

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

ESTUDIOS BIOLÓGICOS Y ELEMENTOS PARA EL MANEJO DE *Typophorus nigritus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) EN PLANTACIONES DE BONIATO (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor
en Ciencias Agrícolas.

MARÍA DEL CARMEN CASTELLÓN VALDÉS

Santa Clara

2011

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

ESTUDIOS BIOLÓGICOS Y ELEMENTOS PARA EL MANEJO DE *Typophorus nigritus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) EN PLANTACIONES DE BONIATO (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor
en Ciencias Agrícolas.

Autora: Ing. María del Carmen Castellón Valdés.

Tutor: Inv. Tit., Ing. Luis L. Vázquez Moreno, Dr. Cs.

Santa Clara

2011

SINTESIS

Con el incremento de los daños en las raíces tuberosas del boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) a causa de la incidencia de *Typophorus nigrinus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) en diferentes regiones del país, en el presente trabajo se realizó un estudio con el objetivo de determinar aspectos de la biología y elementos para el manejo de *T. nigrinus* como plaga del boniato en Cuba. El trabajo se realizó en áreas del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales y en diferentes regiones del país. Los resultados del diagnóstico reflejaron que productores de 109 municipios reconocieron que las raíces tuberosas pueden presentar daños entre 20 y 40%. El ciclo biológico del insecto fue de 64 días a $28,5 \pm 1,2$ °C y de 97 días a $23,0 \pm 2,2$ °C y tanto la oviposición como la longevidad de esta especie estuvieron influenciadas por la temperatura. Los clones comerciales de boniato 'INIVITB-98-3', 'INIVITB-2-2005' y el promisorio 'INIVITB-240' fueron los menos dañados por este insecto y el clon comercial 'Avileño 3' presentó las mayores afectaciones. Las pérdidas fueron menores con el empleo de nematodos entomopatógenos en plantación y a los 40 días, unido a las aplicaciones de Thiaploprid, Beta-Cifluthrin al follaje, pero este tratamiento no fue efectivo económicamente. Las pérdidas causadas por *T. nigrinus* fueron inferiores cuando se cosechó a los 120 días y aumentaron a medida que se prolongó la cosecha. Los resultados del presente trabajo son los primeros que se informan en Cuba sobre *T. nigrinus* y se sugiere incorporarlos al manejo integrado de plagas en el boniato.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2.1. El cultivo del boniato en Cuba.....	4
2.2. Dinámica de introducción de clones de boniato en la producción agrícola de Cuba.....	4
2.3. Principales insectos del boniato en Cuba.....	7
2.4. Biología de las plagas de la raíz tuberosa del boniato	8
2.5. Especies vinculadas al género <i>Typophorus</i> en diferentes países	12
2.6. Plantas hospedantes	14
2.7. Manejo de <i>T. nigrinus</i>	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Identificación y alcance del problema.....	19
3.2. Aspectos de la biología.....	20
3.2.1. Duración del ciclo biológico de <i>T. nigrinus</i> en condiciones de laboratorio.....	20
3.2.2. Oviposición y longevidad de adultos de <i>T. nigrinus</i> en condiciones de laboratorio	22
3.3. Descripción de los estados de desarrollo.....	24
3.4. Descripción de las lesiones y daños producidos a las plantas de boniato.....	24
3.5. Respuesta de clones comerciales y promisorios de boniato ante la incidencia de <i>T.</i> <i>nigrinus</i>	26
3.6 Susceptibilidad de larvas, pupas y adultos de <i>T. nigrinus</i> a los hongos entomopatógenos <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorok y <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill en condiciones de laboratorio	28
3.6.1. Susceptibilidad de larvas y pupas a los hongos entomopatógenos <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i>	28

3.6.2. Susceptibilidad de adultos de <i>T. nigrinus</i> a los hongos entomopatógenos <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i>	29
3.7 Susceptibilidad de larvas y pupas de <i>T. nigrinus</i> al nematodo entomopatógeno <i>Heterorhabditis indica</i> Poinar en condiciones de laboratorio.....	31
3.8. Evaluación de plaguicidas químicos y biológicos para el control de <i>T. nigrinus</i> en condiciones de campo.....	33
3.8.1. Efectividad de las aplicaciones.....	33
3.8.2. Evaluación de la efectividad económica de los resultados experimentales.....	37
3.9. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas y su incidencia en las poblaciones de la plaga.....	38
3.9.1. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas..	38
3.9.2. Influencia del momento de cosecha en las poblaciones del insecto	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Identificación y alcance del problema.....	40
4.2. Aspectos de la biología.....	46
4.2.1. Duración del ciclo biológico de <i>T. nigrinus</i> en condiciones de laboratorio.....	46
4.2.2. Oviposición y longevidad de adultos de <i>T. nigrinus</i> en condiciones de laboratorio	48
4.3. Descripción de los estados de desarrollo.....	53
4.4 Descripción de las lesiones y daños producidos a las plantas de boniato.....	58
4.5. Respuesta de clones comerciales y promisorios de boniato ante la incidencia de <i>T. nigrinus</i>	61
4.6. Susceptibilidad de larvas, pupas y adultos a los hongos entomopatógenos <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i> en condiciones de laboratorio	67
4.6.1. Susceptibilidad de larvas y pupas a los hongos entomopatógenos <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i>	67

4.6.2. Susceptibilidad de adultos de <i>T. nigritus</i> a los hongos entomopatógenos <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i>	70
4.7. Susceptibilidad de larvas y pupas de <i>T. nigritus</i> al nematodo entomopatógeno <i>H. indica</i> en condiciones de laboratorio.....	73
4.8. Evaluación de plaguicidas químicos y biológicos para el control de <i>T. nigritus</i> en condiciones de campo.....	77
4.8.1. Efectividad de las aplicaciones.....	77
4.8.2. Evaluación de la efectividad económica de los resultados experimentales.....	90
4.9. Influencia del momento de la cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas y su incidencia en las poblaciones de la plaga.....	93
4.9.1. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas..	93
4.9.2 Influencia del momento de cosecha en las poblaciones del insecto	96
5. CONCLUSIONES	98
6. RECOMENDACIONES.....	100
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
8. ANEXOS	129

1. INTRODUCCIÓN

El boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. constituye dentro de las raíces y tubérculos, uno de los cultivos alimenticios más importantes en Cuba. Los rendimientos promedios registrados oficialmente son muy bajos, lo que se atribuye a factores que incluyen la calidad de los suelos, la escasa disponibilidad de riego y fertilizantes así como, los daños causados por *Cylas formicarius* Fabricius conocido comúnmente como tetuán del boniato, considerado la principal plaga del cultivo en Cuba (Morales, 2000).

La lucha contra este insecto en el país se ha desarrollado a través de un programa de manejo integrado, lo que contribuye a elevar los volúmenes de producción para ventas e incrementó el rendimiento debido a una menor incidencia de esta especie (Castellón *et al.*, 1996; Maza *et al.*, 2000; Cisneros y Alcázar, 2001).

Desde los años setenta y posteriormente a los ochenta del pasado siglo, una nueva plaga para este cultivo se presentó de forma ocasional en algunas regiones del país, la que se identificó como *Typophorus nigrinus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) (Vázquez, 1979; Vázquez *et al.*, 1994) y se nombró comúnmente como “crisomélido negro brillante” .

Este insecto reviste importancia económica en diferentes países de la región, principalmente en Jamaica donde se han informado afectaciones en las raíces tuberosas hasta de un 80% (Jackson y Bohac, 2006); en Venezuela y Brasil se menciona como plaga importante en el cultivo (Fontana y Montes, 2004), pero en

general estos autores no han informado estudios sobre su bioecología. Al respecto solo se refieren las investigaciones realizadas por Santoro *et al.* (1980) relacionadas con la duración del ciclo biológico de *Typophorus nigrinus nitidulus* (Fabricius) en Argentina. Otras investigaciones en Jamaica efectuadas por Jackson *et al.* (2003 a) informaron la existencia de algunos genotipos tolerantes a *Typophorus nigrinus viridicyaneus* (Crotch), aunque la mayoría de estos clones no mostraron buenos rendimientos, y no se pudieron establecer como un cultivar local.

En Cuba cuando esta plaga se informó por primera vez, existía un total desconocimiento sobre la misma y a pesar de las afectaciones que produjo en las raíces tuberosas del boniato en la década del 80, se le comenzó a conceder importancia económica a partir del año 2002, en que se inició su distribución por todo el territorio nacional (Castellón *et al.*, 2004 a), lo que condujo a que en el Instructivo técnico del cultivo se incluyera entre las plagas del boniato (Cuba, 2007).

Por tal motivo, surgió la demanda de determinar el alcance del problema ocasionado por *T. nigrinus* y proceder a realizar los estudios básicos relacionados con la biología de la plaga, la respuesta de los clones comerciales y promisorios ante los daños que ésta ocasiona, así como estudios concernientes al empleo de plaguicidas químicos y biológicos y prácticas agronómicas, que reduzcan las poblaciones de la plaga y que a la vez constituyan una herramienta necesaria, que proporcione los elementos para manejar la misma en las plantaciones de boniato en Cuba.

A partir de este problema, se formuló la siguiente hipótesis.

Estudios biológicos sobre *T. nigrinus*, junto a la valoración de prácticas biológicas, químicas y culturales, permitirán reunir elementos indispensables para su manejo.

Para demostrar esta hipótesis se propuso como objetivo general: Determinar aspectos de la biología y elementos para el manejo de *T. nigrinus* como plaga del boniato en Cuba.

Para lograr este propósito se formularon los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el alcance del problema ocasionado por *T. nigrinus* en las diferentes regiones del país.
2. Determinar aspectos de la biología de *T. nigrinus*.
3. Describir las lesiones ocasionadas por *T. nigrinus* en las plantaciones de boniato.
4. Evaluar la respuesta de clones comerciales y promisorios ante los daños que este insecto ocasiona.
5. Evaluar la susceptibilidad de larvas, pupas y adultos de *T. nigrinus* a bioplaguicidas en condiciones de laboratorio y la efectividad de productos químicos y biológicos contra poblaciones del insecto en condiciones de campo.
6. Determinar la influencia del momento de la cosecha sobre las poblaciones de este crisomélido y sus afectaciones a la raíz tuberosa.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El cultivo del boniato en Cuba

Entre las raíces y tubérculos que son fuente de carbohidratos en la dieta del pueblo cubano se encuentra el boniato (*I. batatas*), considerado como uno de los dos cultivos alimenticios más importantes conjuntamente con la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), con la que comparte magnitudes similares de áreas de siembra y volúmenes de producción. Su utilización está por encima de la malanga (*Xanthosoma* spp.) (Morales, 2000).

El boniato se produce en todas las regiones del país y ocupa un área estimada que oscila entre 50 000 y 60 000 hectáreas cada año, de las cuales alrededor del 70% se plantan en época de primavera (mayo-octubre) y el resto en época de frío (noviembre-abril). En esta última etapa debe disponerse de riego para su plantación y desarrollo (López *et. al.*, 1995; Rodríguez, 2000 y Hernández, 2006).

La producción anual del cultivo se estima en 220 000 toneladas, de las cuales el 68% es producido por estructuras productivas de Empresas Estatales y Unidades Básicas de Producción Cooperativa, 21% por productores individuales y 11% por las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) (Morales y Maza, 2000).

2.2. Dinámica de introducción de clones de boniato en la producción agrícola de Cuba

En Cuba el programa de investigaciones del boniato, se estableció a partir de 1967 con la creación del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), el que

presenta entre sus objetivos dar continuidad al fitomejoramiento con vistas a obtener, seleccionar e introducir clones con elevado potencial productivo, calidad culinaria y que a su vez sean tolerantes a las plagas más importantes (Morales y Lima, 1992).

A partir de ese momento es que aparecen los primeros clones mejorados, entre los que se destacaron el 'Cuba 1', 'Cuba 2', 'Cuba 3', 'Cuba 6', 'Cuba 9', 'Haití' y 'Baracutey'. Posteriormente se introduce en la producción el clon 'CEMSA 74 – 228', perteneciente a la nueva generación de clones precoces, con un ciclo de cosecha de 135-150 días. Otros con similares características, pero con atributos deseables tales como: mayor o igual contenido de materia seca, elevado potencial productivo, adaptabilidad a la plantación durante todos los meses del año y rapidez en la cobertura del campo, fueron introducidos en la década del 80, destacándose los clones 'CEMSA 78–354', 'CEMSA 78–326', 'CEMSA 78–425', 'Yabú 8' y 'CEMSA M - 16' (Maza *et al.*, 2008).

Los autores anteriormente referidos, señalaron que la continuidad de estos trabajos de mejoramiento, permitió contar con clones de mayor precocidad como es el caso del 'Cautillo' y del 'CEMSA 85 – 48', los cuales se pueden cosechar entre 90 y 120 días después de plantados, y poseen otras características deseables para el consumo humano o para la alimentación animal.

En Cuba la obtención y generalización de clones de boniato ha tenido una evolución dinámica en los últimos quince años y se ha alcanzado incrementar la variabilidad genética puesta a disposición de los productores, con la introducción de clones con ciclos de cosecha que oscilan entre 90 y 135 días, con adaptabilidad a los diferentes

ecosistemas del país y con gran aceptación por los diferentes actores del sector productivo (Maza *et al.*, 2008).

El Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ha logrado obtener un importante número de clones, con alta representatividad en el sector agrícola (Tabla 1); de los actuales 14 clones comerciales de boniato reconocidos en el “Listado Oficial de Variedades” (Cuba, 2007), cinco fueron obtenidos e introducidos después del año 1990 (Morales, 2007).

Recientemente fue seleccionado al clon ‘INIVIT B S-16’ por sus cualidades agronómicas y su alto contenido de betacaroteno (Morales, 2009).

Tabla1. Principales clones de boniato obtenidos por el programa de mejoramiento del INIVIT y áreas que ocupan.

Clon de boniato	Año de introducción	Superficie que ocupa (ha)
‘CEMSA 78 - 354’	1982	20 000,00
‘INIVIT B-2- 2005’	2006	8 000,00
‘INIVIT B 98 - 2’	2002	5 000,00
‘INIVIT B 98 - 3’	2002	3 000,00
‘INIVIT B S - 16’	2008	500,00
Otros	1990-2009	Más de 10 000,00

Fuente: Estadística del Grupo Nacional de Viandas obtenida en 14 provincias y 159 municipios durante el período 2007-2010.

Dentro de las acciones estratégicas que a partir del año 2009, ha propuesto implementar la Dirección de Cultivos Varios del MINAG, con relación a las áreas destinadas a la producción de boniato se encuentran: establecer plantaciones con aseguramiento de agroquímicos en correspondencia con la demanda (con rendimientos mínimos de 17,0 t·ha⁻¹), consolidar el establecimiento de Bancos de

Semillas a partir de esquejes y raíces tuberosas en todas las unidades productivas, promover la generalización de clones precoces (ciclo entre 4 y 4½ meses), establecer y fiscalizar el Manejo Integrado de Plagas en el cultivo, cosecha semi-mecanizada, fomentar acciones para mejorar la calidad de las cosechas, generar e introducir clones tolerantes a *Cylas formicarius* F. y generalizar aquellos con características que le permitan “escapar” a las afectaciones de esta plaga, así como, lograr el manejo de *T. nigritus* (MINAG, 2009).

2.3. Principales insectos del boniato en Cuba

En Cuba, Bruner *et al.* (1975) informaron los siguientes insectos fitófagos en el boniato: “*Agromyza jucunda* V. del W. (Agromyzidae); *Bemisia inconspicua* (Q.) (Aleyrodidae); *Chelymorpha comata* Boh (Chrysomelidae); *Coptocycla guttata* (Oliv.) (Chrysomelidae); *Crepidodera asphaltina* (Suffr.) (Chrysomelidae); *Cylas formicarius elegantulus* (F.) (Curculionidae); *Empoasca* sp (Cicadellidae); *Eriophyes* sp (Eriophyidae), *Euscepes postfasciatus* (Fairm.) (Curculionidae); *Herse cingulata* (F.) (Sphingidae); *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Aphididae); *Mesolecanium batatae* (Ckll.) (Coccidae) y *Pilocrosis tripunctata* (F.) (Pyralidae)”.

Mendoza y Gómez (1982) relacionaron otras plagas de menor importancia en el boniato, entre estas se encuentran: *Euscepes porcellus* Boh (Coleoptera: Chrysomelidae); *Diabrotica balteata* LeConte y *Systema basalis* Duval (Coleoptera: Chrysomelidae); *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae); *Tricoplusia ni* (Hbn.) (Lepidoptera: Noctuidae); *Agrius cingulata* (Fab.) (Lepidoptera, Shingidae); *Pilocrosis tripunctata* (Fab.) (Lepidoptera: Pyralidae); *Agromyza jucunda* Van der Wulp (Diptera: Agromyzidae).

Estos últimos autores reconocieron a *C. formicarius* var. *elegantulus* (Sum.) (Coleoptera: Curculionidae), como la única plaga de importancia en este cultivo ya que las larvas al alimentarse de las raíces tuberosas, le abren galerías y le transmiten con sus deyecciones un sabor desagradable, que las hacen inservibles para el consumo humano y animal.

En el año 1991 las pérdidas en la cosecha a causa de este insecto alcanzaron el 16%, a pesar del uso intensivo de insecticidas que se empelaba para su control. Para 1992 los porcentajes de raíces tuberosas afectadas ascendieron a un 40%, por lo que se creó una crisis entre los productores, que condujo a un decrecimiento de las áreas a plantar en las provincias con mayores afectaciones. Posteriormente se concibió un programa de Manejo Integrado, el cual incluyó prácticas culturales, biológicas, químicas, etológicas y de mejoramiento genético, que alcanzó gran impacto entre los productores, generándole beneficios tales como la disminución del porcentaje de raíces dañadas, lo que originó que los agricultores tuvieran mayor volumen para venta y un incremento del rendimiento debido a una menor incidencia del insecto (Castellón et al., 1996).

A partir del año 2007 a causa de los daños ocasionados por *T. nigritus* en las plantaciones de boniato, se decidió incluir en el Instructivo técnico del cultivo a esta especie como plaga del mismo (Cuba, 2007).

2.4. Biología de las plagas de la raíz tuberosa del boniato

Para realizar un manejo eficiente de las plagas, resulta indispensable el conocimiento sobre su biología, la que resulta difícil realizar cuando se trata de insectos que viven en el suelo. No obstante se han efectuado diversos estudios, sobre aquellas plagas

que dañan las raíces tuberosas, en este caso nos referiremos a las que se alimentan de las raíces tuberosas del boniato.

La duración del ciclo biológico de *C. formicarius* varía ampliamente según las condiciones climáticas, principalmente la temperatura. Para las condiciones de Cuba el ciclo se completó entre 32 y 40 días para el verano (30°C) e invierno (25°C) respectivamente, produciéndose de ocho a diez generaciones al año (Morales *et al.*, 1993). Otros autores han registrado diferentes rangos; de 33 a 85 días, para las temperaturas de 30°C y 20°C (Mullen, 1981) y de 33 días a temperaturas entre 27 y 30°C (Chalfant *et al.*, 1990).

En trabajos de laboratorio con temperatura de 26°C y 70% de humedad relativa, la longevidad de los adultos fue de 72 a 80 días con disponibilidad de alimento; pero se han registrado longevidades de hasta ocho meses, mientras que los machos sin alimento vivieron nueve días y las hembras 14 días (Morales *et al.*, 1993).

En Cuba las poblaciones de tetuán son más abundantes en la época de frío y los daños que ocasiona este insecto siguen la misma tendencia. Dentro de la plantación, la población aumentó con la permanencia del cultivo en el campo (Cisneros y Alcázar, 2001).

Por otra parte en Brasil, el ciclo de vida de *E. postfasciatus* presentó una duración promedio de 38 días. Los huevos son colocados en los tallos, principalmente en la base de estos y con preferencia en las raíces tuberosas localizadas a dos centímetros de profundidad. En condiciones de laboratorio los adultos pueden vivir durante seis meses y sin alimento su longevidad alcanza los 30 días (Lima, 2002).

Cuthbert (1967) identificó los insectos responsables para ciertos tipos de daños al boniato. Estos, aunque fueron causados por diferentes especies, se manifestaron de forma muy similar en el momento de la cosecha, por tanto fue difícil asociarlos con una plaga determinada, por esta razón los daños resultantes de diferentes especies de gusanos (*Conoderus* spp.), el gusano de la raíz, (*Diabrotica* spp.) y el escarabajo pulga (*Systema* spp.), se agruparon en un complejo llamado Gusano- *Diabrotica* - *Systema* (Cuthbert, 1967; Schalk y Jones, 1985).

Las larvas de *D. balteata* hacen orificios a través de la corteza de las raíces tuberosas y forman cavidades irregulares bajo la piel; los adultos depositan los huevos en el suelo; las larvas son casi indistinguibles, en este estado pueden durar de 8-30 días, en dependencia del suministro de alimento. La pupa se desarrolla en el suelo y se convierte en adulto justamente en una semana (Schalk y Jones, 1985; Krysan, 1986).

En el caso de *Systema* spp. en la cosecha se observaron cicatrices curadas, irregulares. Shalk (1984) observó que la hembra ovipositó en el suelo, y el estado de huevo presentó una duración de diez días. El período larval demoró entre 20-30 días y en una semana emergieron los adultos.

Los huevos de *Chaetocenema confinis* Crotch son depositados en el suelo, la larva aparece en pocos días y realiza túneles por debajo de la piel de las raíces tuberosas, los que se hacen más evidentes con el crecimiento de la misma. Los adultos se trasladan a los campos de boniato inmediatamente después de la plantación (Cuthbert, 1967; Shalk, 1984).

Al referirse a *Phyllophaga aliena*, Roberts (1968) señaló que los adultos viven fundamentalmente en el suelo, aparecen al final de la primavera y se aparean. En este estado, las hembras son incapaces de alimentarse y colocan hasta 33 huevos, los que son depositados en el suelo durante la primavera y el verano. La larva vive durante uno a dos años en dependencia de las condiciones ambientales.

En algunas áreas de los Estados Unidos, *Graphognathus* spp. son considerados un problema serio; las lesiones de las larvas a las raíces tuberosas se asemejan a las ocasionadas por el gusano de alambre, *Diabrotica* y *Systema* (Chalfant *et al.*, 1990). Los gusanos de alambre (larvas de la familia Elateridae) producen orificios redondos de tamaño pequeño en la raíz en desarrollo. En las raíces cosechadas, el daño es de superficial a profundo, curado sobre las cicatrices en dependencia a la profundidad de la penetración inicial.

Conoderus falli Lane ha sido considerada la especie de gusano de alambre más importante en el Sur de los Estados Unidos, aunque también fueron reconocidas otras especies de interés económico tales como: *C. vespertinus* F., *C. amplicollis* (Gyllenhal); *C. scissus* Schaeffer; *C. rudis* Brown (Day *et al.*, 1971; Shepard, 1973; Villani y Wright, 1990 y Seal 1990).

Reid y Storey (1993) informaron que *Colasposoma sellatum* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae) ocasiona afectaciones al boniato en Australia, y observaron que la larva madura se alimenta mayormente del exterior de las raíces tuberosas, y deja canales cóncavos y profundos en casos extremos sobre toda la superficie de la raíz. Jansson *et al.* (1991), se refirió a la importancia de realizar investigaciones sobre plagas que una vez fueron consideradas problemas de menor importancia, pero que

actualmente han alcanzado un status mayor y sobre otras que han aparecido recientemente. El escarabajo foliar del boniato *T. nigrinus nitidulus* en Argentina, fue un ejemplo de la necesidad de tales investigaciones, para lo cual se requirieron interacciones continuas con los campesinos para reconocer los nuevos problemas de plagas que han comenzado afectar las raíces tuberosas del boniato.

Con relación a la biología de *T. nigrinus*, hasta el presente solo se conocen los estudios realizados por Santoro *et al.*, (1980) en Argentina, quienes en condiciones de laboratorio ($23,2 \pm 3,6^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $56 \pm 9,4\%$), determinaron la extensa duración del ciclo biológico del insecto.

2.5. Especies vinculadas al género *Typophorus* en diferentes países

Typophorus Erichson 1847 es un género seguramente polifilético, separado de los géneros semejantes, que también poseen emarginaciones en los ápices de las tibiae por surcos oculares que son más alargados hacia atrás. Parece que hay dos grupos diferentes dentro de *Typophorus*, que se distinguen por su tamaño y planta hospedante. En Costa Rica un grupo incluye especies de tamaño medio que comen plantas de la familia Convolvulaceae y el otro consiste en especies muy pequeñas que se encuentran comiendo hojas de Melostomataceae (Flowers y Janzen, 1997).

En la región Neotropical fueron informadas las siguientes especies (Anónimo, 2007):

Typophorus bohumilae Bechyne.1951:345 (Guatemala); *Typophorus brunneus* Jacoby.1882:183 (Panamá); *Typophorus cyanipennis* Lefevre. 1876:308 (México); *Typophorus erythrocephalus* Jacoby. 1882:180 (México); *Typophorus exaequatus* Bechyne.1951:344 (México); *Typophorus interstitialis* Jacoby.1891:236 (México); *Typophorus limbatus* Jacoby.1891:238 (Guatemala).

Typophorus melanocephalus Jacoby.1876:814 (México, Guatemala); *Typophorus mexicanus* Jacoby. 1876:814 (México, Guatemala); *Typophorus nigricollis* Jacoby.1882: 181 (México); *Typophorus purulensis* Jacoby.1882: 182 (Guatemala); *Typophorus scheerpeltzi* Bechyne.1951: 345 (Costa Rica); *Typophorus subbruneus* Jacoby 1882: 181 (Belize, Guatemala); *Typophorus variabilis* Jacoby. 1882:182 (Guatemala, Panamá); *T. nigrinus* Fabricius.1801:421 (México, Guatemala, Costa Rica, Panamá, América del Sur).

En América del Sur se refieren algunas sub especies, pero la relación entre estas no está clara con respecto a *T. nigrinus* (Shalk y Jones, 1985; Talekar, 1987; Jansson *et al.*, 1991 y Capineira, 2001). Por su parte Arnett *et al.* (2002) señalaron que las sub especies de *T. nigrinus* necesitan una reevaluación.

En el caso de Brasil las sub especies referidas son: *Typophorus nigrinus* versutus (Lefevre) (Boff *et al.*, 1992; Goncalves 1997; Fontana y Montes, 2004); *T. nigrinus nitidulus* (F.) y *T. nigrinus viridicyaneus* (Crotch) (Chalfant *et al.* 1990; Fernández, 1991). Para Jamaica, Jackson *et al.* (1999) citó a *T. nigrinus viridicyaneus*. Esta última sub especie fue mencionada por Jansson *et al.* (1991) en Argentina, donde también Marti (2010) informó a *T. nigrinus nitidulus*. En México y América del Norte, Riley *et al.* (2003) informaron a *Typophorus nigrinus nigrinus* (F.), *Typophorus nigrinus chalceus* (Lefevre) y a *T. nigrinus viridicyaneus*.

Bechyne (1953) señaló la existencia de 12 sub especies de *T. nigrinus*; sin embargo, esta especie ha sido informada en diferentes países por varios autores, sin que especifiquen una sub especie en particular como es el caso de: San Vicente (Fennah, 1947); México (Brannon, 1938; Flowers y Janzen, 1997); Venezuela

(Ramírez, 1985 y Talekar, 1987); Estados Unidos (Branon, 1938; Peairs y Davison, 1956; Cuthbert, 1967; Chaflant *et al.*, 1990; Capineira, 2001 y Arnett *et al.*, 2002); Argentina (Jansson *et al.*, 1991; Martí 2002); Jamaica (Lawrence *et al.*, 1997; Jackson *et al.*, 2003 b); Brasil (Goncalves, 1997); Guatemala (Flowers y Janzen, 1997); Costa Rica y Panamá (Flowers y Janzen, 1997) y Perú (Cañedo, 2004).

En Cuba *T. nigrinus* fue informado por primera vez, por Vázquez (1979) afectando el follaje del boniato; posteriormente Castellón *et al.* (2004 a) informaron daños en las raíces tuberosas ocasionados por las larvas de esta especie, a partir de los años 2002-2003 en que estos se comenzaron a observar de forma progresiva en diferentes regiones del país, los que no invalidaron a la raíz para su consumo como lo hace *C. formicarius*, pero si redujeron el valor comercial a la producción.

2.6. Plantas hospedantes

Con relación a las plantas hospedantes de *T. nigrinus*, existen diversos criterios. Cuthbert (1967) se refirió específicamente a *Convolvulus arvensis* L. y a especies silvestres del género *Ipomoea*. Por su parte Chittenden (1925), señaló que el rango de hospedantes de *T. nigrinus* está restringido a la familia Convolvulaceae, y León (1999) informó a *Typophorus* spp. en calabaza en Costa Rica.

