

Evaluación de la eficacia biológica de Ceptiva Duo (18% fipronil + 12% alfa-cipermetrina) y Valendo (24% clorfenapyr) para el combate de la termita subterránea *Nasutitermes corniger* en una prueba In Vitro en Guanacaste, Costa Rica

SANTILLÁN-SANTANA, Jaime†*, VÍLCHEZ, Hernán y HERRERA, Olger

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, 44600 Zapopan, Jal

Recibido 1 de Octubre, 2017; Aceptado 18 de Diciembre, 2017

Resumen

Se evaluó la eficacia del combate de tres dosis de Ceptiva Duo 1, 2 y 3 ml L-1 y una de Valendo 6 ml L-1 aplicadas al suelo en un modelo de cuatro frascos que simula el proceso de invasión de termitas del género *Nasutitermes corniger*. A los ocho días cesó la actividad de movimiento de las termitas en las mangueras conectadas al termitero y la fuente de alimento en todos los tratamientos con excepción del tratamiento testigo. Las dosis de 3 ml L-1 de Ceptiva Duo fue más rápida y efectiva que las dosis de 1 y 2 ml L-1 en controlar la dinámica de las termitas, tanto en mangueras como en el termitero. El Valendo a la dosis de 6 ml L-1 disminuyó la actividad de las termitas en comparación con el testigo absoluto y fue más lento que Ceptiva Duo en cesar el movimiento de las termitas en las mangueras, sin embargo, fue más efectivo que Ceptiva Duo en inhibir el termitero a los 12 días después de iniciada la prueba. Ambos compuestos podrían utilizarse en combinación para lograr una estrategia de combate efectiva a través de una barrera química en el suelo.

Termitas, *Nasutitermes corniger*, Valendo, Ceptiva

Abstract

Control effectiveness of three doses of insecticide Ceptiva Duo 1, 2 and 3 ml L-1 and one dose of Valendo 6 ml L-1 was assessed applied to ground in a model which simulates invasion process termites of genus *Nasutitermes corniger*. Eight days after start the test the termite movement activity stopped in the hoses connected to the termite nest and the food source for all treatments except the untreated check treatment. Doses of 3 ml L-1 (156 ppm) Ceptiva Duo was faster and more effective than doses of 1 and 2 ml L-1 in controlling the dynamics of termites, both hoses as in termite nest. Dose of 6 ml L-1 (249 ppm) of Valendo decreased the termite activity compared to the untreated check and was less active than Ceptiva Duo in stopping the movement of termites, however, it was more effective than Ceptiva Duo inhibit termite nest twelve days after the start the test. Both insecticides compounds may be used in combination to achieve effective control through a chemical barrier in the soil.

Termites, *Nasutitermes corniger*, Valendo, Ceptiva

Citación: SANTILLÁN-SANTANA, Jaime, VÍLCHEZ, Hernán y HERRERA, Olger. Evaluación de la eficacia biológica de Ceptiva Duo (18% fipronil + 12% alfa-cipermetrina) y Valendo (24% clorfenapyr) para el combate de la termita subterránea *Nasutitermes corniger* en una prueba In Vitro en Guanacaste, Costa Rica. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-4:18-30

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: jsantill@cucba.udg.mx

Introducción

La función natural de las termitas se encuentra relacionada con la transformación de residuos orgánicos de tipo celulosa a humos ya que su sistema digestivo está capacitado para tal función. En el caso de la termita subterránea, la situación se agrava debido a que esta es una plaga del suelo más que de la madera, por lo tanto, aunque son observables sus termiteros aéreos, la verdadera colonia está bajo tierra y es de ahí que realiza su invasión y daño a las casas, lo que dificulta su erradicación.

De ahí que los tratamientos basados en insecticidas químicos, tanto en post construcción como en pre construcción, son estrategias básicas para el combate y prevención de esta plaga. Existen actualmente insecticidas formulados específicamente para este tipo de plaga, con activos tales como la alfa cipermetrina, un piretroide que actúa como inhibidor neuromuscular a través de la afectación de los canales de sodio y el fipronil que pertenece al grupo de los fenilpirazoles, que también son disruptores neuromusculares, pero que actúa a través de la inhibición de los receptores Gaba alterando los canales de Cloruro que dañan al insecto. El fipronil ha sido utilizado a nivel Global exitosamente en el combate de termitas, principalmente en Estados Unidos bajo la Marca Termidor™. Algunos otros termicitidas en el tratamiento de suelo son clorantranilol, imidacloprid, dinotefuran, indoxacarb, zetabifentrina y cipermetrina, cualquiera de estos puede ser utilizado para establecer una barrera química que sea letal o repelente a las termitas.

Las aplicaciones post construcción o sea cuando la casa o la edificación ya está construida puede realizarse de dos maneras, una es inyectando el producto directamente en el suelo en el borde de los cimientos de la casa o realizando perforaciones en el piso para obtener mejores resultados y la otra es la aplicación en forma de barrera química, estableciendo un perímetro alrededor de la estructura, en ambos casos lo que se busca es poder aislar a la plaga y que no ingrese a la estructura o ascienda a través de paredes o grietas en su búsqueda de madera para obtener la celulosa.

El tratamiento de suelo es el principal método usado en el combate de la termita de suelo y funciona para una amplia variedad de tipos de construcción, siempre y cuando se realice un detallado estudio del movimiento y ubicación de la plaga, tipo de suelo y condiciones ambientales.

