



**Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Investigaciones Agropecuarias
Licenciatura de Biología 5to Año**

Trabajo de Diploma

CONTROL DE TERMITAS CON NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

Mayrelis Lavastida Pérez

2014



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Investigaciones Agropecuarias
Licenciatura de Biología 5to Año

Tesis de Diploma

CONTROL DE TERMITAS CON NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

Autora: Mayrelis Lavastida Pérez
Tutores: Dr.C. Edilberto Pozo Velázquez
Dr.C. Roberto Valdés Herrera

2014

Año 56 de la Revolución



Dedicatoria

A mi madre, a mi hermana y a mi abuela

Agradecimientos

Agradecimientos

A mi tutor Edilberto Pozo Velázquez, quien ha depositado en mí su confianza y me ha enseñado a dar los primeros pasos en el inmenso camino de las Ciencias. Además por ser un ejemplo de sencillez, humildad, profesionalidad y ética social.

A mi tutor Roberto Valdés Herrera, por demostrarme su apoyo incondicional y sus constantes lecciones para crecerme personal y profesionalmente.

Agradezco a mis cuatro madres. Mi madre biológica, Marisnelda Pérez Diéguez, por la educación que me ha brindado en el transcurso de mi vida.

A mi segunda madre, mi hermana, Mabel Tang Pérez, por ser mi inspiración y mi guía.

A mi tercera madre, mi amiga y maestra de vida, Nancy Cañizeres Hernández, por ser mi ejemplo a seguir y mi psicóloga personal aunque no se haya graduado en esta materia.

A mi cuarta madre, Marlen Cárdenas Morales, y no por ser última es menos importante, es que las he nombrado en orden de aparición en mi vida. A ella le debo todo el apoyo incondicional y el intenso amor maternal que brinda a todos los que se le acerquen.

A mi padre, Luis Manuel Lavastida Cordoví, quien es un ejemplo de sencillez, sabiduría y dedicación para mí y para mi hermano Manuel Alejandro; y por siempre estar presente en mi vida a pesar de los kilómetros que nos separan.

A mi tío Julio por ser una figura paterna en mi vida a pesar de su locura. Gracias por tu cariño oportuno.

A mis primos Julio Rolando y Frank Abel por ser más que primos, hermanos. Gracias por su incondicionalidad.

*A mi **hermano negro**, Abdoul Nasser, por todo lo que ha hecho por mí durante el transcurso de la universidad. Por sus largas noches de desvelo y estudio. A ti gracias.*

A mis viejas amistades, Sanlay, Beidy, Danger, Greico, Félix y Jorge, por todo el amor, comprensión y tolerancia que me han brindado hasta hoy día.

A mis nuevas amistades universitarias, Geidy, Danaily, Amanda, Lesly, Lilian, Claudia, las dos Daylenis, Arianna, por enseñarme a convivir en grupo y mostrarme lo bello de la vida universitaria. También a Williams, Frank, Marlon, Lachi, Alejandro, Ernesto y Edgar. En fin al mejor grupo que ha pasado por la universidad, no mejor por ser los más destacados y estudiosos si no por el inmenso amor que nos une y que nos hizo un verdadero grupo. A todos los quiero por igual. A Dairon por ser mi flaco y yo su cosita Amarillita. No te olvido aunque te hayas separado de nosotros.

A Andy, Dianelys, Amílcar y Mabel por darme su apoyo y su amistad desinteresada. A los cuatro, gracias.

A Margarita Mesa y familia, por todo el apoyo brindado.

A David y a Hamzeh, por ser las personas que son, por tener sus presencias en mi vida de una manera y otra. Siempre los llevaré en mi corazón.

Les agradezco a todos mis profesores por ayudarme tanto en el transcurso de mis estudios siempre los recordaré por hacer que mis sueños se conviertan en realidad Muchas gracias de todo corazón.

A la Revolución Cubana, por darme esta oportunidad única de estudiar gratuitamente en la universidad.

Un agradecimiento en especial a la mejor abuela del mundo, claro que tú no ibas a faltar, por todo el amor que representa tu nombre, por toda la ternura que engendraste en mí, por toda enseñanza que me diste en vida y que después de muerta me sigues brindando, que donde quiera que te encuentres, Dios te tenga en la Gloria, donde te mereces estar. Que aunque no estés presente en cuerpo, se que tu espíritu sigue aquí al lado mío cuidando de mí como solo tú lo hacías. Gracias, nunca te podré devolver todo lo que has hecho por mí.

A todos los que me han ayudado de una manera u otra, que me perdonen por no mencionarlos, es que son muchos los que han mostrado ser cubanos de verdad que ayudan desinteresadamente. Muchas gracias.

Mayrelis Lavastida Pérez

Pensamiento

*“No hacen faltas alas para alcanzar un sueño, basta
con las manos, basta con las piernas y con el
empeño”*

Silvio Rodríguez

Resumen

Resumen

Con el objetivo de evaluar la eficacia biológica de los nematodos entomopatógenos (NEPs) en el control de las termitas se realizó el presente trabajo en el laboratorio de Patología de Insectos del Centro de Investigaciones Agropecuarias y el parque zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara. Entre los meses de mayo de 2013 a mayo de 2014. Para ello fueron evaluados los árboles infestados y determinó la especie de termitas presente en los mismos; la población de insectos en una colonia, la susceptibilidad de las castas Soldado y Obrera a *Heterorhabditis indica* cepa P₂M, la concentración letal (CL₅₀), el tiempo letal (TL₅₀) así como la eficacia biológica de estos agentes biológicos. La especie de termita presente en el parque zoológico fue *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910). *N. costalis* es susceptible a *Heterorhabditis indica* cepa P₂M. La CL₅₀ fue de 9,1 JI y 6,1 JI para obreras y soldados respectivamente y el tiempo letal fue de 4:36 horas y 7:48 horas para obreras y soldados respectivamente. La eficacia biológica fue del 100 % para obreras y soldados a las 72 h. Los costos de la aplicación de nematodos entomopatógenos oscilaron entre 41.52 CUP y 208.04 CUP.

Palabras clave: Control biológico, *Heterorhabditis indica*, *Nasutitermes costalis*, zoológico.

Abstract

In order to evaluate the biological efficacy of entomopathogenic nematodes (NEPs) in the control of termites this work in the laboratory of Insect Pathology Research Center for Agriculture and Zoo Santa Clara took place. Between May 2013 and May 2014 were evaluated. This infested trees and determined the species of termites present there; the insect population in a colony, the susceptibility of the Soldier and Worker caste *Heterorhabditis* strain indicates P₂M , lethal concentration (LC₅₀) , lethal time (LT₅₀) and biological efficacy of these biological agents. The termite species present in the zoo was *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910). *N. costalis* is susceptible to *Heterorhabditis* strain indicates P₂M. The LC₅₀ was 9.1 and 6.1 JI respectively for workers and soldiers and lethal time was 4:36 pm and 7:48 pm respectively for workers and soldiers. The biological efficacy was 100 % for workers and soldiers at 72 h. The costs of applying nematodes ranged from 41.52 CUP and 208.04 CUP.

Keywords: Biological control, *Heterorhabditis indicatus*, *Nasutitermes costalis*, zoo.

Índice

Introducción	16
2. Revisión bibliográfica.....	4
2.1. Árboles en el contexto urbano	4
2.2. Termitas o comejenes.....	5
2.2.1. <i>Nasutitermitinae</i>	6
2.2.2. Características de las termitas. Morfología y castas sociales	7
2.2.3. Ciclo de vida y reproducción	8
2.2.4. Alimentación.....	9
2.2.5. Control de las termitas	10
2.3. Nematodos entomopatógenos.....	12
2.3.1. Generalidades de los nematodos entomopatógenos.....	12
Público en General.....	13
2.3.2. Ciclo de vida y aspectos bioecológicos	15
2.3.3. Mecanismos de supervivencia.....	16
2.3.4. Búsqueda y Penetración	16
2.3.5. Proceso de infección	17
3. Materiales y Métodos.....	18
3.1. Árboles infestados por termitas en el Parque Zoológico "Camilo Cienfuegos"	18
3.2. Determinación de la especie de termitas presente en los árboles del jardín zoológico de Santa Clara	18
3.3. Susceptibilidad de las castas soldado y obrera a <i>Heterorhabditis indica</i> cepa P ₂ M	19
3.4. Determinación de la concentración letal (CL ₅₀) y el tiempo letal (TL ₅₀) de <i>Heterorhabditis indica</i> cepa P ₂ M en obreras y soldados	20
3.5. Determinación de la población de termitas presentes en una colonia según el tamaño del termitero.....	21
3.6. Determinación de la eficacia biológica de la aplicación de NEPs a las colonias de termitas.....	21
a) Evaluación económica de la aplicación de nematodos en árboles del parque zoológico "Camilo Cienfuegos" de Santa Clara.....	23
4. Resultados.....	24
4.1. Árboles infestados por termitas en el Parque Zoológico "Camilo Cienfuegos"	24

4.2. Determinación de la especie de termitas presente en los árboles del jardín zoológico de Santa Clara	27
4.3. Susceptibilidad de las castas soldado y obrera a <i>Heterorhabditis indica</i> cepa P ₂ M	28
4.4. Determinación de la concentración letal (CL) y el tiempo letal (TL ₅₀) de <i>Heterorhabditis indica</i> cepa P ₂ M en obreras y soldados.....	29
4.5. Estimación de la población de termitas presentes en el termitero.....	32
4.6. Determinación de la eficacia biológica de la aplicación de NEPs a las colonias de termitas.....	33
a) Evaluación económica de la aplicación de nematodos en árboles del parque zoológico "Camilo Cienfuegos" de Santa Clara	35
5. Discusión	36
6. Conclusiones	42
7. Recomendaciones.....	43
8. Referencias Bibliográficas.....	

Introducción

1. Introducción

Las termitas (Hexapoda; Isoptera) son insectos que en estado adulto presentan dos pares de alas de igual tamaño. Estas poseen una comunidad microbiana en el tracto intestinal que ayuda a digerir la celulosa y lignina, compuestos que le sirven como nutrientes (Grady, 2003); debido a que su principal fuente de alimento es la madera, estos insectos constituyen un grave problema en el deterioro de la madera en servicio (Karsulovic *et al.*, 2008) por lo que las industrias forestal, agrícola, textil y maderera se ven amenazadas ante la presencia de estos artrópodos que por ende, afectan gravemente la economía y la ecología. (Garcés y Yamamoto, 1994)

En México se reporta que uno de los principales problemas en reservas ecológicas, recreativas y turísticas, como el parque “Ignacio Manuel Altamirano”, conocido como el pulmón verde de Acapulco, es la infestación de los árboles por termitas. Estos insectos no se han podido erradicar y ponen en peligro la vegetación. Las termitas afectan a más de 300 especies de arbustos y árboles dentro de los cuales se pueden mencionar a los frutales, maderables y ornamentales. (Guzmán, 2012)

Santa Clara cuenta con un parque zoológico que posee numerosas especies de árboles y arbustos para posibilitar un ambiente apropiado a los visitantes y animales que se encuentran en el mismo, porque contribuyen a mantener un clima fresco. No obstante, las termitas causan la destrucción de dichas especies, lo que provoca una disminución de la sombra en las áreas de exhibición.

Las termitas construyen túneles de comunicación fabricados con una mezcla de saliva, heces y material de sustrato, que les proveen un ambiente húmedo y las protegen de los depredadores (Karsulovic *et al.*, 2008). Ellas presentan fototaxismo negativo (Grace *et al.*, 1995) y requieren de condiciones ambientales específicas debido a que son afectadas por las variaciones de humedad y temperatura. (Smith & Rust, 1993a, 1993b y 1994)

Este insecto constituye un problema al ser difícil de erradicar pues el uso de

medios químicos ha sido ineficaz (Morris, 2000; Méndez y Equihua, 2001) lo que aparejado a la necesidad de disminuir esta plaga sin causar grandes afectaciones al medio ambiente ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas para su control. Karsulovic (2008) hace referencias de que se han realizado algunas investigaciones encaminadas al uso de medios biológicos pero aún son insuficientes. Los recursos biológicos tienen gran importancia en la erradicación de plagas, pues son factibles donde el control químico es una opción casi nula por las propias condiciones del lugar y la ecología.

En el caso específico de las termitas o comejenes que habitan e infestan árboles del parque zoológico de Santa Clara, el control mediante el uso de medios químicos (plaguicidas) y algunos biológicos no se puede realizar porque se pudieran ver afectadas numerosas especies de animales endémicos y exóticos que allí se encuentran. Ferron (1978) refiere que al aplicar un control de insectos en lugares donde expongan animales, por razones obvias el uso de productos químicos queda descartado, en cuanto a los biológicos muchas veces se utilizan hongos moniliales como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, a pesar de que los mismos no deben ser empleados ya que los mamíferos se incluyen dentro de sus hospedantes.

Dentro de los controles biológicos que se utilizan se hace muy poca alusión a los nematodos entomopatógenos (NEPs). El uso de estos en el control de termitas aún no se maneja ampliamente en el mundo y en Cuba no se ha efectuado hasta el presente; sin embargo este agente de control biológico resulta útil y ventajoso cuando se utiliza dentro de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Los NEPs pueden llegar a controlar un gran número de insectos, por lo cual es necesario realizar estudios dirigidos a conocer el comportamiento de estos biorreguladores frente a la plaga anteriormente mencionada debido a lo cual nos planteamos la siguiente hipótesis:

El uso de nematodos entomopatógenos para el control de termitas en el jardín zoológico de Santa Clara puede ser utilizado como una alternativa ambiental y sostenible para la erradicación de esta plaga sin que se afecten los animales en

exhibición.

Para dar cumplimiento a la hipótesis se trazó el siguiente objetivo general:

- Evaluar la eficacia biológica de nematodos entomopatógenos en el control de las termitas que infestan los árboles del parque zoológico de Santa Clara.

De este objetivo se derivan los siguientes objetivos específicos:

1. Definir el nivel de infestación por termitas que poseen las especies de árboles presentes en el parque zoológico de Santa Clara.
2. Identificar la especie de termita que infestan los árboles del parque zoológico y su susceptibilidad a NEPs.
3. Determinar la concentración letal (CL₅₀) y el tiempo letal (TL₅₀) de NEPs sobre la especie de termita identificada.
4. Evaluar la eficacia biológica de las aplicaciones de NEPs sobre termiteros en árboles del parque zoológico de Santa Clara.