En Cuba Marrero (2005) informó a *T. nigrinus* en las siguientes variedades de frijol de soya: 'IS-27', 'IS-24', 'CS-23' y 'Doko', comunicando que este constituye un hospedante primario del complejo de crisomélidos. Este grupo insectil se encuentra representado en todas las regiones frijoleras por una o varias especies; sin embargo los daños más frecuentes ocurren en los trópicos secos y húmedos.

2.7. Manejo de *T. nigritus*

Los insectos del boniato son fáciles de controlar con técnicas de manejo integrado (Jackson *et al.*, 2004). En Jamaica, estas prácticas demostraron que se pueden reducir las pérdidas y se enfatizó en algunas medidas para disminuir la incidencia de las plagas del suelo como fue el caso de *T. nigritus*, la cual provocó afectaciones que redujeron la calidad de los rendimientos en más de un 80%, según estudios realizados por Hall-Hanson *et al.* (2010).

Dentro de las prácticas de manejo de *T. nigritus*, Jackson *et al.* (2004) le concedieron gran importancia al control cultural, en el que se incluyeron: la preparación del suelo, rotación del cultivo, selección del material de propagación y destrucción de los restos de cosecha.

King y Saunders (1984) refiriéndose también a las prácticas culturales, manifestaron que *T. nigritus* tiende a ser más importante en la tierra mal preparada y enmalezada, y aseguraron que estas medidas fueron necesarias en la prevención de los daños causados por estos crisomélidos. Con la eliminación de los arvenses y arando profundo para eliminar huevos, larvas y pupas, estos autores lograron disminuir las poblaciones del insecto.

Es de vital importancia que no se realice la plantación de campos colindantes, para poder minimizar los daños causados por *T. nigritus*. Con respecto a este tema Chung (2004) afirmó, que en Jamaica las poblaciones de esta especie se elevaron, cuando las plantaciones se encontraron cercanas unas de las otras.

En Argentina, Marti (2002) refirió que la rotación de cultivos y la cosecha oportuna, constituyen elementos para el manejo de *T. nigritus*, que se deben implementar para

alcanzar cosechas con calidad. Este autor recomendó no plantar boniato en un período de dos años, en lotes donde ha sido comprobada la presencia del insecto en años anteriores y a su vez apuntó, que las cosechas tardías incrementaron las poblaciones de esta plaga en el suelo.

El empleo de cultivos intercalados es otra práctica que ha manifestado buenos resultados en la disminución de las afectaciones ocasionadas por *T. nigritus*. En Cuba, Suris *et al.* (1995) demostraron que el daño causado por *T. nigritus* y *C. formicarius*, es mucho menor en parcelas con maíz intercalado, que en aquellas donde solo se plantó boniato.

Otro aspecto que debe ser considerado en el manejo de esta especie, es el relacionado con el empleo de variedades resistentes. Por tal motivo Jackson *et al.* (2002a), hicieron énfasis en que la incorporación de líneas mejoradas en los programas actuales de fitomejoramiento, puede ser un acercamiento práctico y barato para el control de *T. nigritus*. En este sentido Jones *et al.* (1986); Schalk *et al.* (1991); Talekar (1991); Collins *et al.* (1991); Schalk y Rolston (1992) destacaron los esfuerzos que se han realizado para obtener clones resistentes a las plagas del suelo, como una práctica que contribuye a la erradicación de las mismas.

Con relación al empleo de plaguicidas biológicos y químicos en el manejo de *T. nigritus*, Schalk y Rolston (1992); Lawrence y Tolin (1999); Jackson *et al.* (2003 a) y Jackson *et al.* (2004) no descartaron el empleo de los mismos para diseñar una estrategia que permita el control de esta plaga. A nivel mundial la lucha biológica ha tenido éxito en el manejo de numerosas plagas y el número de especies bajo control total o parcial ascendió a más de 200 (Morales, 2005). En nuestro país se han

obtenido resultados alentadores con el empleo de hongos entomopatógenos (Pérez, 2004) y se aplican micoinsecticidas a base de esos hongos para el control de plagas de coleópteros, lepidópteros, y otro grupo de insectos (López, 1996). Sin embargo, en la literatura internacional consultada, no existen referencias relacionadas con la introducción de la lucha biológica en el manejo de *T. nigritus*.

Históricamente el control de las plagas en el boniato ha contado con la aplicación de insecticidas químicos, a pesar de lo caro e inestable y de las contaminaciones que provoca al ambiente; sin embargo, en algunos casos pueden proveer adecuada protección a las raíces y disminuir las pérdidas ocasionadas por los insectos, sobre todo, en países de bajos ingresos según lo refiere Lawrence *et al.* (1997). Por su parte Marti (2002) recomendó emplear insecticidas incorporados al suelo para el control de *T. nigritus*.

Según lo referido anteriormente, las prácticas que se emplean para el manejo de *T. nigritus* en países de la región, son similares a las referidas por varios autores (Kairo *et al.*, 2000; Jackson, 2000; Lawrence *et al.*, 2001; Tolin *et al.*, 2001) para el manejo de *C. formicarius*, todo lo cual contribuirá a la disminución de las poblaciones de estos insectos y a obtener cosechas con mayor calidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el período comprendido entre noviembre de 2004 y septiembre de 2009 en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en el municipio de Santo Domingo provincia de Villa Clara, y en diferentes provincias del país, de donde se tomaron muestras de suelo y se realizaron algunas de las observaciones aquí descritas. Para todos los experimentos de campo se emplearon parcelas con cinco surcos de 20 plantas cada uno, plantadas a una distancia de 0,90 x 0,30m para la época de primavera y de 0,90 x 0,23m para la época de frío. La plantación se realizó sobre un suelo Pardo mullido carbonatado según la clasificación de la Academia de Ciencias de Cuba (Hernández *et al.*, 2005). En todos los experimentos, el diseño consistió en un bloque al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron las plantas de los tres surcos centrales, a excepción de las primeras y últimas con vistas a eliminar el efecto de borde.

La tecnología para la realización de las actividades de campo se desarrolló según lo establecido en el Instructivo Técnico del Boniato (Cuba, 2007).

La comparación de los datos en cada uno de los experimentos de campo, se realizó mediante las pruebas no paramétricas de *Kruskal Wallis* y de *Mann Whitney*. Se utilizó el paquete estadístico Statistic SPSS (*Packaged for Social Science*), Versión 18 para ambiente de Sistema Operativo *Windows*.

3.1. Identificación y alcance del problema

En el período comprendido entre febrero de 2006 hasta diciembre de 2007, se realizó una encuesta en 120 de los 159 municipios que plantan el boniato en Cuba, con el objetivo de determinar el alcance del problema objeto de estudio.

En el diseño de la encuesta (Anexo 1) fueron evaluados cuatro aspectos generales, relacionados los dos primeros con las características de la forma organizativa de la producción y del cultivo propiamente. Los dos restantes se intencionaron para conocer las particularidades de la tecnología empleada en la producción de boniato y la representatividad de los daños provocados por la plaga en las raíces tuberosas.

En los municipios de las provincias de la zona oriental del país se realizaron 200 encuestas (33,33%); en las provincias centrales ésta fue aplicada a 225 productores (37,5%) y 175 de los encuestados brindaron información en la zona occidental lo que significó el 29,16% del total.

Se emplearon cinco formularios por municipio a productores individuales no asociados), cooperativistas, jefes de producción de Unidad Básica de Producción Cooperativa y de empresas estatales así como, a especialistas de las entidades de producción o de Sanidad Vegetal, resultando una muestra de 600 personas encuestadas (Tabla 2. Anexo 2).

Se aplicó una técnica estadística multivariada, (los árboles de decisión o clasificación), con modelos que resumen el efecto de las variables más importantes y de sus interacciones (Casas *et al.*, 2008). Se utilizó la técnica de segmentación CRT (*Classification and Regresión Tree*), la que divide el conjunto de datos en segmentos

que sean lo más homogéneos posibles con respecto a la variable dependiente. Se empleó el paquete estadístico SPSS versión 18 sobre Windows.

3.2. Aspectos de la biología

3.2.1. Duración del ciclo biológico de *T. nigrilus* en condiciones de laboratorio

El estudio se realizó en dos períodos del año (noviembre/ 2005–febrero/ 2006) y (mayo-julio/ 2006), en el laboratorio de Entomología del INIVIT, con el objetivo de evaluar la duración del ciclo biológico de *T. nigrilus*.

Se emplearon bandejas de aluminio de 20 cm de largo x 15 cm de ancho y cinco centímetros de alto, a las que se les añadieron 2818,1 gramos de suelo Pardo mullido carbonatado, el cual fue esterilizado a 105 °C durante 24 horas en estufa. En cada bandeja se plantó un esqueje previamente enraizado de 25cm de largo perteneciente al clon de boniato ‘CEMSA 78-354’ y una raíz tuberosa del mismo clon con un peso de 230 gramos (Figura 1), a la que se le añadieron 635 mL de agua con lo que se logró la humedad necesaria en el suelo y una capacidad de campo aproximada al 80% según lo referido por Machado (2005).



Figura 1. Bandejas empleadas para los estudios relacionados con el ciclo biológico de *T. nigrilus*.

Para mantener la humedad se emplearon cuatro bandejas en similares condiciones, y se pesó (g.) el suelo húmedo en el momento de plantar el esqueje, actividad que se

repitió cada cinco días para determinar por diferencia de peso (g.), la cantidad de agua a reponer en cada bandeja.

Se emplearon 10 placas Petri de 14,0 cm de diámetro y con papel de filtro en su base, se colocaron cinco parejas del insecto en cada una de estas y se les suministraron dos hojas de boniato para su alimentación.

Para determinar la duración del estado de huevo, una vez que las hembras comenzaron a ovipositar, se observó diariamente con el auxilio de una lupa de 20 aumentos, hasta que en un mismo día coincidieran puestas nuevas que entre todas sumaran 1365 y 1550 huevos o más (dependiendo del período evaluado), para que una vez finalizado el estado de huevo, se contara con la cantidad de larvas necesarias para continuar el estudio.

Las puestas fueron recortadas del papel de filtro, y se depositaron de forma individual en orificios de 500 microlitros de volumen contenidos en una placa de 12,3 x 8,0 cm. Con el auxilio de una lupa de 20 aumentos se evaluó diariamente el número de larvas que eclosionaron.

Partiendo de observaciones anteriores realizadas en laboratorio a parejas del insecto, se precisó el sitio de oviposición de *T. nigritus*, por lo que las larvas nacidas en igual fecha fueron inoculadas con el auxilio de un pincel, en el suelo próximo a la base del esqueje, en un número de 20 larvas por bandeja. Se emplearon cuatro bandejas por réplica y cada réplica se desechó una vez concluida la evaluación correspondiente.

Para determinar la duración del estado de la larva, en el período correspondiente entre los meses de mayo a julio, se realizaron las evaluaciones cada 10 días y hasta

los 40 días. En el período que abarcó los meses desde noviembre – febrero se evaluó durante 60 días con una frecuencia de 15 días entre cada evaluación. Se procedió de esta forma, según observaciones anteriores realizadas en el laboratorio, las que reflejaron que la formación de la pupa sucedía posterior a los 40 y 60 días en dependencia de los meses del año.

A partir de las fechas anteriormente referidas, las evaluaciones fueron diarias hasta la formación de la pupa en cada período evaluado.

Para determinar la duración del estado de pupa, las cuatro bandejas de la última réplica, se colocaron en cajas de madera con tapa de malla antiáfido. Se evaluó diariamente la emergencia de los adultos, estos fueron colectados y trasladados al laboratorio de taxonomía de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas para su sexado.

La temperatura y la humedad relativa del laboratorio se registraron a través de un higrotermógrafo (Fisher) (Alemania).

Los datos relacionados con la duración del ciclo biológico del insecto se procesaron mediante la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

3.2.2. Oviposición y longevidad de adultos de *T. nigrítus* en condiciones de laboratorio

Los estudios sobre oviposición y longevidad de *T. nigrítus* se realizaron en el laboratorio de Entomología del INIVIT en dos períodos del año. El relacionado con la oviposición comprendió los meses entre noviembre de 2004-febrero de 2005 y abril-septiembre de 2005. Los estudios concernientes a la longevidad de los adultos se efectuaron desde noviembre 2004- abril de 2005 y entre abril -noviembre de 2005.

Se emplearon 20 parejas de insectos vírgenes, provenientes de una cría del laboratorio con igual fecha de emergencia. Esta cría se realizó en bandejas similares a las descritas en el epígrafe 3.1.1, en las que el insecto completó su ciclo de vida. Se introdujo una pareja de insectos por placa Petri de 14 cm de diámetro, con papel de filtro en su base para coleccionar los huevos una vez iniciada la oviposición. El papel de filtro se cambió en días alternos, al igual que las dos hojas de boniato suministradas para la alimentación de los insectos hasta el día de su muerte.

La temperatura y la humedad relativa del laboratorio se registraron a través de un higrotermógrafo (Fisher) (Alemania).

Las observaciones se realizaron diariamente y en las mismas se determinó:

- Inicio de la oviposición. Cuantificación del número de días después del acoplamiento hasta que se observaron las primeras puestas.
- Días de oviposiciones. Cuantificación del número de días en que ocurrieron oviposiciones.
- Total de huevos. Se cuantificó el número de huevos recién ovipositados.
- Fertilidad de huevos. Cuantificación del número de huevos de los cuales emergieron larvas.
- Número máximo y mínimo de huevos por puesta. Cuantificación del total de huevos en cada puesta.
- Longevidad de los adultos. Cuantificación en días en la vida del insecto desde la emergencia hasta su muerte.

Los datos relacionados con todas las evaluaciones realizadas se analizaron mediante la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*.

3.3. Descripción de los estados de desarrollo

Las observaciones sobre las puestas de huevos, hábitos de las larvas y las relacionadas con las pupas se realizaron en el laboratorio de Entomología del INIVIT, en crías que se mantenían con diferentes propósitos.

Los instares larvales se identificaron considerando las recién emergidas como el primer instar y las que tenían 45 días como el tercer instar, así como larvas de edades intermedias el segundo instar. A las larvas de estas categorías se les midió el ancho de la cápsula cefálica y la longitud del cuerpo.

Los huevos se describieron en base a sus dimensiones y coloración, y la descripción de las pupas solamente con relación a este último aspecto.

Los adultos estudiados fueron colectados en las fincas de agricultores en las diferentes provincias del país, se conservaron en frascos con alcohol al 70% y posteriormente se realizó la medición del cuerpo.

Las observaciones y mediciones (expresadas en milímetros) de los diferentes estados de desarrollo, se realizaron con un ocular micrométrico debidamente calibrado y montado en un microscopio clínico y aumentos adecuados, en el Laboratorio de Taxonomía de Insectos de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

3.4. Descripción de las lesiones y daños producidos a las plantas de boniato

Para describir las lesiones realizadas en el follaje de las plantas de boniato, se prepararon cinco placas Petri de 14 cm de diámetro, donde se colocaron dos parejas de adultos recién emergidos. Se emplearon dos hojas de boniato del clon 'INIVIT B

98-2' (tierna y madura) para su alimentación. Estas se examinaron por espacio de cuatro días, con el auxilio del microscopio estereoscopio.

De forma paralela se realizaron observaciones a los 63 días, en una hectárea plantada del clon de boniato 'CEMSA 78-354', con vistas a obtener material de propagación ubicada en áreas del Complejo Agro Industrial "Carlos Baliño" del municipio Santo Domingo", provincia Villa Clara donde fueron visibles daños de consideración. Se cuantificó el número de adultos por planta y se describieron las lesiones realizadas por estos al follaje.

Para determinar si las lesiones observadas en la raíz tuberosa en condiciones de campo fueron provocadas por larvas de *T. nigrinus*, se procedió a realizar muestreos de suelo en municipios de la región Occidental (Los Palacios, La Palma, Artemisa, Batabanó, Caimito, Colón); Central (Placetas, Remedios, Fomento, Santi Spíritus, Cabaiguán, Venezuela) y Oriental del país (Florencia, Minas, Camagüey, Majibacoa, Rafael Freyre, Bayamo, Campechuela, Songo la Maya, San Luis, Guantánamo y Manuel Tames).

De cada localidad se tomaron tres muestras de suelo pertenecientes a diferentes campos, en la zona que ocuparon las raíces tuberosas hasta una profundidad de 20 centímetros. El suelo se tamizó para coleccionar las larvas. Se inocularon las larvas procedentes de la misma localidad, en bandejas (30 cm de largo x 20 de ancho y cinco de alto) con suelo Pardo mullido carbonatado previamente esterilizado, donde se plantó un esqueje y dos raíces tuberosas sanas, las que se emplearon como fuente de alimentación. Las observaciones a las raíces tuberosas se realizaron una vez que emergieron los adultos.

Para determinar las lesiones que provocaron las larvas a los esquejes de boniato, se emplearon cuatro bandejas similares a las descritas anteriormente plantadas con un esqueje del clon 'CEMSA 78-354', y se colocaron 30 larvas recién eclosionadas en cada una de estas. Las observaciones se realizaron a los 45 días.

3.5. Respuesta de clones comerciales y promisorios de boniato ante la incidencia de *T. nigritus*

En el período comprendido entre junio de 2006 y marzo de 2009, se evaluó la respuesta ante la incidencia de *T. nigritus* de siete clones promisorios con alto potencial productivo ('INIVIT B-240', 'INIVIT B-9', 'INIVIT BS-3', 'INIVIT BS-20', 'INIVIT BS-9', 'INIVIT BS-12' e 'INIVIT BS-22') provenientes del programa de mejoramiento genético del INIVIT y cinco clones comerciales ('CEMSA 78-354', 'INIVIT B-98-2', 'INIVIT B-98-3', 'Avileño 3', e 'INIVIT B-2- 2005' (Cuba, 2007). Al momento de la cosecha se evaluaron los siguientes aspectos:

- Grado de ataque (%). Para determinar el grado de ataque se empleó la escala propuesta por Castellón *et al.*, (2004 b), en la que se evaluó el daño en la superficie de la raíz tuberosa a causa de que este solo se expresa externamente.

Escala de daños:

Grado

- | | |
|---|--|
| 1 | 1 – 25 % de la superficie de la raíz tuberosa con lesiones |
| 2 | 26 – 50 % de la superficie de la raíz tuberosa con lesiones. |
| 3 | 51 -75 % de la superficie de la raíz tuberosa con lesiones. |
| 4 | más de 75 % de la superficie de la raíz tuberosa con lesiones. |

Para evaluar el grado de ataque se empleó la fórmula de Townsend y Heuberger (1943) descrita a continuación.

$$\text{Grado de ataque} = \frac{\sum (ab)}{nk} \times 100$$

Donde:

- a. Valores numéricos de las categorías de daños (índice de la escala).
 - b. Cantidad de raíces tuberosas por categorías de daño.
 - n. Cantidad total de raíces tuberosas evaluadas.
 - K. Grado máximo de la escala.
- Rendimiento comercial. Número de raíces tuberosas con peso mayor de 115g. como establece la NCISO 874:03 para la comercialización del boniato en el país (MINAG, 2005a).
 - Pérdidas de rendimiento comercial. Número de raíces tuberosas de 115 gramos de peso, con lesiones superiores al 25% de la superficie de la raíz tuberosa.

En los campos del INIVIT se implementó el Manejo Integrado de *C. formicarius* y específicamente en los extremos del área experimental donde se realizó esta investigación, se colocaron trampas de feromona sexual y se realizaron aplicaciones localizadas alrededor de las mismas con Amidor CS 60 (Metamidofos) con frecuencia semanal, para de esta forma controlar los insectos que acuden a la trampa y minimizar la afectación que esta plaga ocasiona al boniato.

Las variables meteorológicas fueron suministradas por la Estación de Agrometeorología del INIVIT, ubicada a 80 metros del área experimental.

3.6 Susceptibilidad de larvas, pupas y adultos de *T. nigritus* a los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok y *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill en condiciones de laboratorio

3.6.1. Susceptibilidad de larvas y pupas a los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana*

Para la realización del presente estudio se emplearon los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* (Cepa Ma-11) (concentración $2,5 \times 10^9$ conidios por gramo, viabilidad 95,5%) y *B. bassiana* (Cepa Bb-1) (concentración $3,5 \times 10^8$ conidios por gramo y viabilidad 92,6%). Ambos fueron adquiridos en la Unidad Provincial de Control Biológico de la provincia de Sancti Spíritus.

En el presente experimento se emplearon las siguientes concentraciones para cada hongo entomopatógeno:

- 50 000 conidios por gramo de suelo (3×10^8 conidios por recipiente).
- 100 000 conidios por gramo de suelo (6×10^8 conidios por recipiente).
- 150 000 conidios por gramo de suelo (9×10^8 conidios por recipiente).
- 200 000 conidios por gramo de suelo ($1,2 \times 10^9$ conidios por recipiente).
- 250 000 conidios por gramo de suelo ($1,5 \times 10^9$ conidios por recipiente).

Se concibió un tratamiento control con igual cantidad de insectos a los que se les asperjó agua estéril.

La aplicación de las concentraciones se realizó sobre 6,0 kg de suelo Pardo mullido carbonatado extendido sobre papel Craft previamente esterilizado a 105°C durante 24 horas en estufa.

El suelo correspondiente a cada tratamiento una vez inoculado, se introdujo en cantidades de 355 gramos en placas Petri de 14 cm de diámetro y 3,5 cm de alto, y se le añadieron 79,1 mL de agua para garantizar una humedad aproximada al 80% de la capacidad de campo, según lo referido por Machado (2005).

En cada placa Petri se adicionaron cinco larvas del último instar y cinco pupas con tres días de formadas, obtenidas de crías realizadas en el laboratorio (según lo descrito en el acápite 3.2.2), sin síntomas visuales de parasitismo. Cada tratamiento se replicó cinco veces y como criterio para determinar la concentración a emplear en condiciones de campo del hongo entomopatógeno se seleccionó la que produjera más de un 90% de mortalidad.

Se observó diariamente y hasta las 192 horas, para detectar signos de parasitismo en larvas y pupas. Una vez determinados estos signos, los insectos fueron trasladados a placas Petri de 8,5 cm de diámetro, con papel de filtro doble y humedecido en el fondo (previamente esterilizado a 120°C durante 10 minutos en autoclave), para favorecer la aparición de los cuerpos reproductores del hongo. Cuando estos aparecieron se realizaron las preparaciones fijas en el Laboratorio de Fitopatología del INIVIT, para comprobar la identidad de los mismos.

La comparación de los valores relacionados con el número de insectos muertos se realizó mediante las pruebas de *Kruskal Wallis* y *Mann-Whitney*.

3.6.2. Susceptibilidad de adultos de *T. nigritus* a los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*

Para la realización del presente estudio se emplearon los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* (Cepa Ma-11) (concentración $3,5 \times 10^9$ conidios por gramo, viabilidad

95,7%) y *B. bassiana* (Cepa Bb-1) (concentración $2,1 \times 10^9$ conidios por gramo y viabilidad 92,6%). Ambos fueron adquiridos en la Unidad Provincial de Control Biológico de la provincia de Sancti Spíritus.

En el presente experimento se emplearon las siguientes concentraciones para para cada hongo entomopatógeno:

- 1×10^7 conidios·mL⁻¹.
- 1×10^8 conidios·mL⁻¹.

Se realizó un tratamiento control con igual cantidad de individuos al que se aplicó agua estéril.

Se emplearon diez adultos por cada tratamiento (cinco hembras y cinco machos) con 16 días de emergidos provenientes de una cría en laboratorio (según lo referido en el acápite 3.2.2). Estos fueron colocados en placas Petri de 14 cm de diámetro con papel de filtro previamente esterilizado a 120°C durante diez minutos en autoclave. Como alimento se suministró una hoja de boniato del clon 'CEMSA 78-354'.

La suspensión acuosa de conidios del hongo se asperjó sobre los adultos a razón de cinco mililitros por placa. Las observaciones se realizaron cada 24 horas para detectar la aparición de insectos enfermos, los que fueron colocados en placa Petri de 8,5cm de diámetro con papel de filtro humedecido, para favorecer la aparición de los cuerpos reproductores del hongo. Se evaluó la mortalidad de larvas y pupas, se realizaron las preparaciones fijas y se corroboró la identidad de los mismos y como criterio para determinar la concentración a emplear en condiciones de campo del agente biológico se seleccionó la que produjera más de un 90% de mortalidad.

Se empleó el procedimiento estadístico referido en el acápite 3.6.1

3.7 Susceptibilidad de larvas y pupas de *T. nigritus* al nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis indica* Poinar en condiciones de laboratorio

Con larvas de *Galleria mellonella* (Linn) (Lepidoptera: Pyralidae) infestadas con el nematodo entomopatógeno *H. indica* (cepa P₂M) que provenían del CREE “Luis A. Bergnes” del MINAZ Villa Clara, se preparó la suspensión primaria 24 horas antes de realizar el estudio, a partir de la cual se calcularon las concentraciones iniciales y se utilizaron las fórmulas citadas por (Woodring y Kaya, 1988):

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

Donde:

N= Promedio de nematodos por sub muestra al microscopio.

M= Mililitros de la sub muestra.

S= Concentración (nematodos por mililitro) en la solución madre.

X+1= Dilución realizada.

Para preparar las soluciones con las concentraciones deseadas a partir de la suspensión primaria, se empleó la fórmula siguiente citada por los autores anteriores:

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

Donde:

A= Volumen inicial de la suspensión que se desea diluir.

B= Número de nematodos por mL de esta suspensión.

C= Volumen final en mL de la nueva dilución.

D= Concentración deseada en la nueva dilución.

Con los valores obtenidos de C se realizaron las aplicaciones.

Se establecieron las siguientes concentraciones de juveniles infestivos por cada 0,25kg de suelo (ij_3 .suelo⁻¹): 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200, 1350, 1500 y un tratamiento control con igual cantidad de insectos al que se le aplicó agua estéril. Se realizaron cinco repeticiones por cada una de estas.

Las concentraciones fueron asperjadas a 0,25kg de suelo Pardo mullido carbonatado previamente esterilizado, que se situó en recipientes plásticos de 8,5cm de diámetro por 7,5cm de altura, los que contenían una raíz tuberosa de boniato (90 -100g.). En estos recipientes y a dos centímetros de profundidad, se colocaron cinco larvas de tercer instar y cinco pupas del insecto, con dos días de formadas, procedentes de una cría de laboratorio (según lo referido en el acápite 3.2.2), para ser infestadas con los ij_3 . Las observaciones se realizaron a partir de las 24 horas de inoculados los nematodos entomopatógenos y hasta las 96 horas, y se evaluó la mortalidad de las larvas y pupas.

Transcurridos diez días, los individuos que presentaron los signos de mortalidad, se transfirieron a trampas *White* modificada según Salas-Luévano (2001), para la extracción de los ij_3 de los cadáveres. Este experimento se repitió con el empleo de los ij_3 emergidos y cosechados para comprobar la efectividad de los mismos sobre *T. nigrinus*.

Se empleó el procedimiento estadístico empleado en el acápite 3.6.1

La determinación de la concentración letal media se realizó con el modelo de Probit, propuesto por Raymond (1985).

3.8. Evaluación de plaguicidas químicos y biológicos para el control de *T. nigritus* en condiciones de campo

3.8.1. Efectividad de las aplicaciones

Para desarrollar estos estudios se ejecutaron tres experimentos en el período comprendido entre junio de 2007 y septiembre de 2009. En el primero se ensayaron productos para el control de larvas y pupas en el suelo. El segundo se dirigió al control de adultos en el follaje y en el tercero se combinaron las aplicaciones al suelo con las realizadas al follaje. Las concentraciones correspondientes a los hongos y nematodos entomopatógenos se establecieron según los resultados en los ensayos de laboratorio referidos en el acápite 3.6. Los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* fueron adquiridos en la Unidad Provincial de Control Biológico de Sancti Spíritus, con su certificado de calidad (Tabla 3, Anexo 3). Los nematodos provenían del CREE “Luis A. Bergnes” del MINAZ Villa Clara.

En todos los experimentos se plantó el clon ‘INVIT B 98-2’.

Experimento #1. Aplicaciones al suelo: Los tratamientos fueron los siguientes:

1. *B. bassiana* aplicada en el fondo del cantero en el momento de la plantación.

Concentración: 250 000 conidios por gramo de suelo (52,7 gramos por parcela en 5L de agua ($11,07 \times 10^{10}$ conidios por parcela).

2. *M. anisopliae* aplicado en el fondo del cantero en el momento de la plantación.

Concentración: 200 000 conidios por gramo de suelo (25,3 gramos por parcela en 5L de agua) ($8,86 \times 10^{10}$ conidios por parcela).

3. *H. indica* aplicado en el fondo del cantero al momento de la plantación y a los 40 días. Concentración: 797 760 ij₃ por parcela (368mL por parcela en 5L de agua).

4. *H. indica* aplicado en el fondo del cantero en el momento de la plantación y a los 40 días. Concentración: 2 659 200 ij₃ por parcela (1 220mL por parcela en 5L de agua).

