

Universidad de Sancti Spiritus José Martí Pérez  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Departamento de Agronomía



Tema: Dosis de *Heterorhabditis indica* cepa P<sub>2</sub>M en el manejo del tetuán del boniato (*Cylas formicarius* var. *elegantulus* Fab.).

Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo

Diplomante: Pablo Gopal Alcántara

Tutor: Ing. Yander Fernández Cancio

Curso: 2013- 2014

## Resumen:

El presente trabajo se realizó en la Cooperativa de Crédito y Servicios Fortalecida (CCSF) Alberto Piz, del municipio de Yaguajay con el objetivo de determinar la efectividad de diferentes dosis de *Heterorhabditis indica* (cepa P<sub>2</sub>M) en el manejo del tetuán del boniato, en el período comprendido de enero a marzo de 2014, en un suelo pardo sialítico con carbonato. Se utilizaron las concentraciones  $1 \times 10^6$  individuos/ litro,  $2 \times 10^6$  individuos/ litro y  $4 \times 10^6$  individuos/ litro, un testigo y un control estándar (Amidor CS 60). Se plantó el clon comercial CEMSA 78 – 354 en un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas por tratamientos. Se evaluó el grado de daños en por ciento, el efecto del tratamiento, estimación de los rendimientos bruto y neto por tratamiento, el peso de las raíces tuberosa sanas y con síntomas de afectación, así como un análisis económico. Se obtuvo como resultado que en el grado del daño el mejor resultado se obtuvo con la dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro del nematodo, concentrándose el mayor porcentaje en el primer grado de la escala con un 82.95% de efectividad de aplicación. La dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro fue el mejor tratamiento en los indicadores evaluados con un rendimiento estimado de  $12.18 \text{ t/ha}^{-1}$  y un 11.3% de afectación por el tetuán. En los indicadores económicos evaluados el mejor tratamiento fue la dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro que obtuvo mayor beneficio neto con el menor costo por peso.

## **Introducción:**

El cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lamk) es un cultivo muy extendido, constituyendo una de las bases del programa agroalimentario. A pesar de ello los rendimientos que se obtienen son bajos y no satisfacen las necesidades de la población, esto se debe en parte a las pérdidas que ocasiona el tetuán del boniato.

El tetuán del boniato (*Cylas formicarius* var. *elegantulus* Fab.) principal plaga del cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lamk.) representa una limitante en la producción de boniato en los trópicos y en nuestro país. Un estimado del Ministerio de la Agricultura (MINAG), indica que puede causar pérdidas económicas en el orden de 45 - 60% de los rendimientos. Este daño no solamente ocurre en el campo, sino también en condiciones de almacenamiento (MINAG, 2004).

Morales *et al.*, (2001) plantean que el tetuán es la plaga más importante que afecta el boniato en Cuba. El control de este insecto hasta principio de la década de los noventa, había sido mediante insecticidas químicos (12 a 15 aplicaciones por ciclo del cultivo). A pesar de ello, las pérdidas medias nacionales eran superiores al 10%. Aún en la actualidad, la preferencia de los cooperativistas se orienta al control químico utilizando metamidofos (tamarón), dimetoato (Bi-58), dieldrin y carbaryl aunque su escasa disponibilidad limita su uso. Para esta fecha el 80% del boniato sembrado en el país corresponde a las empresas estatales y empleaban 864 000 litros de Bi-58 o 345 600 litros de tamarón por campaña agrícola.

Vázquez (2006), implementó un programa de Manejo Integrado para el control de esta plaga, el que permitió disminuir las poblaciones y por ende las pérdidas. En este manejo integrado está incluido el uso de las trampas con feromonas sexuales y los medio biológico, los principales entomopatógenos que se utilizan según González (1999), para controlar la plaga son: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium*

*anisopliae*, *Heterorhabditis* spp. y la utilización de hormigas predadoras: *Pheidole megacephala* (F.) (Hormiga leona) y *Tetramorium guineense* (Mayr.).