Revisión Bibliográfica

2. Revisión bibliográfica

2.1. Árboles en el contexto urbano

El árbol urbano es un elemento fundamental en el paisaje de la ciudad, brinda diversos beneficios de orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son aprovechados de variadas formas por los pobladores locales, quienes disfrutan de su presencia y lo convierten en un elemento integrante del paisaje urbano, a tal punto que "se constituye en uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de la ciudad". (Wiesner *et al.*, 2000)

Entre los beneficios más importantes que proveen los árboles en el ambiente urbano se pueden considerar los siguientes:

- Control de la contaminación: Los árboles contribuyen a disminuir la contaminación presente en las ciudades. Disipan la polución del aire, amortiguan los ruidos, protegen el agua, la fauna u otras plantas, controlan la luz solar y artificial, disipan los malos olores, ocultan vistas desagradables, controlan el tráfico peatonal y vehicular. (Aponte, 1995)
- Reguladores de clima: Las áreas arboladas tienen un potente efecto regulador sobre el clima al modificar la temperatura, el viento, la humedad y la evapotranspiración. (Aponte, 1995)
- Control de la erosión y estabilización de taludes: Los árboles en dependencia de las características de sus raíces (profundidad, extensión, dimensiones, etc.) cumplen un papel importante en la estabilización de taludes y prevención de deslizamientos. Contención física al actuar como "pilotes o anclas" ya que trabajan en sentido vertical o inclinado al establecer un "tejido o amarre" y por lo tanto minimiza el efecto de "rodadero" en el cual una capa o masa superior se desliza sobre otra inferior ayudada por la presencia del agua. Disminución de la exposición de los suelos a los efectos del agua tanto por el impacto vertical (lluvia) como por arrastre (escorrentía) y minimiza de esta manera la erosión. (Wiesner *et*

al., 2000)

- Protección de cuencas y cuerpos de agua: La arborización urbana, en la medida en que se asocia a cuerpos de agua, además de adicionar belleza escénica, protege y estabiliza las orillas; además, en dependencia de su ubicación y cantidad, contribuye a la regulación del ciclo hídrico. (Wiesner *et al.*, 2000)
- Paisaje: Los árboles hacen más funcional la arquitectura urbana, permiten una mejor definición de los espacios, rompen con la monotonía del paisaje, dan sensación de profundidad, crean ambientes aislados y tranquilos, protegen y constituyen focos de atracción visual gracias a sus múltiples formas, volúmenes, sombras y colores. (Wiesner *et al.*, 2000)
- Recreación: Los bosques son lugares de juego, deporte y esparcimiento. Ellos nos llevan a un espacio para la reflexión y contemplación de la naturaleza, además, constituyen magníficos escenarios, talleres y laboratorios para la educación, formación biológica y ecológica de la ciudadanos. Según Martínez *et al.* (1996), citado por Wiesner *et al.* (2000) la OMS recomienda 9 m² de áreas verdes por habitante.
- Aporte cultural y simbólico: Los seres humanos tienen un vínculo directo con los árboles que representan importantes símbolos culturales. Para muchas culturas el árbol es símbolo de longevidad y poderes divinos e incluso de relación con la formación de la vida. (Aponte, 1995)

Valorización de la propiedad: Los árboles pueden significar un beneficio económico importante representado en un aumento del valor económico de la propiedad y el suelo puesto que aportan servicios o funciones que pueden ser apreciadas por el comprador. La diferencia de costo entre una especie y otra está dada por su rareza, su velocidad de crecimiento y la facilidad de producción. (Mahecha *et al.*, 2010)

2.2. Termitas o comejenes

Las termitas pertenecen al orden *Isoptera* al ser insectos sociales que viven en colonias compuestas por cuatro castas (primera casta productora, segunda casta productora, obreros y soldados) formadas por machos y hembras. Son xilófagos

(consumidores de madera) y su alimento principal lo constituye la celulosa y lignina. (Borror *et al.*, 1989; Camousseight, 1999)

La familia *Termitidae* abarca aproximadamente el 70 % de todas las especies del orden a nivel mundial, con 1 900 de las 2 800 especies descritas, por lo que es la más diversa, abundante y especializada (Nickle & Collins, 1992). En el Neotrópico se reconocen tres subfamilias de *Termitidae*: *Apicotermitinae*, *Termitinae* y *Nasutitermitinae*. (Kirton, 1992)

Según Gara *et al.* (1980) y Artigas (1994) las termitas son uno de los principales problemas que afectan a la madera elaborada en todo el mundo. Ensayos de palatabilidad realizados para *Nasutitermes costalis* demostraron que este insecto puede infestar diversas especies botánicas arbóreas. Lo anterior ha motivado a numerosos países, principalmente del hemisferio norte, a tomar drásticas medidas en la prevención de las infestaciones. (Cabrera, 1997; Paredes, 2000)

Las termitas poseen una importante función en la naturaleza, principalmente como descomponedores, debido a su actividad detritívora (consumidoras de tejido muerto). (Cabrera y Parra, 1998; Ebeling, 2000)

Myles (2000) menciona el término *termiticultura*, definido como la forma de utilizar la gran biomasa de termitas para la acuicultura y avicultura, como una fuente alternativa de alimento.

2.2.1. *Nasutitermitinae*

Los *Nasutitermitinae* muestran una distribución amplia y la mayor diversidad de especies entre las termitas superiores. Los géneros presentan soldados con mecanismos de defensa químicos o químicos-físicos, incluyendo una serie de formas con una progresiva disminución del tamaño de la mandíbula y un correspondiente aumento en el tamaño relativo de la proyección frontal o naso. En los géneros más avanzados de esta subfamilia, la tibia anterior tiene sólo dos espolones. (Nickle y Collins 1992)

2.2.2. Características de las termitas. Morfología y castas sociales

Las termitas poseen cuerpo blando, siendo de tamaño pequeño a mediano (3 a 10 mm de largo). Se identifican taxonómicamente por poseer sus dos pares de alas (del tipo membranosos) de igual tamaño y venación (Artigas, 1994; Camousseight, 1999). Aunque poseen por lo general colores claros, éstos pueden variar según sus alimentos debido a que su aparato digestivo suele traslucirse a través del cuerpo. (Camousseight, 1999; Ebeling, 2000)

Son insectos polimórficos, que conformaron distintas castas, cada una de las cuales ocupa un rol muy definido en su complicada estructura social (Ebeling, 2000). La casta de cada individuo se determina por los requerimientos de la sociedad, por medio de hormonas y feromonas secretadas principalmente por los individuos reproductores, actuando sobre las ninfas (concepto llamado presión social). En cada casta existen individuos de ambos sexos (Tabla 1) (a pesar de que no poseen desarrollo sexual externo, exceptuando la casta reproductora) (Artigas, 1994; Borrer *et al.*, 1989; Camousseight, 1999; Team Too, 2000). Usualmente la casta más numerosa en las sociedades de termitas es la de los obreros, que es la que en definitiva produce el daño a la madera. (Artigas, 1994; Cabrera y Parra, 1998; Ebeling, 2000)

Además de su utilización para la determinación de la casta a la que pertenecerá cada individuo, las hormonas y feromonas que las termitas producen les permiten comunicarse, reconocerse entre individuos de una misma colonia y también como señales de advertencia ante algún tipo de invasor, todo lo cual contribuye a organizar y mantener su sociedad.

Tabla 1. Características de las castas sociales del orden *Isoptera*

Casta	Características morfológicas	Función y características generales
-------	------------------------------	-------------------------------------

Reproductores	<ul style="list-style-type: none">- Poseen alas, las cuales tienen una zona de quiebre en la base- Con ojos- Cabeza esférica- Cuerpo y mandíbulas esclerosadas- Cuerpo, cabeza y mandíbulas de colores oscuros (café a negro)	<ul style="list-style-type: none">- Reproducción- Casta más utilizada para la identificación taxonómica
Obrero	<ul style="list-style-type: none">- Ápteros- Ciegos- Sin desarrollo de genitales externos (sin diferenciación sexual)- Permanente desarrollo juvenil- Mandíbula oscura (esclerosada)- Cuerpos de colores claros	<ul style="list-style-type: none">- Alimentación y reparación de toda la colonia- Castas más numerosas en la sociedad
Soldados	<ul style="list-style-type: none">- Ápteros- Ciegos- Generalmente sin diferenciación sexual- Cabeza y mandíbulas oscuras e hipertrofiadas (esclerosadas)- Cuerpo de colores claros	<ul style="list-style-type: none">- Defensa de la colonia- Número reducido- Surgen cuando la sociedad ya está organizada
Neoténicos	<ul style="list-style-type: none">- Apariencia juvenil- Colores claros	<ul style="list-style-type: none">- Reproductores suplementarios- Presentes en numerosas especies

(Fuente: Borrór *et al.*, 1989; Artigas, 1994; Camousseight, 1999)

2.2.3. Ciclo de vida y reproducción

El orden *Isoptera* se distingue por presentar un ciclo de vida con metamorfosis incompleta porque solo poseen los estadios de huevo, ninfa y adulto. (Camousseight, 1999)

La época de reproducción ocurre en la primavera y parte del verano, generalmente después de una lluvia fuerte se pueden observar nubes o enjambres de reproductores alados, en busca de pareja y sitios para establecer nuevas colonias (Cabrera y Parra, 1998; Team T. 2000). Estos enjambres, además de ser un signo

inequívoco de la existencia de nidos, permiten la dispersión de la plaga (University of California, 1997 y 1998). Un vez que los reproductores forman sus parejas, se produce el cortejo, ocurre la autotomía (corte de las alas) y los tándems (contacto de las antenas del macho con el abdomen de la hembra). Posteriormente, la pareja construye el copulario, donde realizan una amputación mutua, ya sea total o parcial, de las antenas. Luego se produce la cópula y la primera puesta de huevos, lo que originará un nuevo nido y una nueva sociedad. (Camousseight, 1999; Union Services, 2000)

También existe la reproducción por esquejes, en que la nueva sociedad se origina por la segunda casta de reproductoras. La función principal de esta casta es la de reemplazar a los reproductores en caso de la muerte de alguno de ellos y también pueden originar nuevos nidos sin que se dé esta condición, por lo que ambas modalidades de reproducción (enjambres y esquejes) pueden ocurrir al mismo tiempo en sociedad. (Camousseight, 1999; Ebeling, 2000)

2.2.4. Alimentación

El principal alimento de las termitas es la celulosa. Debido a que este compuesto no puede ser digerido y utilizado directamente por el insecto para su desarrollo, en su tubo digestivo presenta una simbiosis con protozoos flagelados o con bacterias, en dependencia de la especie. Estos simbiosis producen el alimento proctodeal, el cual es eliminado por el ano del insecto, al igual que las deposiciones, a pesar de lo cual no deben ser confundidas entre sí. (Camousseight, 1999; Ebeling, 2000)

El alimento proctodeal, además de constituir comida para toda la colonia, es el medio mediante el cual se entrega a las larvas los simbiosis, ya que nacen sin ellos y son imprescindibles para su desarrollo (Artigas, 1994; Camousseight, 1999). De no existir tal asociación simbiótica, los insectos morirían de inanición aunque continúen alimentándose (Ebeling, 2000). Otro tipo de alimento es el estomodeal, producido por las glándulas salivales del insecto. (Camousseight, 1999)

Los obreros mediante regurgitación (alimento estomodeal) y excreción (alimento

proctodeal), se encargan de abastecer a la colonia. El traspaso de comida entre los individuos se realiza de boca a boca, proceso llamado trofalaxia. Esta casta obrera abastece tanto a las ninfas en desarrollo como a las casta reproductora y soldados. Estos últimos no pueden producir su propio alimento debido a que sus mandíbulas están hipertrofiadas y, en cierto sentido, se les puede considerar como una carga para la estructura social. (Camousseight, 1999; Ebeling, 2000)

Las termitas además suelen practicar el canibalismo (consumo de individuos heridos o enfermos), la necrofagia (consumo de individuos muertos, y la oofagia (consumo de huevos). Aparte de servir como una fuente extra de alimento, estas modalidades de alimentación permiten mantener el nido limpio y sano. (Camousseight, 1999)

2.2.5. Control de las termitas

El control eficaz de termitas conlleva a la ejecución de diversas medidas preventivas y curativas.

a) Medidas preventivas

Para evitar la ocurrencia de ataques por estos insectos se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Inspecciones periódicas*: La inspección es el primer paso en la detección y evaluación del daño por termitas. INFOR e INTEC (1999) mencionan la revisión exhaustiva de las zonas de contacto de la madera con el suelo, así como grietas o filtraciones de agua en las construcciones.

- *Aplicación de productos químicos o pesticidas*: En el mundo se utilizan distintos productos termitocidas que se encuentran disponibles en el mercado (Camousseight, 1999; Paredes, 2000) como Bifentrina, Permetrina, Fipronil, Midacloprid, Clorpirifos, Termidor CE y Fulminex.