5. *H. indica* aplicado a los 40 días de la plantación. Concentración: 2 659 200 ij₃ por parcela (1 220mL por parcela en 5L de agua).

6. Control sin aplicación.

La concentración de nematodos fue de 2 160 000 ij₃ por litro de biopreparado.

Experimento #2. Aplicaciones al follaje.

Este experimento incluyó un plaguicida químico como estándar (Carbarilo) y los tratamientos fueron los siguientes:

1. Thiacloprid, Beta-Cifluthrin (Monarca 11,25 SE), a razón de 1,0L de producto comercial por hectárea (2,56mL por parcela en 5L de agua).

2. *B. bassiana*. Concentración: 1×10^7 conidios por mililitro, en una solución final de 5L por parcela (5×10^{10} conidios por parcela).

3. *M. anisopliae*. Concentración: 1×10^7 conidios por mililitro, en una solución final de 5L por parcela (5×10^{10} conidios por parcela).

4. Carbarilo (Carbaryl PH 80), a razón de 1,7 kg de ingrediente activo por hectárea (4,4 gramos de ingrediente activo por parcela en 5L de agua).

5. Control sin aplicación.

Experimento #3. Aplicaciones al suelo y al follaje:

Este experimento se realizó en el período comprendido entre el 2 de mayo de 2008 y el 17 de septiembre de 2009, el que abarcó las dos épocas de plantación del boniato.

Las concentraciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en aplicaciones al suelo por cada tratamiento, se reflejan en las Tablas 4 y 5, Anexos 3 y 4; las referentes a *H. indica* aparecen en la Tabla 6, Anexo 4.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. *B. bassiana* aplicada en el fondo del cantero en el momento de la plantación y en aplicaciones al follaje con una concentración de 1×10^7 conidios por mililitro en una solución final de 5L por parcela (5×10^{10} conidios por parcela).
2. *M. anisopliae* aplicado en el fondo del cantero en el momento de la plantación y en aplicaciones al follaje con una concentración de 1×10^7 conidios por mililitro, en una solución final de 5L por parcela (5×10^{10} conidios por parcela).
3. *H. indica* aplicado en el fondo del cantero en el momento de la plantación, y posteriormente a los 40 días ($797\ 760\ \text{ij}_3 \cdot \text{parcela}^{-1}$), más aplicación al follaje con Thiocloprid, Beta-Cifluthrin (Monarca 11,25 SE) a razón de 1,0L de producto comercial por hectárea (2,56mL por parcela en 5L de agua).
4. *H. indica* aplicado a los 40 días ($2\ 659\ 200\ \text{ij}_3 \cdot \text{parcela}^{-1}$), más aplicación al follaje con *M. anisopliae* con una concentración de 1×10^7 conidios por mililitro, en una solución final de 5L por parcela (5×10^{10} conidios por parcela).
5. Aplicaciones al follaje con Thiocloprid, Beta-Cifluthrin (Monarca 11,25 SE) a razón de 1,0L de producto comercial por hectárea (2,56mL por parcela en 5L de agua), alternando con Carbarilo (Carbaryl PH 80) a razón de 1,7 kg de ingrediente activo por hectárea (4,4 gramos de ingrediente activo por parcela en 5L de agua).
6. Control sin aplicación.

En todos los casos las aplicaciones al follaje se realizaron a partir de la presencia de dos a tres adultos por planta, según refiere la metodología de Señalización y Pronóstico para los crisomélidos en el cultivo del boniato (MINAG, 2005b). Una vez que estos fueron detectados, las aplicaciones se mantuvieron con una frecuencia quincenal.

Al volumen de hongo a inocular por parcela se le adicionó 0,5% de producto tenso activo. Para la aplicación de los productos se utilizó una Asperjadora Manual (Solo 425 – 475 Kleinmotoren GMBH. Alemania) con capacidad para 15 litros, en el horario entre 5:00 p.m - 6:00 p.m.

Previo a la aplicación de los productos en el suelo, fue necesario calcular la masa del suelo a tratar en un surco, considerando el perfil aproximado del cantero (Cuba, 2007) (Figura 2, Anexo 5).

$$CO = \frac{DE}{CO'}$$

$$CO' = \frac{AB}{CO}$$

Donde:

CO = Profundidad de plantación

CO' = Altura del cantero

DE = Ancho neto del cantero

AB = Ancho total del cantero

$$DE = \frac{AB \times CO}{CO'}$$

A_{DEC} = Área neta a tratar

$$A_{DEC} = \frac{DE \times CO}{2}$$

$$V = A_{DEC} \times L$$

Donde:

V = Volumen del suelo a tratar

L = Largo del surco

$$Ms = V \times \rho$$

Donde:

Ms = Masa del suelo a tratar

ρ = Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente, se siguió la metodología empleada por Bonilla y Cancino (2001).

En los tres experimentos las evaluaciones de los resultados se realizaron al momento de la cosecha (120 días) y se empleó la metodología descrita en el acápite 3.5.

3.8.2. Evaluación de la efectividad económica de los resultados experimentales

La evaluación económica se realizó utilizando el método del Presupuesto Parcial, el que indica que no se incluyen todos los costos de producción, sino sólo los que son afectados por los tratamientos alternativos considerados (CIMMYT, 1988). La misma fuente señala que los costos que varían son los relacionados (por hectárea) con los insumos comprados, mano de obra y maquinaria que cambian de un tratamiento a otro.

La base de cálculo utilizada incluyó los insumos materiales y productos agrícolas (Tablas 7 y 8, Anexo 5).

Se realizaron los análisis necesarios para determinar la efectividad económica de cada tratamiento utilizando la metodología empleada por Maza *et al.* (2008), en la que se simplifica el análisis y se intenciona a la determinación del valor del incremento de la producción, una vez deducido el monto del costo de cada aplicación o tratamiento. Se plantea a partir de la siguiente formulación:

$$E = V_{ipn} - C_t$$

Donde:

E= Efectividad Económica.

V_{ipn} = Valor del incremento de la producción de la variante nueva.

C_t = Costo del tratamiento.

Se tomaron en cuenta los resultados del año 2008 (epígrafe 4.8, Tabla 31), relacionados con el indicador Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) en los diferentes tratamientos.

Se calcularon los costos variables, referidos fundamentalmente a aquellos en que se incurren por concepto de Gastos de Materiales Directos. Se calculó el incremento de

los rendimientos agrícolas con calidad comercial en relación al tratamiento testigo para cada caso, así como su significación en valor. Al valor resultante de cada uno de ellos se le dedujo el monto de gastos por concepto de Gastos de Materiales Directos y se obtuvo la Efectividad económica, lo que permitió la elección del mejor tratamiento desde el punto de vista económico.

3.9. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas y su incidencia en las poblaciones de la plaga

3.9.1. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas

Este estudio se realizó en dos etapas: La primera se ejecutó en el período comprendido entre mayo y noviembre de 2007 y la segunda desde octubre de 2007 hasta abril de 2008.

Se empleó la variedad comercial 'INIVITB 98-2' y se evaluaron cuatro momentos de cosecha: 120, 140, 160 y 180 días, para cada uno de los cuales se plantaron cuatro parcelas con cinco surcos de 20 plantas cada uno, a una distancia de 0,90 x 0,30m para la época de primavera y de 0,90 x 0,23m para la época de frío.

Las evaluaciones se realizaron en el momento en que se realizaron las diferentes cosechas, las que consistieron en determinar:

- Distribución (%). Número de raíces tuberosas dañadas del total cosechado.
- Grado de ataque (%). Se determinó de forma similar a lo descrito en el acápite 3.5.
- Rendimiento comercial. Se determinó de forma similar a lo descrito en el acápite 3.5.

- Pérdidas de rendimiento comercial. Determinado similar a lo descrito en el acápite 3.5.
- Pérdidas económicas. Se valoraron atendiendo a los precios actuales de compra del boniato según el Listado de Precios (MINAG, 2010) que establece el precio del quintal (46 kg) en tres categorías de calidad: 1^{ra} (\$50), 2^{da} (\$40) y 3^{ra} (\$30) para las cosechas que se realicen entre el 1 de enero y el 31 de mayo y calidad: 1^{ra} (\$60), 2^{da} (\$48) y 3^{ra} (\$36) para las cosechas del 1 de julio al 31 de diciembre.

Para evaluar el porcentaje de distribución de raíces tuberosas dañadas se procedió según la fórmula propuesta por Meléndez (2001).

$$D = \frac{n \times 100}{N}$$

Donde: D = % de distribución de raíces tuberosas dañadas.

n = # de raíces tuberosas dañadas.

N = # total de raíces tuberosas evaluadas.

3.9.2. Influencia del momento de cosecha en las poblaciones del insecto

Las evaluaciones se realizaron en cuatro puntos, ubicados a 1,7 metros del centro de la parcela, sobre las dos diagonales en que se dividió la misma y consistieron en determinar el número de larvas y pupas de *T. nigrinus* por m³ de suelo, en prismas de dos metros de largo y medio metro de ancho hasta 10cm de profundidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación y alcance del problema

Los resultados de la encuesta permitieron identificar y determinar el alcance de *T. nigritus* en las áreas donde se planta el boniato en el país. Los aspectos relacionados con la tecnología del cultivo reflejaron que los clones más extendidos en todo el país son el 'CEMSA 78-354' e 'INIVIT B 98-2', lo que se asemeja con lo citado por Maza *et al.* (2008), quienes señalaron la distribución de los mismos en un 90,5 y 77,5% respectivamente. El 67% de los productores obtiene su propia "semilla" y su procedencia en un 62% es de campos en producción, la que es desinfectada con el hongo *B. bassiana* por un 95,4% de los encuestados antes de la plantación, como parte del manejo integrado de *C. formicarius*.

Esta práctica puede ser muy favorable para el control de los adultos de *T. nigritus*, que pueden encontrarse en los esquejes al momento de la plantación.

El 55,8% de los encuestados prefirió plantar el cultivo entre los meses de mayo y agosto, (época del año de mayores precipitaciones) y el 85,31% realizan la cosecha entre los 135 y 150 días de la plantación. Solo el 68,8% posee riego en sus plantaciones.

Se manifestó que todos los encuestados rotan el boniato fundamentalmente con hortalizas, yuca, maíz, frijol, papa y tabaco y en un bajo porcentaje se aplica fertilización química y orgánica (33,94 y 7,33% respectivamente).

Los daños en las raíces tuberosas, fueron reconocidos por productores de 109 municipios, lo que representó un 90,83% del total encuestado.

El problema causado por esta plaga fue identificado antes del año 1989 por el 3,66% de los encuestados y entre 1990-1999 por el 11% de estos. Sin embargo, la mayoría de los productores (76,14%) reconocieron el problema entre el período 2000 - 2007. En esta etapa fue donde se comenzaron a notificar con mayor intensidad los daños en las raíces tuberosas en todo el país (Castellón *et al.*, 2004b). El 9,17% de los encuestados no conocía cuándo estos daños fueron detectados por primera vez en sus campos. Es significativo resaltar que el 42,20% de los productores, se les afectó más del 41,0% del área total, que destinaron a la producción del boniato.

El modelo estadístico del árbol de decisión, mostró que el 63,3% de los municipios presentaron al momento de la cosecha, entre 1-21% de las raíces tuberosas dañadas. Los rangos entre 21-40% y más del 40% de raíces tuberosas con daños, se reflejaron en 35 municipios según los resultados descritos en el Nodo 2 del árbol de decisión y solo cinco municipios del total encuestado, manifestaron no tener conocimiento sobre los mismos (Figura 3).

Al relacionar el porcentaje de raíces dañadas con el momento en que se realizó la cosecha se determinó que de los 64 municipios que cosecharon después de los 135 días, 33 de estos presentaron daños en un rango superior al 21% (Figura 4, Nodo 2). Por el contrario solo en dos de los 45 municipios que se realizaron las cosechas antes de los 135 días, el daño estuvo por encima del 21% (Nodo 1).

% raíces dañadas



Nodo 0		
Categoría	%	n
1-20%	63.3	69
21-40%	15.6	17
mas de 41%	16.5	18
No sabe	4.6	5
Total	100.0	109

Municipio

Valor P corregido=1.000, Chi-cuadrado=137.803, gl=1

Candelaria; San Cristóbal; Consolación; Los Palacios; Mantua; Bahía Onda; San Antonio; Guira; Jaruco; San Nicolás; Batabanó; Mariel; Bejucal; Alquizar; Quivicán; Los Arabos; Matanzas; Colon; Martí; Camajuaní; Placetas; Caibarién; Quemados; Encrucijada; Cruces; Abreus; Aguada; Cumanayagua; Sancti S; Yaguajay; Cabaiguán; Ciro Redondo; Céspedes; Vertientes; Minas; Esmeralda; Sibanicú; Campechuela; Manzanillo; Guisa; BueyArriba; Bayamo; Río Cauto; Cauto Cristo; Niquero; Bartolomé Masó; Puerto Padre; Jesús Menéndez; Colombia; Amancio; Urbano Noris; Frank País; Báguano; Rafael Freire; Cacocum; Sagua de Tánamo; Banes; Songo la Maya; Palma Soriano; Contra Maestre; Mella; Tercer Frente; San Luis; Imías; Manuel Tames; El Salvador; Yateras; Baracoa; San Antonio;

Sandino; Guanés; Pinar del Río; La Palma; Viñales; Guanajay; Güines; Artemisa; Bauta; Melena; Caimito; Santa Cruz; Perico; Pedro B; Jagüey; Santa Clara; Remedios; Manicaragua; Ranchuelo; Rodas; Fomento; Trinidad; Jatibonico; Taguasco; Venezuela; Chambas; P de Enero; Baraguá; Florencia; Ciego de Ávila; Florida; Jimaguayú; Najasa; Camaguey; Jiguanií Majibacoa; Cueto; Segundo Frente; Guantánamo; Niceto Pérez

Nodo 1		
Categoría	%	n
1-20%	100.0	69
21-40%	0.0	0
más de 41%	0.0	0
No sabe	0.0	0
Total	63.3	6

Nodo 2		
Categoría	%	n
1-20%	0.0	0
21-40%	42.5	17
más de 41%	45.0	18
No sabe	12.5	5
Total	36.7	40

Figura 3. Árbol de decisión que identifica el porcentaje de raíces dañadas en cada municipio.

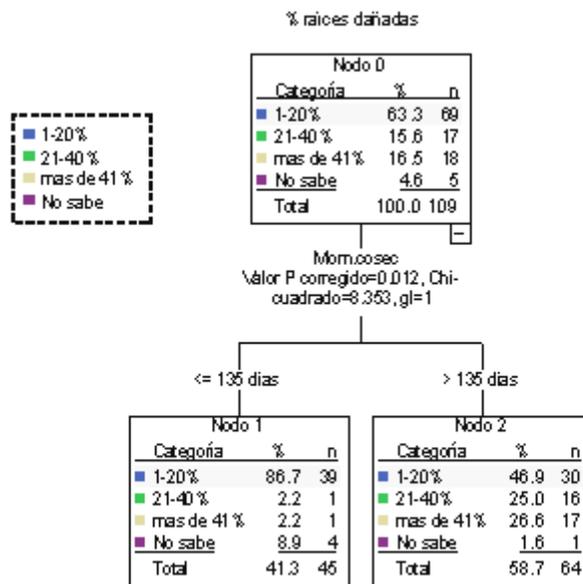


Figura 4. Árbol de decisión que muestra la relación entre el porcentaje de raíces dañadas y el momento de la cosecha.

La época de primavera (marzo–agosto) fue señalada por el 62,38% de los encuestados como el período en que la plaga causó los mayores daños y se informaron como clones más afectados el ‘CEMSA 78-354’ (88,99%) e ‘INIVIT B 98–2’ (71,94%), además del clon ‘Avileño 3’ (16,51%), el que revelaron mayormente los productores de la provincia Ciego de Ávila. Es importante señalar, que los clones con mayores daños se encuentran plantados en la mayoría de las áreas dedicadas al cultivo en el país, lo cual concuerda con lo señalado por los productores encuestados en el presente trabajo. Solo el 9,17% de los productores indicaron a ‘INIVIT B 98–3’ como el menos dañado por este insecto. Además el 92,74% del total de encuestados, expusieron que las producciones afectadas pierden valor comercial.

En los diferentes tipos de suelo se pudieron apreciar los daños en las raíces tuberosas, aunque el 36,69% de los encuestados los refirieron en suelos pardos; el 35,77% los encontró en suelos rojos y el 9,17% identificó el problema en suelos aluviales y arenosos. El 22,01% señaló otros tipos de suelo.

Por otro lado, se logró relacionar el conocimiento de los agricultores sobre el agente causal que provoca el daño con el municipio encuestado. Se determinó según el análisis multivariado, que el 20,2% de los municipios (representado por 110 productores) reconoció a *T. nigritus* como responsable de los daños en las raíces tuberosas al momento de la cosecha. Un porcentaje elevado de municipios le atribuyó el daño a diferentes agentes causales tales como: *C. formicarius*, crisomélidos y larvas del suelo (sin especificar géneros o especies), *E. postfasciatus*, así como a las babosas. El 39,4% de los municipios no tenía conocimiento alguno de cuál pudiera ser la causa de los daños presentados en las raíces tuberosas (Figura 5).

Los resultados del presente trabajo son los primeros realizados en el país, los que contribuyeron a determinar el alcance de esta plaga en las áreas cultivadas con boniato. Se apreció que los daños a las raíces tuberosas son reales, el agricultor percibe el problema y reconoce su importancia, justamente al responder que el producto cosechado pierde valor comercial, lo que concuerda con lo expuesto por Cisneros y Alcázar (2001) y Vázquez (2008) acerca de que cuando coinciden la evaluación técnica con la percepción de los agricultores, se procede a los estudios básicos del problema.

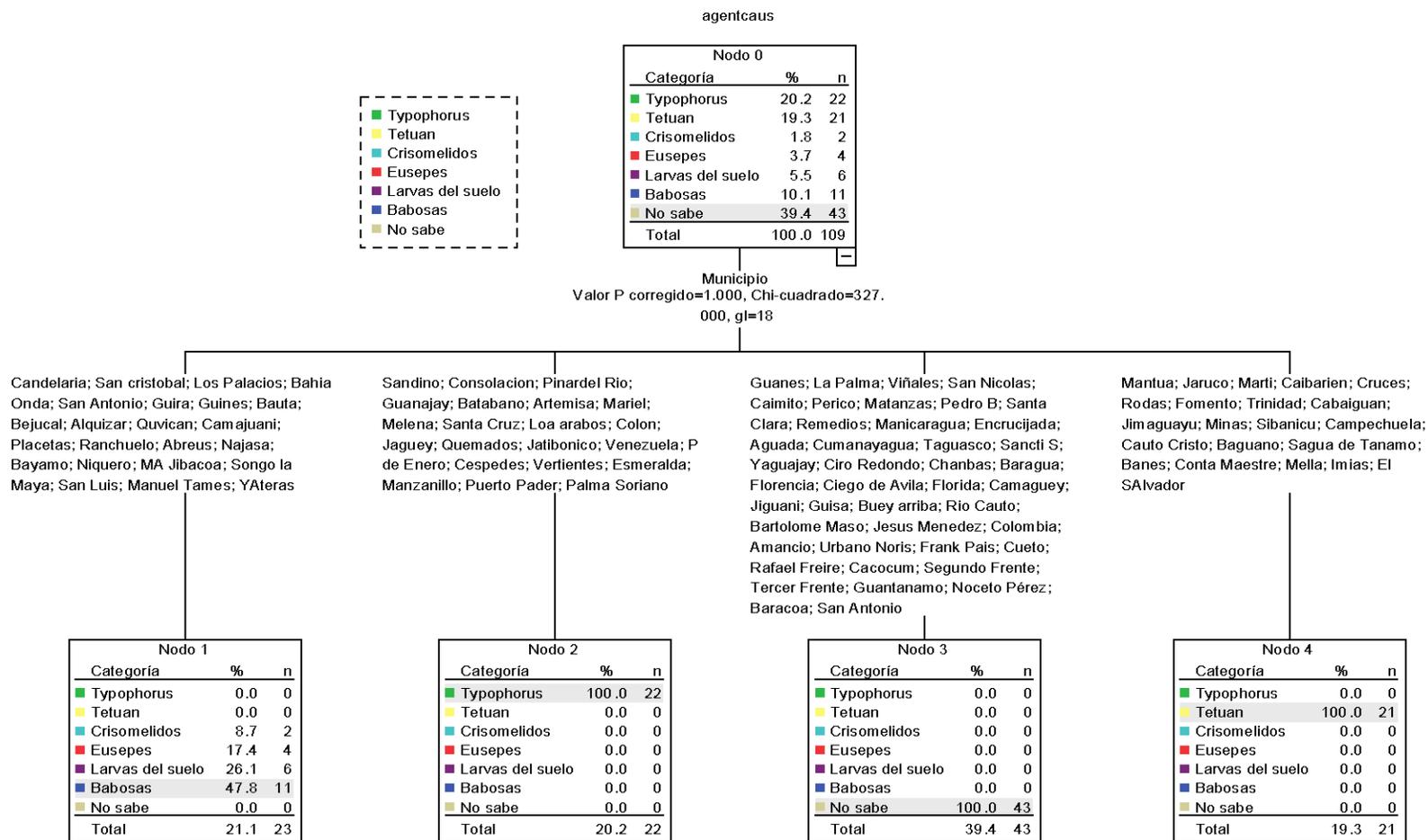


Figura 5. Árbol de decisión para relacionar los agentes causales a los que se les atribuye el daño con los municipios encuestados.

4.2. Aspectos de la biología

4.2.1. Duración del ciclo biológico de *T. nigritus* en condiciones de laboratorio

Se comprobó a partir de este estudio, que el ciclo biológico de *T. nigritus* estuvo influenciado por la temperatura ambiente. Con temperatura promedio de $28,5 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $76 \pm 7,6\%$, comprendida en el período mayo-julio/2006, el ciclo biológico del insecto fue de 64 días, el cual difirió significativamente con los valores alcanzados en el período de noviembre/2005–febrero a $23,0 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $78 \pm 7,5\%$. Los estados de desarrollo de huevo, larva y pupa presentaron mayor duración en el período donde se registraron las temperaturas más bajas. La humedad relativa promedio en el ciclo total del insecto presentó una mínima diferencia entre las épocas estudiadas (Tabla 9).

Tabla 9. Duración (días) de los estados de desarrollo de *T. nigritus* en los dos períodos evaluados.

Estados de desarrollo	mayo-julio/2006				noviembre /2005-febrero/2006			
	Media	Rangos Medios	Temp. (°C)	Humedad Relativa (%)	Media	Rangos Medios	Temp. (°C)	Humedad Relativa (%)
Huevo	7,0	4,50 b	$27,3 \pm 0,3$	$74 \pm 4,5$	12,0	139,00 a	$23,1 \pm 1,1$	$81 \pm 4,0$
Larva	50,0	31,00 b	$29,2 \pm 2,0$	$77 \pm 13,5$	75,0	91,00 a	$22,8 \pm 2,0$	$79 \pm 11,0$
Pupa	7,0	30,00 b	$29,1 \pm 1,2$	$78 \pm 5,0$	10,0	90,00 a	$23,3 \pm 3,4$	$74 \pm 7,5$
Huevo-Adulto	64,0	29,00 b	$28,5 \pm 1,2$	$76 \pm 7,6$	97,0	86,00 a	$23,0 \pm 2,2$	$78 \pm 7,5$

Rangos medios con letras diferentes en una misma fila difieren para $p < 0,05$ según prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Las diferencias encontradas en la duración del ciclo biológico de *T. nigrinus*, pueden estar relacionadas con la temperatura ambiente. Al respecto SANINET (2004), resalta la influencia que ejerció la temperatura en la duración de las fases de larva y pupa de algunas especies de crisomélidos.

En la literatura científica existen pocos trabajos donde se describe la duración del ciclo biológico de *T. nigrinus*. Por ejemplo Santoro *et al.*, (1980) en condiciones de laboratorio, con temperatura ambiente entre $23,2\pm 3,6^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $56\pm 9,4\%$, encontró que el ciclo biológico de *T. nigrinus nitidulus* presentó una duración de 384 días. Este autor determinó que esta especie, demoró 19 días en el estado de huevo y entre 345 - 412 días, desde el inicio de la formación de la larva hasta la emergencia del adulto, a temperatura promedio de $15,8\pm 3,6^{\circ}\text{C}$ para estos dos últimos estados de desarrollo.

El estudio realizado por Niño (1998), sobre los crisomélidos del bosque mesófilo de la reserva de la Biosfera "El Cielo" en México, encontraron que la temperatura ambiente jugó un papel importante en la distribución de las poblaciones de los crisomélidos en el área de estudio. Este autor refirió que fueron encontrados 386 ejemplares de *Typophorus spp*, siendo la primavera la estación más importante para el desarrollo de la subfamilia Eumolpinae en la que precisamente se encuentran incluidas estas especies.

En estos estudios la humedad del suelo se mantuvo constante para los dos períodos evaluados, por lo que no se pudo realizar una valoración sobre la influencia de este aspecto en la duración del ciclo de vida de *T. nigrinus*.

Por otro lado, al analizar el porcentaje de adultos que emergieron, no se encontraron diferencias significativas entre los dos períodos analizados. De igual modo sucedió con el número de machos y hembras que emergieron en cada caso. Después de realizar el sexado de estos insectos en el laboratorio, se determinó que la relación sexual fue 1:1 (Tabla 10).

Tabla 10. Emergencia de adultos de *T. nigritus* por sexos, en dos períodos del año.

Emergencia	mayo-julio/2006		noviembre /2005-febrero/2006	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
Emergencia (%)	76,56	5,75a	73,75	3,25 a
Machos	30,25	4,13a	31,00	4,88 a
Hembras	31,00	6,25a	28,25	2,75 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma fila difieren para la $p < 0,05$ según prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Los resultados indicaron que la duración del ciclo biológico de *T. nigritus*, estuvo influenciado por la temperatura. En el período mayo–julio/2006 este presentó una mayor duración, lo cual coincide con la época donde se planta el 70% del boniato en Cuba, aspecto este a tener en cuenta para el manejo de la plaga.

4.2.2. Oviposición y longevidad de adultos de *T. nigritus* en condiciones de laboratorio

Se demostró que la temperatura ambiente influyó en la oviposición de *T. nigritus*. Se encontraron diferencias significativas entre todas las variables excepto máximo y mínimo de huevos por puestas cuando se compararon ambos períodos. En el período abril–septiembre/2005 los promedios de temperatura fueron superiores ($28,2 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$ y $77 \pm 5,5\%$ de humedad relativa) a los registrados en el período

noviembre/2004 a febrero/2005 ($22,6\pm 3,3^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $78\pm 2,5\%$) lo que incidió en que el inicio de la oviposición fue en menor número de días, fue mayor el número de días que la hembra no oviposita y en los 32,45 días que oviposita, se contabilizaron un total de 657 huevos, de ellos más del 90% fértiles (Tabla 11).

Tabla 11. Valores promedios de los aspectos relacionados con el período de oviposición de *T. nigrinus*.

Aspectos relacionados con la oviposición	Período evaluado			
	noviembre/ 2004- febrero/ 2005		abril/ 2005- septiembre/2005	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
Inicio de la oviposición (días)	15,25	6,50 a	7,75	2,5 b
Días que no oviposita	85,5	10,50 b	133,95	30,50 a
Días que oviposita	22,65	11,98 b	32,45	29,03 a
Total de huevos	314,8	10,50 b	657,35	30,50 a
Fertilidad de los huevos (%)	89,68	2,50 b	94,06	6,5 a
Máximo de huevos por puesta	34,7	17,03 a	41,50	23,98 a
Mínimo de huevos por puesta	7,8	17,23 a	9,85	23,78 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma fila difieren según la prueba de Mann-Whitney.

De acuerdo con los resultados del presente experimento *T. nigrinus* necesitó varios días para iniciar la oviposición independientemente del período evaluado. Resultados similares fueron descritos por Krysan (1986), quien sin hacer referencia a la temperatura, informó que el crisomélido del boniato *D. balteata*, comenzó a copular

seis días después de la emergencia y depositó los huevos por primera vez a los 16 días.

En el presente trabajo se encontró que la hembra pudo ovipositar como máximo 773 huevos en toda su vida. Resultados similares fueron descritos por Santoro *et al.*, (1980), quienes determinaron que la fecundidad de *T. nigrinus nitidulus* fue de 798 huevos. Sin embargo, en esta misma especie Branon (1938) describió que la hembra ovipositó durante toda su vida un total de 50 huevos.

En observaciones realizadas anteriormente en el laboratorio, se determinó que la hembra de *T. nigrinus* necesitó realizar una sola cópula, para luego seguir ovipositando por el resto de su vida, como sucedió con *Leptinotarsa decemlineata*, según lo refirió Domínguez (1971).