**Problema científico:**

No se han realizados estudios sobre la efectividad y factibilidad de las dosis de *H. indica* utilizadas en el manejo del tetuán del boniato en un agroecosistema productivo en el municipio Yaguajay.

**Hipótesis:**

Si se aplican diferentes dosis de *H. indica* teniendo en cuenta la metodología propuesta para su aplicación, se podrá determinar la más factible y efectiva en el manejo del tetuán del boniato en un agroecosistema productivo en el municipio Yaguajay.

**Objetivo general:**

Determinar la efectividad de diferentes dosis de *H. indica* en el manejo del tetuán del boniato en el municipio Yaguajay.

## **2. Revisión Bibliográfica**

### **2.1 Generalidades del Cultivo del Boniato (*Ipomoea batata*. (L) Lamk)**

El cultivo del boniato (*Ipomoea batata*. (L) Lamk) es uno de los principales cultivos alimentarios del país y su importancia ha crecido en los últimos años con la introducción de clones de ciclo corto y elevado rendimiento que han posibilitado su inserción en programas de rotación con otros cultivos principales, como es el caso de la papa (*Solanum tuberosum* L), posibilitando la obtención de mayores rendimientos por área en un espacio de tiempo más corto (Martínez *et al.*, 2007)

Según Fuenmayor *et al.* (2004), es un cultivo clasificado dentro del grupo de "Cultivos Tuberosos" o de "Raíces y Tubérculos", puesto que su utilización está específicamente dirigida hacia el aprovechamiento de sus raíces reservantes, que son reservorios de bio-energía en forma de carbohidratos, especialmente almidón, pero también su follaje constituye una fuente alimenticia de alto valor nutritivo, lo cual es aprovechado por algunos pueblos asiáticos para ser usado como hortaliza de hoja

#### **2.1.1 Características botánicas**

Desde el punto de vista agronómico se considera como anual, aunque por su vía propagación de vegetativa se considera potencialmente perenne. Planta dicotiledónea de consistencia herbácea, porte rastrero, y vivaz. El ciclo biológico es relativamente corto, oscila entre 3,5 - 7 meses, pero no presenta una maduración comercial definida, culinariamente es aprovechable desde que comienza el engrosamiento de las raíces aproximadamente 60 días. De naturaleza rústica, amplia, adaptabilidad de fácil multiplicación por vía vegetativa. El boniato se planta durante todo el año y en todas las regiones del país (López *et al.*, 1995).

##### **2.1.1.1 Morfología y taxonomía del cultivo del boniato**

La clasificación taxonómica ofrecida por López *et al.*; (1995) y Huamán, (2007) es la siguiente

Reino: *Vegetal*  
División: *Angiosperma*  
Clase: *Dicotyledoneae*  
Orden: *Tubifloras*

Familia: *Convolvaceae*  
Género: *Ipomoea* Especie: *batata*

Desde el punto de vista económico dentro de esta familia la única especie cultivada con destino de la alimentación es la *Ipomoea batata* (L.) Lamk, de la cual existe gran número de clones. La caracterización realizada por el Instituto de Investigación de Viandas Tropicales (INIVIT), plantea que el tallo es rastrero también llamado rama, de longitud variable de 0,10 a 6,0 m, en dependencia del clon (INIVIT 1995). Puede ser glabro (sin pelos) o pubescente (velloso). El color varía entre verde, morado o combinación de ambos. Su sistema radicular es la parte más importante de la planta, ya que constituye el objeto principal del cultivo. Las raíces son abundantes y ramificadas, produciendo unos falsos tubérculos de formas y colores variados (según el clon), azucarada y rica en almidón. Las hojas son muy numerosas, simples, alternas, insertadas aisladamente en el tallo, sin vaina, con pecíolo largo, de hasta 0.20 m, y coloración y vellosoidad semejante al tallo. Limbo ligeramente desarrollado. Palminervias, con nervios de color verde o morado. Presenta una inflorescencia del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 0.20 m, que se sitúa en la axila de una hoja con cuatro centímetros de diámetro por cinco de largo, el cáliz posee sépalos separados, y la corola con pétalos soldados, con figura embudiforme. Los frutos son pequeñas cápsulas redondeadas de tamaño inferior a un centímetro.