- *Instalación de barreras físicas*: Paredes (2000) define este tipo de método como el que busca dificultar la entrada de las termitas a las construcciones. Para el caso de las termitas subterráneas se necesita modificar la granulometría del suelo en

donde se va a construir. El diseño de las construcciones y la construcción de vías de ventilación en las fundaciones conforma una manera muy efectiva de prevenir el ataque de *R. hesperus*. (Cabrera y Parra, 1998)

- *Impregnación de maderas*: La impregnación más efectiva es la llamada CCA (con sales de cromo, cobre y arsénico), la que se realiza al vacío. Los reproductores de las termitas no penetran en la madera que ha sido tratada con este procedimiento por lo que no pueden establecer ahí sus nidos. (Cabrera y Parra, 1998; Paredes, 2000)

- *Legislación adecuada*: Cabrera (1997) menciona específicamente el caso de Francia, país en el cual existen severas normas que determinan la obligatoriedad por parte del propietario de un inmueble, de comunicar a las autoridades la detección de ataques debido a termitas en su propiedad y se prohíbe el traslado o utilización de material dañado, el cual debe ser quemado.

b) Medidas curativas

Este control se realiza luego de haberse detectado la presencia de las termitas. University of California (1997 y 1998) distingue entre tratamiento local, aplicado a un solo foco de infestación, y el tratamiento integral, referido al control simultáneo de todos los focos existentes en un lugar determinado. En general, una medida básica es la reparación inmediata y completa de la pieza o piezas dañadas. (Cabrera y Parra, 1998; University of California, 1997 y 1998)

- *Termitas de madera seca*: Para erradicar estos insectos se debe recurrir a la fumigación con productos químicos como uno de los mejores métodos de control; sin embargo, éste presenta diversos inconvenientes debido a la alta toxicidad de los compuestos que suelen utilizarse, como el bromuro de metilo, producto prohibido en el mundo desde el año 2005. Otros métodos de control incluyen la aplicación de calor o frío extremos, para llevar al insecto fuera de sus límites de tolerancia. Además, se pueden utilizar choques eléctricos y microondas. (University of California, 1997 y 1998)

- *Termitas de madera húmeda*: En este caso se sugiere remover el exceso de

humedad en torno a los focos de ataque, la remoción de las piezas dañadas y la aplicación de productos químicos, tales como piretroides o fosforados. Los métodos mencionados para las termitas de madera seca (como calor, electricidad y microondas) no suelen ser efectivos en este caso porque este tipo de termitas suele construir sus nidos muy cerca o bajo el nivel del suelo, así como en estructuras de madera enterradas, de modo que se encuentran fuera del alcance de estos tratamientos. (University of California, 1997 y 1998)

- Termitas subterráneas: Según Camousseight (1999) el objetivo es eliminar la plaga por un largo tiempo utilizando distintos productos químicos, tales como el Hexaflumuron y la Sulfuramida, los cuales se agregan a materiales que posteriormente serán consumidos por los insectos, tales como maderas, cartones y papel. Esta técnica es conocida como cebo tóxico.

2.3. Nematodos entomopatógenos

2.3.1. Generalidades de los nematodos entomopatógenos

La clasificación taxonómica de los nematodos entomopatógenos los ubica en el Orden *Rhabditida*, Suborden: *Rhabditina*, Superfamilia *Rhabditoidea* según (Woodring y Kaya, 1988). Pertenecen a las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae* y se encuentran en asociación simbiótica con bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*.

La familia *Steinernematidae* comprende los géneros *Neosteinerinema* (Nguyen & Smart, 1994) (una especie) y *Steinernema* (22 especies). Dentro de este último se encuentra la especie nativa de Cuba *S. cubanum*. La familia *Heterorhabditidae* tiene como único representante al género *Heterorhabditis* (Poinar, 1976) con ocho especies reconocidas: *H. bacteriophora*, *H. argentinensis*, *H. brevicaudis*, *H. hawaiiensis*, *H. indica*, *H. marelatus*, *H. megidis* y *H. zealandica*.

Los primeros estudios de este grupo en Cuba señalaron la presencia del género *Neoaplectana* (*Steinernema*) cepa P₂ M obtenida por Montes (1978) a partir de larvas de *Pachnaeus litus* Germar (*Coleoptera: Curculionidae*). Arteaga et al. (1984) reidentificaron esta cepa 4 como *H. heliothidis* (= *H. bacteriophora*), y fue

señalada definitivamente como *H. indica* luego de la caracterización molecular de diferentes aislados de varios países en la que fue incluida.

Las características más relevantes que han propiciado que los nematodos sean atractivos como agentes biocontroladores son las siguientes:

- Poseen un amplio rango de hospedantes. (Gaugler, 1981, 1987; Morris, 1985; Doucet y Giayetto, 1994)
- Son fácilmente aplicables con los equipos estándares. (Reed *et al.*, 1986; Georgis, 1990; Li *et al.*, 1991; Smith, 1998)
- La selección genética es factible. (Gaugler, 1987; Glazer *et al.*, 1997)
- Son compatibles con muchos insecticidas químicos (Hara y Kaya, 1993; Rovesti y Deseo, 1990; Zimmerman y Cranshaw, 1991; Forschler *et al.*, 1996) y con otros agentes biorreguladores. (Barbercheck y Kaya, 1991)
- Son ambientalmente seguros tanto para plantas, vertebrados y otros organismos (Akhurst, 1990; Georgis y Hage, 1991; Bathon, 1996; Boemare *et al.*, 1996).

Todo ello ha sido bien argumentado por Ehlers (1998) reconociéndose a nivel mundial como una de las grandes ventajas de estos agentes de control biológico (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Posibles riesgos en la salud humana de los nematodos entomopatógenos

Escala de riesgos para tabla 1 y 2. (0=no hay, 1=remoto, 2= leve, 3= moderado, 4= elevado, 5= muy elevado)

	Producción y Aplicación Personal	Público en General
1. Toxicidad	1	0
2. Alergia	2	0
3. Infestividad		
▪ Nematodos	0	0
▪ Bacteria	1	0

4. Carcinogenicidad	0	0
5. Teratogenicidad	0	0
6. Alimentación	0	0
7. Patogenicidad de cepas foráneas	?	?

Tabla 3. Posible riesgo ambiental usando nematodos entomopatógenos (NEP_s)

Posible riesgo ambiental	Rango
1. Organismos no tratados (ONT _s)	
En campos tratados	0
En campos no tratados	2
▪ en el suelo	3
▪ en otros ambientes crípticos	2
▪ en el follaje	1
Vertebrados	
▪ sangre caliente	0
▪ sangre fría	2
Invertebrados	
Artrópodos	
▪ predadores	2
▪ parasitoides	2
▪ polinizadores	1
▪ especies raras o no dañinas	1
▪ otros	1
No artrópodos	
▪ lombrices de tierra	0
▪ otros	1
Plantas	0
2. Competitividad de desplazamiento de NEP _s nativos en campos tratados	
▪ Temporalmente	2
▪ Permanentemente	0
3. Cambios en el balance del ecosistema	
▪ supresión local temporalmente de ONT _s	2
▪ supresión permanente de ONT _s	0
4. Contaminación de aguas subterráneas	1
5. Transferencia genética desde bacterias simbióticas exóticas a otras bacterias del suelo	2
6. Polución biológica con nuevas especies de NEP _s	4
7. Biodiversidad en general	1

2.3.2. Ciclo de vida y aspectos bioecológicos

Tanto la familia *Steinernematidae* como *Heterorhabditidae* tienen un ciclo de vida similar y simple que incluye el huevo, cuatro fases juveniles: J₁, J₂, J₃ y J₄ (separadas por mudas) y el adulto. La fase infestiva es el estado juvenil J₃, el cual posee la región cefálica con armadura, a manera de diente dorsolateral o subventral y tiene células vivas de su bacteria simbiote en el intestino, las que transporta de hospedante a hospedante. Los infestivos juveniles (ijs) generalmente son envainados dentro de la cutícula del J₂ que no se desprendió de la misma al pasar al ijs₃, pero está separado e intacto de esta segunda pared. Esta extracutícula le confiere gran resistencia ante las condiciones medioambientales desfavorables (Woodring y Kaya, 1988). Ellos pueden ser efectivamente producidos y almacenados por largos periodos. (Grewal y Georgis, 1999)

Los ijs son los únicos de vida libre fuera del hospedante que son capaces de moverse de un insecto a otro (Woodring y Kaya, 1988). Ellos contienen reservas de energía en carbohidratos, no se alimentan y pueden sobrevivir cuando las condiciones son favorables (humedad, temperatura apropiadas y oxígeno disponible). Miden de 400 a 1 500 micras en dependencia del largo de las especies.

El ciclo descrito requiere de 10 a 14 días para *S. feltiae* en los últimos instares de *Galleria mellonella* L. En pequeños insectos pueden tener solamente una generación. El ciclo de vida de *Heterorhabditis* es esencialmente igual al de *Steinernema*.

En el caso del género *Heterorhabditis* el efecto de las bajas temperaturas es marcado. Al respecto Griffin y Downes (1991) observaron diferencias significativas en los 4 aislados que estudiaron en cuanto al número de juveniles que encontraron y penetraron al hospedante a 9 y 12 °C, así mismo cuando el aislado cuyos juveniles penetraron en mayor proporción al hospedante a 9 °C se sitúa a 7 °C, este parámetro resultó nulo a 5 °C.

2.3.3. Mecanismos de supervivencia

Debido a que estos nematodos son muy susceptibles a condiciones ambientales extremas han desarrollado los siguientes mecanismos de supervivencia. (Ishibashi y Kondo, 1990)

- **Agregación:** Ocurre comúnmente en muchas especies de nematodos y les permite protección contra la desecación y radiación solar. En este caso los nematodos de la periferia mueren y actúan como una barrera que protege contra factores ambientales adversos a los individuos ubicados en el centro.
- **Inactividad:** Si bien la movilidad constituye una ventaja en la búsqueda activa de los hospedantes la inactividad que pueden desarrollar se convierte en una ventaja para su supervivencia al reducir el uso de sus reservas energéticas y no resultar atractivos para sus depredadores, reduciéndose las probabilidades de ser encontrados por sus enemigos. (Ishibashi y Kondo, 1986)
- **Deshidratación:** La pérdida de gran parte del contenido del agua de su organismo hasta el punto donde el metabolismo es completamente detenido da como resultado un estado de suspensión total de la animación denominado criptobiosis anhidrobitica. Esta puede desarrollarse tanto en ambiente natural como en condiciones de laboratorio. (Womersley, 1990 citados por Valdés, 2003)

2.3.4. Búsqueda y Penetración

Los nematodos poseen dos estrategias básicas para encontrar al hospedante (Kaya y Gaugler, 1993; Lewis *et al.*, 1993). Algunas especies manifiestan el tipo de “espera pasiva” (ambusher) en la que los individuos permanecen cerca o en la superficie del suelo e infestan a los insectos móviles que se alimentan en la interfase del suelo y los que tienen una estrategia de “búsqueda activa” (*cruiser*) como ocurre en *H. bacteriophora* que tienden a ser muy móviles y responden a las emanaciones químicas de los hospedantes, infestando fundamentalmente a los insectos menos móviles.

Esta atracción de los nematodos a estímulos químicos es atribuida a menudo a la

orientación klinotáctica. Según Gaugler (1981) los juveniles infestivos de *Steinernema carpocapse* (Weiser) son atraídos por el CO₂ que emana tanto de las raíces de las plantas como de los insectos hospedantes que se alimentan de estas. También las heces de los insectos que contienen ácido úrico, xantina y amonio, entre otros compuestos, han sido reportados como atrayentes de los juveniles. (Schmidt y All, 1978, 1979)

Los nematodos penetran en el hospedante por las aberturas naturales (boca, ano o espiráculos). Los representantes del género *Heterorhabditis* también pueden penetrar directamente a través del tegumento intersegmental de los artrópodos al perforar un orificio con el “diente”. (Beeding y Molyneux, 1982)

2.3.5. Proceso de infección

Cuando el nematodo se instala en el hemocele, libera las células de la bacteria a través del ano, las cuales proliferan y le provocan la muerte al insecto a partir de las primeras 24 h. Posteriormente estas bacterias modifican los tejidos y crean condiciones para permitir el desarrollo de los nematodos, que se alimentan tanto de los tejidos semidegradados como de las propias células bacterianas. Rápidamente ocurre el paso al cuarto estadio, donde darán origen a adultos hermafroditas (*Heterorhabditis*) o machos y hembras (*Steinernema*). Una o más generaciones anfimícticas pueden ocurrir en el hospedante. Cuando comienza a escasear el alimento los juveniles infestivos abandonan el cadáver y buscan un nuevo insecto. (Poinar, 1990; Kaya *et al.*, 1993)

Materiales y Métodos

3. Materiales y Métodos

Los experimentos se llevaron a cabo en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), ambos ubicados en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y en el Parque Zoológico "Camilo Cienfuegos" del municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara, entre los meses de mayo de 2013 a mayo de 2014.

El Parque Zoológico "Camilo Cienfuegos", situado al noroeste del centro de la ciudad (Parque “Leoncio Vidal”) dentro del entorno urbanístico posee 3 ha en las cuales crecen y desarrollan diversas especies botánicas que mejoran el entorno. Algunos representantes de esta flora están infestados por termitas lo que propició que se procediera a conocer las especies arbóreas de la institución.

3.1. Árboles infestados por termitas en el Parque Zoológico “Camilo Cienfuegos”

En la ejecución del levantamiento se siguió la metodología sugerida por Díaz (2011), con el objetivo de conocer las especies arbóreas que crecen y desarrollan en el parque zoológico. Para ello se realizó un inventario florístico ayudado por los especialistas del zoológico y del Centro de Estudios del Jardín Botánico de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Las especies botánicas identificadas fueron agrupadas por familias, aunque se incluyó la cantidad de plantas infestadas. Además, se determinó la flora afectada, según los puntos cardinales, lo que permitió conocer el porcentaje de afectación por termitas. También fue utilizado el software Google-Earth para obtener una imagen del terreno.

3.2. Determinación de la especie de termitas presente en los árboles del jardín zoológico de Santa Clara

Para determinar la especie de termita presente en los árboles del jardín zoológico de Santa Clara, se colectaron muestras de insectos adultos representantes de las castas soldados y obreros de 10 termiteros tomados al azar. En la toma de las muestras se colectaron 20 representantes de cada casta que fueron colocados en tubos de ensayo tapados, separados por termitero, según la metodología de Jones

y Eggleton (2000). Posteriormente fueron llevados al laboratorio de patología de insectos del CIAP donde, con el empleo de las claves ofrecidas por Roonwal y Chhotani (1964), Chhotani (1977, 1997), Chhotani *et al.* (1997), Roonwal *et al.* (1997) y Gathorne-Hardy (2004) y claves del orden *Isoptera* disponibles en el Museo Nacional de Historia Natural de Cuba (La Habana) se identificó el insecto hasta el epíteto específico.

3.3. Susceptibilidad de las castas soldado y obrera a *Heterorhabditis indica* cepa P₂M

Se colectaron termitas soldados y obreras procedentes de árboles infestados en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Los individuos fueron colectados en porciones del termitero y se colocaron en frascos de cristal de 5 L de capacidad hasta el montaje de los experimentos.

En la ejecución de los diferentes tratamientos se utilizaron nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis indica* cepa P₂M procedentes del CIAP e Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) (Fisher- Le Saux *et al.*, 1998). Las concentraciones a aplicar fueron determinadas mediante el empleo de las fórmulas ofrecidas por Woodring y Kaya (1988):

$$S = N * \frac{1}{M} * (X + 1)$$

Donde:

S: concentración (nematodos/mL) en la suspensión inicial.