Los disuasivos químicos, en forma de tratamiento a la madera ofrecen otra alternativa para evitar el daño directo a la madera, aunque la termita sea capaz de alcanzarla no podrá ser utilizada como fuente de alimento.

El objetivo principal del ensayo fue determinar el efecto de diferentes dosis del Insecticida Ceptiva Duo (18% fipronil + 12% alfa-cipermetrina) y Valendo (24% clorfenapyr) ambos productos pertenecientes a la compañía BASF de Costa Rica sobre la mortalidad y efecto repelente sobre la termita subterránea *Nasutitermes corniger*.

Justificación

Siempre se ha trabajado el análisis de los termicitidas en USA lo cual ha resultado en que la mayoría de las investigaciones de termitas subterráneas no toman en cuenta la característica más importante de la ecología de las termitas: el suelo en que viven.

Problema

El principal problema deriva del hecho de que son seres que viven ocultos en el suelo y por lo tanto son muy difíciles de ver y de controlar. Se tuvo que idear una metodología que funcionara de manera que se mantuvieran viveas durante el tiempo en que el termiticida pudiese tener efecto.

Hipótesis

Se tiene la certeza de que ceptiva duo a la dosis media resultara efectiva para el control de la termita *Nasutitermes corniger*.

Objetivos

Objetivo General

Probar dos materiales termiticidas: Citrex Pro [(Valendo) (Phantom) (Clorphenapyr 24% SC de BASF)] y Ceptiva Dúo [(Termidor) (Fipronil 18 % + Alfacipermetrina 12 % de BASF), y un Testigo que será instalado pero sin termiticida.

Objetivos específicos

- Determinar cual es la mejor dosis
- Determinar los efectos de repelencia o No repelencia de los productos
- Determinar el mejor método de aplicación del producto

Marco Teórico

Las termitas pertenecen al orden Isóptera, son insectos muy primitivos tanto las denominadas plagas de la madera seca como las subterráneas y causan pérdidas económicas importantes a las construcciones, en los acabados y en los muebles de madera. Su función natural se encuentra relacionada con la transformación de residuos orgánicos de tipo celulosa a humos ya que su sistema digestivo está capacitado para tal función.

En el caso de la termita subterránea, la situación se agrava debido a que esta es una plaga del suelo más que de la madera, por lo tanto, aunque son observarles sus termiteros aéreos, la verdadera colonia está bajo tierra y es de ahí que realiza su invasión y daño a las casas, lo que dificulta su erradicación.

El objetivo principal del ensayo fue determinar el efecto de diferentes dosis del Insecticida Ceptiva Duo (18% fipronil + 12% alfa-cipermetrina) y Valendo (24% clorfenapyr) ambos productos pertenecientes a la compañía BASF de Costa Rica sobre la mortalidad y efecto repelente sobre la termita subterránea *Nasutitermes corniger*.

Metodología de Investigación

La prueba se llevó a cabo en las instalaciones de la compañía RATECSA, ubicada en la Provincia de Alajuela en Costa Rica, específicamente en la localidad del Coyol, en las siguientes coordenadas 9° 59' 50.70" N y 84° 16' 42 O a una altura de 816 metros sobre el nivel del mar. La aplicación y las evaluaciones ser realizaron durante el mes de julio del 2016. La prueba se estableció en un cuarto acondicionado con dos mesas para ubicar los modelos donde se colocaron tanto los insecticidas como las termitas en estudio.

Para esto se utilizó una prueba in vitro donde se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones, los tratamientos evaluados fueron: un testigo absoluto el cual no llevaba ninguna aplicación de insecticida, tres dosis de Ceptiva Duo a 1, 2 y 3 ml L-1 en aplicaciones al suelo y una dosis de Valendo a 6 ml L-1 también aplicada al suelo. Cada tratamiento se ubicó en un sistema que se ilustra en la figura 1.

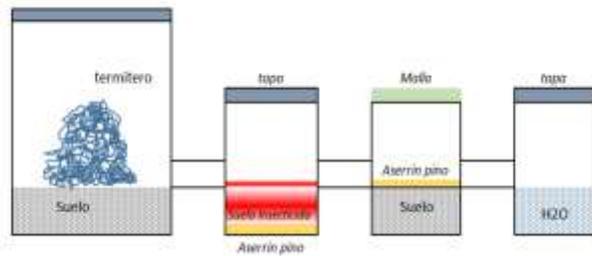


Figura 1 Modelo utilizado para cada uno de los tratamientos evaluados in vivo.

