

**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS COMERCIALES A
BASE DE CIPERMETRINA SOBRE *CRYPTOTERMES
BREVIS* (WALKER) EN *PINUS CARIBAEA*,
EUCALYPTUS UROPHYLLA Y *ACACIA MANGIUM***

*Assessment of cypermethrin-based products against
Cryptotermes brevis (Walker) in Pinus caribaea,
Eucalyptus urophylla and Acacia mangium*

OSWALDO ERAZO, BERALIZ QUINTERO, YOLY MOLINA, Y
OSWALDO ENCINAS

Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y
Ambientales. Grupo de Investigación en Conservación de la Madera
(GICOM)

Recibido Mayo 2019 Aceptado Octubre 2019

Resumen

Cryptotermes brevis es considerada la plaga de termitas de madera seca más destructiva del mundo. Puede atacar maderas estructurales, vigas, postes, pisos, molduras, puertas, marcos de ventanas e incluso tallas, herramientas, marcos de cuadros, instrumentos musicales, entre otros. En este estudio se evaluó el efecto de dos productos comerciales a base de cipermetrina sobre *Cryptotermes brevis*. Se utilizaron probetas de maderas de 70 mm x 25 mm x 5 mm de *Acacia mangium*, *Eucalyptus urophylla* y *Pinus caribaea*. Los productos fueron aplicados a las probetas según la recomendación del fabricante. Las probetas se colocaron en inmersión durante 48 horas. Se determinó la retención del producto. Se evaluó el desgaste de la madera por la acción de las termitas y el porcentaje de mortalidad. Se encontró que los productos comerciales presentaron poca efectividad en el control de daños causados por las termitas, evidenciándose la formación de galería en la muestras, predominantemente, a partir de la cuarta semana de evaluación. Aunque el porcentaje de mortalidad de termitas superó el 60 % con la aplicación de los productos, las maderas presentaron baja durabilidad inducida.

Palabras clave: *Cryptotermes brevis*, Cipermetrina, Preservación de maderas

Abstract

Cryptotermes brevis is considered the world's most destructive pest of drywood termites. They can attack structural woods, beams, posts, floors, moldings, doors, window frames, carvings, tools, picture frames, musical instruments, and more. In this study, the effect of two commercial cypermethrin-based products on *Cryptotermes*

brevis was evaluated. Wood specimens of 70 mm x 25 mm x 5 mm of *Acacia mangium*, *Eucalyptus urophylla* and *Pinus caribaea* were tested. The products were applied to the specimens according to the manufacturer's recommendation. The specimens were immersed for 48 hours. Active ingredient retention was determined. Wood damage caused by termites and the percentage of mortality were evaluated. It was found that the commercial products showed little effect on controlling the termites, evidencing gallery formation in the samples, predominantly as of fourth week of evaluation. Although the percentage of termite mortality exceeded 60 % with the application of the products, the woods presented low induced durability.

Keywords: *Cryptotermes brevis*, cypermethrin, wood preservation

Introducción

La susceptibilidad que tiene la madera ante al ataque de organismos destructores como los insectos, particularmente las termitas o comejenes que causan daños severos, ocasionan grandes pérdidas económicas en las infraestructuras hechas de madera. Las termitas viven principalmente en regiones tropicales y subtropicales debido a las condiciones de temperatura; aunque se pueden extender a zonas templadas más cálidas como el sur de Europa. Esta distribución especial, en parte, se debe a las altas temperaturas durante largos periodos (Nobre y Nunes, 2002), las cuales crean condiciones favorables para el desarrollo y reproducción de las termitas.

En Suramérica se han registrado 400 especies de termitas (Constantino, 1998). Cinco familias están presentes: Termitidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, y Termopsidae, de las cuales, las tres primeras abarcan 325, 53 y 19 especies, respectivamente. Sin embargo, aún existen muchas especies que no han sido descritas (Constantino, 2002).

En Venezuela se han reportado 58 especies distribuidas en tres familias: Termitidae, Kalotermitidae y Rhinotermitidae (Issa, 2000). *Cryptotermes brevis*, también conocida como termitas de madera seca por consumir madera con bajo contenido de humedad, pertenece a la familia Kalotermitidae. Fue reportada por primera vez en Caracas y la Isla de Margarita (Snyder, 1959), sin embargo, actualmente esta especie se distribuye en todo el territorio de Venezuela, convirtiéndose en plagas urbanas, ya que suelen atacar cualquier tipo de madera en servicio, incluidas maderas estructurales, vigas, postes, pisos, molduras, puertas, marcos de ventanas e incluso tallas, herramientas, marcos de cuadros, instrumentos musicales, entre otros.