Aunque no existieron diferencias significativas con relación al promedio de huevos por puesta entre ambos períodos, es interesante resaltar que en observaciones realizadas con posterioridad a este estudio, se detectaron puestas de hasta 122 huevos en los meses de mayor temperatura. Con relación a este aspecto, Santoro *et al.*, (1980) señaló que *T. nigrinus nitidulus*, ovipositó de 22,8 a 31,1 huevos por puesta, cantidades inferiores a los promedios alcanzados en el presente trabajo para cada período evaluado.

En otra especie de la familia Chrysomelidae también se alcanzó alta fecundidad, tal es el caso de *D. balteata*, en que Pitre y Kantack (1962) informaron que normalmente son depositados entre dos y 15 agrupaciones de huevos de hasta 100 posturas cada uno y que una hembra puede ovipositar hasta 850 huevos.

En relación con la longevidad de los adultos independientemente del período evaluado, la hembra presentó mayor longevidad que el macho con diferencias significativas (Tabla 12). Es de destacar, que los adultos de ambos sexos que emergieron en abril de 2005 ($27,8 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$ y $77 \pm 5,5\%$ de humedad relativa) presentaron una mayor longevidad que los emergidos en noviembre ($23,5 \pm 3,4^{\circ}\text{C}$ y 75% de humedad relativa).

Tabla 12. Longevidad de *T. nigrinus* en dos períodos evaluados.

Longevidad (Días)	Adultos emergidos en el mes de noviembre /2004		Adultos emergidos en el mes de abril 2005	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
Longevidad de la hembra	118,35	26,03 a	178,75	27,10 a
Longevidad del macho	106,85	14,98 b	132,70	13,90 b

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según prueba de Mann-Whitney.

Las referencias sobre este aspecto ofrecidas por Santoro *et al.*, 1980, mostraron valores superiores en la longevidad de *T. nigrinus nitidulus*, a las obtenidas en el presente trabajo. Este autor refirió longevidades máximas de 284 días para el macho y de 332 días para la hembra. En este estudio la longevidad máxima alcanzada para el macho y la hembra fue de 195 y 212 días respectivamente.

Si se considera el promedio de vida de esta especie, el número de huevos que puede ovipositar, unido a la condición de solo prescindir del macho una sola vez para mantener la descendencia, la convierte en una seria amenaza para este cultivo,

fundamentalmente en los meses de verano que es donde se registran en nuestro país las mayores temperaturas.

Santoro *et al.*, (1977) refirió que en Argentina la escasa información sobre aspectos de la biología, no permitió relacionar el daño ocasionado con la larva y el provocado por los adultos al follaje, de ahí la importancia que este autor le concedió a los estudios relacionados con la biología y hábitos del insecto.

En otros países en que este insecto se ha informado como plaga del boniato, tales como: México (Brannon, 1938; Flower y Hanzen, 1997), Venezuela (Ramírez, 1985), Guatemala, Costa Rica, Panamá (Flower y Hanzen, 1997), Brasil (Goncalvez, 1997), Jamaica (Lawrence *et al.*; 1998), y Perú (Cañedo, 2004), tampoco se han brindado resultados de estudios bioecológicos, limitándose a ofrecer informaciones sobre daños e importancia como plaga del boniato, así como las referentes a algunas prácticas de control.

En Cuba existió una situación similar, ya que cuando se informó por primera vez a *T. nigrinus* como plaga de follaje (Vázquez, 1979), existía un total desconocimiento de sus hábitos y biología. A principios de la década de los 80, a pesar de que los daños fueron observados en las raíces tuberosas del boniato, estos no se tomaron en consideración y no fue hasta el año 2002, en que productores de todas las provincias comenzaron a preocuparse por las afectaciones presentadas en el momento de la cosecha y surgió la demanda de profundizar en aspectos de su biología que sirvieran de base para el manejo de esta plaga.

Los resultados antes expuestos sobre la biología de *T. nigrinus* constituyen los primeros que se dan a conocer en Cuba sobre esta especie como plaga del boniato

o camote (*I. batatas*) lo que contribuye al conocimiento del insecto y se consideran una herramienta indispensable para su manejo.

4.3. Descripción de los estados de desarrollo

Descripción de las puestas y los huevos: La hembra sitúa las puestas en el suelo, en la base del esqueje; los huevos son colocados en grupos, unidos unos con otros a través de una sustancia negra que expulsa la hembra a través de su ovopositor, la que además de cubrir el borde de la puesta, llena los espacios que quedan entre un huevo y otro, proceso en que la hembra tarda un minuto para brindarle protección a cada uno de estos.

Los huevos son de forma oval, de ápices redondeados, corion liso y translúcido; color amarillo pálido al inicio (Figura 6 A) y con tonalidades amarillo-naranja después del segundo día de haber sido colocados (Figura 6 B). Presentan un largo de 1,01 a 1,05mm, con un ancho entre 0,41 a 0,44mm.



Figura 6. Huevos de *T. nigrinus*.

Estas características son muy similares a las descritas para *T. nigrinus nitidulus* por Santoro *et al.*, (1980) a partir de poblaciones de Argentina.

Descripción de las larvas: Las larvas son escarabeiformes, de color blanco cremoso. Habitan en el suelo, deslizándose hacia la raíz tuberosa para alimentarse y cuando no se alimentan se les observa en una cavidad que construyen con partículas de

suelo, donde permanecen guarecidas, en las que definitivamente se albergan durante el estado de pupa (Figura 7 A).

Estas observaciones coinciden con las efectuadas a campos de boniato en Argentina por Santoro *et al.*, (1980), quienes señalaron que la larva de *T. nigrinus nitidulus* siempre se encontraba en el suelo y difícilmente fue localizada en el boniato almacenado después de la cosecha. Sin embargo, Branon (1938) y Chalfant *et al.* (1990) en estudios realizados con *T. nigrinus viridicyaneus* lograron observarlas en los orificios después de la cosecha, alegando que esta situación contribuyó a propagar el insecto, una vez que comenzó la comercialización de la producción.

El estado de larva presenta tres instares. Las larvas de primer instar midieron entre 1,12-1,28mm de longitud, con un ancho de cápsula cefálica entre 0,16-0,24mm (Figura 7 B). En el segundo instar el largo fue desde 2,0-2,8mm y el ancho de cápsula cefálica osciló entre 0,32 - 0,44mm. En el tercer instar (Figura 7 C) la longitud de su cuerpo varió entre 5,21 - 7,13mm y el ancho de la cápsula cefálica invariablemente fue de 0,99mm.



Figura 7. Cavidad formada por la larva en el suelo y larva de primer y tercer instar de *T. nigrinus*

Estos resultados son similares a los obtenidos por Santoro *et al.*, (1980) en Argentina, en cuanto a la longitud de las larvas de primer y tercer instar (1-1,5mm y 5,2-8,4mm respectivamente) sin embargo difieren en cuanto al ancho de la cápsula

cefálica. En este sentido este autor informó valores entre 0,25 y 0,29 mm para larvas de primer instar y de 1,31-1,55mm para las de tercer instar.

Descripción de pupas y adultos: La pupa es libre y de color blanquecino. Se encontró en el suelo en una cavidad construida por la larva al final del tercer instar (Figura 8). Cuando el adulto abandonó la misma, se pudo observar en su interior la presencia de las exuvias.



Figura 8. Pupa de *T. nigrinus*.

Los adultos, además de observarse en el follaje, también se encontraron en la hojarasca sobre el suelo y al igual que *C. formicarius*, se hicieron los muertos cuando fueron molestados. Resultados similares fueron descritos por Coto (1995) pero en plantaciones de boniato afectadas por *T. nigrinus viridicyaneus*.

Los adultos son de cuerpo oblongo, de color pardo claro con una tonalidad negra en la base de los élitros cuando son inmaduros, los que definitivamente se tornan negros brillantes (Figura 9 A y B). Las hembras son de mayor tamaño que los machos. La longitud del cuerpo oscila entre 5,31-6,30 mm y el ancho en la base de los élitros puede medir desde 2,98 - 3,81mm.

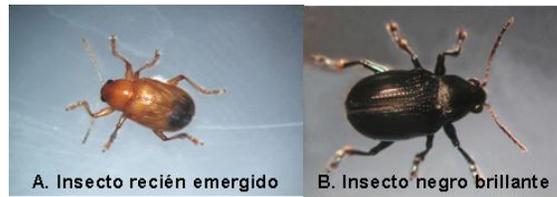


Figura 9. Adulto de *T. nigrinus*.

Con relación a la coloración y a la longitud de los insectos de esta especie se han encontrado diferencias. Al respecto, Capinera (2001), describió a *T. nigrinus viridicyaneus*, con colores entre azul y verde metálico y un tamaño aproximado entre 6 -7,5 mm largo. Lo descrito por este autor resultó interesante si se tiene en cuenta, que en el presente estudio desde la primavera de 2010 se observaron adultos de esta especie con tonalidades azules en Colón (Matanzas), La Sierpe (Santi Spíritus) y verdes en Tunas (Las Tunas) y en Chambas (Ciego de Ávila) (Figura 10).



Figura 10. Adultos de *T. nigrinus* de tonalidades A) azul y B) verde.

Esta variación respecto a la coloración de los adultos está relacionada con varias sub especies de *T. nigrinus* referidas por otros autores en diferentes países. Así, Bechyne (1948), caracterizó a *T. nigrinus nitidulus* por los vivos reflejos metálicos verdosos de la parte superior del cuerpo y la fina puntuación de los élitros, que no llega al ápice y la separa de *T. nigrinus* de la Guyana Francesa, porque esta posee la parte superior del cuerpo negra, casi sin reflejos metálicos y la puntuación grosera de los élitros termina en el ápice. Además señaló que la especie *Typophorus versutus* en Brasil presentó reflejos metálicos azules en la parte superior del cuerpo; sin embargo,

Goncalves (1997) en el mismo país, no reconoció la especie *T. verustus*, si no a la sub especie *T. nigrinus versutus*, la que también identificó con tonalidades azules.

Bechyne (1948) también describió a la sub especie *Typophorus nigrinus repetitus* con colores rojizos en el área humeral de los élitros. El propio autor diferenció a *T. nigrinus viridicyaneus* y la separó de *T. nigrinus nitidulus* por la puntuación elitral más gruesa y la corta carena longitudinal lateral en los élitros, por detrás de la impresión transversal post basal.

Esta variabilidad y su relación con la existencia de sub especies es cuestionada por varios autores (Shalk y Jones, 1985; Talekar, 1987 y Jansson *et al.*, 1991; Capineira, 2001) y en particular Arnett *et al.* (2002) quién expresó, que las sub especies de *T. nigrinus* necesitan una reevaluación.

En Cuba se informó a *T. nigrinus* como plaga del boniato que se manifestó con poca importancia en diferentes regiones del país (Vázquez, 1979; Vázquez *et al.*, 1994). Esta especie fue identificada inicialmente por Fernando de Zayas, quien la tenía en su colección particular (comunicación personal, Vázquez, 2010) por lo que esta variabilidad de colores en las poblaciones de adultos de *T. nigrinus* es un aspecto a tener en cuenta en posteriores estudios sobre esta especie.

Desde luego, en las observaciones que se realizaron en las provincias del país, no se apreciaron ni informaron diferencias en los daños provocados por *T. nigrinus* sobre el cultivo, aspecto que tampoco ha sido referido en otros países donde se manifiesta como plaga del boniato o camote (Arnett *et al.*, 2002), por lo que consideramos que hasta el presente dicha variabilidad no tiene importancia en el manejo de esta plaga.

4.4 Descripción de las lesiones y daños producidos a las plantas de boniato

Las lesiones al follaje colocado en placas Petri, se observaron inmediatamente después de haberse situado los adultos en la misma. Estos prefirieron las hojas maduras, las devoraron generalmente desde el margen hacia dentro, con comeduras en forma de media luna (Figura 11 A) y posteriormente realizaron orificios en el interior de la hoja, los que se agrandaron al unirse varios de estos (Figura 11 B), y presentaron el borde de la lesión en forma aserrada, el que al secarse mostró la apariencia de pequeños dientecitos (Figura 11 C).

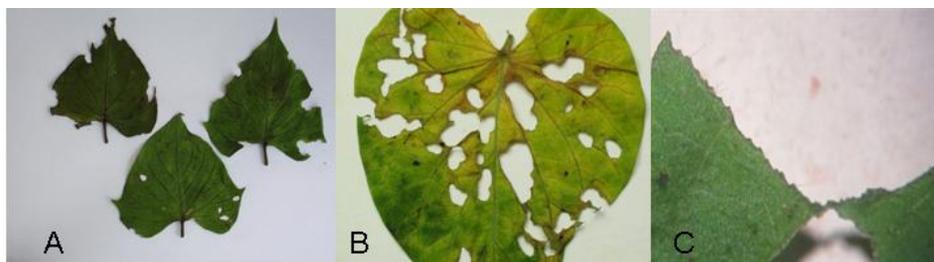


Figura 11. Lesiones de *T. nigrinus* al follaje.

En áreas del Complejo Agro Industrial “Carlos Baliño” del municipio Santo Domingo”, provincia Villa Clara, se logró cuantificar hasta un promedio de 60 adultos por planta y gran parte del follaje quedó totalmente defoliado. El insecto se alimentó de todo el limbo foliar excepto de las nervaduras, lo que imposibilitó la venta del material de propagación dos días después de la afectación (Figura 12).



Figura 12. Lesiones provocadas al follaje por una alta incidencia de *T. nigrinus*.

Estas observaciones coinciden con las realizadas por Brannon (1938) y Capinera (2001) en plantaciones de boniato afectadas por esta especie.

Cuando emergieron los adultos y se realizaron las observaciones a las raíces tuberosas provenientes de las bandejas, se encontró que las lesiones provocadas por las larvas inoculadas en estas, coincidieron con las detectadas en las plantaciones que se realizó la cosecha a los 120 días (Figura 13 A).

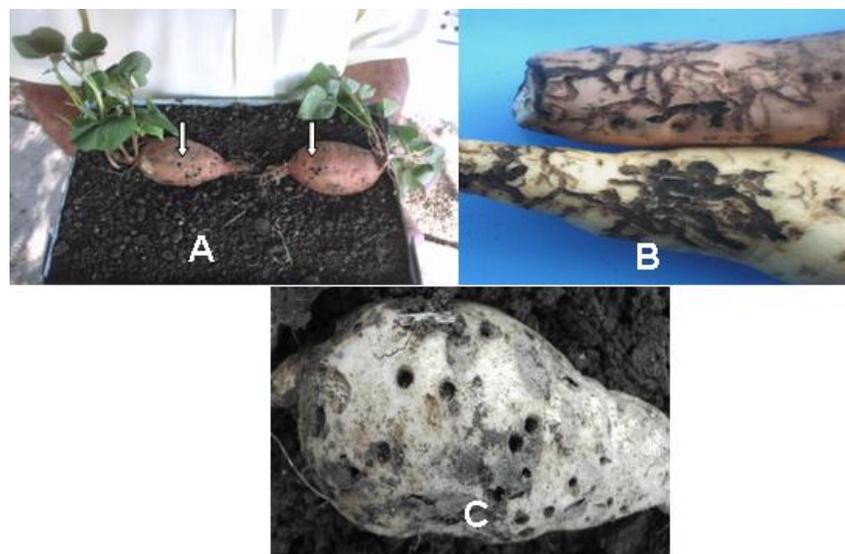


Figura 13. Raíces tuberosas con lesiones causadas por *T. nigritus* en laboratorio (A) y campo (B y C).

En la raíz tuberosa se observaron relieves irregulares en forma de surco, los que llegaron a cubrir toda la corteza. De igual modo, la larva realizó orificios de 5,0mm de diámetro, con cavidades por debajo de la epidermis entre 1,0 a 1,5cm de profundidad (Figura 13 B y C). Estas descripciones coincidieron con las que realizó Marti (2002), en campos afectados por *Typophorus nigritus nitidulus*. Según este autor la larva produce el mayor daño, ya que para su alimentación abrió canales en las raíces tuberosas, que en ocasiones alcanzaron dos centímetros de profundidad.

Observaciones realizadas en campos al momento de la cosecha, mostraron raíces tuberosas con la lesión cicatrizada. En este sentido se encontró similitud con lo señalado por Christensen (1943) y Krysan y Branson (1983), quienes al referirse al crisomélido del boniato *D. balteata*, expresaron que los orificios de alimentación producidos por este insecto, se encontraron agrupados y cuando realizaron la cosecha muchos estaban cicatrizados y por tanto no eran visibles.

Las lesiones provocadas por *T. nigrinus* sobre la raíz tuberosa, provocaron pérdidas en la calidad comercial, ya que el insecto dañó su apariencia, por lo que disminuyó el valor de la producción. Sin embargo, una vez que se eliminó la corteza dañada (Figura 14 A), el boniato estuvo apto para el consumo y no presentó ni olor ni sabor desagradable como sucede con las afectaciones realizadas por *C. formicarius*, (Figura 14 B), las que inutilizan a la raíz tuberosa para el consumo humano y animal.



Figura 14. Lesiones ocasionadas por larvas de *T. nigrinus* y de *C. formicarius*.

Con relación a las lesiones realizadas por las larvas en los esquejes de boniato provenientes de bandejas en el laboratorio, se observó que las larvas se alimentaron de las raíces que brotaron de las $\frac{3}{4}$ partes del esqueje recién plantado y provocaron la necrosis de las mismas (Figura 15 A). En el esqueje se observaron áreas raspadas (Figura 15 B) y perforaciones de 3,0 mm de profundidad (Figura 15 C).



Figura 15. Lesiones ocasionadas por larvas de *T. nigrinus* a los esquejes de boniato. De acuerdo con los resultados del presente trabajo las lesiones de *T. nigrinus* se produjeron tanto en el follaje como en la raíz tuberosa. En el follaje se observaron orificios y afectaciones en todo el limbo de la hoja y en la raíz tuberosa relieves irregulares y orificios por toda la superficie.

4.5. Respuesta de clones comerciales y promisorios de boniato ante la incidencia de *T. nigrinus*

Durante el primer año de estudio de los clones comerciales y promisorios, se encontró que durante la época de primavera el grado de ataque fue superior en todos los clones evaluados con respecto a la época de frío. Es de señalar, que la mayoría de los clones promisorios, presentaron porcentajes en el grado de ataque superiores a los clones comerciales, excepto el clon comercial 'Avileño 3' que fue el más dañado con diferencias significativas con todos los clones incluidos en el presente estudio.

Los clones comerciales con menor grado de ataque en ambas épocas fueron 'INIVITB-98-3' e 'INIVITB-2-2005' y entre los promisorios se encontraron los clones 'INIVITB- 240' e 'INIVITB- S 12'. Por su parte, el clon comercial 'Avileño 3' y el promisorio 'INIVITB-S-9' resultaron ser los más atacados por la plaga (Tabla 13). Resultados similares fueron descritos por Martín (2010) en estudios realizados en el municipio Placetas, provincia de Villa Clara. Este autor comprobó que en la época de

primavera el daño por *T. nigritus* estuvo distribuido en todos los clones evaluados. No obstante el clon 'INIVIT B 98-3' fue el menos afectado y el con el clon 'Avileño 3' presentó los mayores valores en el grado de ataque con 85,52%.

Tabla 13. Grado de ataque en clones comerciales y promisorios de boniato en época de primavera y frío frente a *T. nigritus*. Año 2007.

Clones	Grado de ataque (%)			
	Época de primavera		Época de frío	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
'C-78-354'	29,45	60,00 f	15,20	17,50 g
'INIVIT B- 98-2'	34,16	75,13 e	18,05	27,50 e
INIVIT B -98-3	11,22	11,67 h	3,70	3,50 k
'Avileño 3'	75,55	134,00 a	41,19	46,50 a
'INIVIT B-2- 2005'	11,59	23,96 h	5,39	5,50 j
'INIVIT B- 240'	27,92	56,58 f	13,20	16,00 h
'INIVITB-9'	34,30	76,38 e	16,15	23,00 f
'INIVITB- S-3'	40,41	92,2 d	21,09	38,25 c
'INIVIT B -S-20'	43,85	98,79 c	20,36	34,00 d
'INIVITB-S- 9'	48,96	109,25b	23,59	42,50 b
'INIVITB- S-12'	22,40	48,96 g	8,06	10,50 i
'INIVITB- S-22'	36,41	83,08 e	19,05	29,50 d

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/ Mann – Whitney.

En los años estudiados se registraron las temperaturas más altas en época de primavera (Tabla 14). Según los resultados del presente trabajo, la temperatura es un factor que influyó en la menor duración del ciclo de vida de la plaga, por lo que se pudieran asociar los mayores valores en el grado de ataque en los clones cultivados

en época de primavera, con el incremento de las temperaturas en esta época del año.

Tabla 14: Valores promedios de las variables climatológicas obtenidas durante el período en que se evaluó la respuesta de los clones de boniato ante la incidencia de *T. nigrinus*.

Período evaluado	Temperatura Media (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitaciones (mm)
1/6-11/10/07 Época de primavera	26,3	22,3	32,4	880,6
1/11/07-12/3/08 Época de Frío	22,3	16,9	29,1	157,2
2/5-6/9/08 Época de primavera	26,6	22,0	33,6	819,5
12/11/08-3/09 Época de Frío	20,9	15,5	27,5	153,1

Tomando en consideración los resultados del presente estudio donde se determinó que en época de primavera la duración del estado de larva de *T. nigrinus* fue de 50 días cuando las temperaturas fueron de $29,2 \pm 2^{\circ}\text{C}$, dos generaciones de larvas pudieron estar causando daños a las raíces tuberosas hasta los 120 días de la plantación, de aparecer el insecto en el primer mes de desarrollo del cultivo, lo que pudo contribuir a que las pérdidas se elevaron en época de primavera.

Con relación al rendimiento comercial, los mayores valores se lograron con los clones promisorios, 'INIVIT B-9' e 'INIVIT B S-12', los que a su vez registraron las mayores pérdidas de rendimiento (Tabla 15).

Tabla 15. Rendimiento comercial y pérdidas en rendimiento en clones comerciales y promisorios de boniato en época de primavera. Año 2007.

Clones	Rendimiento comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas en rendimiento (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
'C-78-354'	23,00	49,38 bc	2,57	54,38 f
'INIVIT B- 98-2'	22,78	58,42 c	3,32	68,13 d
INIVIT B -98-3	25,92	93,79 b	0,68	9,92 i
'Avileño 3'	15,33	12,88 d	9,02	138,50 a
'INIVIT B-2- 2005'	24,14	73,79 bc	1,19	18,46 h
'INIVIT B- 240'	25,13	62,92 bc	2,02	38,33 g
'INIVITB-9'	28,18	120,63 a	4,33	91,6 c
'INIVITB- S-3'	17,12	15,54 d	3,18	72,29 de
'INIVIT B -S-20'	23,55	68,08 b	4,69	103,21 b
'INIVITB-S- 9'	24,07	75,17 bc	5,41	117,75 b
'INIVITB- S-12'	29,14	129,58 a	3,02	64,04 e
'INIVITB- S-22'	27,67	109,83 a	4,30	93,38 c

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/ Mann-Whitney.

Los clones comerciales 'INIVIT B 98-3', 'INIVIT B-2 2005', y el clon promisorio 'INIVIT B-240' presentaron valores de rendimiento comercial por encima de 24 t·ha⁻¹ sin diferencias significativas entre estos y mostraron las menores pérdidas. El clon comercial 'INIVIT B 98-3' exhibió menores pérdidas con 0,68 t·ha⁻¹ (Tabla 15), a su vez el clon comercial 'Avileño 3' fue el de menor rendimiento y el que registró las mayores pérdidas.

Resultados similares en el clon 'Avileño 3' fueron descritos por Martín (2010). Este autor informó que las pérdidas fueron de 50% en época de frío y de 79,8% cuando se

plantó el boniato en época de primavera en áreas del municipio Placetas, provincia Villa Clara.

En la época de frío los clones presentaron mayor rendimiento comercial (Tabla 16); en este sentido Morales (1990) le atribuye el aumento de los rendimientos en esta época, a la menor producción de follaje, lo que se traduce en un mayor número de raíces tuberosas por planta.

Tabla 16. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en clones comerciales y promisorios de boniato en época de frío. Año 2007.

Clones	Rendimiento comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas en rendimiento (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Medias	Rangos Medios
'C-78-354'	25,52	10,50 j	1,60	22,00 e
'INIVIT B- 98-2'	27,39	21,00 h	1,21	14,50 f
INIVIT B -98-3	29,42	34,25 d	0,00	4,50 h
'Avileño 3'	20,14	3,50 l	7,82	46,50 a
'INIVIT B-2- 2005'	27,66	23,50 g	0,00	4,50 h
'INIVIT B- 240'	26,52	14,75 i	0,91	10,50 g
'INIVITB-9'	32,80	43,75 b	2,33	31,38 d
'INIVITB- S-3'	21,24	5,50 k	1,62	23,75 e
'INIVIT B -S-20'	27,91	25,25 f	2,64	38,50 c
'INIVITB-S- 9'	28,14	28,25 e	3,83	42,50 b
'INIVITB- S-12'	33,05	45,25 a	1,59	21,75 e
'INIVITB- S-22'	31,93	38,50 c	2,42	23,63 d

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/ Mann-Whitney.

Los mayores valores de rendimiento comercial se registraron en los clones promisorios 'INIVITB-S-12, 'INIVITB- S-9,' e 'INIVITB- S-22' y en el clon comercial

‘INIVITB-98-3’. En este último clon y en el ‘INIVITB-2- 2005’ las pérdidas fueron nulas. El clon promisorio ‘INIVITB - 240’ de forma similar a lo obtenido en la época de primavera, mostró menores pérdidas de rendimiento comercial. Por el contrario, el clon ‘Avileño 3’ también obtuvo el menor rendimiento comercial y las mayores pérdidas.

Durante el segundo año evaluado, los resultados fueron similares a los obtenidos en el primer año. En ambas épocas los menores porcentajes de ataque se obtuvieron con los clones comerciales ‘INIVIT B 98-3’ e ‘INIVIT B-2 -2005’ y con los promisorios ‘INIVIT B 240’ e ‘INIVITB- S 12’ (Tablas 17 Anexo 6).

Las menores pérdidas en época de primavera, se registraron en los clones INIVIT B 98-3,’INIVIT B-2 -2005’ e ‘INIVIT B 240’ y las mayores pérdidas se registraron con el clon ‘Avileño 3’ (Tabla 18, Anexo 7).

En la época de frío las pérdidas de rendimiento comercial fueron inferiores a las registradas en primavera, estas llegaron a ser nulas en los clones ‘INIVITB-98-3’ e ‘INIVITB-2-2005’ y el valor más elevado se registró en el clon ‘Avileño 3’ (Tabla19, Anexo 8).

La existencia de clones con menor grado de afectación y menores pérdidas pudieran constituir una alternativa para disminuir las poblaciones de *T. nigritus* en el país, según los resultados del presente experimento. Según Elsey (1977); Greighton y Fassuliotis (1983); Chuman *et al.*, (1987); Collins *et al.*, (1991) y Lawrence *et al.*, (1997), la búsqueda de plantas resistentes es una de las técnicas más atractivas dentro del manejo integrado de plagas en este cultivo. Varios autores atribuyen la tolerancia

de algunos clones de boniato frente al ataque de larvas de crisomélidos, a los factores de resistencia en la epidermis y la corteza que están presentes en la raíz tuberosa (Cuthbert y Davis, 1971; Schalk *et al.*, 1986; Peterson *et al.*, 1998; Harrison *et al.*, 2003). Sin embargo, Nottingham y Kays (2002) le brindaron importancia a los atrayentes volátiles y estimulantes de la alimentación y la oviposición, en la resistencia de las plagas en el cultivo del boniato.

En Jamaica como parte del programa de Manejo Integrado de Plagas, se investigó en la búsqueda de cultivares resistentes a *T. nigritus* como una alternativa para el control de este insecto (Lawrence *et al.*, 1998; Lawrence *et al.*, 2000; Lawrence *et al.*, 2001; Bohac *et al.* 2001; Jackson *et al.*, 2001; Jackson *et al.*, 2002b). En evaluaciones realizadas al germoplasma de boniato en Jamaica, Jackson *et al.* (2003 a) informaron que dos de los 20 genotipos estudiados ('White Regal' y 'CD-P53R'), presentaron resistencia a *T. nigritus*.

A partir de los resultados del presente estudio, se determinó que los clones 'INIVIT B 98-3', 'INIVIT B-2 2005' e 'INIVIT B- 240' fueron los menos dañados en época de primavera y frío. El clon 'Avileño 3' fue el que presentó los mayores valores en el grado de ataque lo que se correspondió con las mayores pérdidas.