El modelo horizontal tuvo la finalidad de simular la invasión que las termitas podrían efectuar desde el suelo en forma vertical, donde el frasco principal representa el termitero subterráneo, la primera manguera una conexión hacia el suelo. El segundo frasco, que fue tratado con los insecticidas, representa el suelo por donde eventualmente las termitas se mueven hacia las fuentes de alimento, que en este caso estaba representado por el tercer frasco que contenía aserrín de Pino spp, por último, la humedad y el suministro de agua necesaria estaría en el cuarto frasco. Cada sistema estaba formado por cuatro frascos plásticos unidos por manguera de plástico transparente. El frasco de mayor tamaño (Figura 2 A) tenía una capacidad de 1,89 litros y los tres restantes una capacidad de 0,5 litros cada uno. El diámetro de la manguera plástica utilizada para conectar los frascos tenía un diámetro interno de 0,57 cm y un diámetro externo de 0,9 cm (Figura 2 C) La longitud de cada segmento de manguera plástica para conectar los frascos fue de 12 cm (Figura 2 F) y fueron cortados con ayuda de una guía (Figura 2 E) para que todos tuvieran la misma longitud. Para poder conectar los frascos entre sí con las mangueras se realizaron orificios de los frascos a una altura de 2,5 cm de la base del suelo al frasco (Figura 2 D) y se utilizó un guía para asegurar que cada perforación estaba a la misma altura (Figura 2 B). Un centímetro de cada manguera fue introducido en los orificios de cada frasco y pegadas con ayuda de una pistola eléctrica para silicón marca Truper® de 25 W de potencia.



Figura 2 Frascos de 1,87 y 0,5 litros utilizados en el modelo (A), Guía para perforar los frascos a una altura de 2,5 cm de la base (B), diámetro de las mangueras plásticas utilizadas (C), altura del orificio en cada frasco (D), Guía para cortar las mangueras plásticas (E) y mangueras plásticas de 12 cm utilizadas para conectar los frascos.

En el frasco de mayor volumen se colocaron las termitas pertenecientes al género *Nasutitermes corniger* (Comunicación personal J.Santillán) las cuales fueron colectadas directamente de termiteros aéreos en un área ubicada en la comunidad de Anita Grande en Jiménez de Guápiles, en la provincia de Limón de Costa Rica, los termiteros estaban asociados al pasto *Pennisetum sp* denominado King Grass y se seleccionaron aquellos que tenían buena actividad y alta población de termitas. Fueron colocadas en bolsas plásticas marca Ziploc™ para ser transportadas del campo al cuarto donde se realizó la prueba, posteriormente se depositaron junto con segmentos del termitero en cada uno de los frascos de mayor volumen.

Como sustrato de la prueba se utilizó arena de construcción la cual inicialmente se colocó al sol durante tres horas para disminuir la humedad que pudiera tener, posteriormente se tamizó para eliminar agregados o piedras grandes, el tamiz utilizado tenía una malla de 2 mm. En el frasco principal se le colocaron 230 gramos de arena húmeda con la ayuda de una balanza electrónica marca CAMRY TM (Figura 3 A-C) y se le adicionó agua para humedecer si llegar a la saturación del mismo previo a la colocación de las termitas. El frasco adyacente al principal se le agregaron los tratamientos insecticidas.

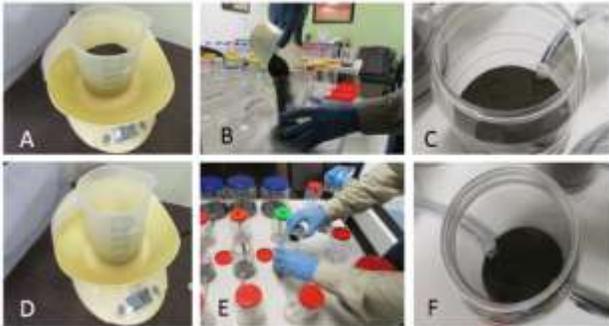


Figura 3 Determinación por peso de la cantidad de arena necesaria para llenar el frasco principal (A), llenado de los frascos (B) y nivel en que la arena debe quedar del frasco que llevará el termitero (C). Igual secuencia de fotos para el frasco intermedio y el aplicado con los diferentes tratamientos (D-F).

Aplicación de los tratamientos. Los productos utilizados fueron Valendo (24% clorfenapir) muestra de 125 ml suministrada por BASF bajo el código BAS 306 02 I (240 SC) Lot 4098SL02CD, y Ceptiva Duo (18% fipronil + 12% alfa-cipermetrina) lote 0041310500. Se preparó un litro de solución para cada uno de los tratamientos, en el caso del Valendo se agregó 6 ml con la ayuda de una jeringa de plástico desechable con aguja marca NIPRO TM de 10 ml de capacidad total a 0,5 litros de agua, se agitó y luego se le agregó el 50% del agua restante para completar un litro.

Igual procedimiento se realizó con Ceptiva Duo, donde se preparó por aparte cada una de las dosis a evaluar (1, 2 y 3 ml por litro de solución).

La aplicación se realizó sobre 360 gramos arena húmeda como sustrato (Figura 4 A-D) esta cantidad de arena corresponde a la necesaria para cubrir hasta 2,5 cm el segundo frasco en el modelo lineal de las cuatro repeticiones (cada una con 90 gramos).



Figura 4 Peso de 360 gramos la arena para realizar la aplicación (A), Bolsa con cada uno de los tratamientos previos a la aplicación (B), cantidad de mezcla 75 ml agregada a los 360 gramos de arena (C), Tratamiento de Ceptiva Duo aplicado a la arena (D).

Para simular la aplicación al suelo en un barrera química, se agregó a los 360 gramos arena la cantidad de 75 ml (75 gramos) de la mezcla preparada de un litro para cada uno de los tratamientos en una relación de 17% p/p (relación entre el peso de la mezcla agregada y el peso final del arena $(75 \text{ gr}/433 \text{ gr}) \cdot 100$), esta cantidad de mezcla aseguró que la arena contenga el volumen de mezcla agregado sin llegar a una saturación, situación que sería difícil de obtener en un aplicación de campo, la idea es tratar de humedecer el suelo a su capacidad de campo.