Cryptotermes brevis es la plaga de termitas de madera seca más destructiva del mundo. Se puede identificar fácilmente por los soldados. Estos miden entre 4 y 5 mm de largo y tienen una cabeza en forma frágilica, casi negra, arrugada, de aproximadamente 1,2 a 1,4 mm de ancho. El pronoto de los soldados es tan ancho o más que la cabeza. Los alados suelen ser de color marrón claro y miden unos 11 mm de largo con alas, tienen dos pares de alas membranosas sin pelo y tienen tres o cuatro

venas oscurecidas y agrandadas en el margen delantero de cada ala. Las alas de *C. brevis* tienen un brillo prismático cuando se secan (Ferreira *et al.*, 2013).

El ciclo de vida de *C. brevis* comienza con un vuelo de dispersión, en el cual los alados abandonan su sistema de galería para formar nuevas colonias. Estos vuelos son la única ocasión en que esta especie se encuentra fuera de la madera, ya que nunca abandona el nido para explotar nuevas fuentes de alimento (Korb y Katrantzis, 2004). Una colonia de *C. brevis* puede tener desde 2 individuos (colonia incipiente) hasta 296 individuos con un promedio de 45 individuos (Myles *et al.*, 2007).

Una forma de evidenciar el ataque de *C. brevis* es observando en las proximidades de las piezas atacadas, donde es común encontrar sus excrementos, similares a pequeñas cápsulas de aserrín compacto. En las etapas iniciales del ataque, es imposible notar la presencia de las terminas, por lo que detectar estas pequeñas esferas es un signo de alerta. En etapas avanzadas, en la madera se encuentra una red de galerías y pequeños puntos circulares de 2-4 mm de diámetro. En esta etapa la pieza ha perdido casi toda su resistencia mecánica y cede ante la aplicación de cargas.

La protección de la madera representa un factor determinante para incrementar la vida útil de este material ante el ataque de las termitas JUNAC (1987). Existen una gran cantidad de productos químicos que contienen determinados ingredientes activos altamente efectivos.

La cipermetrina es un insecticida sintético de la familia de los piretroides. Es el insecticida más ampliamente usado en la agricultura a nivel mundial (Singh *et al.*, 2012). Actúa sobre los insectos al interrumpir el funcionamiento normal del sistema nervioso. Los impulsos nerviosos de los insectos viajan a lo largo de los nervios cuando estos son momentáneamente permeables a los átomos de sodio, permitiendo que el sodio fluya hacia los nervios. Los piretroides retrasan el cierre del “canal” que permite el flujo del sodio. Como consecuencia se producen múltiples impulsos nerviosos en lugar de normalmente uno. Estos impulsos provocan que el nervio libere el neurotransmisor acetilcolina y estimule a otros nervios (Eells *et al.*, 1992).

La cipermetrina también afecta al sistema nervioso inhibiendo el receptor de ácido γ -amino butírico, lo que produce excitabilidad y convulsiones. Además, inhibe la absorción de calcio y la enzima oxidasa monoamina (Cox, 1996). También, la cipermetrina afecta una enzima que no está directamente involucrada con el sistema nervioso, la adenosina trifosfata. Esta enzima está relacionada con la producción de energía, transporte de átomos metálicos y contracciones en los músculos (El-Toukhy y Girgis, 1993). En los humanos, la cipermetrina causa neurotoxicidad, por lo que es un motivo de preocupación, sobre todo cuando están expuestos a ella, en su vida cotidiana (Singh *et al.*, 2012).

Las maderas más utilizadas para la elaboración de mobiliarios y artículos de maderas en Venezuela provienen de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Acacia mangium*. Sin embargo, estos productos son

susceptibles a la degradación por termitas, debido a su baja durabilidad, entre las cuales tenemos el pino caribe, eucalipto y acacia. Estas especies provienen de plantaciones forestales y son utilizadas para distintos usos, por lo que ameritan ser tratados con productos químicos para ser más durables en el tiempo.