N: número de nematodos por conteo (mínimo 2).

M: número de mililitros de la suspensión a contar.

X+1: factor de dilución.

Para determinar el volumen de H₂O a añadir en la suspensión de NEPs:

$$A = \frac{D * C}{B}$$

Donde:

A: volumen inicial de concentración conocida para ser diluida.

B: número de nematodos/mL en el volumen inicial para ser diluido.

C: volumen final (mL) de la nueva dilución.

D: número de nematodos/mL en el volumen final de la nueva dilución.

Para el cálculo del volumen final de la nueva dilución (C), se reajustó la ecuación a:

$$C = \frac{A * B}{D}$$

Una vez obtenido C se procedió a determinar la susceptibilidad de los representantes de ambas castas a los NEPs para lo cual se utilizaron placas de Petri (90 mm de diámetro) con papel de filtro en el fondo. Se montaron dos variantes, en la primera fueron colocados cinco individuos soldados sobre el papel de filtro y posteriormente se les adicionó la dilución de NEPs, de forma independiente, un tratamiento por placa. En la segunda variante se procedió de forma similar a la primera pero se colocaron termitas obreras.

Las concentraciones de NEPs utilizadas fueron de 500, 1000 y 2000 JI/termita. El experimento constó con 15 réplicas, más un tratamiento control al cual solo se le adicionó 1 mL de agua destilada y des-ionizada, sin JI. A cada placa del tratamiento control se le adicionó a cinco ejemplares de ambas castas de manera independiente. Las observaciones se iniciaron desde las 24 h hasta las 72 h a partir de la inoculación, en las mismas fue anotado el número de termitas muertas por cada tratamiento para determinar el porcentaje de mortalidad por casta.

3.4. Determinación de la concentración letal (CL₅₀) y el tiempo letal (TL₅₀) de *Heterorhabditis indica* cepa P₂M en obreras y soldados

En los cálculos del tiempo y la concentración letal que necesitan los NEPs para provocarle la muerte al 50 % de la población de termitas obreras y soldados se utilizaron placas de Petri de 9 mm de diámetro con un papel de filtro en el fondo. En cada placa se adicionó 1 mL de suspensión de NEPs de las concentraciones (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 150, 200 JI/termita) de manera

independiente (una concentración por placa). El tratamiento control fue solo con agua destilada y des-ionizada. En una variante, a cada uno de los tratamientos se le agregó cinco ejemplares de obrera; mientras que en la otra fueron adicionados cinco soldados, además de los tratamientos controles.

Cada concentración contó con 15 réplicas. Las evaluaciones se realizaron cada 2 h, posteriormente a la inoculación hasta completar las 24 h. En las mismas fue anotado el número de insectos muertos por tratamiento. Los análisis estadísticos de tiempo y concentración letal fueron realizados a través del software Sigmoides XLfit2010, soportado sobre Microsoft Office 2010 con sus regresiones ajustadas a las curvas correspondientes según los logaritmos de los mismos.

3.5. Determinación de la población de termitas presentes en una colonia según el tamaño del termitero

En la ejecución del ensayo se utilizaron 10 termiteros tomados al azar (cuatro de árboles infestados en áreas de la FCA y seis provenientes de árboles del parque zoológico). Para determinar el volumen de los termiteros de bola, se procedió a medir los mismos siguiendo la fórmula volumétrica de la esfera:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

Además, fueron tomados $\frac{1}{4}$ de cada termitero de los árboles evaluados en la UCLV y se colocaron de forma independiente en una bolsa de polietileno negro; las cuales fueron selladas y trasladadas al laboratorio de Patología de insectos. Posteriormente fue aplicado tetracloruro de carbono (CCl_4) a cada muestra de termitero y después de muertos los insectos, se procedió a contabilizar los mismos. El número de individuos fue multiplicado por cuatro para conocer la cantidad de ejemplares presentes en el termitero.

3.6. Determinación de la eficacia biológica de la aplicación de NEPs a las colonias de termitas

En la ejecución del experimento fueron seleccionados árboles infestados en el

Parque Zoológico “Camilo Cienfuegos”, a los que se les determinó la cantidad aproximada de termitas existentes para lo cual fue medido el diámetro y el volumen de cada termitero (epígrafe 3.3.).

Se seleccionaron cuatro termiteros localizados sobre las especies botánicas Framboyán Rojo (*Delonix regia* (Bojer) Raf.), Palma Corojo (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.) y Quiebrahacha o Caguairán (*Guibourtia hymenifolia* (Moric.) J.Leonard. De la primera especie fueron escogidos dos individuos por ser la más representativa en el parque (uno para aplicar NEPs y otro como tratamiento control), mientras que las otras fueron seleccionadas por ser endémicas de nuestro país.

Antes de las aplicaciones se tomó una muestra de los termiteros con cánulas de vidrio perforadas en sus dos extremos con un diámetro de 1.5 cm (Figura 1). Siguiendo la metodología referida por Jones y Eggleton (2000) cada cánula fue introducida en un termitero y al ser retirada se le sellaron sus dos orificios con una malla antiáfidos. Antes del transcurso de 1 h fueron trasladadas al CIAP, donde se les eliminó 5 cm del material colectado en cada extremo. Posteriormente fueron pesados 5.00 g de termitero en una balanza con 0.01 mg de precisión y se contó el número de insectos presentes. Esta operación se repitió a las 72 y 168 h después de la aplicación de los tratamientos.

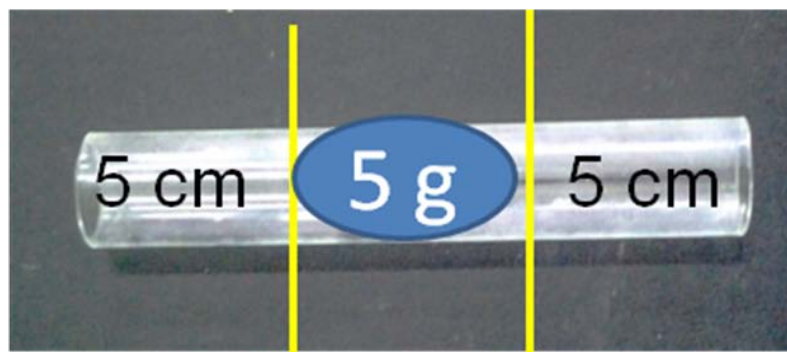


Figura 1. Cánula con la que se obtuvieron las muestras a los termiteros.

Para la aplicación de los tratamientos se perforaron orificios (1,5 cm de diámetro) en la parte superior y los cuatro laterales (según los puntos cardinales) de los termiteros; por donde se asperjó al interior de los mismos con una mochila manual,

la suspensión de los JI de *H. indica*. La dosis aplicada de NEPs correspondió al promedio de la CL₅₀ por cada termita. Adicionalmente se realizó una aplicación al suelo con 2 000 000 de NEPs, en un radio de 1,5 m desde el tronco del árbol, según las recomendaciones ofrecidas por Méndez y Equihua (2001).

La eficacia biológica de los tratamientos se calculó mediante la fórmula ofrecida por Abbott (1925):

$$EB = \frac{A - B}{A} * 100\%$$

Donde:

EB= Efectividad Biológica

A= No. individuos antes de la aplicación.

B= No. individuos después de la aplicación.

a) Evaluación económica de la aplicación de nematodos en árboles del parque zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara

Para la evaluación económica de cada tratamiento no se tuvo en cuenta el costo del salario de un obrero debido a que este dato es similar a cuando se realizan aplicaciones de otras sustancias, sean biológicas o químicas. Los datos procesados se centraron en la cantidad de nematodos a aplicar y el costo de la adquisición de los mismos (Martínez, 2013) determinados por el volumen del termitero, en una relación según los resultados del acápite 3.3. con el precio de estos en el mercado (\$5.00 el 1 000 000 de NEPs).

Resultados

4. Resultados

4.1. Árboles infestados por termitas en el Parque Zoológico “Camilo Cienfuegos”

En las 3 ha que abarca el parque zoológico fueron identificados representantes de 23 familias botánicas como resultado del inventario florístico realizado (tabla 4). La relación de plantas arrojó un total de 41 especies entre árboles y arbustos, aunque a cuatro individuos no se les pudo determinar el epíteto específico. Entre las plantas más representativas se destacan el Framboyán rojo y el Eucalipto con 147 y 48 ejemplares respectivamente.

Tabla 4. Inventario de los árboles y arbustos realizado en el jardín zoológico

Familia*	Nombre Científico*	Nombre Vulgar	Total individuo	Infestadas
			S	
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	9	0
<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	Cheflera	1	0
<i>Araucariaceae</i>	<i>Araucaria excelsa</i> R. Brown.	Araucaria 7pisos	1	0
<i>Arecaceae</i>	<i>Cocos nucifera</i> L.	Cocotero	42	0
	<i>Coccothrinax</i> sp.	Cocotrinax	5	0
	<i>Copernicia</i> sp.	Copernicia	41	0
	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O. F. Cook.	Palma real	8	0
	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.), Lodd. Ex Mart.	Palma corajo	3	1
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Crescentia cujete</i> L.	Güira	1	0
	<i>Spathodea campanulata</i> P. Baeuv.	Espatodea	4	0
	<i>Tabebuia angustata</i> Britton.	Roble blanco	13	0
<i>Bombacaceae</i>	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	1	0
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Yauco o Varia	5	0
	<i>Cordia collococca</i> L.	Ateje	20	0
<i>Calophyllaceae</i>	<i>Calophyllum antillanum</i> Britton	Ocuje	21	0
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro de la India	15	0
<i>Fabaceae</i>	<i>Erythrina</i> sp.	Erythrina amarilla	19	0
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Leucaena Ipil-Ipil	3	0
	<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Moruro rojo	1	0
	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	5	0
	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf	Framboyán rojo	147	24
	<i>Guibourtia hymenifolia</i> (Moric.) J. Leonard	Queibrahacha	1	1
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	Bala de cañón	1	0

<i>Malvaceae</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guásima	16	1
	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Anacahuita	1	0
	<i>Hibiscus elatum</i> (Sw.) Fryxell	Majagua	14	2
<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Arbol del Nim	32	0
	<i>Swietenia macrophylla</i> G. King.	Caoba hondureña	5	0
	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr) A. Juss	Caoba africana	8	0
<i>Mimosaceae</i>	<i>Albizia lebeck</i> (L.), Benth.	Músico	16	4
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Inga dulce Guamúchil	17 0	0
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus Laurel	38	7
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	5	0
	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	48	7
<i>Polygonaceae</i>	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	Uva caleta	7	0
<i>Proteaceae</i>	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn.	Grevilea	2	0
<i>Rubiaceae</i>	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) D. C.	Dagame	1	0
	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	26	0
<i>Sapindaceae</i>	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Anoncillo Mamoncillo	1 0	0
	<i>Urticaceae</i>	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq.	Yagruma	2
<i>Verbenaceae</i>	<i>Citharexylum ellipticum</i> Moc. & Sesse. ex D. Don.	Vervenato	7	0
<i>Lamiaceae</i>	<i>Tectona grandis</i> L.	Teca	14	0

*Clasificación de nombres científicos según Roig (1953); Acevedo y Strong (2012) e ITIS (2014)

La especie botánica más afectada por termitas fue el Caguairán seguido de la palma corajo con el 100 % y el 33,33 % respectivamente. No obstante, *D. regia* fue la que mayor cantidad de ejemplares infestados presentó con 24 (el 16,33 % de sus representantes infestados).

Al analizar la distribución de los árboles infestados enmarcados dentro de los cuadrantes trazados según los puntos cardinales se observó que de los 626 árboles existentes en el jardín zoológico, solo estaban infestados por termitas 47 ejemplares de distintas especies, lo que representó un 7,51 % del total de árboles. Los cuadrantes menos poblados resultaron ser el Sur seguido del Oeste pero a su vez fueron los que mayor porcentaje de afectación por termitas tuvieron, donde se destaca el Sur con 19 ejemplares para un 20 % de infestación (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de árboles infestados por punto cardinal en el jardín zoológico de Santa Clara

Puntos cardinales	Total de árboles	Árboles con termiteros	Porcentaje de árboles infestados (%)
Sur	95	19	20,00
Norte	212	9	4,25
Oeste	98	9	9,18
Este	221	10	4,52
Total	626	47	7,51

La figura 2 demuestra que la distribución de los mismos no es homogénea en ningún punto cardinal específico. En el cuadrante oeste se localizan los establos por lo que no se localiza gran cantidad de árboles en el mismo. Los locales gastronómicos se localizan en el Sur, mientras que en el Este se encuentra ubicada el área destinada a la recreación que necesita del follaje para crear un microclima agradable a los visitantes.

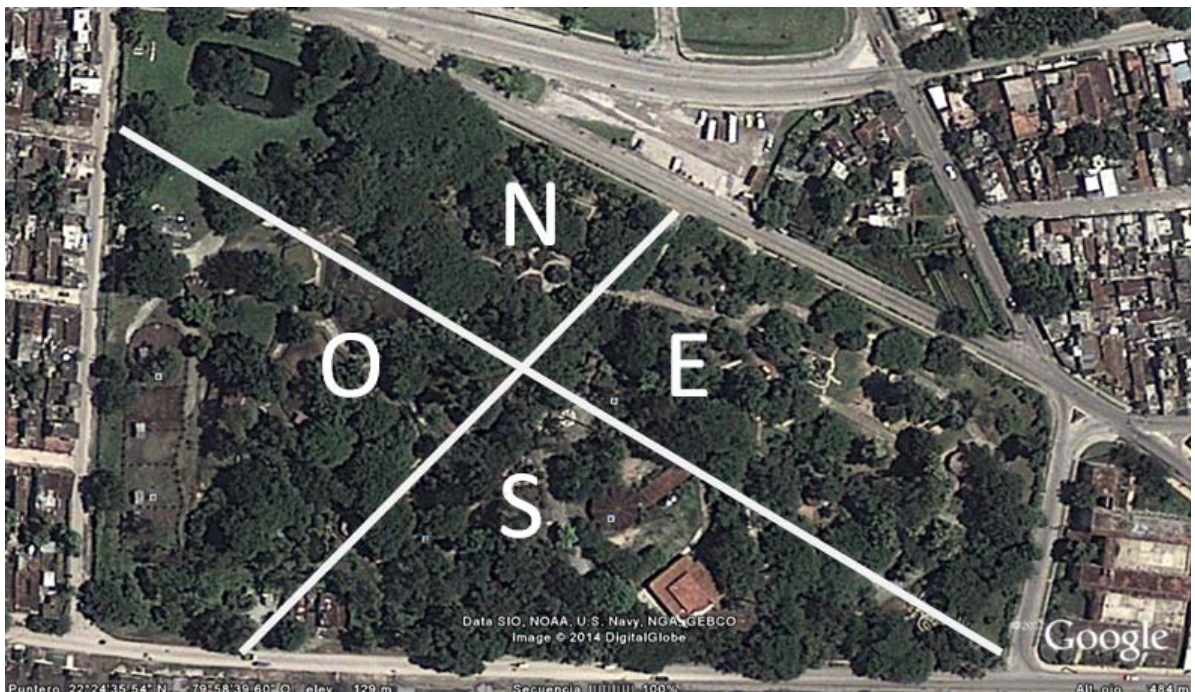


Figura 2. Árboles en el jardín zoológico de Santa Clara según los cuadrantes formados en los puntos cardinales.