Tomando como referencia el peso del suelo y los gramos de ingrediente de cada dosis de insecticida se determinó exactamente la ppm de ingrediente activo de cada tratamiento la cual se presenta en el Cuadro 1.

| Producto | Dosis | mg La L ⁻¹ | Volumen Aplicado | mg la 75 ml ⁻¹ | Peso muestra Suelo | ppm (mg la/kg) |
|-------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------------|----------------|
| Ceptiva Duo | 1 ml L ⁻¹ | 300 | 0,075 L | 22,5 | 0,433 | 52 |
| Ceptiva Duo | 2 ml L ⁻¹ | 600 | 0,075 L | 45,0 | 0,433 | 104 |
| Ceptiva Duo | 3 ml L ⁻¹ | 900 | 0,075 L | 67,5 | 0,433 | 156 |
| Valendo | 6 ml L ⁻¹ | 1440 | 0,075 L | 108,0 | 0,433 | 249 |

Tabla 1 Determinación de la concentración en ppm de cada uno de los tratamientos evaluados.

Posteriormente se dejó que cada dosis de los insecticidas se seque y se absorbera uniformemente en la arena durante 15 días. Posterior a los 15 días, se adicionó 4 gramos de aserrín de madera de Pino Pinus spp sin ningún tratamiento en los frascos adyacentes al frasco donde se colocarán las termitas para forzar a las termitas a introducirse en el suelo tratado inmediatamente se colocó 90 gramos del suelo tratado. Posteriormente se le agregó un poco de agua con ayuda de una piseta o frasco lavador a fin de mantener una humedad. El siguiente frasco se llenó de con 90 gramos de suelo y se le agregó 4 gramos aserrín de pino en la parte superior, se le agregó al igual que en frasco anterior un poco de agua con ayuda de una piseta a fin de mantener una humedad además se la cambio la tapa plástica por una malla a fin de favorecer el intercambio gaseoso. El ultimo frasco se llenó únicamente de agua 90 ml de agua a fin de que sirviera de reservorio de humedad y suministro para las termitas.

Por último, se colocaron las termitas junto con segmentos del termitero de un tamaño de 10 x 12 cm para dar inicio los conteos de movilidad, repelencia y mortalidad de las termitas.

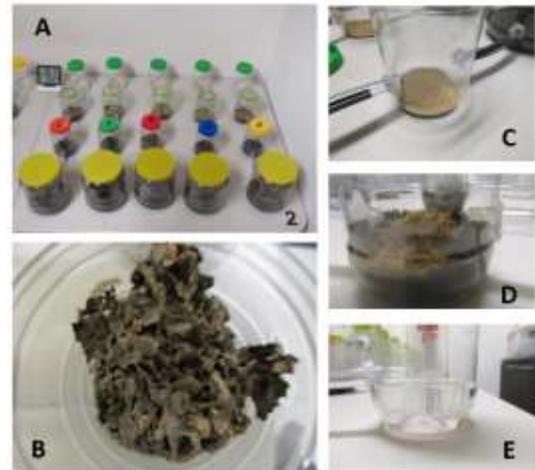


Figura 5 Repetición dos del ensayo, se utilizó un termómetro de mesa para determinar la temperatura y la humedad (A), Termitero colocado en el frasco principal (B) Aserrín de pino colocado en el segundo frasco (C), tercer frasco con aserrín colocado en la superficie del suelo (D) y frasco de agua para mantener la humedad del sistema (E).

Diseño Experimental: Se utilizó un diseño estadístico denominado irrestricto completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Variables determinadas: Posterior a la colocación de las termitas se realizó una evaluación de la actividad de las termitas, determinando el número total de individuos (soldados, ninfas u obreras) que pasaban a través de las mangueras plásticas de un frasco al otro en un minuto. Estas evaluaciones se realizaron tanto en la primera como la segunda manguera que conectaba a los frascos durante el tiempo necesario hasta que se detuviera el movimiento en los tratamientos aplicados. Las evaluaciones se realizaron inicialmente a los 35 minutos, 4 horas después de la colocación de las termitas y posteriormente cada día a la misma hora durante 8 días. Para la evaluación visual se contó con la ayuda de un contador manual o cuenta personas marca LIONTM.

La mortalidad de las termitas en el termitero se evaluó en forma visual removiendo la tapa y asignando una escala que se indica en el Cuadro 2, estas evaluaciones se realizaron cada 4 días hasta llegar a los 16 días después de iniciada la prueba.

| | | |
|---|----------|--|
| 5 | Muy Alta | Se observa gran actividad en todas las fases presentes, no hay muertos en el fondo principal frasco (movimiento hacia las mangueras) |
| 4 | Alta | Se observa movimiento de todas las fases no hay muertos en el fondo, asco o ningún movimiento hacia las mangueras. |
| 3 | Moderada | Se observa movilidad de todas las fases, algunos muertos en la base |
| 2 | Baja | Foco movimiento sin golpear termitero, muertos y vivos en la base del frasco principal |
| 1 | Muy Baja | Solo se observan algunos soldados en el termitero en la parte superior después de golpearlo (muchos están muertos en el fondo) |
| 0 | Ninguna | No hay ningún movimiento de ningún estado. (aún después de golpear el termitero) |

Tabla 2 Escala utilizada para evaluar en forma visual la actividad en el termitero colocado en el primer frasco del modelo.