La limitación en el suministro de productos para la protección de la madera contra insectos, específicamente termitas de madera seca, dificulta que esta práctica se lleve a cabo con éxito. Aunque en el mercado venezolano existen dos productos registrados como PRO-XIL[®] y PRO-XIL TC[®] a base de cipermetrina, que son recomendados por el fabricante para la aplicación en mobiliarios de maderas, no se conoce su efectividad en la madera expuesta a las termitas. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de estos productos sobre el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis*.

2. Materiales y métodos

2.1. Preparación de las probetas de madera

Listones de maderas de pino caribe, eucalipto y acacia provenientes de plantaciones fueron dimensionadas en la Sección de Secado y Preservación de Madera del Laboratorio Nacional de Productos Forestal (LNPF) de la Universidad de los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. Se prepararon probetas de madera con dimensiones de 70 mm de longitud, 25 mm de ancho y 5 mm de espesor, libres de defectos. Se colocaron dos probetas por frascos.

2.2. Productos a base de cipermetrina

La cipermetrina, nombre IUPAC: 3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropano carboxilato de 1-ciano-1-(3-fenoxibencil) metilo (Figura 1). Cristales transparentes, polvo blanco pálido o masa semisólida viscosa de color café amarillento. Con olor aromático débil. Su punto de ebullición es igual a 200°C a 0.07 mm Hg y su punto de fusión varía entre 78 y 81°C. Su densidad específica es de 1.25 g/ml a 20°C. Tiene solubilidad en agua y otros disolventes (NBCI, 2019).

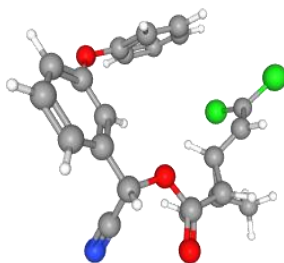


Figura 1. Estructura de la cipermetrina (NBCI, 2019)

PRO-XIL® y PRO-XIL®TC

La etiqueta de información y seguridad indica que el PRO-XIL® es un producto protector de madera contra insectos xilófagos a base de resina alquídica. Producto para aplicación sin diluyentes. Su composición química se presenta en el Cuadro 1. Por otra parte, de acuerdo a la hoja de información y seguridad de PRO-XIL®TC Total Concentración, es un producto que se puede diluir en agua para aumentar su rendimiento. En el Cuadro 2 se presenta su composición química.

Cuadro 1. Composición química del PRO-XIL®

Ingredientes	%
Cipermetrina	0,26
Diluyente	97,74
Otros	-
TOTAL	100,00

Cuadro 2. Composición química del PRO-XIL® TC

Ingredientes activos	%
Cipermetrina (+) α -Ciano-3 Fenolxibencil (+) Cis-trans3-(22Diclorovinil)-22-Dimetil Ciclopropanolcarboxilato	16,66*
d-limonene(r) 1-metil-4iso-propenil-1cicohexanol	50,00
Ingredientes aditivos	33,00
Total	100,00

*En función de la disolución total, se tiene una concentración de 0,21 % de cipermetrina

2.3 Tratamiento de la madera

Los productos PRO-XIL® y PRO-XIL TC® se aplicaron siguiendo las recomendaciones de la etiqueta de información de cada producto. En el caso de PRO-XIL® su uso no requiere dilución; se aplica directamente sobre la madera. Por su parte, PRO-XIL TC® puede ser diluido, 500 ml del producto en 39,50 l de agua. De este modo, considerando el número de probetas a ensayar, se diluyó 15,625 ml de PRO-XILTC® en 1,234 litros de agua. Posteriormente, las probetas fueron sometidas a inmersión durante 48 horas. Luego, las piezas fueron extraídas y se pesaron para determinar la absorción y retención. La retención fue determinada en función de la cantidad de ingredientes activos retenidos por metro cúbico (JUNAC, 1988). Las probetas se dejaron a temperatura ambiente durante una semana para que se fijará el preservante en la madera.

2.4 Evaluación de la madera tratada ante el ataque de *Cryptotermes brevis*

Las termitas se colectaron de piezas de puertas de madera totalmente atacadas y donadas a la Sección de Secado y Preservación del LNPF. El ensayo siguió la metodología del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de Sao Paulo (1980), que se basa en el desgaste de la madera por la acción de las termitas. Las probetas de madera tratadas se colocaron en capsulas Petri y se apoyó un frasco de vidrio fijado a la probeta con parafina. Cada frasco contenía 38 termitas obreros y 2 soldados. Las probetas se llevaron a un cuarto de acondicionamiento con temperatura de 22 °C y humedad relativa de 65 % durante 45 días. Una cámara digital acoplada a un microscopio óptico permitió tomar fotografías de los daños ocasionados por las termitas.