*Mapa obtenido por Image © 2014 DigitalGlobe

Con estos resultados se pudo establecer la forma de manejo para los experimentos con vistas a eliminar de una forma ambientalmente segura el comején de bola y sus termiteros en el jardín zoológico de Santa Clara, lo que permitió tomar la decisión de utilizar nematodos entomopatógenos como tratamiento para comprobar la eficacia biológica ante estos organismos.

4.2. Determinación de la especie de termitas presente en los árboles del jardín zoológico de Santa Clara

Los ejemplares colectados presentaron antenas con 13 segmentos, el tercer antenómero resultó ser más largo que el resto y el segundo y cuarto más corto. En la base del naso presentaron cuatro setas y dos en el vertex (uno a cada lado). En la vista lateral del insecto se observó una elevación de forma convexa en la base del naso, entre la elevación y el vertex la cabeza tiene una forma cóncava. El naso cónico de color más claro que la cabeza, era traslúcido, con cuatro setas y de cuatro a siete pelos microscópicos en el tope. El pronoto presentó forma de silla de montar con cero a cinco setas en la parte anterior. Estas características estuvieron en correspondencia con *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910) (Isoptera; Termitidae) (Figura 3 A y B) según las claves aportadas por Chhotani (1977, 1997) y Gathorne-Hardy (2004).

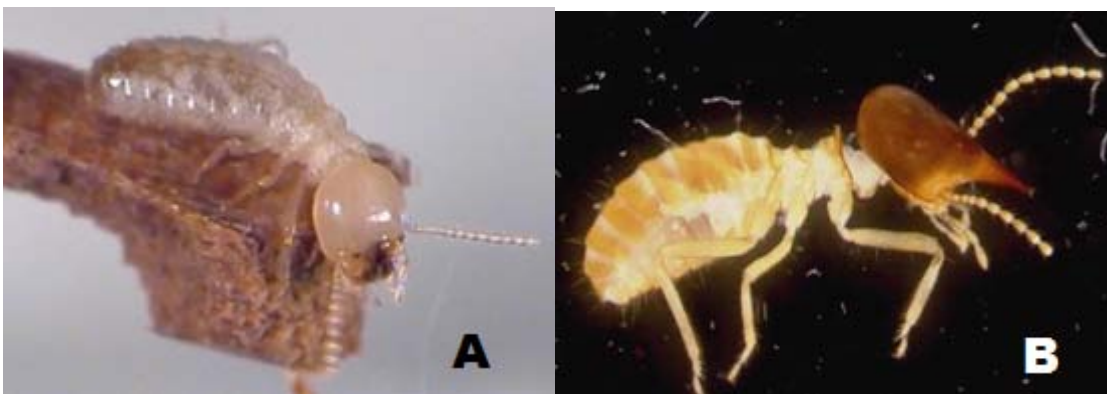


Figura 3. Ejemplares de *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910) de las castas Obrera (A) y Soldado (B).

4.3. Susceptibilidad de las castas soldado y obrera a *Heterorhabditis indica* cepa P₂M

Los nematodos entomopatógenos provocaron la muerte de los soldados, independientemente a la dosis utilizada para controlar los insectos (figura 4). En el tratamiento control no murieron termitas, lo que demuestra que la mortalidad de los ejemplares en el experimento fue debido a la acción del agente biológico. En las primeras 24 h la mortalidad de los insectos a las tres concentraciones no alcanzaron el 100 %, pero a las 48 horas todos los ejemplares de la casta estaban muertos, lo que convierte a los NEPs en una herramienta útil para el control de la segunda casta de los comejenes de bola.

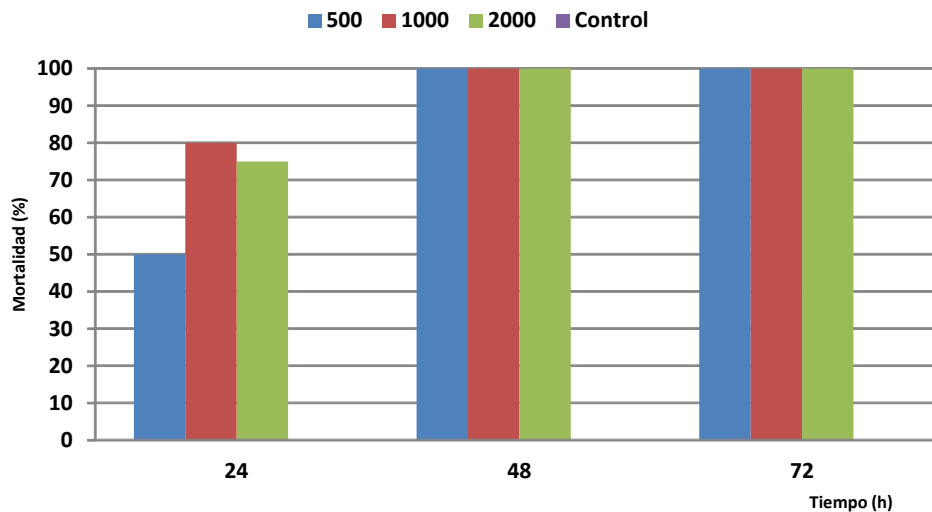


Figura 4. Mortalidad de los soldados de *Nasutitermes costalis* a distintas concentraciones de *H. indica*

Al analizar las obreras de la especie se pudo apreciar que los resultados coinciden con los de la casta soldados debido a que en 48 h todos los individuos se encontraron muertos por la acción de los NEPs (figura 5). En este caso particular, el control tuvo una mortalidad del 10 % a las 48 h. Al efectuar la disección del 10 % de los cadáveres, en los tres tratamientos con nematodos, se encontraron juveniles (J₄) y adultos de *H. indica* en el interior de la cavidad abdominal de los insectos tratados con estos agentes de control biológico.

A las 24 h se apreció un 100 % de mortalidad en las concentraciones de 1 000 y 2 000 JI/insecto, lo que demuestra que los representantes de esta casta, son más susceptibles a los NEPs. No obstante, del 90 % de los cadáveres que fueron montados en puente a los 6 y 10 días para cosechar NEPs no se obtuvieron nematodos.

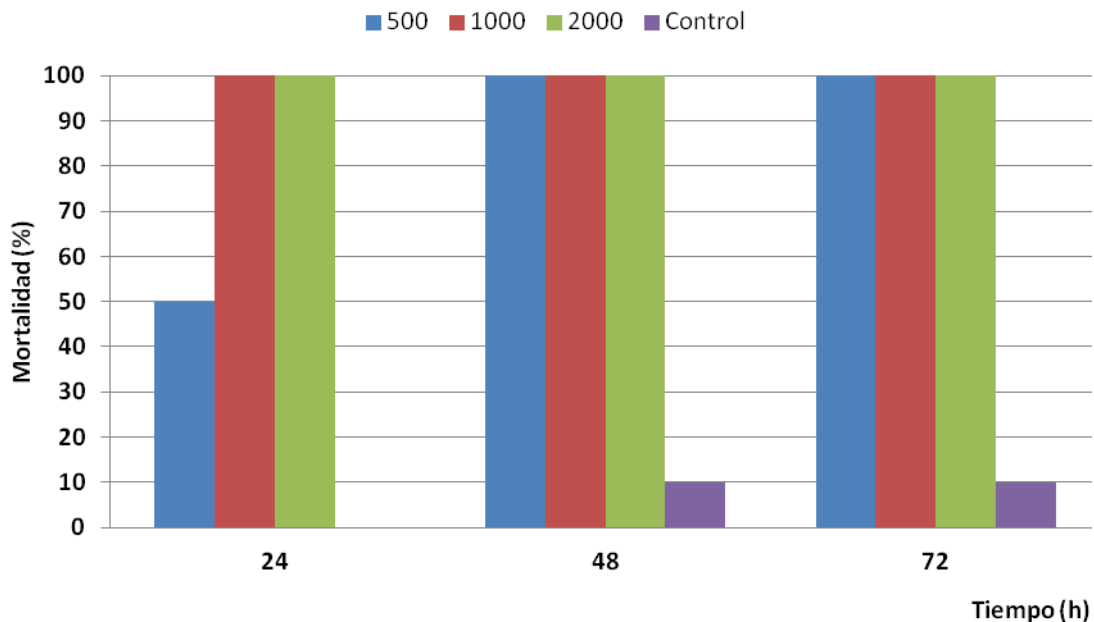


Figura 5. Mortalidad de las obreras de *Nasutitermes costalis* a distintas concentraciones de *H. indica*

4.4. Determinación de la concentración letal (CL) y el tiempo letal (TL₅₀) de *Heterorhabditis indica* cepa P₂M en obreras y soldados

La concentración letal media (CL₅₀) para la casta obrera resultó ser 9,1 JI (Figura 6), o sea, sólo se necesitan de nueve a diez JI por cada individuo de la casta para ocasionar la muerte al 50 % de las obreras. La CL₉₅ fue de 175 JI, por lo que la Eficacia Biológica (EB), al dividir CL₉₅ / CL₅₀ es de 19,23; o sea que se necesita aumentar la CL₅₀ un 19,23% para alcanzar un 95% de mortalidad en las primeras 12h.

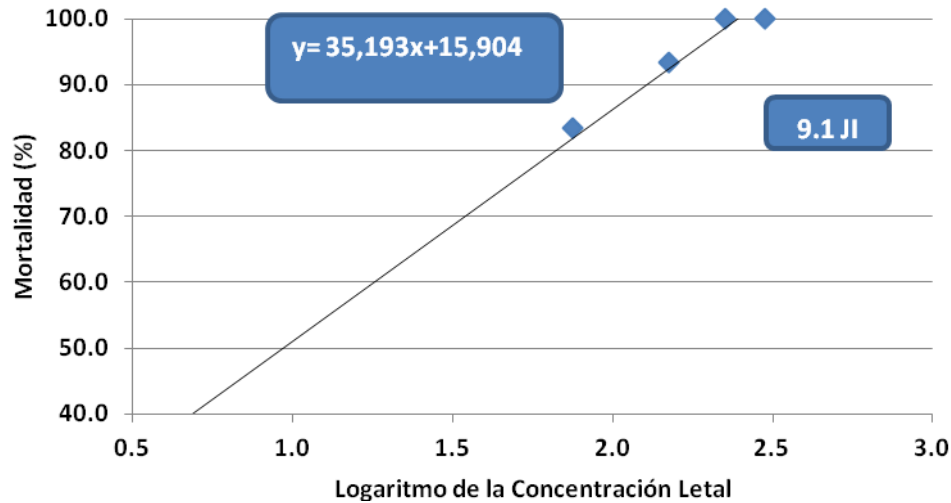


Figura 6. Concentración letal media de *H. indica* cepa P₂M en obreras de *N. costalis*

La Concentración Letal de nematodos que se precisó para provocarle la muerte al 50% de la población de soldados resultó ser de 6,1 JI (figura 7), lo que significa que se necesitaron en la casta Soldado tres infestivos juveniles por termita menos que en la casta Obrera. La CL₉₅ fue de 80 JI, con una EB de 13,11, resultado que demuestra que la casta Soldado es más susceptible a *H. indica* que la casta Obrera.

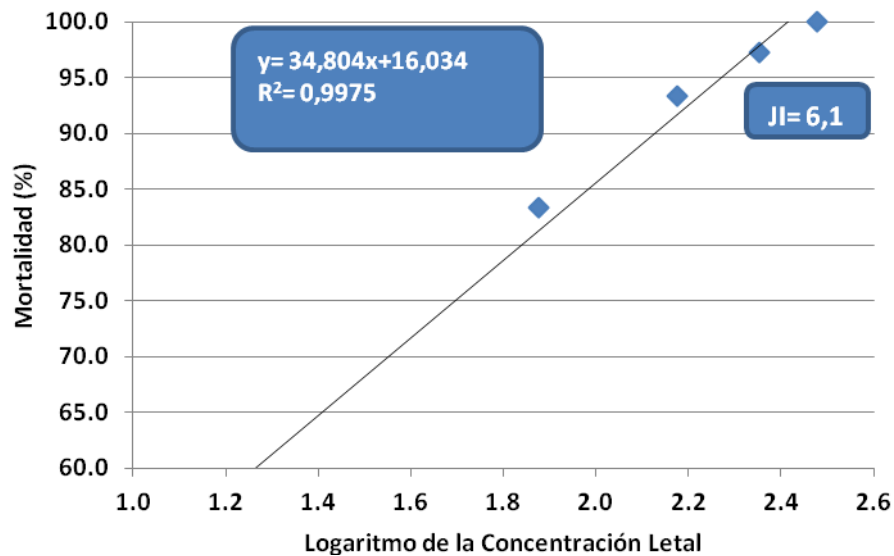


Figura 7. Concentración letal media de Soldados de *H. indica* cepa P₂M en *N. costalis*

Al analizar el tiempo letal que necesita *H. indica* cepa P₂M para provocarle la muerte al 50

% de la población de *N. costalis* los resultados fueron diferentes a las dosis letales. En este parámetro, se obtuvo los tiempos de 4 h y 36 min para la casta Obrera y 7 h y 48 min para Soldados (Figuras 8 y 9). Hecho que evidencia la susceptibilidad de *N. costalis* a este nematodo.