Análisis Estadísticos: el número de termitas en un determinado tiempo en cada uno de los tratamientos se sometió a un análisis de varianza y se realizó una separación de medias con LSD a un coeficiente de confianza de 5%. La mortalidad determinada en el frasco de los termiteros también se sometió a un análisis de varianza y posterior separación de medias.

Resultados

La prueba inicio con la colocación de los segmentos superiores de termiteros en los frascos principales de cada tratamiento, esto se realizó el 13 de Julio del 2016 a las 2:45 de la tarde. Inmediatamente se observó que, en la mayoría de los tratamientos, las termitas se movilizaban al primer frasco y posteriormente al segundo frasco. En tratamientos como el Ceptiva Duo a 3 ml L-1 se observó mortalidad a los 35 minutos después que las termitas empezaron a movilizarse sobre el suelo tratado en el primer frasco (Figura 6). La estabilización de la prueba desde el punto de vista de movimiento de las termitas principalmente a los frascos adyacentes al termitero en los cuales se colocaron los productos se da en las primeras 4 a 12 horas.

En la figura 6 se presenta el movimiento determinado en la primera manguera del sistema que conecta al termitero con los tratamientos, a partir de las cuatro horas se observa una marcada diferencia entre el tratamiento testigo representado por la línea verde y el resto de los tratamientos comportamiento que se mantiene hasta los ocho días después de iniciada la prueba, aunque se observa una leve disminución de actividad en el tratamiento testigo.



Figura 6 Dinámica poblacional de las termitas determinada en la primera manguera que conecta el termitero con los tratamientos, los datos se refieren al total de termitas que pasan por minuto en esa manguera.

El tratamiento de Valendo muestra una disminución a través del tiempo en la actividad de las termitas hasta llegar a detener su actividad totalmente a los ocho días, relacionado con su modo de acción de inhibición de la respiración que requiere un tiempo para manifestarse, mientras que el Ceptiva Duo en sus tres dosis no muestra actividad casi a los tres días de haber puesto las termitas en contacto con el suelo tratado, la dosis alta de Ceptiva Duo fue muy efectiva en las primeras 24 horas, probablemente relacionado con la actividad inmediata de la alfa cypermetrina. El tiempo de actividad determinado en esta manguera está relacionado con la capacidad de transferencia de los insecticidas a la colonia, de manera que en el caso de Valendo las termitas pueden transferir el ingrediente activo hasta por ocho días sin que se dé una mortalidad o una repelencia al producto asegurando una mayor mortalidad de la colonia.

En el caso del Ceptiva Duo su efecto inmediato detendría el daño de la plaga y en el caso de establecer una barrera química detendría cualquier invasión, teniendo únicamente un día en el caso de la dosis alta para transferir a la Colonia. Se observó que si bien las termitas no mostraron una repelencia inmediata al Ceptiva Duo, ya que en todos los tratamientos con este compuesto las termitas ingresaron al suelo tratado produciendo una mortalidad alta (Figura 8) posterior a esto ya no ingresaron más al suelo tratado, aunque había termitas en el frasco con el termitero, de manera que hay una repelencia posterior a la mortalidad.

Se observa que la dinámica de las termitas es ligeramente menor que en la primer manguera, pero el comportamiento de cada tratamiento es igual que en la primer manguera en cuanto a tendencia del efecto de cada tratamiento. Esta disminución en el movimiento determinado con respecto a la primer manguera, podría estar relacionada con la alimentación de la termina, ya una vez que alcanza la fuente de alimento requiere de un tiempo para asimilarlo lo que disminuye su transito por la manguera de regreso al termitero, situación que no sucede en la primer manguera ya que es unicamente de transito entre el termitero y el resto de los componentes.

| Fecha de Evaluación | | VALENDO | SANTANA | INVESTIGA | ISAVAN | SANTANA | INVESTIGA | SANTANA | INVESTIGA | SANTANA | INVESTIGA |
|---|-------------|---------|---------|-----------|--------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Tiempo de llegada de la termita a la prueba | | 35 min | 4 h | 3:06 a | 2:06 a | 2:21 a | 3:11 a | 5:03 a | 5:06 a | 5:09 a | 3:06 a |
| Temperatura Celular | | 28.4 | 28.7 | 28.8 | 27.3 | 25.8 | 25.8 | 28 | 25.5 | 25.9 | 21.1 |
| Humedad % | | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| Ti | Tratamiento | Dosis | | | | | | | | | |
| 1 | Testigo | | 32 a | 32 a | 25.9 a | 41.8 a | 47.2 a | 33.8 a | 33.8 a | 25.9 a | 35.5 a |
| 2 | Ceptiva Duo | 1 ml/L | 43.7 a | 14.9 | 2.7 b | 23.1* | 9.2 | 33.8 a | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| 3 | Ceptiva Duo | 2 ml/L | 3.7 a | 5.5 | 12.1 | 14 | 9.2 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| 4 | Ceptiva Duo | 3 ml/L | 4.1 a | 4.8 b | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| 5 | Valendo | 4 ml/L | 5.9 a | 11.2 a | 20.4 a | 25.1 b | 13.2 b | 21.5 | 8.2 b | 8.8 b | 12.9 b |
| Diferencia | | | 1.00 | -11.91 | 11.94 | 1.80 | 7.88 | -12.38 | -12.86 | -12.86 | 9.70 |
| Diferencia 2 | | | 3.88 | 9.91* | 6.91* | 1.28* | 3.09 | 4.18* | 4.21* | 4.21* | 4.84* |
| Diferencia 3 | | | 39.18 | 33.81* | 18.11* | 18.81* | 18.11 | 18.81* | 18.81* | 18.81* | 18.11 |

Tabla 3 Separación de medias de la actividad del movimiento de las termitas determinado en la primera manguera del sistema que conecta el termitero con el suelo tratado.