2.5 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño factorial 2^k , con k niveles igual a 3. Un total de 36 probetas tratadas y 18 probetas testigos fueron evaluadas. Los datos se procesaron con el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS para Windows) versión 20. El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó para encontrar las posibles diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las diferentes condiciones evaluadas. Se aplicó un test de diferencia de medias de Duncan.

3. Resultados y discusión

3.1 Retención de los productos termicidas

En la Figura 2 se muestran los resultados retención de productos químicos para las tres especies estudiadas. Los valores de retención se obtuvieron considerando el porcentaje de cipermetrina 0,26 % y 0,21 % para PRO-XIL® y PRO-XIL TC®, respectivamente.

Se encontraron valores en PRO-XIL® de 1,19; 0,53 y 0,35 kg/m³ para *P. caribaea*, *E. urophylla* y *A. mangium*, respectivamente. Estos valores evidencian que la formulación del PRO-XIL® en todas las maderas permite una mayor distribución del producto, siendo el *P. caribaea*, la especie con mayor capacidad de absorción debido a su estructura anatómica. A pesar de que *E. urophylla* y *A. mangium* lograron recibir el producto, estas especies se caracterizan por la presencia de sustancias como tálides y gomas en sus elementos de conducción, lo que dificulta la penetración de productos químicos. Esto explica la razón de los muy bajos niveles de retención de *E. urophylla*, y aunque en *A. mangium*, también con valores de retención bajos, es evidente que esta especie tiene mayor facilidad de ser tratada al ser comparada con *E. urophylla*. Contrariamente, la formulación de PRO-XIL TC® no ayuda a la movilización de la solución en la estructura de la madera, por lo que su aplicación resulta muy poca efectiva, razón por la cual se encontraron valores de retención muy bajos a casi nulo en todas las especies, especialmente *A. mangium* y *E. urophylla* con 0,11 y 0,049 kg/m³,

respectivamente.

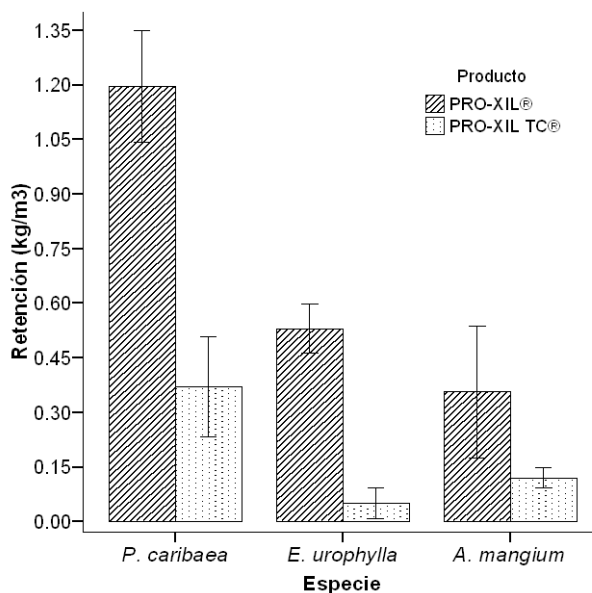


Figura 2. Retención de cipermetrina en madera de *P. caribaea*, *E. urophylla* y *A. mangium*

Por su parte, en el análisis de varianza, las especies y productos químicos presentaron diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ %. La prueba de Duncan mostró la formación de dos subconjuntos, el primero formado solo con *P. caribaea* y el segundo formado por *A. mangium* y *E. urophylla*.

3.2 Daño en la madera causado por *Cryptotermes brevis*

En el Cuadro 3 se presenta un registro semanal de los daños causados por las termitas a las maderas tratadas y control. Se reporta un tipo de daño en forma de galerías, las cuales son pequeñas cavidades que se extiende a lo largo de la pieza de madera. Las galerías se hacen notables a partir de la semana 4 en todas las especies forestales estudiadas. Además, algunas piezas mostraron una leve erosión en la superficie, indicando parte del trabajo de las termitas para entrar a la estructura interna de la madera.