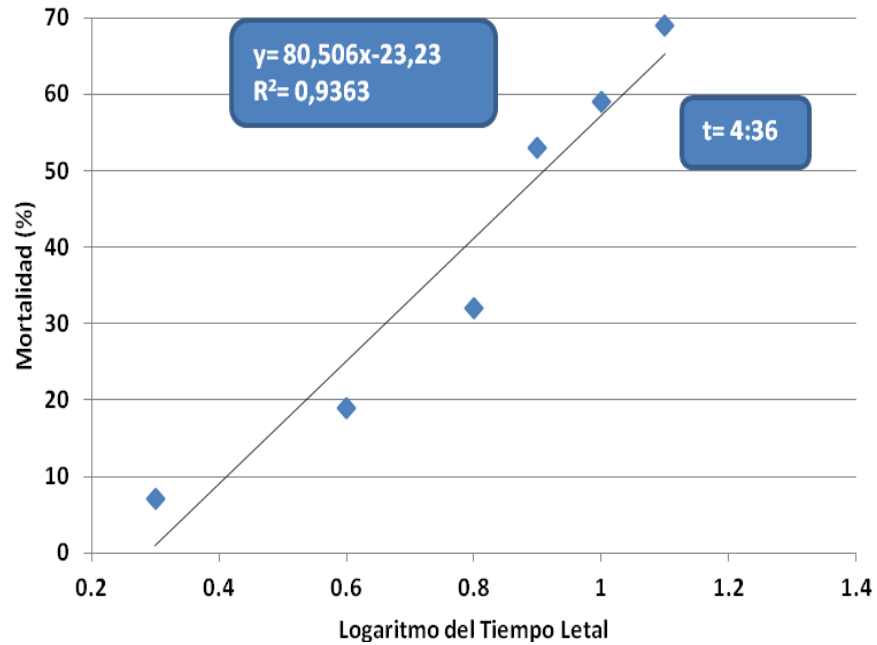


Figura 8. Tiempo letal medio de *H. indica* cepa P₂M en obreras de *N. costalis*

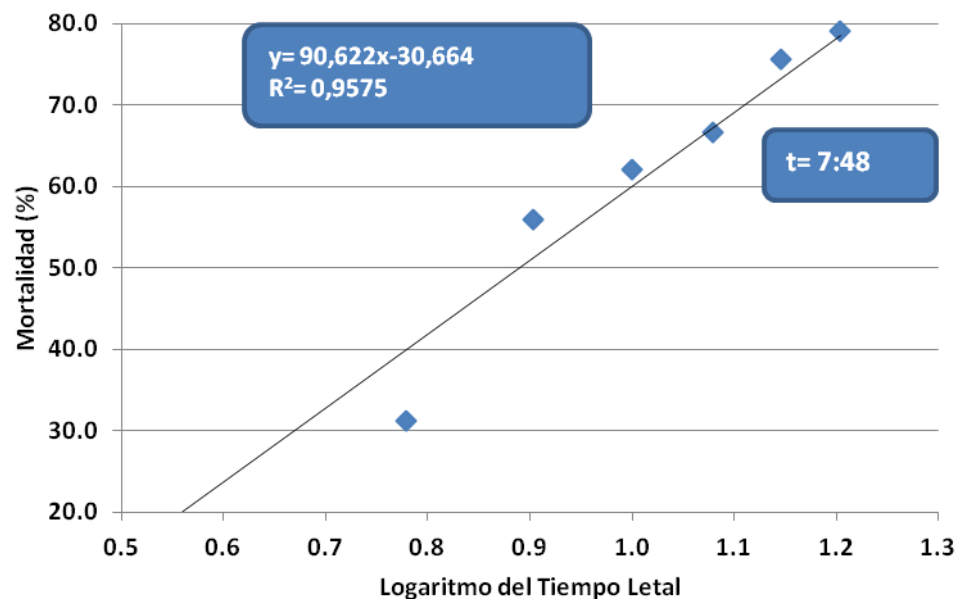


Figura 9. Tiempo letal medio de soldados de *H. indica* cepa P₂M en *N. costalis*

4.5. Estimación de la población de termitas presentes en el termitero

En los árboles de la UCLV, la determinación del volumen de cada termitero y el conteo de la cantidad de insectos presentes en el interior de los mismos, permitieron obtener un promedio sobre la relación existente entre ambos parámetros (Tabla 6). Para ello fue necesario adaptar la fórmula del volumen de una esfera al de una esfera indeterminada o no exacta, por ser esta la forma real de los termiteros de bola que no son exactamente esféricos, pero poseen una semejanza con esta forma geométrica.

En los cálculos se necesitó que el radio de la esfera (r) no fuera el único dato utilizado pues la fórmula debe contener el ancho de Este a Oeste y el largo de Norte a Sur como r_1+r_2 , además de tener presente la distancia media entre ambos como r_3 ; de esta forma $r = r_1+r_2+r_3$, lo que matemáticamente es de una probabilidad del 100 %.

Tabla 6. Cantidad de termitas por volumen del termitero

Termitero	Largo (r_1)*	Ancho (r_2)*	Promedio de r_1 y r_2 (r_3)*	r^3	Volumen (V)**	Termitas (T)	Relación T/V
T-1	38	83	60,5	190 817	798 874,45	1 942 864	2,43
T-2	18	15	16,5	4 455	18 651,30	971 838	52,11
T-3	39	31	35	42 315	177 155,97	526 012	2,97
T-4	41	29	35	41 615	174 225,35	425 302	2,44

*medidas en cm

**volumen en cm^3

En el cálculo de la relación promedio entre la cantidad de termitas y el volumen del termitero se excluyó el del árbol marcado como T-2. La relación en ese termitero fue superior a la de los demás evaluados, lo que nos dice que existe menos espacio para cada individuo de la colonia. En los otros termiteros, la relación siempre osciló entre $2,61 \pm 0,36$ termitas/ cm^3 . Debido a esto se tomó 2,61 como el valor promedio de la relación entre la cantidad de termitas por cada cm^3 de un termitero, valor que se tomó para estimar en el parque zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara, la cantidad de comejenes en los termiteros a ser tratados con NEPs.

En el zoológico la cantidad de termitas de los termiteros osciló entre 422 686 a 5 474 785 ejemplares. El mayor de los termiteros medidos, situado en la palma corajo, tuvo un volumen 12,95 veces superior al termitero utilizado como control (Tabla 7) mientras que el ubicado en el árbol endémico quiebrahacha fue 2,58 veces mayor a pesar de ser un árbol de madera dura.

Tabla 7. Estimado del número de ejemplares por termiteros ubicados en árboles del parque zoológico de Santa Clara

Termitero	Ubicación	Largo (r ₁)*	Ancho (r ₂)*	Promedio de r ₁ y r ₂ (r ₃)*	r ³	Volumen	Cantidad estimada de termitas
T-1 Control	Flamboyán rojo	45	25	35	39 375	164 847,38	422 686
T-2	Flamboyán rojo	100	50	75	375 000	1 569 975,00	4 025 577
T-3	Palma corajo	120	50	85	510 000	2 135 166,00	5 474 785
T-4	Quiebrahacha	67	31	49	101 773	426 082,84	1 092 520

*medidas en cm

4.6. Determinación de la eficacia biológica de la aplicación de NEPs a las colonias de termitas

La utilización de NEPs en el control de termitas resultó ser efectivo. Al analizar la eficacia biológica de los tratamientos se apreció que a las 72 h se había alcanzado más del 90 % de efectividad y al transcurso de una semana se obtuvo el 100 % en el control de la casta Obrera, lo que evidenció la capacidad de estos organismos para controlar termiteros tratados. La eficacia promedio en los termiteros fue de 96,83 % a los tres días.

Tabla 8. Eficacia biológica de las aplicaciones de *H. indica* cepa P₂M sobre obreras de *N. costalis* en termiteros del Jardín zoológico

Termitero	EB 72 h	EB 168 h
	(%)	(%)
Termitero Control	0	0
Termitero 1	92,85	100
Termitero 2	97,66	100
Termitero 3	100	100
Total EB Termiteros/ ttos	96,83	100

Para los soldados la eficacia biológica osciló entre 84,21% y 100 % a las 72 h (Tabla 9), el Termitero 2 obtuvo la menor eficacia.

Tabla 9. Eficacia biológica de las aplicaciones de *H. indica* cepa P₂M sobre soldados de *N. costalis* en termiteros del jardín zoológico

Termitero	Eficacia Biológica	
	72h (%)	168h (%)
Termitero Control	0	0
Termitero 1	90,47	100
Termitero 2	84,21	100
Termitero 3	100	100
Total EB Termiteros/ ttos	91,56	100

A la semana de la aplicación se obtuvo el 100 % de eficacia en todos los tratamientos. En el Termitero 2 se obtuvo un 84,21 %, los nematodos fueron capaces de moverse dentro del termitero y ocasionar la muerte al 100 % de los soldados del mismo.

Las aplicaciones en el suelo alrededor de 1,50 m del tronco del árbol,

contribuyeron sin dudas a la eficacia observada en los tratamientos para obreras y soldados.

**a) Evaluación económica de la aplicación de nematodos en árboles del
parque zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara**

Al obtener el factor de relación volumen: cantidad de termitas (0,39), la cantidad de individuos calculada y la concentración letal media determinada, se procedió a promediar la misma para obreras y soldados en 7,6 JI. Al tener en cuenta la cantidad de JI de nematodos entomopatógenos por termitero, la concentración letal media (CL₅₀) y el precio de los nematodos en un Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (Tabla 10). Los costos del medio biológico oscilaron entre \$41,52 CUP y \$208,04 CUP en el mayor de los termiteros del jardín con una sola aplicación con resultados de eficacia del 100 % a la semana de la misma.

Tabla 10. Cantidad de JI y costo de las aplicaciones para eliminar los termiteros de los árboles tratados en el jardín zoológico de Santa Clara

Árbol	Volumen (cm ³)	Cantidad de ejemplares	Cantidad de JI/termitero	\$ NEPs/termitero
Termitero control	164847,38	422686	0.00	\$0.00
Termitero-1	1569975	4025577	30594385,2	\$152,97
Termitero-2	2135166	5474785	41608366	\$208,04
Termitero-3	426082,84	1092520	8303152	\$41,52

Discusión

5. Discusión

Los resultados obtenidos en el inventario florístico realizado al Parque Zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara coinciden con CentroArte (2014) cuando refieren que el Bosque de Santa Clara actualmente se denomina con el nombre de “pulmón de la ciudad” debido a que en el mismo conviven pinos, cedros, caobas, ficus, majaguas, tecas, barías, casuarinas y las 32 variedades de eucaliptos; árboles que se recogen en la relación de especies inventariadas con excepción de la casuarina, la cual no se encontró en el área. No obstante, estos mismos autores al hacer referencias a un inventario florístico efectuado en el año 2000, por parte del Lic. Mario Camacho y el Dr.C. Alfredo Noa, mencionan que habían en existencia 53 especies de plantas en el lugar, pero en el mismo se tuvo en cuenta otras plantas no objeto del inventario realizado en nuestro trabajo como son: no me olvides, marpacífico y curujeyes.

El 33,33 % de las palmas corajo estaban afectadas de manera severa por la acción de los insectos (un ejemplar), lo que provocó la muerte de la planta a pesar de ser eficiente el control de termitas realizado mediante el la utilización de nematodos entomopatógenos. Este resultado demuestra que la efectividad en el control depende de varios factores dentro de los que podemos mencionar la edad y desarrollo del termitero. Ríos (2014) expone que el caguairán y la palma corajo, son árboles endémicos de nuestro país que tienen una corteza dura pero ejemplares de los mismos se encontraron infestados por los insectos, lo que manifestó que estos insectos pueden alimentarse de ellos.

La cantidad de árboles infestados por termitas (7,51 % del total de árboles) es baja si tenemos en cuenta el total de árboles que coexisten en el parque zoológico aunque existen otros factores de interés que son relevantes a la hora de valorar la importancia de la plaga y realizar la toma de decisiones de las cosas a ejecutar para mitigar los daños; como son el desarrollo de los termiteros, daño, distribución, localización, edad de los árboles infestados y el conocimiento sobre el control de la plaga.

Estudios realizados por Cuevas (2014) expone que el 33,33 % de los árboles en el parque zoológico se encuentran infestados. No obstante, este autor solo evaluó las plantas establecidas con más de 10 años, resultado que demostró la necesidad de controlar el insecto y reforestar diversas áreas. Sin embargo, en los resultados obtenidos con este trabajo se cuantificaron plantas jóvenes de framboyán rojo y eucalipto infestadas por termitas. Esto corrobora lo expuesto por Moreno (1996) y Mendez y Equihua (2001) cuando refieren que las termitas son capaces de degradar una cantidad substancial de la biomasa de madera. Abe (1991) refiere que en las sabanas de Nigeria las termitas consumen anualmente el 36 % del mantillo y debido a la construcción de los termiteros, modifican notoriamente el perfil y las propiedades de los suelos, con los consecuentes cambios en la vegetación.

Izquierdo *et al.* (1999) reportaron termitas invadiendo árboles jóvenes de *Eucaliptus sp.* en México. Estas especies se establecen en la parte central del tallo y con el tiempo provocan grandes pérdidas económicas de madera.

Al evaluar la vista satelital del parque zoológico, se apreció que la distribución de las especies botánicas no es homogénea, lo cual está dado por diversos factores pero se necesita del follaje para crear un microclima agradable a los visitantes. FAO (2003) refiere que el hombre, con el conocimiento de que las modificaciones en la vegetación determinan variaciones en las condiciones microclimáticas, dirige algunas de sus acciones a la creación de microclimas que disminuyan aquellos efectos del clima que pueden resultar dañinos para las plantas, animales o molestos para las condiciones del confort ciudadano. La presencia de los árboles es capaz de provocar una alta variedad de condiciones microclimáticas por lo cual se necesitan cuidar los mismos.