En el Cuadro 3 se observa que hay diferencias significativas entre el tratamiento testigo y las tres dosis de Ceptiva Duo y la Valendo a partir de la segunda evaluación que se realiza a las 4 horas de iniciada la prueba, y con Valendo a partir el segundo día, siendo una actividad menor que el testigo pero mayor que las dosis de Ceptiva Duo. A partir del cuarto día no hay diferencias en la actividad del Ceptiva Duo y el Valendo a nivel estadístico.

En la Figura 7 se presenta la dinámica poblacional de las termitas en la segunda manguera y que corresponde con la conexión entre el suelo tratado y el suministro de agua y alimento, para el caso práctico podría considerarse como la madera en la casa que la termita tratará de alcanzar para alimentarse.



Figura 7 Dinámica poblacional de las termitas en la segunda manguera que representa la conexión del suelo tratado con el agua y el aserrín de madera de pino.

En la evaluación del día 8 después de iniciada la prueba se observa la construcción de estructuras y tuneles en el tratamiento testigo Figura 9. En las dosis de Ceptiva Duo la actividad fue muy baja y practicamente cero en las dosis de 2 y 3 ml L-1 mostrando la efectividad del producto en evitar que las termitas fueran más allá del suelo tratado, situación que se esperaría cuando se construya una barrera química bajo condiciones similares, aquí nuevamente la dosis de 1 m L-1 fue ligeramente inferior que la 2 y 3 m L-1 (Figura 8).

| Fecha de Evaluación | | TIEMPO DESPUÉS DE INICIADA LA PRUEBA | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Tempo después de iniciada la prueba | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Mortalidad % | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nº | Tratamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Testigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Ceptiva Duo 1 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Ceptiva Duo 2 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Ceptiva Duo 3 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Valendo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Medios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P < 0.05, LSD)

Tabla 4 Separación de medias de la actividad del movimiento de las termitas determinado en la segunda manguera del sistema que conecta el suelo tratado con la fuente de alimento.

En el cuadro 4 se observa como no se determina movimiento en la segunda manguera de las dosis de Ceptiva Duo de 2 y 3 ml L-1 practicamente a lo largo de la prueba demostrando al efectividad en el control de la plaga evitando que llegue a la fuente de alimentación, situación que le toma más tiempo a la dosis baja de 1 ml L-1 lo que hace suponer que una dosis por encima de 100 ppm en la barrera en el suelo es necesaria para un efecto inmediato (Cuadro 1).

| Fecha de Evaluación | | TIEMPO DESPUÉS DE INICIADA LA PRUEBA | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Tempo después de iniciada la prueba | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Nº | Tratamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Testigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Ceptiva Duo 1 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Ceptiva Duo 2 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Ceptiva Duo 3 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Valendo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Medios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P < 0.05, LSD)

Tabla 5 Separación de medias de la eficiencia de control en relación al testigo absoluto determinado en la primera manguera del sistema que conecta el termitero con el suelo tratado.

La eficiencia con respecto al testigo absoluto determinado en la primera manguera se presenta en el Cuadro 5, la dosis de Ceptiva Duo de 3 ml L-1 fue la más rápida en alcanzar una eficiencia del 100% con respecto al testigo absoluto a las 24 horas, situación que alcanza la dosis de Ceptiva Duo de 2 ml L-1 al día siguiente. La dosis de Valendo alcanza una eficiencia del 99% a los 6 días después de iniciada la prueba.

| Fecha de Evaluación | | TIEMPO DESPUÉS DE INICIADA LA PRUEBA | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Tempo después de iniciada la prueba | | 0 h | 4 h | 8 h | 24 h | 27 h | 30 h | 33 h | 36 h | 48 h | 72 h |
| Nº | Tratamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Testigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Ceptiva Duo 1 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Ceptiva Duo 2 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Ceptiva Duo 3 ml L ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Valendo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Medios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P < 0.05, LSD)

Tabla 6 Separación de medias de eficiencia de control en relación al testigo absoluto determinado en la segunda manguera del sistema que conecta el suelo tratado con el alimento.

En el Cuadro 6 se observa que las eficiencias de control fueron superiores en el tiempo que las determinadas en la primera manguera, sobre todo en las dosis de Ceptiva Duo de 2 y 3 ml L-1, el efecto de control del 100% se alcanzó casi a partir de las 4 horas de iniciada la prueba. La dosis de Valendo permitió actividad hasta casi el sexto día después de iniciada la prueba, actividad que fue menor que el testigo casi en un 50% aumentando la eficiencia de control hasta llegar a 98,3 % al final de las evaluaciones. El verdadero control en esta manguera se da en el control en el suelo tratado que evita que las termitas logren llegar al tercer frasco.