Las galerías en la madera de *A. mangium* tratada con PRO-XIL TC® (Figura 3), se evidenciaron a partir de la cuarta semana, mientras que con las muestras testigos y las probetas tratadas con PRO-XIL®, el daño se observó una semana después. Por su parte, las probetas de *E. urophylla* tratadas con PRO-XIL® no presentaron ningún ataque de termitas durante las siete semanas, lo que evidencia que el producto actúa sobre las termitas a pesar de los niveles de retención. Por otro lado, PRO-XIL TC®

provee un rango de acción hasta la semana 5, en la cual comienza el desgaste. Las probetas testigos, como se esperaba, fueron las más vulnerables a la degradación.

Cuadro 3. Desgaste en la madera por las termitas

ESPECIE	PRODUCTO	SEMANAS DE EVALUACIÓN						
		1	2	3	4	5	6	7
Acacia	PRO-XIL®	-	-	-	-	G	G	G
	PRO-XIL TC®	-	-	-	G	G	G	G
	Testigo	-	-	-	-	G	G	G
Eucalipto	PRO-XIL®	-	-	-	-	-	-	-
	PRO-XIL TC®	-	-	-	-	G	G	G
	Testigo	-	-	-	G	G	G	G
Pino Caribe	PRO-XIL®	-	-	-	-	G	G	G
	PRO-XILTC®	-	-	-	G	G	G	G
	Testigo	-	-	-	G	G	G	G

Figura 3. Daño en *A. mangium* tratada con PRO-XIL TC®.

Las muestras de *P. caribaea* tratada con PRO-XIL TC® y las testigos presentaron ataque en la semana 4 mientras que con PRO-XIL® se evidenció en la semana 5 (Figura 4) Evidentemente, el producto PRO-XIL®, a pesar de no tener un efecto muy marcado en el control de termitas, se presenta como el mejor entre los dos productos evaluados. Asimismo, es importante señalar que aunque *P. caribaea* resultó con los mayores niveles de retención, no significó una mayor protección, como sucedió en *E. urophylla*, la cual no reportó galerías en la madera.



Figura 4. Ataque en madera de *P. caribaea* tratada con PRO-XIL®.

3.3. Mortalidad de *Cryptotermes brevis* en las maderas

En la Figura 5 se presenta el porcentaje total de termitas muertas a los 45 días de evaluación para las tres especies. Se observa que los productos químicos ejercieron un efecto sobre las termitas. A pesar de que no controlaron el ataque, es evidente que al impregnar a la madera con cipermetrina, las termitas terminan consumiendo este material y consecuentemente le causa la muerte. El alto porcentaje de termitas muertas en las piezas control se debe al estrés o posible daño que sufren las termitas cuando son extraídas de las maderas atacadas y son colocadas en una nueva condición. Las especies *A. mangium* y *P. caribaea* alcanzaron un porcentaje de 40 y 43 %, respectivamente, coincidiendo con lo reportado por Burgos *et al.*, (2018), mientras que en *E. urophylla*, este porcentaje es de 30 %.

Las maderas tratadas con PRO-XIL® presentaron un alto porcentaje de mortalidad, alcanzando el 95 % en las especies *E. urophylla* y *P. caribaea*, mientras que en la madera de *A. mangium* se reportó un 60 %. Por otra parte, con PRO-XIL TC®, los porcentajes de mortalidad se encuentra dentro del rango encontrado en PRO-XIL®. Un aspecto a resaltar en este estudio, está referido a la mortalidad de las termitas soldados, la cual fue del 100 %. Esto indica que la cipermetrina es más tóxica en termitas soldados que en obreros. Similar comportamiento fue encontrado en un estudio con termitas subterráneas (Mamatha *et al.*, 2019).

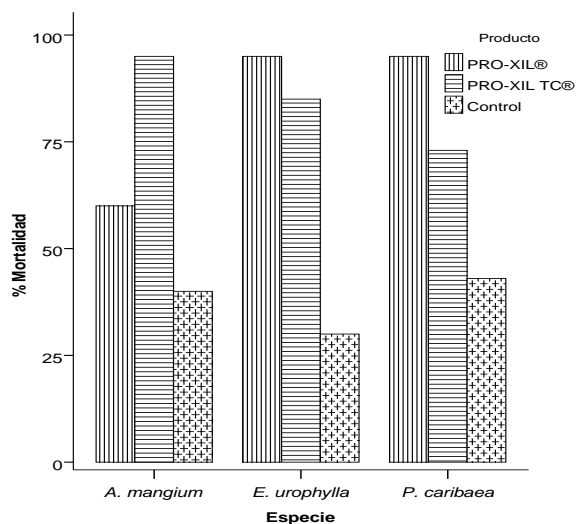


Figura 5. Porcentaje de mortalidad de termitas

4. Conclusiones

Todas las especies evaluadas son susceptibles al ataque de *Cryptotermes brevis*, por lo tanto tienen muy baja durabilidad natural contra las termitas, por lo que resulta evidente que se deben tratar con sustancias químicas para prolongar su tiempo de vida en servicio.