4.6. Susceptibilidad de larvas, pupas y adultos a los hongos entomopatógenos

***M. anisopliae* y *B. bassiana* en condiciones de laboratorio**

4.6.1. Susceptibilidad de larvas y pupas a los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana*

Los resultados permitieron comprobar la susceptibilidad de larvas y pupas de *T. nigritus* frente a *M. anisopliae* y *B. bassiana*. A partir de las 96 horas para los dos

hongos estudiados, las larvas y pupas presentaron movimientos más lentos. En las aplicaciones con el hongo *M. anisopliae* las larvas y pupas comenzaron a morir a las 144 horas en todas las concentraciones estudiadas. Sin embargo, a partir de las 168 horas con las concentraciones de 200 000 y 250 000 conidios·g. suelo⁻¹ se logró más del 90% de mortalidad de los insectos. Estas concentraciones no difirieron con la concentración de 150 000 conidios·g. suelo⁻¹ pero esta última no sobrepasó el criterio de selección fijado en el presente trabajo. Con las restantes concentraciones y el control, las concentraciones anteriormente mencionadas difirieron significativamente. A partir de las 192 horas y con concentraciones de 100 000 hasta 250 000 conidios·g. suelo⁻¹ se logró más del 90% de mortalidad para larvas y pupas (Figura 16 A (larvas) y B (pupas)).

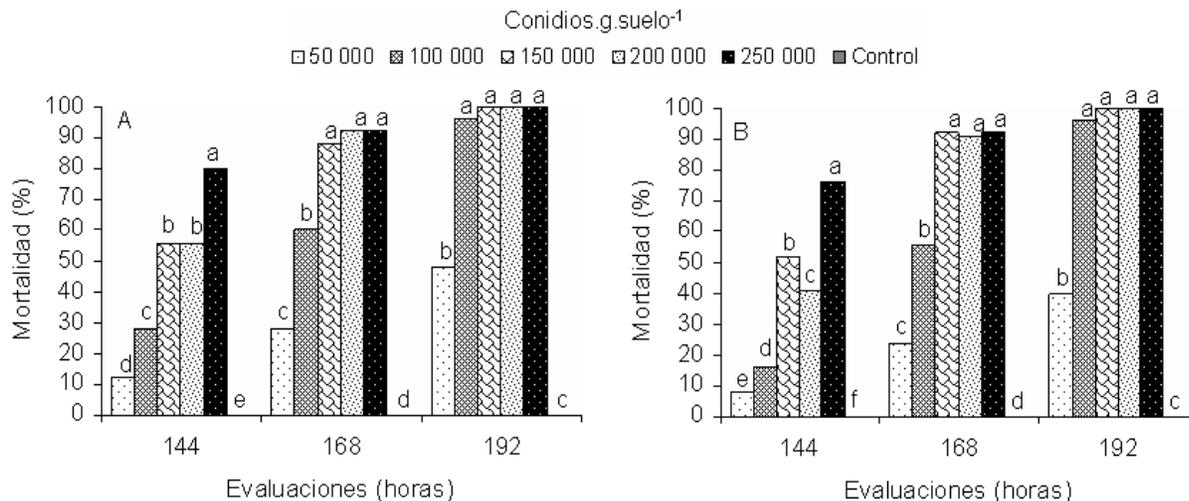


Figura 16. Susceptibilidad de larvas (A) y pupas (B) de *T. nigritus* a diferentes concentraciones de *M. anisopliae*.

Cuando se aplicó *B. bassiana*, las primeras mortalidades ocurrieron a las 144 horas en todas las concentraciones a excepción de la concentración de 50 000

conidios·g.suelo⁻¹ en las que las muertes se produjeron a las 192 horas. A partir de la concentración de 150 000 conidios·g.suelo⁻¹ se alcanzaron mortalidades superiores al 90%, lo que denota que este entomopatógeno presentó menor agresividad que *M. anisopliae* (Figura 17 A (larvas) y B (Pupas)).

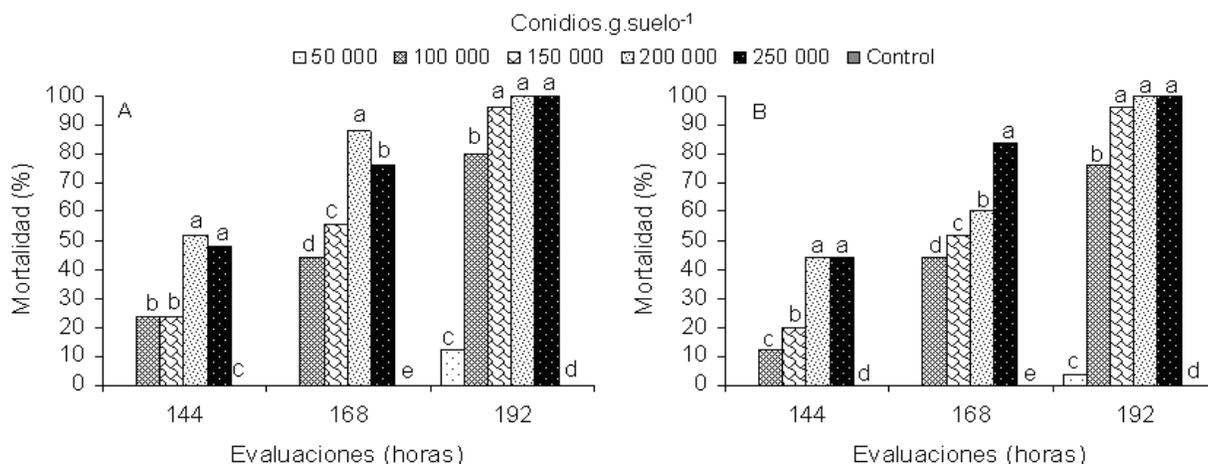


Figura 17. Susceptibilidad de larvas (A) y pupas (B) de *T. nigrilus* a diferentes concentraciones de *B. bassiana*.

Las larvas permanecieron blandas y flexibles y al igual que las pupas comenzaron a tornarse de color pardo con manchas oscuras en el tegumento (Figura 18). Transcurridos tres días de la muerte de los insectos, se observó el crecimiento del micelio del hongo (blanco y verde según el entomopatógeno aplicado) sobre el cuerpo de estos, con la subsiguiente aparición de los cuerpos reproductores, a partir de los cuales se pudo identificar el agente causal (Figura 19).



Figura 18. Larva de *T. nigrilus* muerta por la acción del hongo *B. bassiana*

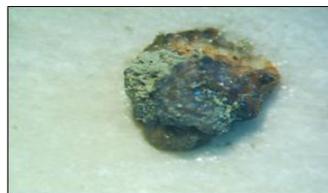


Figura 19. Larva de *T. nigrilus* cubierta del micelio de *M. anisopliae*.

Varios autores han demostrado la efectividad de *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control de larvas del suelo del orden Coleoptera. Entre estos se destacan los resultados obtenidos por Bell *et al.*, (1972) para el crisomélido *D. balteta*, los que obtuvieron entre 75 y 100% de mortalidad cuando las larvas fueron tratadas con *B. bassiana* y de 20% cuando se aplicó *M. anisopliae*.

Otros autores como Shannon *et al.* (1983) y Rosset y Moré (1998) demostraron la susceptibilidad de larvas de *Phyllophaga spp.*, a cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, las que alcanzaron altos porcentajes de mortalidad con aplicaciones de estos hongos entomopatógenos.

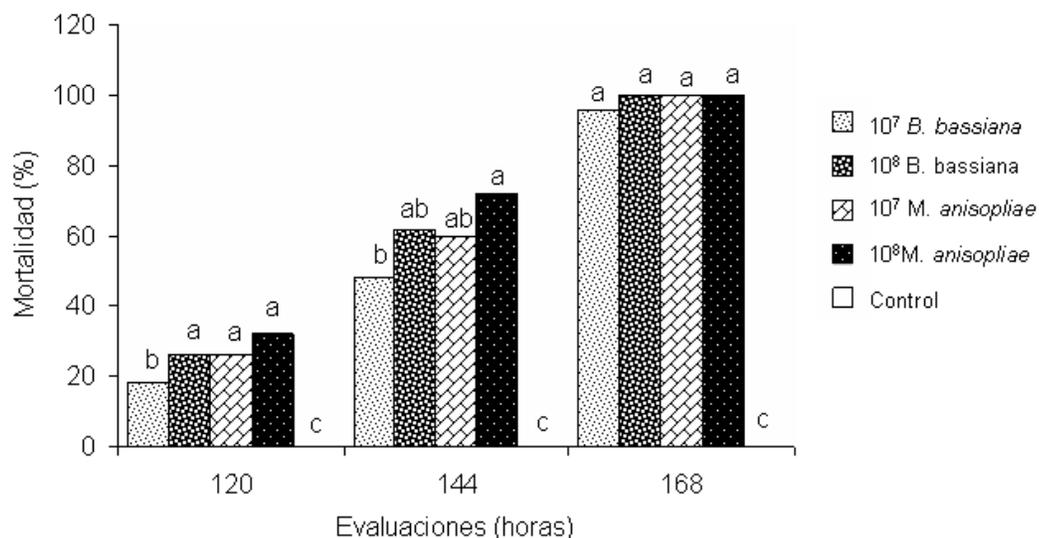
Los resultados obtenidos en este trabajo, brindan una perspectiva muy alentadora en el manejo de *T. nigritus* y ofrecen pautas para la posible implantación de una estrategia ecológica para su control sobre la base de la susceptibilidad de este insecto a diferentes concentraciones de *M. anisopliae* y *B. bassiana*. En este sentido, con concentraciones a partir de 150 000 y 200 000 conidios·g⁻¹ de suelo de *M. anisopliae* y *B. bassiana* respectivamente, se logró más del 90% de mortalidad. 100

4.6.2. Susceptibilidad de adultos de *T. nigritus* a los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*

Los adultos de *T. nigritus* fueron susceptibles a los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. La muerte de los insectos se produjo a las 120 horas con las dos concentraciones que se emplearon para cada hongo entomopatógeno (Figura 20).

Por su parte a las 144 horas se encontró que con la mayor concentración de *M. anisopliae* se logró el mayor porcentaje de mortalidad que difirió significativamente

con la menor concentración de *B. bassiana* (10^7 conidios.mL⁻¹) y el control, aunque no se alcanzaron valores superiores al 90%. Sin embargo, a las 168 horas con las concentraciones evaluadas se obtuvo más del 90% de mortalidad en todos los tratamientos. En el tratamiento control no se registraron muertes.



Barras con letras desiguales para cada tiempo difieren según las pruebas de Kruskal Wallis/ Mann Whitney

Figura 20. Susceptibilidad de adultos de *T. nigritus* a los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* a las 120, 144 y 168 horas.

Se consideró que los adultos estaban muertos cuando fueron observados inmóviles en la superficie de la placa Petri, con las articulaciones y el cuerpo rígido y no respondieron a los estímulos mecánicos.

Fue posible observar micelios que salían de las antenas, base de la cabeza y de las articulaciones de los insectos muertos, con la aparición de los cuerpos reproductores del hongo, lo que permitió identificar en todos los casos el agente causal. El cuerpo

de estos insectos se cubrió de una abundante masa de conidios a los 10 días (Figura 21).

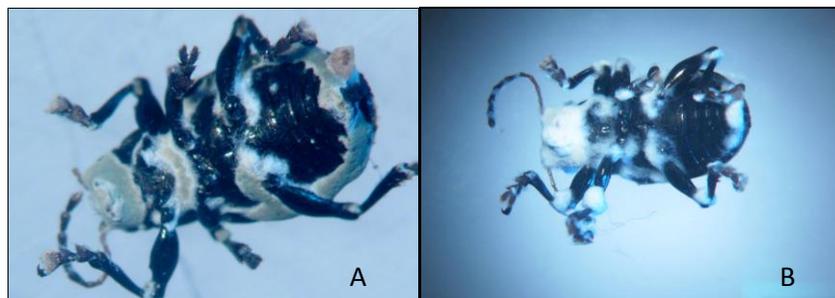


Figura 21. Adultos de *T. nigritus* parasitados por *M. anisopliae* (A) y *B. bassiana* (B).

Con relación a la efectividad de los hongos entomopatógenos en el control de adultos del orden Coleoptera, se tienen referencias de los trabajos realizados por Castiñeiras *et al.*, (1984), en condiciones de laboratorio, quienes lograron 48% de mortalidad en adultos de *C. formicarius* con diferentes cepas de *B. bassiana*. Por su parte, Alves (1998), Roberts y Krasnoff, (1998) y Pérez (2004) refieren que *M. anisopliae* resultó muy efectivo para el control de adultos del orden Coleoptera, ya que este entomopatógeno produce toxinas que aumentan su virulencia, lo que reduce el movimiento de los componentes de la hemolinfa, e impide la rápida formación de granulocitos y la multiplicación del hongo dentro del hemocele del insecto.

El empleo de hongos entomopatógenos constituye uno de los componentes principales del manejo integrado de *C. formicarius* en Cuba (Castellón *et al.*, 1999). Esto a su vez puede representar una alternativa al uso de tratamientos químicos en el control de *T. nigritus*, los cuales pueden establecerse de forma permanente en el suelo, debido a su capacidad de renovar inóculo sobre los insectos muertos.

4.7. Susceptibilidad de larvas y pupas de *T. nigritus* al nematodo entomopatógeno *H. indica* en condiciones de laboratorio

Las larvas y pupas de *T. nigritus* mostraron susceptibilidad al nematodo entomopatógeno *H. indica* en condiciones de laboratorio. Se observó que el porcentaje de mortalidad para ambos estados de desarrollo aumentó según se incrementó la concentración de ij_3 .suelo⁻¹.

Los insectos comenzaron a morir a partir de las 48 horas en todas las concentraciones utilizadas con excepción de las menores concentraciones en que las primeras mortalidades de larvas y pupas se produjeron a las 96 horas (Figura 22 A (larvas) y B (pupas)).

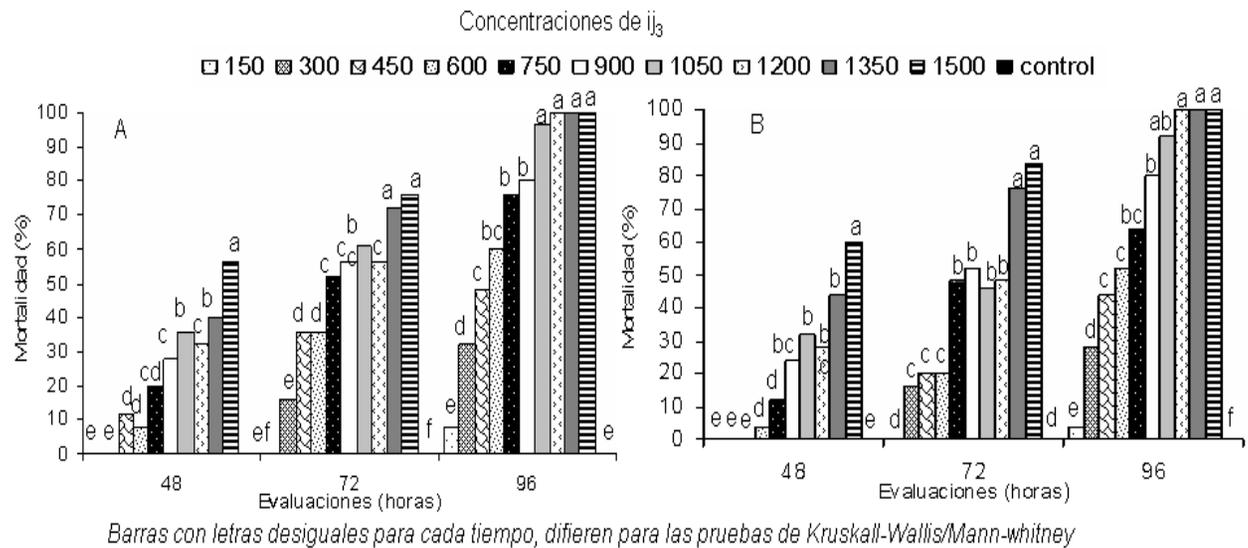


Figura 22. Susceptibilidad de larvas (A) y pupas (B) de *T. nigritus* a *H. indica* (P₂M) en diferentes concentraciones.

A las 96 horas y a partir de los 600 ij_3 .suelo⁻¹ se apreció que la mortalidad en larvas y pupas fue superior al 50% sin diferencias significativas entre las concentraciones

desde 1 050 hasta 1 500 ij_3 .suelo⁻¹. El 100% de mortalidad para ambos casos se produjo a la concentración de 1 200 ij_3 .suelo⁻¹, lo que evidenció que *H. indica* cepa P₂M fue efectiva para causar la muerte de *T. nigritus*.

Las larvas parasitadas tomaron un color pardo rojizo, evidenciado por las especies del género *Heterorhabditis*, descrito por Woodring and Kaya (1988) (Figura 23 A).

Las pupas mostraron una coloración pardo claro (Figura 23 B).

Diez días después a la inoculación, los nematodos (ij_3) emergieron del interior de los cadáveres, y se observaron sobre la superficie de los mismos. (Figura 24).

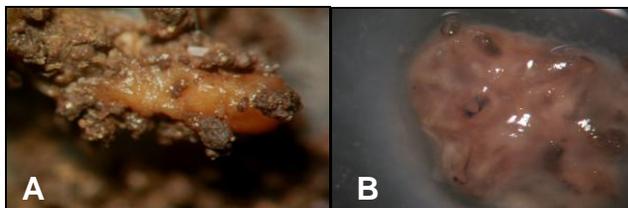


Figura 23. Larva y pupa de *T. nigritus* con síntomas típicos de infestación por *H. indica*



Figura 24. Masa de ij_3 de *H. indica* cepa P₂M cuando emerge del cuerpo de una pupa de *T. nigritus*.

Smits (1992) al comparar diferentes géneros de nematodos sobre larvas de coleópteros de tercer instar en condiciones de laboratorio, encontró que con *Heterorhabditis* se lograba el 98% de muertes. Resultados similares fueron referidos por Kaya y Stock (1997) y Kaya *et al.* (2006) al evaluar la susceptibilidad de

Cosmopolites sordidus Germar a nematodos entomopatógenos. Estos autores obtuvieron altos porcentajes de mortalidad en los dos primeros días después de la inoculación. Por otra parte Evans *et al.*, (2009) evaluaron la susceptibilidad de *Metamasius hemipterus sericeus* a *H. indica* (cepa CIAP-DEY-6) y obtuvieron a los 10 días una mortalidad del 100%, debido entre otras aspectos a la dureza de la quitina de los coleópteros.

Es necesario destacar que en observaciones anteriores realizadas en condiciones de laboratorio sobre larvas de primer instar de *T. nigritus*, se encontró que las mismas fueron susceptibles a *H. indica*, aunque el nematodo no logró multiplicarse en el interior de las larvas. Con relación a este aspecto, diversos autores (Kaya 1985; Jackson y Brooks 1995; Koppenhöffer *et al.*, 2004; Koppenhöffer y Fuzy 2004). señalaron que son varias las causas que explicarían las diferencias en el grado de susceptibilidad entre los estados de desarrollo de disímiles especies, entre ellas se relacionan características de tipo morfológico, fisiológico y hasta genético que influyen en su control; la variación ínter específica en los mecanismos de defensa; el tamaño y comportamiento del hospedante; el diámetro menor de los espiráculos en larvas jóvenes; las placas sobre estos que impiden la penetración del patógeno; la frecuente defecación, en la que se expulsa a los nematodos; respuestas defensivas y evasivas de las larvas, así como las asociadas a la edad, donde estados más desarrollados pueden eliminar patógenos invasores. Todos estos aspectos nos muestran algunas de las dificultades que tienen que vencer los nematodos entomopatógenos para poder controlar los diferentes estados de la plaga y coinciden

con lo referido además por Forscheler y Gardner (1991) y Melo-Molina *et al.* (2007) en estudios realizados con larvas de coleópteros del género *Phyllophaga*.

Según el modelo de Probit la CL₅₀ se encontró en el rango entre 415,78 y 538,30 ij₃ por cada 0,25 kg de suelo. Las mayores mortalidades ocurrieron en el rango entre 1555,25 y 3265,27 ij₃ (Tabla 20).

Tabla 20. Concentraciones letales obtenidas para *H. indica* a *T. nigritus* según Probit.

Concentración Letal	Nivel de Confianza	Rango inferior- Rango superior
2 = 112,74	95	60,84 CL 162,13
50 = 480,93	95	415,78 CL 538,30
90 = 1189,01	95	998,17 CL 1572,78
95 = 1536,00	95	1231,75 CL 2214,43
98 = 2051,60	95	1555,25 CL 3265,27

$$P\chi^2 = 4,83$$

Con relación a la susceptibilidad de las larvas de *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae), Hanulla (1993) señaló que no siempre la concentración con la que se logró mayor porcentaje de mortalidad en los ensayos de laboratorio, fue la que mostró mejor efectividad en condiciones de campo. En sus estudios los resultados indicaron que las concentraciones más elevadas de nematodos fueron las más efectivas.

Teniendo en cuenta los resultados del presente estudio se comprobó que las larvas y pupas de *T. nigritus* fueron susceptibles a diferentes concentraciones de nematodos. En este sentido, con concentraciones superiores a 1 200ij₃ se logró el 100% de mortalidad.

4.8. Evaluación de plaguicidas químicos y biológicos para el control de *T. nigritus* en condiciones de campo

4.8.1. Efectividad de las aplicaciones

Experimento #1: Aplicaciones al suelo

Al analizar los resultados en época de primavera, se observó que con las aplicaciones de nematodos entomopatógenos, se obtuvieron los menores valores en el grado de ataque (%) de *T. nigritus*. Con los hongos entomopatógenos también se registraron valores inferiores en el grado de ataque, con diferencias significativas con el tratamiento control. El menor grado de ataque se logró con la aplicación de los ij_3 a la mayor concentración en el momento de la plantación y posteriormente a los 40 días, con diferencias significativas con los restantes tratamientos (Tabla 21).

Tabla 21. Grado de ataque presentado en las raíces tuberosas de boniato con el empleo de plaguicidas biológicos, para el control de *T. nigritus*. Epoca de primavera. Año 2007.

Tratamientos	Grado de ataque (%)	
	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> al suelo (250 000 conidios· g. suelo ⁻¹)	18,92	18,50 b
2. <i>M. anisopliae</i> al suelo (200 000 conidios· g. suelo ⁻¹)	16,92	14,50 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 ij_3 .parcela ⁻¹)	14,68	10,50 d
4. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (2 659 200 ij_3 .parcela ⁻¹)	8,24	2,50 f
5. <i>H. indica</i> a los 40 días de la plantación (2 659 200 ij_3 .parcela ⁻¹)	12,84	6,50 e
6. Control sin aplicación	32,25	22,50a

Rangos medios con letras diferentes difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

La susceptibilidad de las plagas del suelo, frente a los nematodos entomopatógenos ha sido ampliamente demostrada por diferentes autores (Welch y Briand, 1960; Hanula, 1993 y Janson y Lecrone, 1994). Estudios realizados por los autores anteriormente referidos, coinciden en que los nematodos aplicados como suspensión acuosa a altas concentraciones son muy efectivos. Por su parte, Perrera (2009) para controlar poblaciones de *Phyllophaga* spp, empleó una concentración de 2×10^8 $\text{ij}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ con la cual encontró similares resultados, a los obtenidos cuando se utilizaron productos químicos en el control de esta plaga.

Klein y Georgis (1992) afirmaron que *H. bacteriophora* Poinar redujo las poblaciones de *Popillia japonica* Newman (escarabajo japonés) a un 60% a los 34 días después de su aplicación y pudo sobrevivir en el suelo y controlar las nuevas generaciones de larvas en un 93% a los 290 días posteriores al tratamiento, a una concentración de $2,5 \times 10^9$ $\text{ij}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Cranshaw y Zimmerman (1994) señalaron que los nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis*, son mejores para controlar los insectos que habitan el suelo, en relación con aquellos que reciben directamente los rayos ultravioletas, ya que los primeros se localizan en lugares oscuros y húmedos.

En general para plagas del suelo son recomendadas concentraciones de 200–400 mil ij_3 por m^2 para obtener una acción rápida y duradera en el tiempo (Kooppert, 2008). Arteaga *et al.* (1994) y Certis, (2003) refieren que la alta persistencia en el medio donde los nematodos entomopatógenos se aplican, los convierten en buenos controladores biológicos.

Con relación a los hongos entomopatógenos, Milner y Jenkins (1996) le atribuyeron a *M. anisopliae* buenas propiedades como insecticida biológico para coleópteros del suelo, por su parte Robertson *et al.* (1998) lo recomendaron aplicar en concentraciones de $6,6 \times 10^{13}$ conidios·ha⁻¹ para el control de *Dermolepida albohirtum* (Coleoptera: Scarabaeidae), plaga de importancia económica para caña de azúcar en Australia.

Por el contrario con relación al empelo de *B. bassiana*, existen disímiles criterios sobre su efectividad. En investigaciones realizadas para el control de larvas del escarabajo de la papa, diferentes autores encontraron limitada eficacia con el empleo de *B. bassiana* (Campbell *et al.*, 1985; Hajek *et al.*, 1987; Jaques y Laing, 1988; Drummond y Groden, 1996; Poprawski *et al.*, 1997; Lacey *et al.*, 1999 y Goettel *et al.*, 2000) mientras que en otros estudios esta fue significativa (Watt y LeBrum, 1984; Cantwell *et al.*, 1986; Anderson *et al.*, 1988; Weber y Ferro, 1993).

Al analizar los resultados relacionados con las pérdidas de rendimiento comercial, se encontró que los menores valores se registraron cuando se aplicó la concentración más elevada de ij_3 por parcela, en el momento de la plantación y a los 40 días (0,86 t·ha⁻¹). Estos valores difirieron significativamente con el resto de los tratamientos evaluados. Es de significar, que las pérdidas de rendimiento comercial registradas cuando se aplicó al suelo *M. anisopliae*, fueron inferiores y con diferencias significativas en comparación con los resultados alcanzados cuando se aplicó *B. bassiana*. Sin embargo, estos dos tratamientos difirieron significativamente con el control, donde se registraron las mayores pérdidas (Tabla 22).

Tabla 22. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en plantaciones de boniato con aplicaciones al suelo de plaguicidas biológicos para el control de *T. nigritus* en época de primavera. Año 2008.

Tratamientos	Rendimiento Comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> al suelo (250 000 conidios · g. suelo ⁻¹)	25,40	9,75 c	1,95	17,50 b
2. <i>M. anisopliae</i> al suelo (200 000 conidios · g. suelo ⁻¹)	25,90	11,75 b	1,75	10,38 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 ij ₃ .parcela ⁻¹)	26,04	14,00 abc	1,51	15,50 b
4. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (2 659 200 ij ₃ .parcela ⁻¹)	26,89	21,25 a	0,86	2,50 e
5. <i>H. indica</i> a los 40 días de la plantación (2 659 200 ij ₃ .parcela ⁻¹)	26,37	15,50 ab	1,33	6,63 d
6. Control sin aplicación	23,97	2,70 d	3,33	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Por otra parte, en época de frío se encontró que independientemente del tratamiento aplicado, las pérdidas fueron menores en comparación con los resultados obtenidos en primavera. Los tratamientos con mejores resultados se correspondieron con aquellos en que se aplicaron las mayores concentraciones de nematodos para el control de *T. nigritus*, siendo nulo el grado de ataque en cada uno de estos (tratamientos 4 y 5) (Tabla 23).

Otro aspecto significativo que se muestra en la tabla anterior, fue que en esta época con la aplicación de *M. anisopliae* se lograron valores inferiores en el grado de ataque a los obtenidos con la menor concentración de ij_3 con diferencias significativas. Este último tratamiento no difirió con el tratamiento al suelo de *B. bassiana*.

Tabla 23. Grado de ataque presentado en las raíces tuberosas de boniato con el empleo de plaguicidas biológicos, para el control de *T. nigrinus*. Año 2008. Época de frío.

Tratamientos	Grado de ataque (%)	
	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> al suelo (250 000 conidios· g. de suelo ⁻¹)	3,08	18,00 b
2. <i>M. anisopliae</i> al suelo (200 000 conidios· g. de suelo ⁻¹)	1,69	10,50 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 ij_3 ·parcela ⁻¹)	2,67	15,00 b
4. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (2 659 200 ij_3 parcela ⁻¹)	0,00	4,50 d
5. <i>H. indica</i> a los 40 días de la plantación (2 659 200 ij_3 ·parcela ⁻¹)	0,00	4,50 d
6. Control sin aplicación	17,13	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

De forma similar a los resultados concernientes al grado de ataque, en época de frío las pérdidas registradas fueron menores a las registradas en la época de primavera. Cuando se aplicaron altas concentraciones de ij_3 , estas fueron nulas. Resultados similares se obtuvieron cuando se empleó la menor concentración de ij_3 y se asperjaron los hongos entomopatógenos al suelo (Tabla 24).

Tabla 24. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en plantaciones de boniato con aplicaciones al suelo de plaguicidas biológicos para el control de *T. nigritus* en época de frío. Año 2008.