Figura 8 Comportamiento y mortalidad de Termitas en los diferentes tratamientos a las 30 horas después de iniciada la prueba, en el Ceptiva Duo se observa una mortalidad sobre el suelo tratado a las diferentes dosis, en el caso de Valendo disminuyen su movimiento y establecen un camino definido y en el caso del testigo la actividad de movilidad y distribución sobre el suelo es mayor.



Figura 9 Comportamiento y mortalidad de las Termitas en los diferentes tratamientos a los 8 días después de iniciada la prueba en el tercer frasco donde se colocó el aserrín sobre el suelo. Se observa gran actividad en el testigo con respecto a los otros tratamientos. En la dosis Valendo hubo actividad de las termitas a diferencia de las tres dosis de Ceptiva Duo ya que el aserrín está intacto.



Figura 10 Actividad en el termito determinada posterior a los tratamientos para evaluar el efecto de transferencia y los días que se requiere para eliminar totalmente la colonia.

En la figura 9 se observa la actividad en el termitero posterior a la aplicación de los tratamientos basada en la escala indicada anteriormente (Cuadro 2), ocho días después de iniciada la prueba se observa una ligera actividad en los termiteros a pesar de que ya no hay actividad de movimiento en la primera y segunda manguera, sobre todo en el caso de los tratamientos de Ceptiva Duo.

| Fecha de Evaluación | | 13/07/2016 17/07/2016 21/07/2016 25/07/2016 29/07/2017 | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--|-------|-------|-------|--------|
| Días después de iniciada la prueba | | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Trt | Tratamiento Dosis | | | | | |
| 1 | Testigo Dosis | 5 a | 5 a | 4,5 a | 4 a | 2,5 a |
| 2 | Ceptiva Duo 1 ml/l | 5 a | 3,3 b | 1 b | 0 b | 0 a |
| 3 | Ceptiva Duo 2 ml/l | 5 a | 1,8 c | 1,5 b | 0,5 b | 0,25 a |
| 4 | Ceptiva Duo 3 ml/l | 5 a | 2 c | 0,5 b | 0,5 b | 0 a |
| 5 | Valendo 6 ml/l | 5 a | 3,3 b | 0,8 b | 0 b | 0 a |
| LSD P=10 | | 0 | 1,25 | 1,73 | 1,23 | 5,39 |
| Desviación estándar | | 0 | 0,83 | 1,15 | 0,82 | 3,57 |
| CV | | 0 | 37,1 | 69,54 | 81,65 | 228 |

*Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente (P<0,05, LSD)

Tabla 7 Separación de medias de la actividad del movimiento de las termitas determinado en la primera manguera del sistema que conecta el termitero con el suelo tratado.

La baja actividad en los tratamientos de Ceptiva Duo es principalmente a nivel de soldados observados luego de golpear el termitero y que están en la parte superior del termitero y que probablemente no fueron alimentados por las obreras que murieron inmediatamente al contacto del producto y que posiblemente no hubo tampoco transferencia en este caso del fipronil. En el caso de Valendo la actividad en el termitero es muy similar al Ceptiva Duo e incluso menor que los tratamientos de las dosis de 1 y 2 ml L-1, probablemente porque se dio una mejor transferencia en este caso de clorfenapyr a todos los individuos de la Colonia. En el Cuadro 7 se observa como en la segunda evaluación la actividad en el termitero es similar estadísticamente entre el Valendo y la dosis baja de Ceptiva Duo, pero a partir de 8 y 12 días no hay diferencia e incluso numéricamente es más baja que el Ceptiva Duo demostrando una mejor transferencia de activo en la colonia como se mencionó anteriormente. Hay una disminución de la actividad en tratamiento testigo posiblemente por la necesidad de más alimento o la formación de hongos que podrían afectar a las termitas (Figura 10).

Para la evaluación del día 16 después de iniciada la prueba ya no observa actividad en ningún tratamiento con excepción de una repetición del tratamiento de 2 ml L-1 de Ceptiva Duo con actividad únicamente de soldados, sin embargo dos de las repeticiones del testigo no muestran actividad, lo que podría deberse a un agotamiento del alimento que se les colocó (4 gramos) en función del tamaño y actividad de la colonia y a la invasión de otros organismos que se favorecieron por las condiciones de la prueba, ya que las otras dos repeticiones del tratamiento testigo muestran una gran actividad como el día inicial de la prueba, esta situación afectó el coeficiente de variación y no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Lo anterior sugiere que para el modelo esta prueba debería llevarse hasta los 12 días donde se determinó diferencias significativas entre el testigo y los demás tratamientos.



Figura 11 Comportamiento y mortalidad en el termitero en los diferentes tratamientos a los 16 días después de iniciada la prueba, en el testigo se observan las termitas tanto en el termitero como en la base del suelo, en los demás tratamientos no hay actividad y se observa gran cantidad de hongo.

Conclusiones

1. La eficacia de los insecticidas se evaluó a través de un modelo horizontal acoplado de cuatro frascos que simula el proceso de invasión vertical de las termitas en este caso del género *Nasutitermes corniger* determinando su actividad como movimiento por las mangueras y la actividad del termitero.