Las claves aportadas por Roonwal y Chhotani (1964), Chhotani (1977), Chhotani *et al.* (1997), Gathorne-Hardy (2004), permitieron identificar la especie de comején de bola presente en los termiteros del jardín zoológico de Santa Clara. Las estructuras que poseen la base de las antenas en los Soldados estuvieron en

correspondencia con las descritas para la especie de comején de bola *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910) (Isoptera; Termitidae). Sin embargo, Malpica *et al.*, (2009) refieren que la característica principal a tener en cuenta para poder identificar esta especie de termita es el naso cónico que es más claro que la cabeza, traslúcido, con cuatro setas y de cuatro a siete pelos microscópicos en el tope, características que coinciden con las observadas en los ejemplares coleptados y evaluados. Estos autores también señalan que existe sinonimia entre *N. costalis* y *N. corniger*.

Al evaluar la susceptibilidad, los experimentos arrojaron que, independientemente a la dosis de nematodos entomopatógenos aplicada para controlar las termitas, los representantes de las castas obreras y soldados son altamente susceptibles a la acción de estos agentes de control biológico. Esto quedó demostrado al obtenerse el 100 % de mortalidad de los ejemplares antes de las 48 h. Woodring y Kaya (1988) y Ethler (1998) refieren que la acción de los NEPs es tan rápida, que se puede comparar con los resultados obtenidos cuando se realizan liberaciones masivas de insectos juveniles. Sin embargo, Pozo *et al.* (2003) describen que dosis de 250 nematodos por mililitro de H₂O es suficiente para controlar eficazmente al cogollero del tabaco (*Heliothis virescens* Fab.).

Según Evans *et al.* (2009) los NEPs son muy efectivos en el control de diversas plagas insectiles cuando se realizan aplicaciones de forma inundativas pero al reducir la dosis de los mismos, se pueden obtener resultados alentadores al realizarse un control más específico de determinadas especies de insectiles, lo que permitiría reducir el costo de la aplicación y la posible afectación a la fauna benéfica no objeto de la aplicación. Sin embargo, Rosalez *et al.*, (1998) exponen que la efectividad del control depende del objeto blanco pues al aplicar estos organismos para controlar escarabajos, el resultado comienza a observarse a partir del día 15, lo que repercute de manera negativa en el uso de estos organismos.

Al realizar la autopsia a los cadáveres se encontraron juveniles (J₄) y adultos de

H. indica en el interior de la cavidad abdominal de los insectos tratados pero estos no pudieron emerger como juveniles infestivos al ser colocados en la trampa White, resultado que no coincide con los referidos por Valdés 2003 cuando refiere que a partir del sexto día se pueden cosechar NEPs de los cadáveres. La emergencia de IJ es un factor importante para lograr establecer a los agentes de control en un área determinada pero si tenemos en consideración la necesidad de controlar las termitas sin causarle grandes afectaciones al medio ambiente, este resultado presenta una gran importancia porque nos garantiza que los NEPs no afectaran otros organismos no objeto de la aplicación. Estos resultados son el punto de partida para todo un estudio que refleje un manejo que se pueda establecer con este agente de control biológico contra el comején de bola *N. costalis*.

Las concentraciones letales y los tiempos letales de los representantes de las castas utilizadas en los experimentos son bajas si se comparan con las obtenidas por Valdés (2003) sobre *Diaphania hyalinata* L.. Lepidópteros como *G. mellonella* necesitan 150 nematodos/mL para provocarle la muerte a la mitad de una población y en el control de los gusanos en la col son necesarios 50 nematodos/mL; no obstante, la concentración letal determinada para controlar las castas obrera y soldados de termitas no fueron superiores a 10, lo que demostró que el insecto es muy susceptible a estos agentes.

Este resultado es de suma importancia pues a partir del mismo se puede concebir y determinar la cantidad de JI a aplicar en un termitero conociendo la población del mismo. La cantidad de JI por termitero se obtiene a través de la multiplicación de la Concentración Letal media (CL_{50}) promedio de 7.6 JI por el número de ejemplares de las castas Obreras y Soldados; posteriormente, conociendo el precio de los nematodos en un Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos se puede determinar el costo del producto que se necesita aplicar.

Es importante tener en consideración el cálculo de la relación promedio entre la

cantidad de termitas y el volumen del termitero pero para ello hay que conocer que en un termitero nuevo en formación la relación entre el volumen y el número de termitas va a ser menor, o sea, en este caso particular existirá mayor cantidad de termitas que en un termitero de edad más avanzada. Estos resultados coinciden con los referidos por Chhotani *et al.* (1997) y Etcheverry *et al.* (2010) cuando refiere que los termiteros en formación tienen mayor cantidad de termitas por volumen de termitero, los que aumentan de tamaño debido a la actividad de la casta Obrera.

En termiteros ya establecidos la relación siempre osciló entre $2,61 \pm 0,36$ termitas/cm³. Debido a esto se tomó 2,61 como el valor promedio de la relación entre la cantidad de termitas por cada cm³ de un termitero para estimar la cantidad de termitas a ser tratados con NEPs en el parque zoológico “Camilo Cienfuegos” de Santa Clara que, en los termiteros evaluados, osciló entre 422 686 a 5 474 785 ejemplares.

Estos resultados son la base para la estimación de la cantidad final de termitas presentes en un termitero de bola, aspecto de gran relevancia a tener en cuenta cuando se deba controlar los insectos con un producto químico o biológico; lo que repercute de forma directa en el manejo que de la especie insectil y en la economía de la entidad que realice el control. Para el caso particular del parque zoológico este valor permitió determinar la cantidad de NEPs a aplicar en cada termitero tratado, según la dosis letal.

Al evaluar la eficacia biológica se apreció que la misma estuvo en correspondencia con los resultados obtenidos en la prueba de susceptibilidad debido a que se logró un 100 % de mortalidad antes de las 72 h, resultado de suma importancia si tenemos en consideración que en el transcurso de 90 días no se observó la reinfestación de los termiteros. Los medios químicos de forma curativa, según Camousseight (1999), eliminan la plaga por un largo periodo de tiempo pero estos afectan al ambiente, la fauna y al propio hombre, sin embargo, los NEPs fueron eficientes en estas condiciones para controlar la población de termitas en un

termitero.

Para evitar o contrarrestar los daños causados por termitas y reducir el uso de productos químicos con sus consecuencias se han realizado diversas investigaciones con otros agentes de control biológico como hongos entomopatógenos (Chouvenc *et al.*, 2009), estas investigaciones han incluido *M. anisopliae* debido a que en condiciones de laboratorio demostró la susceptibilidad de siete especies de termitas a este hongo. No obstante, estos resultados solo se han obtenido en condiciones de laboratorio por lo que se deben continuar los estudios en condiciones de campo, con estos agentes de control.

Al obtener el factor de relación volumen: cantidad de termitas (0,39) dato de gran relevancia para realizar aplicaciones de NEPs efectivas y conocer la concentración letal media determinada, el cálculo de la cantidad de individuos permitió que se pudiera promediar la población de obreras y soldados en 7,6 JI. De esta forma se puede conocer el volumen necesario a aplicar y el costo real de la aplicación. Este costo va a depender del valor que tengan los NEPs en el mercado debido a que la tecnología que se emplea en los Centros de Entomofagos y Entomopatógenos provocan que el litro de nematodos cueste \$5.00 pero si se adoptan nuevas tecnologías, entonces el costo de las producciones se reducen y por consiguiente, el valor y la calidad del producto.

Los costos del medio biológico oscilaron entre \$41,52 CUP hasta \$208,04 pero el mismo depende del tamaño del termitero y la cantidad de termitas a controlar.

Con estos resultados se pudo establecer la forma de manejo para los termiteros con vistas a eliminar de una forma ambientalmente segura el comején de bola en el jardín zoológico de Santa Clara.

Conclusiones

6. Conclusiones

1. El 7,51 % de los árboles en el parque zoológico de Santa Clara estaban infestados por termitas.
2. La especie de termita presente en el parque zoológico de Santa Clara fue *Nasutitermes costalis* (Holmgren, 1910), con una relación promedio entre volumen del termitero y cantidad de ejemplares de 0,39.
3. Las castas Soldado y Obreras de *N. costalis* son susceptible a *Heterorhabditis indica* cepa P₂M.
4. La CL₅₀ fue de 9,1 JI y 6,1 JI para obreras y soldados mientras que el tiempo letal fue de 4:36 horas y 7:48 horas para los representantes de estas castas respectivamente.
5. La eficacia biológica osciló entre un 92,85 % a 100 % para obreras y un 84,21 a 100 % para soldados en árboles del parque zoológico de Santa Clara.
6. Los costos de la aplicación de *Heterorhabditis indica* cepa P₂M oscilaron entre 41.52 CUP y 208.04 CUP.

Recomendaciones

7. Recomendaciones

Al tener en cuenta las conclusiones arribamos a las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar nematodos entomopatógenos para controlar las termitas que afectan el jardín zoológico “Camilo Cienfuegos” de la ciudad de Santa Clara.
2. Evaluar el uso de NEPs y su impacto en el control de termitas en áreas protegidas donde no se pueden utilizar otros métodos de control, y en especies botánicas de importancia económica.

Referencias Bibliográficas

8. Referencias Bibliográficas

Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticides. Journal

Acevedo, P. y M. T. Strong (2012). Catalogue of Seed Plants of the West Indies. Smithsonian Contribution to Botany. Number 98. Smithsonian Institution Scholarly Press. Washington DC. 1192 pp.

Akhurst, R. J. (1990). Safety to nontarget invertebrates of nematodes of economically important pests. Pp 233-240. En *Safety of microbial Insecticides*. L.A. Laird; EW. Lacey; E.W. Davidson (Eds.) CRC Press, Boca Ratón, FL.

Aponte, G. (1995). Antecedentes de la arborización en Bogotá. Ed. (DAMA). Libro Memorias del Foro Arborización Urbana. Colombia, Bogota.

Arteaga, E. M; Montes; E M; Z. Mracek (1984). *Heterorhabditis heliothidis* a parasite of insect pests in Cuba. *Fólia Parasitol.* 31(1): 1-7.

Artigas, J. (1994). *Entomología económica, insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos, y susceptibles de ser introducidos)*. Concepción, Chile. Ed. Universidad de Concepción, 1 v, 1126 pp.

Barbercheck, M. E; H. K. Kaya (1991). Competitive interactions between entomopathogenic nematodes and *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in soilborne larvae of *Spodoptera exigua*. *Environ. Entomol* 20(2): 707-712.

Bathon, H. (1996). Impact of entomopathogenic nematodes on non-target hosts. *Biocontrol Sci. Technol* . 6(3): 421-434.

Beeding, R. A. A. S. Molyneux (1982). Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae: Nematoda). *Nematologica* 28: 354-359

Boemare, N, C. Laumond; H. Mauleon (1996). The entomopathogenic nematode-bacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. *Biocontrol Sci. Technol.* 6 (3): 333-345.

Borror, D. C; Triplehorn, N. Johnson (1989). *Heterorhabditis* sp, en el control biológico del pulgón negro del plátano (*Pentalonia negronervosa*) Iq. (Homoptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio.

Cabrera, P. (1997). "No basta con tocar la madera". *Chile Forestal*, 22 (254): 20-22.

Cabrera, P. y P. Parra (1998). Defendamos nuestra madera. Santiago, Chile. INFOR (Instituto Forestal). Folleto de difusión. Disponible en <http://www.infor.cl/webinfor/revista/noviembre98/termita3.pdf>. [Consultado 31 mayo 2014].

Camousseight, A. (1999). Las termitas y su presencia en Chile. Santiago, Chile. CONAF (Corporación Nacional Forestal). Nota Técnica (37), 8 pp.

CentroArte (2014). *BOSQUE DE SANTA CLARA: PULMÓN DE LA CIUDAD.* En sitio web: www.centroarte.cu. [consultado el 20 de abril de 2014]

Chhortani, O. B. (1997). Fauna of India-Isoptera (termites) Vol. II. Zoological Survey of India, Calcuta, 800 pp.

Chhotani. (1977). A review of taxonomy of Indian termites. Occ. Pap. Rec. zool. Surv. India, 9:4-36.

CHOUVENC, T., S. NAN-YAO y R. ANDALAIN (2010). INHIBITION OF THE FUNGAL PATHOGEN METARHIZIUM ANISOPLIAEIN THE ALIMENTARY TRACTS OF FIVE TERMITE (ISOPTERA) SPECIES. *Revista Florida Entomologist* 93 (3): 467-469.

Cuevas, M. J. (2014). *Control de Nasutitermes costalis con nematodos entomopatógenos Heterorhabditis indica cepa P2M*. Tesis para aspirar al título de Master en Agricultura Tropical Sostenible. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 80p.

Díaz, J. P. (2011). Inventario florístico del Cañón de Chicamocha Jurisdicción CDMB e Incremento de las Colecciones del Jardín Botánico "Eloy Valenzuela". Florida Blanca. 9p. En sitio web: <http://www.slideshare.net/juanpiz28/inventario-floristico> [Consultado el 31 mayo 2014].

Doucet, M. M; A. A. Giayetto. (1994). Gama de huéspedes y especificidad en *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (*Heterorhabditidae* Nematoda). *Nematol. Medit.* 22: 171-178.

E. Pozo, Valdés, R., M. Cardenas, E. Bacallado, O. Wincher (2003). Nematodos entomopatógenos. Una alternativa para el control del cogollero del tabaco (*Heliothis virescens* Fab.). Trabajo de FORUM Nacional.

Ebeling, W. (2000). Wood destroying insects and fungi. Consultado 28 junio 2000. Disponible en <http://insects.ucr.edu/entl33/ebeling/ebel5-l.html>

Ehlers R. U. (1998). Entomopathogenic nematodes. Save biocontrol agents por sustainable systems. *Rev. Phitoprotection. Suppl.*79. p 94-113.

Etcheverry, C.; M. C. Godoy y G. J. Torales (2010). Dinámica poblacional de *Nasutitermes aquilinus* (insecta, Isoptera, Termitidae) en la provincia de corrientes (Argentina). *FACENA*, Vol. 26, pp. 15-27, 2010.

Evans, G.; R. Valdés Herrera, Marlen Cárdenas Morales, Mairin Largo Mederos, T. Alizar Saavedra y E. Pozo-Velázquez (2009). Susceptibilidad de *Metamasius hemipterus sericeus* (L.) (Coleoptera; *Curculionidae*) a una cepa nativa de nematodos entomopatógenos. *Centro Agrícola*, 36(2): 65-69; abril-junio.