Tratamientos	Rendimiento Comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> (250 000 conidios· g de suelo ⁻¹)	28,46	13,63 a	0,32	17,38 b
2. <i>M. anisopliae</i> (200 000 conidios· g de suelo ⁻¹)	28,76	18,50 a	0,12	11,13 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 ij ₃ ·parcela ⁻¹)	28,04	8,63 a	0,24	15,00 bc
4. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (2 659 200 ij ₃ ·parcela ⁻¹)	28,48	14,88 a	0,00	4,50 d
5. <i>H. indica</i> a los 40 días de la plantación (2 659 200 ij ₃ ·parcela ⁻¹)	28,59	16,88 a	0,00	4,50 d
4. Control sin aplicación	27,17	10,50 b	1,37	22,50a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Experimento #2. Aplicaciones al follaje

Como resultado se encontró que los menores grados de ataque se alcanzaron con las aplicaciones de Thiacloprid, Beta-Cfluthrin y Carbarilo. Por su parte, los tratamientos con *M. anisopliae* y *B. bassiana* difirieron significativamente con el control (Tabla 25).

Otros autores sugirieron la aplicación de productos químicos para el control de *T. nigritus*. Por ejemplo, Schalk y Jones (1985) recomendaron el uso de Carbarilo para controlar adultos de esta especie, mientras que, Capinera (2001) indicó la aplicación de insecticidas líquidos o granulados al suelo. Sin embargo, en otros crisomélidos como el escarabajo de la papa, Fargues *et al.* (1994) observaron que a los dos días de la aplicación de *B. bassiana* los adultos redujeron considerablemente el consumo de follaje.

Tabla 25. Grado de ataque presentado en las raíces tuberosas de boniato, con el empleo de tratamientos químicos y biológicos para el control de adultos al follaje. Época de primavera. Año 2007.

Tratamientos	Grado de ataque (%)	
	Media	Rangos Medios
1. Thiaclopid, Beta-Cifluthrin	10,68	3,00 d
2. <i>Beauveria bassiana</i>	16,27	14,50 b
3. <i>Metarhizium anisopliae</i>	14,58	10,50 c
4. Carbarilo	12,10	6,00 d
5. Control sin aplicación	31,85	18,50 a

Rangos medios con letras diferentes difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Se observó que las raíces tuberosas tratadas con el control químico presentaron menores valores de pérdidas y mayor rendimiento comercial. Es de señalar que con el empleo de *B. bassiana* se lograron los mayores valores de pérdidas aunque con

diferencias significativas con el control (Tabla 26). Por el contrario a lo obtenido en el presente trabajo, Lipa (1975) señaló que con biopreparados a base de *B. bassiana* se alcanzó buena efectividad y las poblaciones del crisomélido *D. undecimpunctata* en el boniato, se redujeron en un 30%.

Tabla 26. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en plantaciones de boniato con aplicaciones al follaje de plaguicidas químicos y biológicos para el control de adultos de *T. nigritus* en época de primavera. Año 2008.

Tratamientos	Rendimiento Comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
1. Thiacloprid Beta-Cifluthrin	24,68	13,00 a	1,06	3,88 d
2. <i>Beauveria bassiana</i>	24,46	11,38 b	1,63	13,00 b
3. <i>Metarhizium anisopliae</i>	24,64	12,50 a	1,47	10,75 c
4. Carbarilo	24,78	13,13 a	1,20	6,38 d
5. Control sin aplicación	23,00	2,50 c	3,17	18,50 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

En los tratamientos en época de frío las raíces tuberosas no presentaron daños, por lo que no se registraron pérdidas al rendimiento comercial. En el control sin aplicación se registraron valores en el grado de ataque de 18,93% y las pérdidas fueron de 1,32 t·ha⁻¹.

Experimento #3. Aplicaciones al suelo y al follaje.

En el primer año de evaluación de la época de primavera, se encontró que la combinación de *H. indica* aplicado al suelo con el control químico de adultos al follaje redujo el porcentaje de ataque de *T. nigritus*. Los valores en el grado de ataque registrados con el tratamiento anteriormente mencionado difirieron significativamente con el resto de los tratamientos y con el control sin aplicación (Tabla 27).

Tabla 27. Grado de ataque a las raíces tuberosas de boniato con el empleo de plaguicidas químicos y biológicos aplicados al suelo y al follaje para el control de *T. nigritus*. Año 2008. Epoca de primavera.

Tratamientos	Grado de ataque (%)	
	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> (suelo y follaje)	15,21	18,50 b
2. <i>M. anisopliae</i> (suelo y follaje)	10,71	10,75 d
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 $\text{ij}_3\text{.parcela}^{-1}$) y Thiacloprid al follaje.	5,21	2,50 f
4. <i>H. indica</i> los 40 días (2 659 200 $\text{ij}_3\text{.parcela}^{-1}$) y <i>M. anisopliae</i> al follaje	7,23	6,50 e
5. Aplicación de Thiacloprid y Carbarilo al follaje	11,38	14,25 c
6. Control sin aplicación	33,22	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Varios autores (Gaugler 1988; Sirjunsingh *et al.* 1992 y García-Roa *et al.* 1993) confirmaron la efectividad de los nematodos entomopatógenos en el control de plagas del suelo. Al respecto Laumond *et al.* (1979) y Bedding y Millar (1981)

informaron que la forma en que estos actúan, es más parecida a la acción de un insecticida químico que a la de un control biológico, ya que el insecto que es parasitado por ellos muere. Por su parte Georgis y Hauge (1991) señalaron, que para lograr que las aplicaciones de los ij_3 fueran efectivas y virulentas, se necesitó disponer de altas concentraciones y de humedad en el suelo. Estos autores recomendaron concentraciones de $2,5 \times 10^9$ $ij_3 \cdot ha^{-1}$ para el control de *Popillia japonica* y *Agrotis ipsilon*. Otros como Grant y Villani (2003) informaron que la virulencia de los infestivos juveniles aumentó en la medida que se logró mantener la humedad del suelo.

Los resultados obtenidos en este estudio, con relación a la aplicación de plaguicidas biológicos y químicos sobre el follaje del boniato para el manejo de *T. nigritus*, también disminuirán las poblaciones de adultos de *C. formicarius* presentes en el follaje (Castellón *et al.*, 1996; Lagnaoui *et al.*, 2000; Jenn-Sheng, 2000). En el caso de *H. indica*, existen resultados que también demuestran su efectividad contra esta plaga (Jansson *et al.*; 1992).

Con relación a las pérdidas de rendimiento comercial, con el empleo de las alternativas de control estudiadas en el presente trabajo, las menores pérdidas se obtuvieron con la aplicación de ij_3 a una concentración de $797\ 760$ $ij_3 \cdot parcela^{-1}$ en el momento de la plantación y 40 días después de esta, en combinación con el control de adultos al follaje con Thiacroprid, Beta-Cfluthrin ($0,52$ $t \cdot ha^{-1}$). Con excepción de las aplicaciones realizadas con *B. bassiana* al suelo y al follaje, entre el resto de los tratamientos no se presentaron diferencias significativas. En el tratamiento control,

las pérdidas fueron de 3,43 t·ha⁻¹ y se presentó poca variación en el rendimiento comercial con cada uno de las variantes empleadas (Tabla 28).

Tabla 28. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en plantaciones de boniato con aplicaciones al suelo y al follaje de plaguicidas químicos y biológicos para el control de *T. nigritus* en época de primavera. Año 2008.

Tratamientos	Rend. Comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> (suelo y follaje)	25,08	9,50 b	1,31	18,25 b
2. <i>M. anisopliae</i> (suelo y follaje)	25,40	14,7 a	1,14	13,25 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (797 760 ij ₃ ·parcela ⁻¹ y aplicación de Thiacloprid al follaje)	25,69	18,25 a	0,52	2,50 d
4. <i>H. indica</i> a los 40 días. Concentración: 2 659 200 ij ₃ ·parcela ⁻¹ y aplicación de <i>M. anisopliae</i> al follaje	25,40	13,75 a	0,92	8,50 c
5. Aplicación de Thiacloprid y Carbarilo al follaje de forma alterna	25,46	16,25 a	1,02	10,00 c
6. Control sin aplicación	22,96	2,50 c	3,43	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Autores como Bedding *et al.* (1983) demostraron la mayor efectividad de los nematodos del género *Heterorhabditis* en comparación con los que pertenecen al género *Steinernema*. Resultados obtenidos por este autor, con aplicaciones de *H. indica* para el control de *C. formicarius*, registraron menores pérdidas que con las aplicaciones realizadas con *Steinernema kari*. Por su parte Jansson *et al.* (1992)

refirieron que una sola aplicación de *Heterorhabditis* cepa HP88 a concentración de 3,1 billón de juveniles infestivos·ha⁻¹, fue efectiva para proteger las raíces tuberosas de los daños de *C. formicarius*, de igual forma que si se le hubieran aplicado al cultivo tres aplicaciones de productos químicos, en este caso los *ij*₃ persistieron en el suelo entre 134-250 días después de la aplicación.

Los tratamientos evaluados para la época de frío del primer año no presentaron pérdidas, solo en el tratamiento control estas alcanzaron un valor de 1,37 ton·ha⁻¹.

En las dos épocas estudiadas los resultados obtenidos en el segundo año, fueron similares a los alcanzados en el primero. En los meses de primavera con el empleo de *H. indica* en la plantación y 40 días posterior a la misma, combinado con la aplicación al follaje de Thiaproprid, Beta-Cfluthrin, se obtuvo el menor grado de ataque (5,82%) y 0,64 t·ha⁻¹ de pérdidas de rendimiento comercial (Tablas 29 y 30, Anexo 9).

En la época de frío del segundo año no existieron pérdidas de rendimiento y solo el control sin aplicación registró 1,37 t·ha⁻¹ pérdidas de rendimiento comercial.

Con relación al empleo de nematodos entomopatógenos, un aspecto que debe ser evaluado es la forma de realizar las aplicaciones. Al respecto, Flint y Merkle (1981) señalaron que aunque los métodos no han sido comparados experimentalmente, la aplicación directa sobre el suelo húmedo o la realizada a través del agua de riego, lógicamente ocasionarían menor mortalidad de nematodos debido a la no desecación e incidencia directa de la radiación ultravioleta. Además consideraron que la aplicación de estos durante el riego pre-plantación para el control de larvas, es sin

duda la estrategia más conveniente al utilizar las ventajas de las temperaturas de los terrenos con menor temperatura y la distribución uniforme al suelo entre campos no obstaculizados por las plantas.

Georgis (1990), señaló que la aplicación de los nematodos a través de sistemas de irrigación, ha hecho que los productores empleen esta alternativa, la cual requiere de labores mínimas y permite mantener la humedad del suelo. Otros autores encontraron resultados favorables cuando los nematodos fueron aplicados en forma de larvas de *G. mellonella*, y consideraron este método tan o más efectivo como el de aspersión en forma de suspensiones acuosas (Welch y Briand, 1960; Janson y Lecrone, 1994; Shapiro y Glazer, 1996).

Friedman (1990) refirió que el éxito en la comercialización de estos biopreparados depende de la habilidad de producir suficientes cantidades a un costo económico y hace referencia a la reproducción de nematodos entomopatógenos del género *Steinernema*, en fermentación líquida con una concentración de 100 000 juveniles infestivos·mL⁻¹ del biopreparado (1×10^8 ij₃·L⁻¹) y además comentó sobre el éxito de reproducir en medio sólido los nematodos pertenecientes al género *Heterorhabditis*, para lograr así un óptimo de aereación.

Cada litro de biopreparado de *H. indica*, que se necesitó para la realización de estos estudios, fue valorado a un precio de \$5,00, a una concentración de 1×10^6 ij₃·L⁻¹, o lo que es lo mismo 1 000 ij₃·mL⁻¹. Esto significa que en la provincia Villa Clara se comercializa el biopreparado con el 1% de ij₃·mL⁻¹ de la concentración referida por el autor anteriormente citado. Además la obtención de estos biopreparados se realizó a

través del hospedante *G. mellonella*, lo que llevó consigo altos costos de producción (Pozo, 2003).

Los resultados del presente estudio mostraron que en época de primavera fue más efectivo el control de *T. nigritus* con la aplicación de *H. indica* al suelo en combinación con aplicaciones al follaje con Thiacloprid, Beta-Cifluthrin. En la época de frío disminuyeron las pérdidas al rendimiento comercial con solo realizar aplicaciones dirigidas al control de adultos al follaje, por lo que no resulta factible aplicar métodos de control al suelo en esta época.

En todos los tratamientos empleados las aplicaciones con *M. anisopliae* resultaron ser más efectivas que con aquellas que se empleó el hongo *B. bassiana*.

4.8.2. Evaluación de la efectividad económica de los resultados experimentales

En las aplicaciones al suelo (experimento #1, acápite 4.8.1) se registraron las menores pérdidas en rendimiento comercial cuando se emplearon las mayores concentraciones de ij_3 . Estos tratamientos no fueron efectivos desde el punto de vista económico ya que exhibieron un costo mayor que lo que representó el incremento del rendimiento comercial expresado en valores, por lo que la mayor efectividad económica se obtuvo cuando se aplicó *M. anisopliae* (Tabla 31).

Las aplicaciones de productos químicos al follaje (experimento #2, acápite 4.8.1) mostraron los mejores resultados en el análisis de la efectividad económica, y se alcanzó la mayor efectividad (1 515,88 pesos por hectárea) con el empleo de Carbarilo.

Los resultados expuestos en la tabla anterior hacen evidente que entre todos los tratamientos ensayados, el de mayor efectividad económica fue donde se aplicó

Thiacloprid, Beta-Cifluthrin alternando con Carbarilo al follaje (2 158,25 pesos por hectárea) (experimento #3, acápite 4.8.1), y le siguió en orden de efectividad, el tratamiento en que se aplicó *M. anisopliae* al suelo y follaje.

A partir de un análisis esquemático de este resultado se hace incuestionable que, el tratamiento de mejor efectividad económica resulta atractivo para cualquier productor, pero es innegable que en las actuales condiciones de la economía cubana, existen varios factores que distorsionan cualquier análisis de este tipo, entre ellos: el subsidio por parte del Estado a los insumos que se adquieren en divisas, la no existencia de una tasa de cambio para la moneda nacional que refleje la realidad del valor de esta moneda con relación dólar estadounidense y otras divisas así como, el incremento de los precios de compra de los productos agrícolas y otros. Por estas razones y por constituir el Carbarilo y el Thiacroprid, Beta-Cfluthrin productos de importación, los convierten en una solución de baja sostenibilidad, contrariamente a lo que sucede con el uso de *M. anisopliae*, que es un formulado de producción nacional que no depende de importaciones. A ello se debe agregar que el empleo de plaguicidas químicos genera en mayor o menor medida un impacto ambiental negativo, que a través del tiempo, manifiesta necesariamente similar repercusión en el impacto económico.

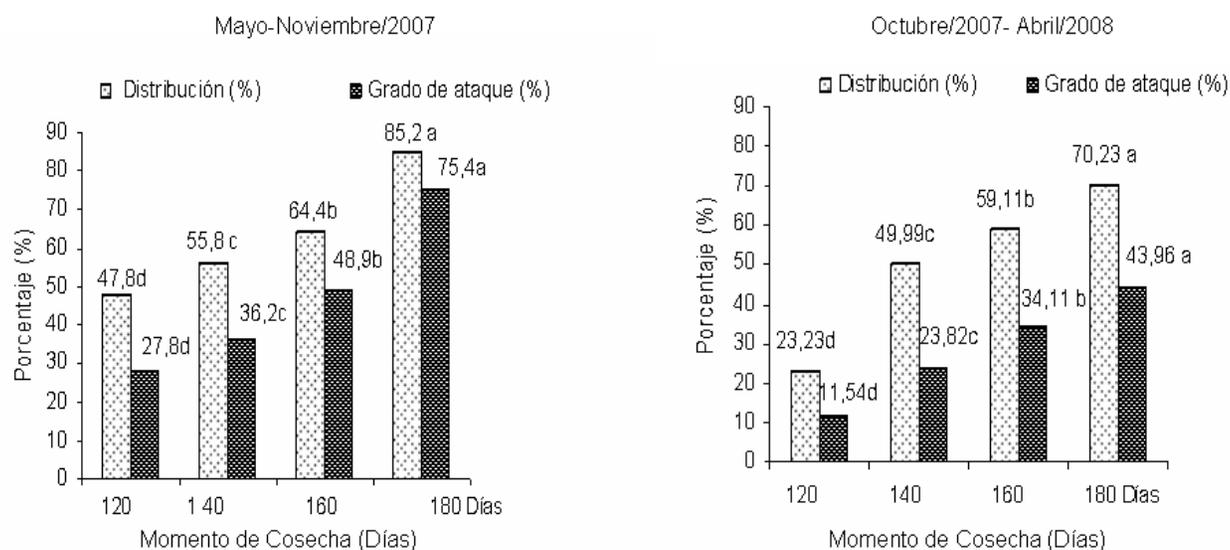
Tabla 31. Evaluación de la efectividad económica de los diferentes tratamientos empleados en el control de *T. nigritus*.

Tratamientos	Costo tratamiento (pesos por hectárea)	Incremento del rendimiento comercial		Efectividad económica (pesos por hectárea)
		(t·ha ⁻¹)	(pesos por ha)	
Experimento 1				
1. <i>B. bassiana</i> al suelo en la plantación	183,83	1,44	1289,40	1105,57
2. <i>M. anisopliae</i> al suelo en la plantación	88,24	1,93	1728,17	1639,93
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (3×10^8 ij ₃ ·ha ⁻¹)	1434,50	2,07	1853,52	419,02
4. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (1x10 ⁹ ij ₃ . ha ⁻¹)	4756,30	2,92	2614,63	- 2141,67
5. <i>H. indica</i> a los 40 días de la plantación (1x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹)	2378,15	2,41	2157,96	- 220,19
Experimento 2				
1. Thiacloprid, Beta Cifluthrin	144,24	1,69	1513,26	1369,02
2. <i>Beauveria bassiana</i>	662,76	1,46	1307,31	644,55
3. <i>Metarhizium anisopliae</i>	393,76	1,64	1468,49	1074,73
4. Carbarilo	77,97	1,78	1593,85	1515,88
Experimento 3				
1. <i>B. bassiana</i> aplicada al suelo y al follaje	505,95	2,12	1898,29	1397,34
2. <i>M. anisopliae</i> aplicado al suelo y al follaje	362,56	2,44	2184,82	1822,26
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días (3×10^8 ij ₃ ·ha ⁻¹) y Thiacloprid al follaje.	1762,17	2,73	2444,50	682,33
4. <i>H. indica</i> a los 40 días (1 x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹) y <i>M. anisopliae</i> al follaje	2998,00	2,44	2184,82	- 813,18
5. Thiacloprid y Carbarilo al follaje de forma alterna	80,30	2,50	2238,55	2158,25

4.9. Influencia del momento de la cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas y su incidencia en las poblaciones de la plaga

4.9.1. Influencia del momento de cosecha en las afectaciones a las raíces tuberosas

La distribución y el grado de ataque por *T. nigrinus* se incrementaron según el momento en que se realizaron las cosechas. En el período mayo-noviembre/2007 independientemente del momento de la cosecha, los porcentajes de distribución y grado de ataque fueron superiores a los registrados en el período octubre/2007-abril/2008. Los mayores porcentajes de distribución del daño y del grado de ataque en ambos períodos se registraron cuando la cosecha se realizó a los 180 días (Figura 25).



Barras con letras desiguales para cada variable difieren según las pruebas de Kruskal Wallis/Mann-Whitney

Figura 25. Distribución y grado de ataque provocado por *T. nigrinus* en cuatro momentos de cosecha y dos períodos de plantación.

Los resultados sugieren que las cosechas tardías contribuyeron al incremento de los daños en las raíces tuberosas, ya que le proporcionaron al insecto una fuente de alimento constante para completar su desarrollo. Al respecto Marti (2002); Jackson et

al. (2004) y Chung (2004) coincidieron en que la raíz tuberosa del boniato no puede estar expuesta por mucho tiempo a la incidencia de *T. nigritus*, la cosecha debe ser puntual pues mientras más tiempo permanece el boniato en el campo mayor será el daño que *T. nigritus* ocasiona.

Por otro lado se observó que a medida que la cosecha se extendió en el tiempo, mayores fueron los rendimientos comerciales, fundamentalmente en el período (octubre/2007- abril/2008) (Tabla 32), lo que implicó que a su vez aumentarían las pérdidas de rendimiento comercial (Tabla 33).

Tabla 32. Influencia del momento de cosecha en el rendimiento comercial, en dos períodos de plantación.

Momento de Cosecha (Días)	Período desde mayo - noviembre/ 2007		Período desde octubre/2007 - abril/2008	
	Rendimiento Com. (t·ha ⁻¹)		Rendimiento Com. (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
120	22,17	4,00 c	26,80	2,50 c
140	23,67	6,00 bc	27,63	6,50 c
160	28,80	9,00 b	31,78	10,50 b
180	34,61	14,50 a	39,82	14,50 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney

Con respecto a las pérdidas de rendimiento comercial, en el período comprendido entre mayo-noviembre/2007 estas a los 180 días fueron superiores al resto de los

tratamientos, con diferencias significativas con las cosechas realizadas en todos los momentos estudiados, y fueron valoradas en 7 144,75 pesos por hectárea (Tabla 33).

Tabla 33. Pérdidas de rendimiento comercial ocasionadas por *T. nigritus* en los dos períodos evaluados.

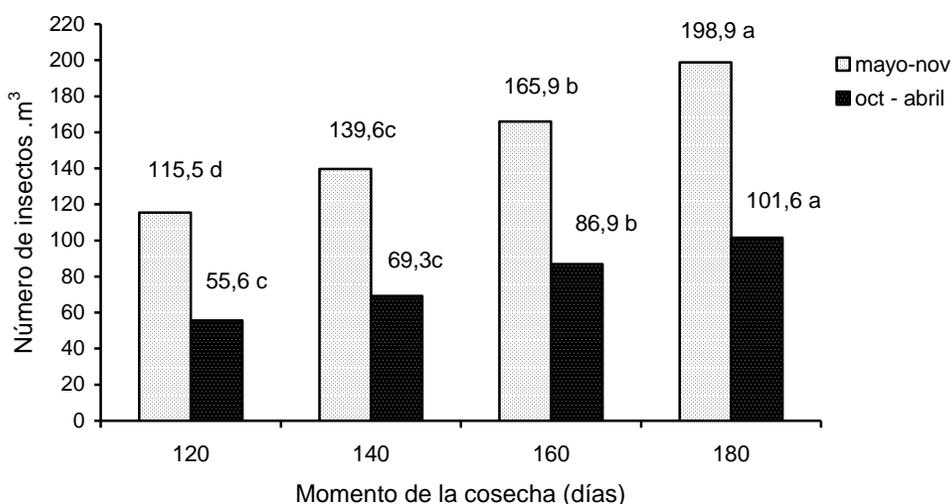
Momento de Cosecha (Días)	mayo - noviembre de 2007			octubre/2007 - abril/2008		
	Pérdidas de Rendimiento Comercial					
	t·ha ⁻¹		Pesos por hectárea	t·ha ⁻¹		Pesos por hectárea
	Media	Rangos Medios	Media	Media	Rangos Medios	Media
120	3,11	2,80 d	2 784,76	1,10	2,80 d	1 184,76
140	3,95	6,50 c	3 540,77	1,62	5,25 c	1 742,70
160	5,51	10,50 b	4 934,25	2,98	10,25 b	3 205,41
180	8,10	14,50 a	7 144,75	5,05	14,5 a	5 431,70

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Para la segunda etapa evaluada, los resultados reflejaron que aunque las pérdidas en rendimiento comercial son significativas desde el punto de vista económico, estas fueron menores que en el período anterior, oscilando entre 1 184,01\$ por hectárea al cosechar a los 120 días y 5 431,70\$ por hectárea, cuando la cosecha se realizó a los 180 días.

4.9.2 Influencia del momento de cosecha en las poblaciones del insecto

Los resultados demostraron, que las poblaciones de *T. nigritus* se incrementaron con las cosechas tardías. Durante el primer período evaluado (mayo-noviembre), se registraron los mayores valores en cuanto al número de insectos por m³ con diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 26).



Barras con letras desiguales para cada período difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney

Figura 26. Efecto del momento de cosecha y su incidencia en el aumento de las poblaciones de *T. nigritus*.

Para el período de octubre - abril se observó menor número de insectos por m³ en los cuatro momentos de cosecha estudiados, en relación con el período mayo-noviembre/2007. Las cosechas realizadas a los 120 y 140 días no presentaron diferencias significativas. Al igual que en el período mayo-noviembre los mayores valores en el número de insectos·m³ se obtuvieron, cuando la cosecha se realizó a los 180 días con diferencias significativas con el resto de los momentos de cosecha estudiados en el presente trabajo.

Según los resultados obtenidos, lejos de obtener altos rendimientos al efectuar cosechas tardías, se aumentaron las poblaciones de *T. nigrinus*. Esta situación es un reflejo de lo que sucede en la producción; generalmente el productor antes de cosechar, no conoce el porcentaje de daño en su plantación y aún así realiza la cosecha después de los 135 días, lo cual se corroboró con los resultados de la encuesta realizada en el presente trabajo. Las larvas detectadas en el suelo en muchas ocasiones, provienen de las nuevas generaciones de adultos que completaron su ciclo en la plantación, por lo que si el cultivo permanece en el campo por mayor tiempo, estas larvas aún después de realizada la cosecha, seguirán siendo una amenaza para las nuevas plantaciones.

No se ha estudiado la capacidad de vuelo de *T. nigrinus*, pero si se ha observado su desplazamiento a plantaciones colindantes. Con relación a este aspecto Chung (2004) refiere, que las poblaciones de *T. nigrinus* en Jamaica se elevaron, cuando se plantaron nuevos campos próximos a los dañados por la plaga.

En otros países donde la familia Chrysomelidae reviste importancia, recomiendan arar después de la cosecha para destruir los huevos y así evitar que las larvas permanezcan en el suelo (Pérez 2004). Este autor además considera que la elección del momento óptimo de cosecha, es la clave para limitar el aumento de las poblaciones de insectos que aparecen en las fases tardías de desarrollo del cultivo, tanto como las que aparecen en fases más tempranas y lo acompañan hasta el final.

5. CONCLUSIONES

1. *T. nigrinus* estuvo presente en 109 de los 120 municipios encuestados con mayor incidencia en época de primavera. En el momento de la cosecha, las raíces tuberosas pueden presentar daños entre 20 y 40%.
2. El ciclo biológico de *T. nigrinus* fue de 64 días a temperatura promedio de 28,5 \pm 1,2 °C y de 97 días a temperatura promedio de 23,0 \pm 2,2°C. La oviposición y la longevidad estuvieron influenciadas por la temperatura ambiente.
3. Los adultos de *T. nigrinus* pueden devorar todo el limbo foliar, a excepción de las nervaduras. Las larvas dañan la raíz tuberosa al realizar relieves irregulares en forma de surco y orificios con cavidades por debajo de la epidermis.
4. Los clones comerciales de boniato 'INIVITB-98-3', 'INIVITB-2-2005' y el promisorio 'INIVITB-240' fueron los menos dañados por este insecto y el clon comercial 'Avileño 3' presentó las mayores pérdidas.
5. Las larvas, pupas y adultos de *T. nigrinus* fueron susceptibles a diferentes concentraciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. *H. indica* resultó efectivo para causar la muerte de larvas y pupas de esta especie.
6. En condiciones de campo se obtuvieron menores pérdidas de rendimiento comercial con el empleo de *H. indica* aplicado en el fondo del cantero al momento de la plantación y a los 40 días, unido a las aplicaciones de Thiacloprid, Beta-Cifluthrin al follaje, aunque con baja efectividad económica.

7. La mayor efectividad económica se obtuvo con aplicaciones alternas de Carbarilo y Thiaclopid, Beta-Cifluthrin, a partir de la presencia de dos a tres adultos por planta, seguido del tratamiento con *M. anisopliae* al suelo y al follaje.
8. Las pérdidas de rendimiento y las poblaciones de *T. nigritus* en las dos épocas de plantación fueron menores cuando se cosechó a los 120 días y aumentaron a medida que se prolongó la fecha de la misma.