Aunque los productos comerciales evaluados en esta investigación son recomendados por el fabricante, presentan poca efectividad en el control de las termitas de madera seca *Cryptotermes brevis*, ya que las piezas de madera fueron atacadas durante el período establecido en el ensayo. Se evidenció un desgaste en la muestras, predominantemente, a partir de la cuarta semana de evaluación. Solo las piezas de *E. urophylla* tratadas con PRO-XIL® no sufrieron desgaste en la madera.

5. Referencias

- BURGOS, A., A. GONZÁLEZ y O. ENCINAS. 2018. Resistencia de la madera de *Tabebuia rosea* preservada con boro, deltametrina y ACQ a termitas *Cryptotermes brevis*. *Revista Forestal Venezolana* 62:47-57.
- CONSTANTINO, R. 1998: Catalog of the living termites of the New World (Insecta: Isoptera). *Arg. Zool* 35:135–231.
- CONSTANTINO, R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*, 126(7-8): 355–365.
- COX, C. 1996. Cypermethrin. *Journal of Pesticide Reform* 16(2):15-20.
- EELLS, J., P. BANDETTINE, P. HOLMAN y J. PROPP. 1992. Pyrethroid

- insecticide induced alterations in mammalian synaptic membrane potential. *J. Pharmacol. Exper. Ther.* 262(3):1173-1181.
- EL-TOUKHY, M. y R. GIRGIS. 1993. *In vivo* and *in vitro* studies on the effect of larvin and cypermethrin on adenosine triphosphatase activity of male rats. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 28(5): 599-619.
- FERREIRA, M., P. BORGES, L. NUNES, T. MYLES, O. GUERREIRO y R. SCHEFFRAHN. 2013. Termites (Isoptera) in the Azores: an overview of the four invasive species currently present in the archipelago. *Arquipelago. Life and Marine Sciences* 30: 39-55.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1980. Métodos de ensaios e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae). São Paulo. 1 p. (Publicação IPT, 1157).
- ISSA, S. 2000. A Checklist of the Termites from Venezuela (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae). *The Florida Entomologist* 83(3): 379.
- KORB, J. y S. KATRANTZIS. 2004. Influence of environmental conditions on the expression of the sexual dispersal phenotype in a lower termite: implications for the evolution of workers in termites. *Evolution & Development* 6: 342-352.
- MAMATHA, V., R. MUTHUSAMY, J. MURUGAN y E. KWEKA. 2019. Effect of cypermethrin on worker and soldier termites of subterranean termites *Odontotermes brunneus* (Hagen) (Termitidae: Isoptera). *Proceedings of the Zoological Society*.
- MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERAS. 1988. (Junta del Acuerdo de Cartagena). Editado: por proyecto subregional de promoción industrial de la madera para la construcción de la Junta del Acuerdo de Cartagena. 300p
- MYLES, T., P.BORGES, M. FERREIRA, O. GUERREIRO, A. BORGES, y C. RODRIGUES. 2007. Filogenia, biogeografía e ecología das térmitas dos Açores. Pp 15-28 in: P. Borges, & T.G. Myles (Eds). *Térmitas dos Açores*. Principia, Estoril. 128pp. [Phylogeny, biogeography and ecology of the termites in the Azores; in Portuguese].
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. 2019. PubChem Compound Summary for CID 2912, Cypermethrin. En línea: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cypermethrin> [Consultado: 08/04/2019].
- NOBRE, T. y L. NUNES. 2002. Subterranean termites in Portugal. Tentative model of distribution. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP 02-10420.

SNYDER, T. 1959. New termites from Venezuela, with keys and list of the described Venezuela species. *Amer. Midland Naturalist* 61(2):313-321.

SINGH, A., M. TIWARI, O. PRAKASH y M. SINGH. 2012. A Current Review of Cypermethrin-Induced Neurotoxicity and Nigrostriatal Dopaminergic Neurodegeneration. *Current Neuropharmacology* 10: 64-71.