2. Se requirió de 12 horas para estabilizar el sistema y que las termitas de todos los tratamientos se movilizan a los frascos con suelo tratado.
3. Se determinó una mayor actividad de las termitas en la tarde que en las evaluaciones de la mañana y a medio día.
4. Ocho días después de iniciada a prueba cesó la actividad de movimiento en las mangueras conectadas al termitero, a la fuente de alimento y al agua con excepción del tratamiento testigo que se mantuvo hasta 16 días que fue la última evaluación.
5. Las dosis de 3 ml L-1 de Ceptiva Duo fue más rápida y efectiva que las dosis de 1 y 2 ml L-1 en controlar la dinámica de las termitas tanto en las mangueras como en el termitero.
6. Valendo a la dosis de 6 ml L-1 disminuyó a la actividad y la velocidad de las termitas en comparación con el testigo absoluto, alteró su comportamiento en el frasco con el suelo tratado ya que se limitaron a pasar por un camino estrecho y no distribuirse en toda la superficie del frasco.
7. Valendo a una dosis de 6 ml L-1 fue más lento que el Ceptiva Duo en cesar el movimiento de las termitas en las mangueras, pero igual que efectiva que el Ceptiva Duo en inhibir el termitero.
8. No hubo diferencias significativas en los tratamientos Ceptiva Duo o Valendo en el control del movimiento de termitas en las mangueras, la diferencia fue el tiempo en que se alcanzó el efecto, pero si con respecto al tratamiento testigo. Se determinó un efecto de dosis en Ceptiva Duo donde la dosis de 3 ml L-1 fue superior a la 1 y 2 respectivamente en rapidez del efecto.

9. La dosis de 3 ml L-1 de Ceptiva Duo fue muy rápida y efectiva sobre las poblaciones de Termitas por lo que podría utilizarse para detener una invasión avanzada de termitas cortándolos los accesos primarios de la plaga, un barrera química en el suelo tendría la ventaja de una repelencia inmediata sobre la plaga, en el caso del Valendo por su no repelencia y su efecto las lento pero excelente transferencia a la colonia podrá utilizarse también como barrera química y se determina la ubicación exacta de la colonia subterránea podría tratar de erradicar el termitero. Ambos compuestos podrían utilizarse en combinación como estrategia para logra los dos efectos de rapidez y transferencia al mismo tiempo, una vez que se inspeccione y se determine exactamente la situación y ubicación de la plaga.

Referencias

Abe, T., D. E. Bignell, & M. Higashi (eds.) 2000. Termites: evolution, socialtiy, symbiosis, ecology. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. Pag. 25 – 51.

Banks, N. & T. E. Snyder. 1920. A revision of the nearctic termites with notes on biology and geographic distribution. Smithsonian Institution, United States National Museum Bulletin, 108. 228 pp.

Bennett G., Owens J., Corrigan R. 2012. Guía científica de Truman para Operaciones de manejo de Plagas. Purde University. 193-221 p

Choe, J. C., & B. J. Crespi, editors. 1997. The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids. Cambridge University Press, Cambridge, U. K. 575 pp.

Creffield, J. W. 1991. Wood Destroying Insects: Wood Borers and Termites.

Edwards, R. & A. E. Mill. 1986. Termites in Buildings: Their biology and control. Rentokil Ltd., East Grinstead, U. K. 261 pp.

Gold, R. E. and S. C. Jones, 2000 (eds.) Handbook of Household and Structural Insect Pests. Entomological Society of America, Lanham, Maryland. 160 pp.

Kofoid, C. A., S. F. Light, A. C. Horner, M. Randall, W. B. Hemrs, & E. E. Bowe. 1934. Termites and Termite Control. University of California Press, Berkeley. Ca. USA. 734 pp.

Krishna, K, & F. M. Weesner. 1969, 1970. Biology of Termites, Volumes I & II. Academic Press, New York.

Lee, K. E., & T. G. Wood. 1971. Termites and Soils. Academic Press, New York.

Oster, G. F. & E. O. Wilson. 1978. Caste and Ecology in the Social Insects. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 372 pp.

Pearce, M. J. 1997. Termites: Biology and Pest Management. CAB International, New York. 132 pp.

Pearman, D. V. 1988. The Termite Report: A Guide for Homeowners & Home Buyers on Structural Pest Control. Pear Publishing, Oakland, CA. 120 pp.

Robinson, W. H. 1996. Urban Entomology: Insect and Mite Pests in the Human Environment. Chapman & Hall, New York. 430 pp.

Santillan Santana, Jaime. 2005. Termitas, Prevención y Control. Universidad de Guadalajara. 170 Págs.

Slobodchikoff, C. N., editor. 1988. The Ecology of Social Behavior. Academic Press, New York. 429 pp.

Snyder, T. E. 1935. *Our Enemy the Termite*. Comstock Publishing Company, Ithaca, New York. 257 pp.

Tovar, D. S., J. T. M. Montiel, R. C. Bolaños, H. O. Yates, III, & J. E. F. Lara. 1995. *Insectos Forestales de México / Forest Insects of México*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Trivers, R. 1985. *Social Evolution*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, California. 462 pp.

Truman, L. C, G. W. Bennett, & W. L. Butts. 1982. *Scientific Guide to Pest Control Operations*. Third Edition. Purdue University/Harcourt Brace Jovanovich Publications. 520 pp.

Weesner. F. M. 1965. *The Termites of the United States. A Handbook*. National Pest Control Association, Virginia. 67 pp.

Wilson, E. O. 1971. *The Insect Societies*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 548 pp.