6. RECOMENDACIONES

1. En las áreas de mayor afectación, introducir los clones comerciales 'INIVITB-98-3' e 'INIVITB-2-2005'.
2. Por su efectividad económica utilizar *M. anisopliae* aplicado al suelo en el momento de la plantación ($3,4 \times 10^{13}$ conidios por hectárea) y al follaje (1×10^7 conidios por mililitro cada 15 días a partir de la presencia de adultos).
3. En áreas afectadas no prolongar la cosecha después de los 140 días.
4. Incorporar estos resultados al Manejo Integrado de Plagas en el boniato, unido a la capacitación de los técnicos y productores de todo el país con relación a esta problemática.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves, S. B. 1998. Controle Microbiano de Insectos. 2da ed. FEALQ. Piracicaba, Brasil. 1163 p.
2. Anderson, T. E.; D. W. Roberts; and R. S. Soper. 1988. Use of *Beauveria bassiana* for suppression of Colorado potato beetle populations in New York State (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 17, p. 140-145.
3. Anónimo. 2007. Especies relacionadas con el género *Typophorus*. En sitio web: <http://www.inbio.ac.cr/papers/eumolpinae/Typophorus.htm>. Consultado el 5 de febrero de 2007.
4. Arnett, R. H.; M. C. Thomas; P. E. Skelley; and J. H. Franks. 2002. American Beetles. Vol. 2, CRC. Boca Raton, Fl.
5. Arteaga, E.; E. Fernández y T. Vázquez. 1994. Los nematodos entomopatógenos. Situación actual y perspectivas, III Simposio Internacional de Zoología, Ciudad de La Habana.
6. Bechyne, J. 1948. Notes sur des Chrysomeloidea de l'Amérique du Sud. *Acta Zool. Lilloana* 5, Tucumán. p. 185-202.
7. Bechyne, J. 1953. Katalog der neotropischen Eumolpiden (Col. Phytoph. Chrysomeloidea). *Entomol. Arb. Mus. G. Frey*, 4: 26-304.
8. Bedding, R. A.; L. A. Miller. 1981. Disinfesting blackcurrant cuttings of *Synanthedon tipuliformis*, using the insect parasitic nematode, *Neoplectana bibionis*. *Environ Entomol* 10:449-453.

9. Bedding, R. A; A. S. Molyneux and R. J. Akhurst. 1983. *Heterorhabditis* spp., *Neoaplectana* spp. *Heterorhabditis* spp., *Neoaplectana* spp. and *Steinernema kraussei*: Interspecific and intraspecific differences in infectivity for insects. *Experimen. Parasitol.* 55: 249-257.
10. Bell, J. V.; R. J. Hammalle and J. A. Onsager. 1972. Mortality of larvae and pupae of the banded cucumber beetle in soil and sand following topical application of fungus spores. *J. Econ. Entomol.* 65:605-606.
11. Boff, M. I. C.; P. Boff and L. F. Thomazelli. 1992. Insetos associados à cultura da batatadoce no Alto Vale do Itajaí, SC. *Agrop. Catarinense* 5: 54-57.
12. Bohac, J. R., Dukes, P.D., Mueller, J. D., Harrison, H.F., Peterson, J.K., Schalk, J. M., Jackson, D. M. and Lawrence, J. 2001. White Regal, a multiple pest- and disease-resistant, cream fleshed, sweet potato, *HortScience* 36 1152–1154
13. Bonilla, M. y J. Cancino. 2001. Estimación del contenido de humedad del suelo, mediante el empleo de funciones de Pedotransferencia. *Agric. Téc. Vol (61):3.* Chillán. Santiago de Chile.
14. Brannon, L. W. 1938. The sweet potato leaf beetle. *USDA Circular No. 495.*
15. Bruner, S. C.; L. C. Scaramuza y A. R. Otero. 1975. Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Segunda Edición. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Zoología. p: 177-179.
16. Campbell, R. K.; T. E. Anderson; M. Semel and D. W. Roberts. 1985. Management of Colorado potato beetle using the entomogenous fungus *Beauveria bassiana*. *American Potato Journal.* 62: 29-37.

17. Cantwell, G. E.; W. W Cantelo and R. Schroder. 1986. Effect of *Beauveria bassiana* on underground stages of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Great Lakes Entomologist* Vol (19): 81– 84.
18. Cañedo, Verónica. 2004. Centro Internacional de la Papa (CIP). La Molina Lima. Perú. Comunicación personal. 28 de mayo de 2004.
19. Capinera, J. L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press. 729 p. ISBN 0-12-158861-0. En sitio web: <http://www.academicpress.com>. Consultado el 26 de noviembre de 2006.
20. Casas, Gladys; J. E. Vaquer; S. E. Cuadrado; María del C. Chávez Cárdenas y E. González. 2008. Predicción de mutaciones en secuencias de la proteína transcriptasa inversa del VIH usando nuevos métodos para Aprendizaje Estructural de Redes Bayesianas. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 4, 77-85.
21. Castellón, María del Carmen; A. Morales; Lilián Morales.; N. Maza; M. Lima; Dania Rodríguez y H. Fuentes. 1996. Manejo integrado de *Cylas formicarius* F. (Coleoptera: Curculionidae), en el cultivo del boniato *Ipomoea batatas* (L.) Lam., en Cuba. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales. (INIVIT), p. 69-84. En: Lizárraga, A.; María del C. Castellón; Doris. Mallqui. 2004. Manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Intercambio de experiencias entre Cuba y Perú. RAAA, Lima, Perú. 225 p.
22. Castellón, María del Carmen; A. Morales; Lilián Morales; N. Maza; Dania Rodríguez; J. Alcázar y F. Cisneros. 1999. Componentes para el Manejo

- Integrado del camote. p. 45-83. En: Cisneros, F. y J. Alcazar. 2001. Manejo Integrado del gorgojo del camote o tetuán del boniato, *Cylas formicarius* (F.), en Cuba. 138 p.
23. Castellón, María del Carmen; L. Vázquez; L. Morales; A. Morales, N. Maza; M. Lima; H. Fuentes; D. Rodríguez; M. Jacomino; H. Méndez y R. Romero. 2004 a. Diagnóstico de las pérdidas causadas por *Typophorus nigrinus* (Coleoptera: Chrysomelidae), en el cultivo del boniato *Ipomoea batatas* (L.) Lam, en Cuba. p.117-119. En: Lizárraga, A.; María del C. Castellón; Doris Mallqui. 2004. Manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Intercambio de experiencias entre Cuba y Perú. RAAA, Lima. Perú. 225p.
24. Castellón, María del Carmen; H. Fuentes; Y. Rodríguez; R. Díaz y Y. García. 2004 b. Evaluación del comportamiento de clones promisorios y comerciales de boniato ante los daños provocados por *Typophorus nigrinus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae). (INIVIT). 9 p. Disponible En: sitio web:<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/542> Consultado el 18 de junio de 2009.
25. Castiñeiras, A., T. Cabrera, A. Calderón y O. Obregón. 1984. Virulencia de tres cepas de *Beauveria bassiana* sobre adultos de *Cylas formicarius elegantulus* (Coleoptera: Curculionidae). Cienc. Téc. Agric., Prot. Plantas 7: 67-74.
26. Certis, A. 2003. Productos a base de nematodos insecticidas para la protección del cultivo. En sitio web: <http://www.certis.com.mx/nematode.html> Consultado en mayo, 2004).

27. Chafant, R. B.; R. K. Jansson; D. R. Seal and J. M. Schalk. 1990. Ecology and management of sweet potato insects. *Annu. Rev Entomol.* 35: 157-180.
28. Chitteden, F. H. 1925. Note on the sweet potato leaf beetle and a related Mexican form. *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 20:91-92.
29. Christensen, J. R. 1943. Study of genus *Diabrotica* Chev. In Argentina, *Rev. Fac. Agron. Vet.*, (10): 464.
30. Chuman, T.; P. L. Guss; R. E. Doolittle, J. R. Mc Laughlin, J. L. Krysan, J. M. Schalk and J. H. Tumlinson. 1987. Identification of female produced sex pheromones from the banded cucumber beetle, *Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Chem. Ecol.* 13: 1601-1616.
31. Chung, P. 2004. Division of technology, Training and Technical. Rural Agricultural Development (RADA). En sitio web: <http://www.radajamaica.com.jm/technical/potatonotes>. Consultado el 15 de febrero de 2008.
32. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D. F., México: Centro de Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. ISBN 968-6127-24-0, p. 21-22.
33. Cisneros, F. y J. Alcázar. 2001. Manejo integrado del gorgojo del camote o tetuán del boniato *Cylas formicarius* (Fab.) en Cuba. (eds): Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 138 p.
34. Collins, W. W.; A. Jones; M. A. Mullen; N. S. Talekar, and F. W. Martin. 1991. Breeding sweet potato for insect resistance: A Global Overview, pp. 379-397. In:

- R. K. Jansson R., K. Raman (eds). Sweet Potato Pest Management. A Global perspective. Westview Press, Inc., Boulder, CO. 458 p.
35. Cotto D. T. 1995. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. p.107. En sitio web:<http://books.google.es/books>. Consultado el 23 de noviembre de 2009.
 36. Cranshaw, W. S and R. Zimmernan. 1994. Insects Series. Home and Garden. Insect Parasitic Nematodes No. 5.573. Colorado State University Cooperative Extension. 5/94. Reviewed 11/98. En sitio web: www.colostate.edu/Depts/CoopExt. Consultado el 17 de marzo de 2008.
 37. Cuba. Ministerio de La Agricultura. 2007. Instructivo Técnico del Cultivo del boniato.-- La Habana, Biblioteca ACTAF, 2007. --p. 5 – 6.
 38. Cuthbert, F. P. 1967. Insects affecting sweet potato. U.S.D.A. Agric. Handbook No. 329.
 39. Cuthbert, F. P. And B. W. Davis, Jr. 1971. Factors associated with insect resistance in sweet potatoes. J. Econ. Entomol. 64: 713-717.
 40. Day, A.; F. P. Cuthbert and W. J. Reid. 1971. The southern potato wireworm, its biology and economic importance in coastal South Carolina. U.S.D.A. Tech. Bull. No. 1443.
 41. Domínguez, F. 1971. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Edición Revolucionaria (3ra edición). 944 p.
 42. Drummond, F. C. and E. Groden. 1996. Insect pests and natural enemies. In: The Ecology, Economics, and Management of Potato Cropping Systems: A Report of the First Four Years of the Maine Potato Ecosystem Project. Maine

- Agricultural and Forest Experiment Station Bulletin 843, Orono, Maine, p. 80–118.
43. Elsey, K. D. 1977. Parasitism of some economically important species of Chrysomelidae by nematodes of the genus *Howardula*. J. Invertebr. Pathol. 29: 384-385.
 44. Evans, G., R. Valdés Herrera, Marlén Cárdenas Morales, Mairín 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.
 45. Fargues, J.; J. C. Delmas and R. A. Lebrun. 1994. Leaf consumption by larvae of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) infected with the entomopathogen, *Beauveria bassiana*. J. Econ. Entomol. 87: 67-71.
 46. Fennah, R. G. 1947. The insect pest of food crops in the Lesser Antilles. Dept. Agric., Winward Islands, St. George's, Grenada, B.W.I. Dep. Agric., Leeward Islands, St. John's, Antigua, B.W.I. 207 p.
 47. Fernández, P.G.A. 1991. Plagas de las plantas tuberosas tropicales, Manual de Manejo Integrado. Santiago, FAO. 104 p.
 48. Flint, H. M and J. R. Merkle. 1981. Early-season movements of pink bollworm male moths between selected habitats. Journal of Economic Entomology 74:366–371.

49. Flowers, W. R.; D. H. Janzen. 1997. Feeding Records of Costa Rica Leaf Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). Florida Entomologist .80 (3):334.
50. Fontana M. y E. Fontes. 2004. GMO. Guidelines Project Documentos EMBRAPA. Jaguarinúa. Brasil. Medio Ambiente. ISSN 1516- 4691. 56 p.
51. Forschler, B. And W. Gardner. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. Journal of Economic Entomology 84(3):841-843.
52. Friedman, M. J. 1990. Commercial production and development. In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control (R. Gaugler and H. K. Kaya eds.) p.139-172, CRS Press, Boca Raton, Florida.
53. García-Roa, F.; G. Gómez; S. Belalcarzar. 1993. Manejo biológico y cultural de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en plátano. Palmira, Colombia: Corpoica. Informe Técnico. 15 p.
54. Gaugler, R. 1988. Ecological considerations in the biological control of soil inhabiting insect pest with entomopathogenic nematodes. Agric Ecosyst. Environ. 24: 351-360.
55. Georgis, R. 1990. Formulation and application technology. In: Entomopathogenic nematodes in Biological Control (R. Gaugler and H. K. Kaya, eds.), p.173-191, CRC PRESS, Boca Raton, Florida.
56. Georgis, R. and N. Haugue 1991. A neoaplectanid nematode in the larch sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphiliidae). Annals of Applied Biology 99: 171–177.

57. Goettel, M. S.; G. D. Inglis, and S. P. Wraight. 2000. Fungi. *In*: L. A. Lacey and H. K. Kaya (eds.). "Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests." Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 255-282.
58. Goncalvez, P. 1997. Levantamiento de insectos asociados a la batata dulce (*Ipomoea batatas*) con el uso de trampas amarillas de agua en Ituporanga, Santa Catarina. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*: 26 (1) :199-203.
59. Grant, Jennifer and M. Villani. 2003. Soil Moisture, effects on Entomopathogenic Nematodes. *Environmental Entomology* 32(1):80-87.
60. Greighton, C. S. and F. Fassuliotis. 1983. Infectivity and suppression of banded cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) by the mermithid nematode *Filipjevimermis leipsandra* (Mermithida: Mermithidae). *J. Econ. Entomol.* 17(76):615-618.
61. Hajek, A. E.; R. S. Soper; D. W. Roberts; T. E. Anderson; K. D. Biever; D. N. Ferro; R. A. Lebrun And R. H. Storch. 1987. Foliar applications of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin for control of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae): An overview of pilot test results from the northern United States. *Can. Entomol.* 119: 959-974.
62. Hall-Hanson R.; Janet Lawrence and D. Jones. 2010. The Impact of the Sweet Potato Leaf Beetle *Typophorus nigritus viridicyaneus* (Coleoptera: Chrysomelidae) on Sweet Potato Production. Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI), University of the West Indies, Mona Campus, Jamaica and University of the West Indies, St. Augustine Campus,

Trinidad and Tobago. En sitio web: www.cedaf.org.do/eventos/cfcs_2010/pr. Consultado el 5 de enero de 2011.

63. Hanula, J. 1993. Vertical distribution of black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) immatures and infection by entomogenous nematodes in soil columns and field soil. *Journal of Economic Entomology* 86 (2) 340-347.
64. Harrison, H. F.; J. K. Peterson, M. E. Sook; J. R. Bohac and D. M. Jackson. 2003. Quantitation and potential biological activity of caffeic acid in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) storage roots. *J. Agric. Food Chem.* 51 (64): 2943-2948.
65. Hernández, A.; M. O. Ascanio; D. M. Morales y R. A. Cabrera. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA). En sitio web: <http://www.rutas.ucf.edu.cu>. Consultado el 23 de abril de 2008.
66. Hernández, B. 2006. Estudio comparativo de clones promisorios de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en diferentes ambientes. Tesis en opción al título de Máster en Agricultura sostenible- Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 69 p.
67. Jackson, J. J.; M. A. Brooks. 1995. Parasitism of Western Corn Rootworm larvae and pupae by *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Nematology* 27(1):15-20.

68. Jackson, D. M.; J. R. Bohac; J. Lawrence and J. D. Mueller. 1999. Multiple insect resistances in dry fleshed sweet potato breeding lines for the USA and Caribbean. p. 274-280 In: Progress in IPM CRSP Research, proceed. 3rd IPM CRSP Symposium, 15 -18 May 1998. Blacksburg. VA.
69. Jackson, D. M. 2000. IPM in Sweet potato: Caribbean Regionalization. p: 37-38. In: Summary Report of the Caribbean Agricultural Technology Conference (CATC), 14-18 Aug. 2000, Kingstown, St. Vincent.
70. Jackson, D. M., Bohac, J. R. Lawrence, J., Dalip, K.M., Clarke-Harris, D. and McComie, L. 2001. Integrated pest management (IPM) of major pests affecting sweet potato in the Caribbean, in: IPM CRSP , Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program, Seventh Annual Report, 1999–2000, Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA., U.S.A., pp. 279–282
71. Jackson, D. M.; J. R. Bohac; K. M. Dallp; J. Lawrence; D. Clarke Harris; L. Mc Comie; J. Gore; D. Mc Glashan; P. Chung; S. Edwards; S. Tollin, and C. Edwards. 2002a. Integrated Pest Management of Sweet potato in the Caribbean. Acta Horticulturae No. 583: 143- 154.
72. Jackson, D. M., Bohac, J. R., Dalip, K. M., McComie, L., Chung P. Seal, D., Mueller, J., Clarke- Harris, D. and McDonald, F.D. 2002b. Integrated pest management of major pests affecting sweet potato, *Ipomoea batatas*, in the Caribbean, In: IPM CRSP, Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program, Eighth Annual Report, 2000–2001, Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA, U.S.A., pp. 127–147.

73. Jackson, D. M., Bohac, J.R. and Mueller, J. D. 2003a. Evaluation of plant introductions and dry- fleshed sweet potato entries for resistance to soil insect pests, 1998, Arthropod Mgmt Tests 28. M12.
74. Jackson, D. M.; J. Lawrence; K. M. Dalip; P. Chung; D. Clarke Harris; J. R. Bohac; S. Tolin; C. Edwards and. R. Seal. 2003 b. The sweet potato leaf beetle, *Typophorus nigritus viridicyaneus* (Coleoptera: Chrysomelidae), an emerging pest in Jamaica. Distribution and host plant resistance. Tropical Agriculture (Trinidad) 80(4): 235 -242.
75. Jackson, D. M.; J. R. Bohac; K. M. Dalip; J. Lawrence; D. Clarke Harris; L. Mccomie; J. Gore; D. Mcglashan; P. Chung; S. Edwards; S. Tolin; C. Edwards. 2004. Integrated Pest Management of sweet potato in the Caribbean. ISHS Acta Horticulturae 583: I International Conference on Sweet potato. Food and Health for the Future. En sitio web: [http:// www.actahort.org](http://www.actahort.org). Consultado el 10 de abril de 2008.
76. Jackson, D.M.; J. R. Bohac. 2006. Improved Dry-Fleshed Sweet potato Genotypes Resistant to Insect pests. U.S. Vegetable Laboratory. USDA-ARS, Charleston, J. Econ. Entomol. 99(5): 1833-1877.
77. Jansson, R. K.; K. V. Raman and O. S. Malamoud. 1991. Sweet potato pest management: Future outlook. p. 429 - 437. In: R .K. Jansson, K. Raman (eds). Sweet Potato pest Management: A Global perspective. Westview Press, Inc., Boulder, CO.
78. Jansson, R. K.; S.H. Lecrone and R. R. Gaugler. 1992. Efficacy and persistence of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematode: Heterorhabditidae): a

- biological control agent of *Cylas formicarius elegantulus* (Summers) (Coleoptera: Apionidae). Biol. Control (In review).
79. Janson, R. K and S. H. Lecrone. 1994. Application methods for entomopathogenic nematodes Rhabditida: Heterorhabditidae): aqueous suspensions versus infected cadavers. Florida. *Entomologist* 77: 281–284.
80. Jaques, R. P. and D. R Laing. 1988. Effectiveness of microbial and chemical insecticides in control of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potatoes and tomatoes. Canadian Entomologist 120: 1123–1131.
81. Jenn-Sheng, H. 2000. Integrated control of sweet potato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius, with sex pheromone and insecticide. p. 25-43. In: C. Chien-The (ed.), Control of Weevils in Sweet Potato Production. Proceed. 12th Intl. Symp. Intl. Soc. Trop. Root Crops, 11-15 Sept. 2000, Tsukuba, Japan.
82. Jones, A.; P. D. Dukes and J. M. Schalk 1986. Sweet potato breeding pp 1-35. In: M. J. Bassett (eds.). Breeding vegetable crops: Avi, Westport, Connecticut.
83. Kairo, M.; A. Little; P. Van Mele; G. Wesseler; F. Guharay; G. Pollard; C. Persad; D. Dolly; L. Palengleng and M. Kimani. 2000. Rept. Reg. Train. Workshop Farmer Particip. Methods Ecol. Crop Mgt., 11-15 Sept. 2000, Macoya, Trinidad and Tobago.
84. Kaya, H. K. 1985. Susceptibility of early larval stages of *Pseudalletia unipuncia* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). Journal of Invertebrate Pathology 46: 58-62.

85. Kaya, H. and S. P. Stock. 1997. Techniques in Insect Nematology. p: 281-324
In: L. Lacey (ed.). Manual of techniques in insect pathology. Biological techniques series. Academic Press. Wapato. EE. UU.
86. Kaya, H. K.; M. M. Aguilera; A. Alumai; H. Y. Choo; M. de La Torre; A. Fodor; S. Ganguly; S. Hazir; T. Lakatos; A. Pye; M. Wilson; S. Yamanaka; H. Yang; R. U. Ehlers. 2006. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological Control* 38: 134-155.
87. King, A. B. S. and J. L. Saunders. 1984. The invertebrate pests of annual food crops in Central America. Overseas Development Administration, London. ISBN: 0902500. 182 p.
88. Klein, M. G. and R. Georgis. 1992. Persistence of control of Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae), larvae with Steinernematid and Heterorhabditid nematodes. *J. Econ. Entomol.* 85(3): 727-730.
89. Koppenhöffer, A. M.; E. M. Fuzy. 2004. Effect of *white grub* developmental stage on susceptibility to entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology* 97 (6): 1842-1849.
90. Koppenhöffer, A. M.; E. M. Fuzy; R. L Crocker; W. D. Gelernter; S. Polavaparu. 2004. Pathogenicity of *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema glaseri*, and *S. scarabaei* (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae) against 12 *white grubs* species (Coleoptera: Scarabaeidae). *Biocontrol Science and Technology* 14 (1): 87-92.

91. Koppert B. V. 2008. Productos contra escarabajos. Terranem. *Heterorabditis bacteriophora*. En sitio web: <http://www.koppert.es/plagas/escarabajos/productos-contra-escarabajos/detalle/terranem-1/>. Consultado el 5 de marzo de 2010.
92. Krysan, J. L. 1986. Introduction: biology, distribution, and identification of pest *Diabrotica*. p. 1-23 In: Krysan J. L. Miller TA (eds). Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. Springer-Verlag, New York.
93. Kryson, J. L. and Branson, T. F. 1983. Biology, ecology and distribution of *Diabrotica*, Proc, Inter, Maize, Virus Disease Colloquium and Workshop, The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster. 1-7 p.
94. Lacey, L. A.; D. R. Horton; R. L. Chauvin and J. M. Stocker. 1999. Comparative efficacy of *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, and aldicarb for control of Colorado potato beetle in an irrigated desert agroecosystem and their effects on biodiversity. Entomol. Exp. Applic. 93:189-200.
95. Lagnaoui, A.; F. Cisneros; J. Alcazar and A. Morales. 2000. A sustainable pest management strategy for sweet potato weevil in Cuba: A success story. p. 3-13. In: C. Chien-The (ed.), Control of Weevils in Sweet Potato Production. Proceed.
96. Laumond, D.; H. Mauleon, A. Kermarrec. 1979. Données nouvelles sur le spectre d'hôtes et le parasitisme du nematode entomophage *Neoplectana carpocapsae*. Entomophaga. 24(1):1-27.

97. Lawrence, J.; J. Bohac and S. Fleischer. 1997. Sweet potato weevil integrated pest management, p. 16-20. In: Progress in IPM CRSP Research: Proceedings, Second IPM CRSP Symposium, 16 May 1997 Guatemala City, Guatemala p. 298–30.
98. Lawrence, J.; J. Bohac; S. Weeks; J. Reid and S. Fleischer. 1998. IPM systems development: Sweet potato, *Ipomoea batatas*, In: IPM CRSP, Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program, Fourth Annual Report, 1996–1997, Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA, U.S.A., p. 193–208.
99. Lawrence, J. and S. Tolin. 1999. Sixth Annual Report of the Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM CRSP). Caribbean Region. En sitio web: <http://www.ag.vt.edu/ipmcrsp/annrepts/annrep99/caribexy6.html>. Consultado el 11 de marzo de 2009.
100. Lawrence, J., McComie, L., McDonald, F., Jackson, D.M., Bohac, J., Chung, P., Martin, T. and Edwards, .C. 2000. IPM of pests affecting sweet potato, *Ipomoea batatas*, In: IPM CRSP, Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program. Sixth Annual Report ,1998–1999 ,Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA, U.S.A., pp. 321–330.
101. Lawrence, J.; D. M. Jackson, J. R. Bohac, K. M. Dalip, F. Mcdonald, G. Morgan, D. Seal, and J. Mueller. 2001. Integrated pest management of major pests affecting sweet potato, *Ipomoea batatas*, in the Caribbean. Pp. 238-249. In: IPM CRSP, Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program, 7th Annu. Rept., 1999-2000, Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA.

102. León, R. 1999. Diagnóstico de las principales plagas insectiles y sus enemigos naturales con miras al desarrollo de un manejo integrado de las plagas del cultivo del ayote (*Cucurbita mostacha*) en la Región Brunca, Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico. V Congreso Nacional de Entomología. 1999. Resumen 112. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Investigaciones agropecuarias, Departamento de Protección de Cultivos. Entomología, Universidad de Costa Rica.
103. Lima, E. 2002. A Broca da Batata-Doce (*Euscepes postfasciatus*): Descrição, Bionomia e Controle. Circular Técnica No. 6. Ministerio de la Agricultura Pecuaria e Abastecimento. ISSN 1519-7328. 12 p.
104. Lipa, J. 1975. An outline of insect pathology. Foreign Scientific Publication Department of the National Center of Scientific Technical and Economic Information. Warsaw, Poland.
105. López M; Vázquez, E. y López, R. 1995. Raíces y Tubérculos. Edit. Pueblo y Educación, La Habana. Cuba, 434 p.
106. López Miriam. 1996. Las producciones artesanales de medios biológicos en Cuba. Conferencia Curso Internacional de Sanidad Vegetal. CISA 96, Ciudad de La Habana. 16p.
107. Machado, J. 2005. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Departamento de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrícolas. Comunicación personal. 14 de octubre de 2005.
108. Marrero, L. 2005. Plagas insectiles asociadas a genotipos de soya en siembras de primavera: Análisis de riesgo y alternativas de Manejo Integrado.

Departamento de Agricultura. Facultad de Agronomía. En sitio web:

<http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH01ff.dir/doc.pdf>.

Consultado el 26 de noviembre de 2008.

109. Marti, H. R. 2002. Manejo del cultivo de Batata en el NE de Buenos Aires. GT Horticultura – 2002 En sitio web: http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/hm_010.htm Consultado el 2 de enero de 2008.
110. Marti, H. 2010. La batata como motor del desarrollo de las comunidades rurales. Boletín del proyecto de la batata de INTA. Año 2, No. 5. Edición Trimestral.
111. Martin, Ana Lexys. 2010. Diagnóstico y Caracterización de las afectaciones de *Typophorus nigritus* F., en boniato en el municipio de Placetas. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. SUM Placetas. Villa Clara. 50 p.
112. Maza, N.; A. Morales; O. Ortiz; P. Winters; J. Alcázar; G. Scott. 2000. Impacto del Manejo Integrado del tetuán del boniato (*Cylas formicarius* F.) en Cuba. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima. Perú. 52 p.
113. Maza, N.; A. Morales; Lilián Morales; S. Rodríguez; M. Lima y Dania Rodríguez. 2008. Estimación del Nivel de Adopción e Impacto Económico de clones comerciales de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) obtenidos por el programa de mejoramiento del INIVIT. En sitio web de

la FAO www.fao.org/docrep y Sitio de la Biblioteca Virtual de la Representación en Cuba. <http://bva.fao.cu>.

114. Meléndez, F. J. 2001. Estudio de la Rhizoctoniosis y de algunos métodos para su control en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de Sancti Spíritus. Tesis presentada en opción al título de Master en Agricultura Sostenible y Agroecología. Mención Sanidad Vegetal. UCLV, 51 p.
115. Melo-Molina, Elsa; C.; A. Ortega; A. GAIGL. 2007. Efecto de nemátodos sobre larvas de *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans* (Coleoptera: Melolonthidae). Rev. Colomb. Entomol. Vol. 33. No.1. Bogotá.
116. Mendoza, F. y J. Gómez. 1982. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 304 p.
117. Milner, R. J.; K. Jenkins. 1996. *Metarhizium*: a versatile mycoinsecticide of the future. Professional Pest Manager 1: 32-36.
118. MINAG. 2005a. Especificaciones de calidad para la compra de productos agrícolas con destino a su comercialización para el consumo. Grupo nacional de Gestión de la calidad. Dirección de Ciencia y Técnica. Documento Normativo. Dirección de Precios. AGROINFOR 2005. 46 p.
119. MINAG. 2005b. Resumen ampliado de la Metodología de Señalización y Pronóstico. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. p.11. Villa Clara. Cuba.
120. MINAG. 2009. Nueva propuesta de estrategia para los cultivos varios. Acciones estratégicas por cultivos. Ministerio de la Agricultura. Ciudad Habana. 7p.