FAO (2003). La aplicación de plaguicidas sin la debida seguridad provoca daños a la salud y al medio ambiente. Comunicados de prensa 97/20. ROMA, 29 de mayo. En sitio Web: <http://www.fao.org/ag/ags/agse/prs.htm>. [Consultado el 30 de mayo, 2013].

Ferron P. (1978). Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annual Review of Entomology* 23: 409-442.

Fisher, Le Saux Marion; M. H. Manleon; P. Constant; B. Brunel and N. Boemare (1998). PCR –ribotyping of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* isolates from the Caribbean region in relation to the taxonomy and geographic distribution of their nematode hosts. *Appl. Environ. Microbiol.* 64 (11): 4246-4254.

Forschler, B.T and Ryder, J.C (1996) Subterranean termite, *Reticulitermes spp* (Isoptera: Rhinotermitidae), colony response to baiting with hexaflumuron using a prototype commercial termite baiting system. *Journal of Entomological Sciences* 31, 143-151.

Gara, R., L. Cerda, M. Donoso. (1980). Manual de entomología forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 61.

Garcés, 2003, J. K. y R. T. Yamamoto. (1994). Stimulation of remedial borate treatments intended to reduce attack on Douglas-Fir lumber by Formosan subterranean termite Isoptera: *Rhinotermitidae*). *J. Econ. Entomol.* 87(6): 1547-1554.

Gathorne-Hardy, F. J. (2004). The termites of Sundaland: a taxonomic review. *Sarawak Mus J.* 60:89-133.

Gaugler, R. (1981). Biological control potential of neoplectanid nematodes. *J. Nematol.* 13: 241-249.

Gaugler, R. (1987) Entomogenous nematodes and their prospects for genetic improvement. In: Maramorosch, K (ed.) *Biotechnology in Invertebrate Pathology and Cell Culture*. Academic Press, San Diego, California, pp. 457-484.

Gaugler, R. (1999) Matching nematode and insect to achieve optimal field performance. In: Polavarapu, S. (ed) *Optimal Use of Insecticidal Nematodes in Pest Management*. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, pp. 9-14.

Georgis, R. (1990). Formulation and application technology. Pp 173-191. En *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. R. Gaugler; H. K. Kaya (Eds). CRC Press. Boca Ratón- Ann Arbor-Boston.

Georgis, R.; N. G. M. Hague (1991). Nematodes as biological insecticides. *Pesticides Outlook* 2: 29-32.

Glazer, I.; L. Salame; D. Segal (1997). Genetic enhancement of nematicide resistance in entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Sci. Technol.* 7(4): 499-512.

Grace. J. K. D, L. I. M. Wood, Kim Kubo (1995). Behavior and Chemical investigation of trail pheromone from the termite *Reticulitermes hesperus* Banks (Isoptera. *Rhinotermitidae*). *Journal of applied Entomology* 199: 501-505.

Grady, (2003). Foraging population and territory of the Formosan subterranean termite (Isoptera: *Rhinotermitidae*) in an urban environment. *Sociobiology* 14: 353-359.

Grewal, P. y R. Georgis. (1999). Entomopathogenic nematodes. pp 271-299. En *Methodos in Biotechnonology, Vol 5. Bioinsecticides. Use and delivery*. Chapter 15, Part II. F. R) J. Hall, J. Menn (Eds). Humana Press nc. Totowa, New Jersey.

Griffin, C. M; J. Downes. (1991). Low temperature activity of *Heterorhabditis* sp. (*Nematoda: Heterorhabditidae*). *Nematologica* 37: 83-91.

Guzman, C. (2012). Amenaza de termita agresiva árboles del Parque Ignacio Manuel Altamirano. En sitio web: <http://novedadesacapulco.mx/acapulco/amenaza-termita-agresiva-arboles-del-parque-papagayo>. [consultado el 14 de mayo del 2013].

H. K. Kaya y R. Gaugler (1983). Entomopathogenic nematodes. ann. Rev. entomol. (38):181-206

Hara, A. H; H., Kaya. (1993). Toxicity of selected organophosphate and carbamate pesticides to infective juveniles of the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocasiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environ. Entomol.* 12(2): 496-501.

Infor e Intec (1999). Museo Nacional de Historia Natural. 1999. Resultados del proyecto "Estudio del impacto y prevención de la termita subterránea". Consultado 18 mayo (2000). Disponible en <http://www.infor.cl/webinfor/invesydesa/proyectos/resul-5281.htm> *introduction to the study of insects*.

United States. 6nd .

Ishibashi, N.; E. Kondo. (1986). A possible quiescence of the applied entomogenous nematode *Steinernema feltiae*, in soil. *Japon. J. Nematol.* 16: 66-67.

Ishibashi, N.; E. Kondo. (1990). Behaviour of infective juveniles. 139-153. En *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. R. Gaugler; H. K. Kaya (Eds.). CRC Press. Boca Ratón- Ann Arbor-Boston.

ITIS (Integrated Taxonomic Information System). 2012. Taxonomic Serial. En sitio web: <http://www.itis.gov/glossary.html#taxstatus>. [Consultado el 19 de marzo, 2014].

Izquierdo, C.I., J. Soberano, F. Carabeo y F. Gilli (1999). Hospederos nativos de la termita subterránea *Coptotermes crassus* (Isoptera: Rhinotermitidae) en Balancán, Tabasco. Memorias del X Simposio Nacional sobre parasitología forestal. Octubre de 1999. p. 6.

J. T. Roig (1953) Diccionario Botánico de Nombres Vulgares Cubanos. Dirección de enseñanza y Propaganda Agrícolas. 2da Edición. La Habana. 1228 pp.

Jones D. T. y P. Eggleton (2000). Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. In website http://www.ibisca.net/ibisca_termites.htm *J. Appl. Ecol.* 37, 191-203.

Jones, S. D. W. y P. S. Eggleton. (2000). Morphological phylogenetics of termites (Isoptera). *Biological Journal of the Linnean Society* 70: 467-513.

Karsulovic [**et al.**] (2008). Aplicación de ondas sónicas y ultrasónicas como medio de control del ataque de termitas subterráneas *Reticulitermes fl avipes* (Kollar) en Madera de Pino Radiata. 52 (3): 401-413. 621 p.

Karsulovic [**et al.**] (2008). Application of Sonic and Ultrasonic Waves as Means of Control of Underground Termites *Reticulitermes fl avipes* (Kollar) in Radiata Pine wood.

Kaya, H. K.; R. A. Bedding; R. J. Akhurst (1993). An overview of insect-parasitic and entomopathogenic nematodes. Pp. 1-10. En *Nematodes and the Biological*

Control of Insect Pests. R. Bedding; R. Akhurst; H. Kaya (Eds.) CSIRO, East Melbourne, Australia.

Kirton L. (1992). Termites of peninsular Malaysia. *Malayan forest records* No 36 Forest Research Institute.

Lewis, E. E.; R. Gaugler; R. Harrison (1993). Response of cruiser and ambusher entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) to host volatile cues. *Can. J. Zool.* 71: 765-769.

Li, Y, F; L, Zhang; Z. Liu; J. Zong (1991). Study on vitality of entomopathogenic nematodes applied with a high pressure sprayer. *Chin. J. Biol.* 7(1): 23.

Mahecha, G. E. [et al.] (2010). Arbolado Urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo. Ed. (DAMA) Primera edición. © Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, SDA. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. ISBN No. 978-958-9387-60-3. 81 p.

Malpica, F. H., C. Andara y C. Valera. (2009) ESPECIES DE NASUTITERMES (ISOPTERA: TERMITIDAE) EN LA CUMACA, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO, VENEZUELA. *Revista de La Facultad de Agronomía.*

Martínez Rodríguez, Noraxy (2013). Presupuesto de gastos en la producción de nematodos entomopatógenos sobre tecnología de *Spodoptera frugiperda* en Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos. Tesis en opción al título de Máster en Contabilidad Gerencial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 97 pp.

Méndez Montiel, J. T. y A. Equihua Martínez (2001). Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, isoptera). *Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales*, 2001.

Montes M. (1978). Informe sobre un nematodo del género *Neoplectana* como enemigo natural de las larvas del picudo verde azul *Pachnaeus litus* (Coleoptera, Curculionidae). En sitio web: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010->

27522012000300001&script=sci_arttext Cienc Téc Agric Cítricos y otros frutales. 3 (1) : 43-45.

Moreno Elcure, F. A. (1996). Abundancia y potencial de termitas abóreas (Termitidae: *Nasutitermes* spp.) en tres tipos de bosque en Mesa de Cavacas, Edo. Portuguesa, Venezuela. Bol. Mus. Ent. Univ. Valle. 4(1): 39-46, 1996.

Morris, O. N. (1985). Susceptibility of 31 species of agricultural insect pests to the entomogenous nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*. *Can. Ent.* 117(4): 401-407.

Morris, P.I. (2000). Integrated control of subterranean termites: The 6s approach group leader-Durability and Protection group. Forintek, Canada corporation, Vancouver, B.C. VGTIWO.

Myles, T. (2000). Selected North American termites, their distributions, habitats and natural diets, and potential use as decomposers. Consultado 28 junio 2000. Disponible en <http://www.utoronto.ca/forest/termite/dec-term.htm>

Myles, T. (2000). Termite harvesting and termiticulture. Consultado 28 junio 2000. Disponible en <http://www.utoronto.ca/forest/termite/termcult.htm>

NGUYEN, K.B. y SMART, G.C. Jr. 1994 *Steinernema neocurtilis* n. sp, (Rahbditida: Steinemematidae) and key to species of the Genus Steinemema. *Journal of Nematology* 24(4): 463-477.

Nguyen, K.B., y Smart, G.C.Jr. (1994). *Neosteinernema longicurvicauda* n. gen., n. sp. (Rhanditida: Steinemematidae), a parasite of the térmito *Reticulitermes Flavipes* (Koller). *Journal of Nematology*, 26, 162-174.

Nickle, D; M. Collins. (1992). The Termites of Panama (Isoptera) pp. 208-241. In: *Insects of Panama and Mesoamerica Selected studies In Quintero D. and Aiello A.* (Ed) Oxford University Press.

Paredes, G. (2000). Antecedentes obtenidos por el INFOR en relación con termita subterránea (*Reticulitermes hesperus*). Disponible en <http://www.infor.cl/webinfor/tapa/termitas3.htm> [Consultado el mayo 31 de 2013]

- Pedro Acevedo-Rodriguez & Mark T. Strong (2012). Catalogue of Seed Plants of the West Indies. Smithsonian Contribution to Botany. Number 98. Smithsonian Institution Scholarly Press. Washington DC. 1192 pp.
- Poinar, G. O. 1990. Biology and taxonomy. Pp 23-61. En Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. R. Gaugler, H. K. Kaya (Eds). CRC Press. Boca Raton-Ann Arbor-Boston.
- Poinar, G. O. Jr. 1976. Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen. n. sp. (*Rhabditida*; *Heterorhabditidae*) *Nematologica* 21: 463-470.
- Poinar, G. O. Jr. 1976. Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen. n. sp. (*Rhabditida*; *Heterorhabditidae*) *Nematologica* 21: 463-470.
- Reed, D. K.; G. L. Reed; C. S. Creighton. (1986). Introduction of entomogenous nematodes into trickle irrigation systems to control striped cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 79(5): 1330-1333.
- Ríos Albuernes Cristóbal (2014) Comunicación personal.
- Roonwal, M. L., Chhotani O. B. 1964. Systematics of Oriental termites. Two new species of *Speculitermes* from India. *Indian J. Agric. Sci.*, 34:120-130.
- Roonwal, M. L., Chhotani, O. B., India, Z. S. O. 1997. Isoptera (termites). Zoological Survey of India. 800 p.
- Rosales, F. E; S. C. Tripon y J. Cerna. 1998. Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guácimo, Costa Rica 27-29. julio. 264 p.
- Rovesti, L.; E. W. Heinzpeter; F. Tagliente; K. V. Deseo. (1990). Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae). *Nematologica* 34(4): 462-476.

Schmidt y All, 1978, 1979) SCHMIDT, J., and ALL, J. N. 1978. Chemical attraction os *Neoplectana carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) to insect larvae .*Environ. Entomol.* 7, 605-607.

SMITH K., 1998 Factor Affecting Efficacy En Optimal use of insecticidal nematodesw in pest management. Ed. S. Polavarapu, pp 1-8, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey – USA.

Smith, J. L. M.K. Rust, (1993) y (1994). Influence of temperature on tunneling, feeding rates, and oxygen requirement of the western subterranean termite, *Reticulitermes hesperus* (Isoptera: *Rhinotermitidae*). *Sociobiology* 21(3): 225-235.

Smith, J. L.; Rust, M.K. (1993)b. Effect of relative humidity and temperature on the survival of *Reticulitermes hesperus* (Isoptera, Rhinotermitidae). *Sociobiology* 21: 217-224.

Team Too. (2000). Termites. Consultado 31 mayo 2000. Disponible en <http://ml.aol.com/teamtoo/termite.htm> Termites (Isoptera: *Kalotermitidae Termitidae*) of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. *Annals of the Entomological Society of America* 96 (3): 181-201.

Union Services. (2000). The Western Subterranean Termite (*Reticulitermes hesperus*). Consultado 3 junio 2000. Disponible en <http://www.unionservices.com/subterranean.html>

University of California, (1998). Drywood termites. UC Pest Management Guidelines. Consultado 2 junio 2000. Disponible en <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7440.html>84

University of California. (1997). Termites. UC Pest Management Guidelines. Consultado 2 junio 2000. Disponible en <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7415.html>

Valdés, R. (2003). Umbral económico de *Diaphania hyalinata* L. (Lepidoptera; Pyralidae) en pepino (*Cucumis sativus* L.) y lucha biológica con el empleo de

nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditis* spp.) en organopónico. Tesis de Diploma no publicada. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 39 p.

Wiesner C., Diana. Metodología para la definición de una Estrategia de Arborización. Foro de Arborización Urbana. Bogotá. P. 56. 2000.

Woodring Jennifer. L and H. Kaya 1988. *Stenernema* and *Heterorhabditis* nematodes: A hand handbook of biology and Techniques. Souterncoopserves Bull (331): 1-30 p.

Zimmeman, R. J. and W. S. Cranshaw. 1990. Comapatibility of thee entomogenous nematodes (*Rhabditid*) in aqueous solutions of pesticides used in turfgrass maintenance. J. Econ. Entomol. 83(1): 97-100.