 approach group leader-Durability and protection group. Forintek, Canada Corporation, Vancouver.
- Ross, RJ., De Groot, RC., Nelson, WJ. & Le Bow, PK., 1997. The relationship between stress wave transmission characteristics and the compressive strength of biologically degraded woods. *Forest Products Journal* 47: 89-93.
- Scheffrahn, RH., Robbins, WP., Busey, P., Su, NY. & Mueller, RK., 1993. Evaluation of a novel hand-held, acoustic emissions detector to monitor termites (*Isoptera: Rkalotermitidae, Rhinotermitidae*) in wood. *Journal of Economic Entomology* 86: 1720-1729.
- Wilcox, W. and Wayne., 1988. Detection of early stages of wood decay with ultrasonic pulse velocity. *Forest Prod. I.*, 38(5): 68-73
- Woodrow, RJ. & Grace, JK., 1998. Thermal tolerances of four termites species (*Isoptera: Rhinotermitidae, Kalotermitidae*). *Sociobiology* 32: 17-25.
- Yanase, Y., Fuji, Y., Okumura, Y. Imamura, T. & Yoshimura, T., 1998. Detection of AE generated by the feeding activity of termites using PDVF. *Forest Product Journal* 48: 43-46.