121. MINAG. 2010. Listado No. 1. Propuesta de precios de compra para el año 2010. Mercados Agropecuarios y el consumo social atendidos por la agricultura. 227/2009, Ministerio de Finanzas. Habana. Cuba. 5 p.
122. Morales, A. 1990. Clones comerciales de boniato en Cuba. Memorias III Jornada Científica del INIVIT. Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. 12 p.
123. Morales, A. y M. Lima. 1992. Status de los clones comerciales de boniato y proyecciones del trabajo de mejora genética. En Jornada Científica XXV aniversario del INIVIT. 22-23 de Oct.1992, Santo Domingo, Villa Clara. P. 19-20.
124. Morales, Lilián; María del C. Castellón; F. Cisneros y J. Alcázar. 1993. El gorgojo del camote o tetuán *Cylas formicarius* F., p: 15-25. En: Cisneros, F. y J. Alcázar. 2001. Manejo Integrado del gorgojo del camote o tetuán del boniato, *Cylas formicarius* (F.), en Cuba. 138 p.
125. Morales, A. 2000. Ajuste de la fitotecnia de las raíces y tubérculos tropicales. Informe Final de Proyecto Nacional del PNCT Producción de Alimentos. CITMA-MINAG. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara, 2 000. 150 p.
126. Morales, A y N. Maza. 2000. Aspectos generales sobre el cultivo del camote (boniato) en Cuba. p. 3-11. En: Cisneros, F. y J. Alcázar. 2001. Manejo integrado del gorgojo del camote o tetuán del boniato *Cylas formicarius* (Fab.) en Cuba. (Eds): Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 138 p.
127. Morales Lilián 2005. La chinche de encaje del aguacatero: *Pseudacysta perseae* (Heid.) (Heteroptera: Tingidae). Bioecología y lucha biológica en las condiciones de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor

en Ciencias Agrícolas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Facultad de Ciencias Agropecuarias. 100 p.

128. Morales, A. 2007. El cultivo del boniato: clones, tecnologías y su impacto en la agricultura cubana. Trabajo presentado al XVI Forum de Ciencia y Técnica (Segunda Etapa). Instituto de investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara. 15 p.
129. Morales, A. 2009. Plegable: ‘INIVIT B S-16’. Una variedad de boniato con mayor valor nutricional. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales. (INIVIT). Agro Salud. 3 p.
130. Mullen, M. A. 1981. Sweet potato weevil, *Cylas formicarius elegantulus* (Summers): Development, fecundity, and longevity. Ann. Entomol. Soc. Amer. 74:478-81.
131. Niño, S. 1998. Los crisomélidos del bosque mesófilo de la reserva de la biosfera El Cielo, Gómez Farías, Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. México. En sitio web <http://www.conabio.gob.mx>. Consultado el 26 de enero de 2009.
132. Nottingham, S. F., and S. J. Kays. 2002. Sweet potato weevil control. In: T. Ames (ed.), Proceedings of the First International Conference on Sweet potato Food and Health for the Future, 26 - 30 November 2001, Lima, Peru. Acta Hort. 583: 155-161.
133. Peairs, L. M. Y R. H. Davidson. 1956. Insect Pests of Farm, Garden, and Orchard (Fifth Edition). John Wiley and Sons, NY.

134. Pérez, N. 2004. Manejo Ecológico de Plagas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural (CEDAR). Universidad Agraria de La Habana. ISBN: 959-246-083-3. Cuba. 296 p.
135. Perrera, A. 2009. Efectividad del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Heterorabditidae para el control de larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Sacarabaeidae). Proyecto especial de graduación para el programa de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 20 p.
136. Peterson, J. K.; H. F. Harrinson.; and A. E. Muekerfuss. 1998. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) resin glycosides: evidence of antibiosis effects in the diamond baceel moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera:Plutellidae). Allelopathy 1(5):4-52.
137. Pitre, H. N.; E. J Kantack. 1962. Biology of the banded cucumber beetle, *Diabrotica balteata*, in Louisiana. Journal of Economic Entomology 55: 904-906.
138. Poprawski, T. J.; R. I. Carruthers; J. Speese; D. C. Vacek and L. E. Wendel. 1997. Early-season applications of the fungus *Beauveria bassiana* and introduction of the *Hemiptera* predator *Perillus bioculatus* for control of Colorado potato beetle. Biol. Contr. 10: 48-57.
139. Pozo, E. 2003. Manejo Integrado de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera; Pyralidae), en Taller Nacional de Facilitadores en el Control Biológico de Plagas, Santa Clara, Villa Clara. 15 p.
140. Ramírez, S. 1985. Estudio preliminar de la entomofauna de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en la zona central de Venezuela durante el período de

- sequía, Tesis (Ing Agr.). Univ. Central, Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. 57 p.
141. Raymond, M. 1985. Présentation d' un programme d'analyse log probit pour microordenateur. Cah ORSTOM Ser Entomo Méd Parasitol 22 (2): 117-121.
142. Reid, C. A. and R. I. Storey. 1993. Redescription of adult and larva of *Colasposoma sellatum* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae: Eumolpinae) a pest of sweet potato in Australia. Journal of Natural History, 27: 669-681.
143. Riley, E. G.; S. M. Clark and T. N. Seeeno. 2003. Catalog of the leaf beetles of America north of México (Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnidae and Chrysomelidae, excluding Bruchinae). Vol. No. 1: Coleopterists Society Special Publication. 290 p. ISBN/ISSN: 0-9726087-1-0. Sacramento, California.
144. Roberts, R. J. 1968. An introduced pasture beetle *Plectris aliena* Chapin (Scarabeidae: Melolonthinae). J. Austr. Entomol. Soc. 7:15.
145. Roberts, D. W.; S. B. Krasnoff. 1998. Toxinas e enzimas de fungos entomopatogénicos. p. 67-85. En: S. B. Alves (ed.), Controle Microbiano de Insectos. 2^{da} ed. FEALQ. Piracaiba, Brasil.
146. Robertson, L. N.; K. J. Chandler; B. D. Stickley; R. F. Cocco; M. Ahmetagis. 1998. Enhanced microbial degradation implicated in rapid loss of chlorpyrifos from the controlled release formulation suSCon- Blue in soil. Crop Protection 17: 29-33.
147. Rodríguez, S. 2000. Evaluación y recomendación de clones de boniato, yuca, plátano y bananos, resistentes a factores adversos a la producción y su manejo integrado. Informe Final de Proyecto Nacional del PNCT Producción de

- Alimentos. CITMA- MINAG. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara. 171 p.
148. Rosset, P.; M. Moré 1998. La seguridad alimentaria y la producción local de biopesticidas en Cuba. Boletín del ILEIA. 18-19 p.
149. Salas-Luévano, M. A. 2001. Existencia de nematodos entomopatógenos (Steinernematidae y Heterorhabditidae en agrosistemas del cañón de Juchipilazacatecas, FCBA-Universidad de Colima, México. En sitio web: <http://www.ciu.reduaz.mx/investigacion/Agropecuarias/WORD/ap09-009.doc>. Consultado el 22 de enero de 2005.
150. SANNIET, 2004. Doradillas o Diabroticas (*Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). Programa de Sanidad Vegetal. SAGARPA-GTO. En sitio web: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/frejol/dorad.htm>. Consultado el 14 de octubre de 2008.
151. Santoro, F. H.; A. Bezzi; A. Vigevano y F. Cantos. 1977. Estudios sobre una plaga de la batata. La Nación (Suplemento Rural). Buenos Aires. Argentina. 5 p.
152. Santoro, F. H., A. Bezzi; A. Vigevano; F. Cantos. 1980. Biología del negrito de la batata, *Typophorus nigrinus nitidulus* (F) y ensayo preliminar sobre control químico de adultos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Departamento de Patología Vegetal, Castelar, Buenos Aires, Argentina. Serie No. 373. p. 13 - 44.
153. Shalk, J. M. 1984. Multiple insect resistance in sweet potato, p.55-56. *In*: M. A. Mullen and K. A. Sorenson (eds). Proceedings of a sweet potato weevil

workshop. Department of Entomology, North Caroline State Uiversity, Raleigh.
p.70.

154. Schalk, J. M.; and A. Jones. 1985. Major insect pests, p. 59-78. In: J. C. Bouwkamp (ed.), Sweet Potato Products: A Natural Source the Tropics. CRS Press, Boca Raton, FL.
155. Schalk, J. M.; A. Jones. J. K. Peterson; A. Jones. 1986. The anatomy of sweet potato periderm and its relationship to wireworm, *Diabrotica*, *Systema* resistance. J. Agric. Entomol. 3: 350-356.
156. Schalk, J. M.; A. F. Jones; P. D. Dukes and J. K. Peterson. 1991. Approaches to the control of multiple insect problems in sweet potato in the southern United States. p. 283-301. In: Jansson, R. and K. Raman. Sweet Potato Pest Management a Global Perspective. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. 458 p.
157. Schalk, J. M. and L. H. Rolston. 1992. Insects. P. 106-118. In: A fifty years of cooperative sweet potato research Ser Bull No. 369. Jones and Bowknap (eds).
158. Seal, D. R. 1990. Management and biology of wireworms affecting sweet potato in Georgia. Ph. D. dissertation University of Georgia, Athens.
159. Shannon, P. J.; S. Smith; E. Hidalgo. 1993. Evaluación en el laboratorio de aislamientos costarricenses y exóticos de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. contra larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae). En: Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Veracruz, México, Sociedad Mexicana de Entomología. Instituto de Ecología. p. 203-215.

160. Shapiro, D. and I. Glazer. 1996 Comparison of entomopathogenic nematode dispersal from infected hosts versus aqueous suspension. *Environmental Entomology* 25:1455–1461.
161. Shepard, M. 1973. Response of *Melanotus communis* (Coleoptera: Elateridae) larvae to soil temperature and moisture. *Can. Entomol.* 105: 577-580.
162. Sirjusingh C.; A. Kermarrec; H. Mauleon; C. Lavis; Ettiene J. 1992. Biological control of weevils and white grubs on banana and sugarcane in the Caribbean. *Flo Entomol* 75(4):548-563.
163. Smits, P. 1992. Control of white grubs, *Phyllopertha horticola* and *Amphimallon solstitialis* in grass with *Heterorhabditid* nematodes. p. 229-235 *In:* T. A. Jackson and T. R. Glare (eds). Use of pathogens in scarab pest management, Intercept. Andover. Inglaterra.
164. Suris, Moraima; Ma. de los Ángeles Martínez; A. Leyva. 1995. Evaluación de los daños causados por *Cylas formicarius* (Coleoptera: Chrysomelidae) en el cultivo del boniato asociado al maíz. *Revista de Protección Vegetal.* 10 (2):181-184.
165. Talekar, N. S. 1987. Insect pest of sweet potato in the tropic. 11th International Congress of Plant Protection. Manila, Philippines. Proceedings. International Plant Protection: Focus on the Developing World. Volume II. P. 97-102.
166. Talekar, N. S. 1991. Integrated Control of *Cylas formicarius*. p. 139 -152. Asian Vegetable Research and Development Center *In:* Jansson, R. and K. Raman. Sweet Potato Pest Management a Global Perspective. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. 458 p.

167. Tolin, S.; D. Clarke-Harris and J. Lawrence. 2001. Overview of the Caribbean Site in Jamaica. p. 206-211. In: IPM CRSP, Integr. Pest Mgt. Collab. Res. Supp. Progr. 7th Annu. Rept. 1999-2000. Virginia Tech Univ., Blacksburg, VA.
168. Townsend, C. R. and J. W. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by disease in fungicides experiments. Plant disease report. p. 340-343.
169. Vázquez, L. 1979. Principales plagas de insectos en los cultivos económicos de Cuba. Cienc. Tec. Agric. Protección de Plantas 2 (1): 61-79.
170. Vázquez, L., E. Valdés y J. C. Amor. 1994. New manifestations pests on economically important plants during the period from 1970 to 1991. Bull. Lab. Entom. Agr. "F. Silvestri" (Naples, Italy). 49 (1992): 41-52.
171. Vázquez, L. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas técnicas para Agricultores. Editorial Científico Técnica. ISBN 078-959-05-0543-0. Habana. Cuba. 486 p.
172. Vázquez, L. 2010. Instituto Nacional de Investigaciones en Sanidad Vegetal (INISAV). Habana. Cuba. Comunicación personal, 4 de enero de 2010.
173. Villani, M. G. And R. J. Wright. 1990. Environmental influences on soil microarthropod behavior in agricultural system. Annu. Rev. Entomol. 35:249-269.
174. Watt, B. A. and R. A. Lebrun. 1984. Soil effects of *Beauveria bassiana* on pupal populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Environmental Entomology 13: 15-18.

175. Weber, D. C. and D. N. Ferro. 1993. Distribution of overwintering Colorado potato beetle and near Massachusetts potato fields. *Entomologica Experimentalis Applicata* 66: 191-196.
176. Welch, H. E. and L. J. Brian. 1960. Field experiment on the use of a nematode for the control of vegetable crop insects. *Proceedings of the Entomological society of Ontario* 91:197-202.
177. Woodring, J. L.; H. K. Kaya. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. Southern Cooperative Series Bulletin 331, Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR.

8. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada para determinar el alcance del problema.

Fecha: _____ Provincia: _____

Municipio: _____ Localidad: _____

Empresa, UBPC, CPA, CCS _____

Nombre del productor: _____

I.- Características de la unidad de producción:

1. Área total: _____(ha)
2. Área dedicada a Cultivos Varios: _____(ha)
3. Tipo de suelo predominante dedicado a Cultivos Varios: _____

II.- Con relación al cultivo del boniato:

1. Área que planta anualmente: _____(ha)
Frío _____ (ha) Primavera _____ (ha)
2. Representatividad del boniato en cuanto a área de Cultivos Varios _____ (%)
3. Volumen de producción anual: _____(t)
4. Rendimiento promedio anual: _____(t·ha⁻¹)
Frío _____ (ha) Primavera _____ (ha)
5. Destino de las producciones: Ventas _____(t)
Autoconsumo familiar _____ (t Alimentación animal _____ (t)

III. Con relación a la tecnología:

1. ¿Qué clones planta? _____
2. ¿De dónde obtiene la semilla?. Esta procede de bancos de semilla o campos de producción?
Propia____ Banco de semilla____ Finca de Semillas____
Campos de producción ____ De otros productores____
3. ¿Desinfecta la semilla antes de sembrar?.
No____ Sí____ ¿Qué utiliza? _____
4. ¿En cuáles meses realiza la plantación?.
Enero ____ Feb ____ Marzo ____ Abril ____
Mayo ____ . Junio ____ Julio ____ Agosto ____
Sept. ____ Oct. ____ Nov ____ Dic. ____
5. ¿A los cuántos días realiza la cosecha? 120 días ____ 135 días ____
150 días____ Más de 150 días ____
6. ¿Posee riego para el cultivo? ____ Sí ____ No
7. ¿Utiliza fertilizantes? Químico ____ Materia Orgánica ____
8. ¿Rota el boniato con otros cultivos? No ____ Sí ____ ¿Cuáles? _____

IV.- Con relación a las lesiones presentes en las raíces tuberosas.

1. ¿Ha observado las lesiones representadas en esta figura?



Sí____ No____

2. ¿Desde qué año se presentan estas lesiones?.

Antes de 1990___ Entre 1990 y 1999 __ Entre 2000 y 2007 ____

3. ¿Al momento de la cosecha, qué porcentaje de las raíces tuberosas han presentado daños?.

Entre 1 - 10 % ____ Entre 11 - 20% ____ Entre 21 - 30% _____

Entre 31 - 40% ____ Más de 41% ____ No sabe _____

4.- ¿Qué porcentaje del área total plantada, presenta raíces tuberosas dañadas?.

Entre 1 - 10 % ____ Entre 11 - 20% _____ Entre 21 - 30% _____

Entre 31 - 40% ____ Más de 41% ____ No sabe _____

5. ¿Pierde valor comercial la cosecha por este problema?.

Sí _____ No _____

6. ¿En qué época del año se presenta más este problema?.

Primavera _____ Frío _____ Las dos épocas ____ No sabe_____

7. ¿Cuáles clones son los más dañados? _____

8. ¿Cuál clon nunca ha visto dañado? _____

9. ¿En qué tipo de suelo ha observado estas lesiones?.

Suelos Pardos ____ Suelos Rojos ____ Suelos arenosos_____

Suelos aluviales ____ Otros suelos _____

10. ¿Conoce el insecto que causa estas lesiones ¿Cuál es?.

11. ¿Qué hace para evitar este problema?.

12. ¿Este daño es superior al que ocasiona el tetuán?. Sí _____ No _____

¿En qué porcentaje?.

Entre 1- 10 %__ Entre 11-20% __ Entre 21-30%_ Más de 30% ____

Anexo 2

Tabla 2. Representatividad de la encuesta aplicada en todas las provincias del país.

Provincia	Municipios encuestados por provincia	Número de encuestados según su ocupación.			
		Productores Individuales (CCS)	Cooperativistas (CPA)	Jefes de Producción (CPA, Granjas)	Espec. Sanidad Vegetal (CPA, Granjas)
P. del Río	11	32	11	10	2
Habana	17	26	42	7	10
Matanzas	7	6	14	10	5
Villa Clara	11	15	30	7	3
Cienfuegos	7	16	12	5	2
S. Spíritus	8	9	18	7	6
C. de Ávila	8	15	8	10	7
Camagüey	11	15	28	9	3
Las Tunas	6	8	16	5	1
Granma	10	8	24	12	6
Holguín	9	12	21	8	4
S. de Cuba	7	9	13	9	4
Guantánamo	8	8	17	7	8
Total	120	179	254	106	61

Anexo 3

Tabla 3. Certificado de calidad para los hongos entomopatógenos empleados en los diferentes experimentos.

Entomopatógenos	Experimentos #1 y #2 Época Primavera		Experimento #3 Año 2008 Época Primavera		Experimento #1 y 2 (Época de Frío) Experimento #3 Año 2008. Frío		Experimento #3 Año 2009 Época Primavera		Experimento #3 Año 2009 Época de Frío	
	Conidios por gramo	Viabilidad (%)	Conidios por gramo	Viabilidad (%)	Conidios por gramo	Viabilidad (%)	Conidios por gramo	Viabilidad (%)	Conidios por gramo	Viabilidad (%)
<i>M. anisopliae</i>	3,5 x10 ⁹	95,7	3,2x10 ⁹	94,3	2,3 x10 ⁹	95,1	2,7x10 ⁹	93,8	3,5x10 ⁹	95,4
<i>B. bassiana</i>	2,1x10 ⁹	93,5	2,5 x10 ⁹	93,5	2,2 x10 ⁹	92,3	3,1x 10 ⁹	93,2	2,5 x10 ⁹	93,7

Tabla 4. Concentraciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* empleadas en las aplicaciones al suelo .Año 2008.

Entomopatógenos	Época de Primavera			Época de Frío		
	Conidios por g. de suelo	g-parcela ⁻¹	Conidios por parcela	Conidios por g. de suelo	g-parcela ⁻¹	Conidios por parcela
<i>M. anisopliae</i>	200 000	27,6 (= 10,6 kg·ha ⁻¹)	8,8 x 10 ¹⁰ (= 3.4x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)	200 000	26,9 (=14,7 kg·ha ⁻¹)	6,2 x10 ¹⁰ (=3.4x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)
<i>B. bassiana</i>	250 000	44,2 (=17,2 kg·ha ⁻¹)	1,1 x 10 ¹¹ (=4.3 x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)	250 000	35,2 (=19,5 7 kg·ha ⁻¹)	7,75 x 10 ¹⁰ 4.3 x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)

Anexo4

Tabla 5. Concentraciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* empleadas en las aplicaciones al suelo. Año 2009.

Entomopatógenos	Primavera			Frío		
	Conidios por g. de suelo	g·parcela ⁻¹	Conidios por parcela	Conidios por g. de suelo	g·parcela ⁻¹	Conidios por parcela
<i>M. anisopliae</i>	200 000	32,8 (=10,9 kg·ha ⁻¹)	8,8 x 10 ¹⁰ (=3.4x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)	200 000	17,7 (=12,2 kg·ha ⁻¹)	6,2 x 10 ¹⁰ (=3.4x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)
<i>B. bassiana</i>	250 000	35,7 (=13,8 kg·ha ⁻¹)	1,1 x 10 ¹¹ (=4.3x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)	250 000	31,0 (=17,2 kg·ha ⁻¹)	7,75 x 10 ¹⁰ (=4.3x10 ¹³ conidios·ha ⁻¹)

Tabla 6. Concentraciones de *H. indica* empleadas en las aplicaciones al suelo en el experimento #3.

Época de Primavera					Época de Frío				
ij ₃ ·L ⁻¹	ij ₃ ·parcela ⁻¹		mL·parcela ⁻¹		Ij ₃ ·L ⁻¹	ij ₃ ·parcela ⁻¹		mL·parcela ⁻¹	
	Trat. #3	Trat. #4	Trat. #3	Trat. #4		Trat. #3	Trat. #4	Trat. #3	Trat. #4
1 896 000	797 760 (=3x10 ⁸ ij ₃ ·ha ⁻¹)	2 659 200 (=1x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹)	421	1 400	2 000 056	797 760 (=3x10 ⁸ ij ₃ ·ha ⁻¹)	2 659 200 (=1x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹)	398	1 325
2 431 897	797 760 (=3x10 ⁸ ij ₃ ·ha ⁻¹)	2 659 200 (=1x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹)	327	1 090	2 087 112	797 760 (=3x10 ⁸ ij ₃ ·ha ⁻¹)	2 659 200 (=1x10 ⁹ ij ₃ ·ha ⁻¹)	300	1000

Anexo 5

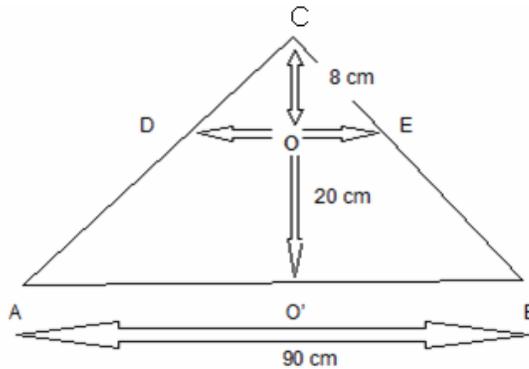


Figura 2. Perfil del cantero.

Tabla 7. Insumos materiales empleados en los diferentes tratamientos.

Producto	UM	Precio (\$)*
<i>H. indica</i>	L	5,00
<i>M. anisopliae</i>	Kg	8,95
<i>B. bassiana</i>	Kg	8,95
Thiacloprid, beta-cifluthrin	L	24,63
Carbarilo	Kg	6,58

* Precios (mayoristas) corrientes en diciembre 2010 según Empresa de Suministros Agropecuarios, MINAG (Villa Clara).

Tabla 8. Producto agrícola resultante en los diferentes tratamientos.

Producto	UM	Precio*
Boniato	t	895,42**
	qq (46 kg)	41,23**

*Precio (mayorista) corriente en diciembre de 2010 según Lista Oficial de Precios de Productos Agrícolas. Consejo de la Administración Provincial. Villa Clara.

** Precio promedio entre 1^{era} y 2^{da} calidad.

Anexo 6

Tabla 17. Grado de ataque en clones comerciales y promisorios de boniato en época de primavera y frío frente a *T. nigritus*. Año 2008.

Clones	Grado de ataque (%)			
	Primavera		Frío	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
'C-78-354'	25,45	57,00 e	14,32	19,00 d
'INIVIT B 98-2'	30,30	70,50 d	18,22	29,00 c
'INIVIT B 98-3'	7,20	1,50 g	3,15	2,50 g
'Avileño 3'	66,10	135,33 a	38,52	46,50 a
'INIVIT B-2- 2005'	19,37	30,33 f	4,55	6,50 f
'INIVIT B 240'	24,07	51,58 e	13,55	15,75 d
'INIVITB-9'	31,45	75,50 d	15,22	21,00 d
'INIVITB S-3'	35,02	91,92 c	22,02	39,00 c
'INIVITB S-20'	40,35	98,25 bc	19,50	33,63 c
'INIVITB-S- 9'	45,30	110,00 b	22,47	40,38 b
'INIVITB- S-12'	25,82	55,50 e	8,40	10,50 e
'INIVITB- S-22'	32,05	84,08 d	18,45	30,25 c

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Anexo 7

Tabla 18. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en clones comerciales y promisorios de bonito en época de primavera. Año 2008.

Clones	Rendimiento comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas en rendimiento (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
'C-78-354'	22,35	48,83 e	2,42	53,00 d
'INIVIT B 98-2'	22,79	60,00 e	3,10	66,08 d
'INIVIT B 98-3'	25,64	94,42 c	0,7	10,00 h
'Avileño 3'	15,19	13,17 f	8,8	138,50a
'INIVIT B-2 2005'	24,02	75,67 d	1,12	18,25 g
'INIVIT B 240'	22,84	56,92 e	1,91	38,17f
'INIVITB-9'	28,65	121,75 b	4,36	91,29 c
'INIVITB S-3'	16,84	15,50 g	3,28	74,55 d
'INIVITB S-20'	23,22	67,42 de	4,67	102,00 bc
'INIVITB-S- 9'	23,78	76,42 d	5,11	117,67b
'INIVITB- S-12'	29,03	129,75 a	2,88	63,92 e
'INIVITB- S-22'	27,40	110,17 b	4,40	96,38 c

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

Anexo 8

Tabla 19. Rendimiento comercial y pérdida de rendimiento comercial en clones comerciales y promisorios de boniato en época de frío. Año 2008.

Clones	Rendimiento comercial (t·ha ⁻¹)		Pérdidas en rendimiento (t·ha ⁻¹)	
	Media	Rangos Medios	Media	Rangos Medios
'C-78-354'	25,38	10,50 e	1,50	20,38 g
'INIVIT B 98-2'	26,96	19,75 cd	1,26	14,50 h
'INIVIT B 98-3'	29,05	33,25 c	0	4,50 j
'Avileño 3'	19,02	2,50 f	7,44	46,50 a
'INIVIT B-2 2005'	27,39	24,75 c	0	4,50 j
'INIVIT B 240'	26,69	16,25 d	0,79	10,50 i
'INIVITB-9'	32,70	44,25 a	2,08	30,50 e
'INIVITB S-3'	21,05	6,50 j	1,67	26,50 f
'INIVITB S-20'	27,62	25,25 c	2,69	38,50 c
'INIVITB-S- 9'	27,86	27,75 c	3,72	42,50 b
'INIVITB- S-12'	32,69	44,75 a	1,49	20,63 g
'INIVITB- S-22'	31,74	38,50 b	2,31	34,50d

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney

Anexo 9

Tabla 29. Grado de ataque a las raíces tuberosas de boniato con el empleo de plaguicidas químicos y biológicos al suelo y al follaje para el control de *T. nigrinus* en época de primavera. Año 2009.

Tratamientos	Grado de ataque (%)	
	Media	Rangos Medios
1. <i>B. bassiana</i> (suelo y follaje)	16,08	18,50 b
2. <i>M. anisopliae</i> (suelo y follaje)	11,25	11,25 c
3. <i>H. indica</i> en plantación y a los 40 días: (797 760 ij ₃ ·parcela ⁻¹) más Thiacloprid al follaje	5,82	2,50 e
4. <i>H. indica</i> a los 40 días. (2 659 200 ij ₃ ·parcela ⁻¹) más aplicación de <i>M. anisopliae</i> al follaje	7,68	6,50 d
5. Aplicación de Thiacloprid alternando con Carbarilo al follaje	11,88	13,75 c
6. Control sin aplicación	33,43	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis /Mann-Whitney.

Tabla 30. Rendimiento comercial y pérdidas de rendimiento comercial en plantaciones de boniato, con aplicaciones al suelo y al follaje de plaguicidas químicos y biológicos para el control de *T. nigrinus* en época de primavera. Año 2009.

Tratamientos	Rendimiento Com. (t·ha ⁻¹)		Pérdidas (t·ha ⁻¹)	
	Media	R. Medios	Media	R. Medios
1. <i>B. bassiana</i> (suelo y follaje)	25,06	9,25b	1,53	18,25 b
2. <i>M. anisopliae</i> (suelo y follaje)	25,45	14,50 b	1,26	13,75 c
3. <i>H. indica</i> en plant. y a los 40 días: (797760 ij ₃ ·parcela ⁻¹) y aplicación de Thiacloprid al follaje	25,71	17,88 a	0,64	2,50 d
4. <i>H. indica</i> a los 40 días (2 659200 ij ₃ parcela ⁻¹) y <i>M. anisopliae</i> al follaje	25,49	15,13 ab	0,96	7,88 c
5. Aplicación de Thiacloprid alternando con Carbarilo al follaje	25,53	15,75 ab	1,12	10,13 c
6. Control sin aplicación.	22,33	2,50 c	4,27	22,50 a

Rangos medios con letras diferentes en una misma columna difieren según las pruebas de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.