### **2.1.2 Labores culturales**

El cultivo del boniato, en general, se ha mantenido por medio asexual o propagación vegetativa, utilizando trozos de tallos llamados bejucos. Este es el método de reproducción más rápido y efectivo y de uso común en los trópicos por lo favorable del clima (temperatura y humedad). La siembra puede realizarse con diferentes marcos de plantación, como se representa en la tabla 2.1, estará en función de la época (frío y primavera) ya que las plantas tienen respuestas diferentes de desarrollo en las distintas estaciones. A los 25- 30 días de haber efectuado la plantación es aconsejable realizar un aporcado que permita combatir las malas hierbas (MINAG, 2004).

El cultivo según López *et al*; (1995), requiere de suelos húmedos, sobre todo cuando se realiza la plantación de los esquejes o puntas, para favorecer el enraizamiento, en las primeras fases del cultivo, y en general a lo largo de todo el ciclo. Una humedad excesiva puede provocar pérdidas de producción cuantitativa y cualitativa. El boniato es una planta moderadamente tolerante a la sequía, a pesar de lo cual responde productivamente al riego. Los intervalos dependen del tipo de suelo: para suelos secantes de seis a ocho días con normas de 300- 400 m<sup>3</sup>/ha y en suelos de buena retención de humedad de 12- 14 días con normas de 150- 200 m<sup>3</sup>/ha.

### **2.1.3 Biología del tetuán del boniato *C. formicarius* var. *elegantulus* Fab.**

Un estimado conservador, indica que puede causar pérdidas económicas en el orden de 40 a 60 %, es el insecto plaga más devastador del cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lamk) a escala mundial y especialmente en los trópicos, este daño no solamente ocurre en el campo, sino también en condiciones de almacenamiento, la lentitud y alto costo del programa de mejoramiento genético y obtención de variedades comerciales, así como la disponibilidad de semilla y su baja calidad. Debido a su hábito taladrador del tallo y raíces, como se muestra en la (figura 2.1), su control químico resulta poco efectivo y costoso, siendo necesaria la evaluación de otras medidas que permitan un manejo integrado clasificación taxonómica según Morales *et al.* (2001) es la siguiente:

División: *Neoptera*

Subdivisión: *Endopterygota*

Orden: *Coleoptera*

Familia: *Brentidae*

Subfamilia: *Cyladinae*

Género: *Cylas*

Especie: *Cylas formicarius* var. *elegantulus* Fabricus.

Hasta el presente, es a la única que se le concede importancia económica. El adulto se alimenta de hojas, esquejes, tallos y raíces tuberosas, pero el daño de consideración lo causa la larva, abriendo galerías en todas direcciones en el tubérculo. El boniato infestado queda inutilizado para el consumo humano y

animal. A partir de los años 1992 – 1993, el porcentaje de raíces tuberosas infestadas en la cosecha aumentó considerablemente, provocando pérdidas hasta de un 60 % (MINAG, 2004).

#### **2.1.3.1.1 Morfología y biología**

Su ciclo de vida presenta una metamorfosis holometábola (completa), requiere de 32 a 46 días para completarlo y puede tener de cuatro a ocho generaciones en el año, siendo comunes durante los meses del invierno. El tetuán de boniato se desarrolla durante todo el año y siempre existen posibilidades de encontrar cualquiera de sus estados prácticamente todas las semanas (incuban en menos de una semana). Este insecto se alimenta de las plantas de la familia *Convolvaceae*. Aunque se ha encontrado asociado con varios géneros, sus anfitriones primarios están en el género *Ipomoea*. Las plantas de esta familia pueden ser hospederos importantes del Tetuán (Vázquez, 2006).

**Huevo:** según observaciones de Martínez *et al.* (2007), se depositan en las cavidades pequeñas creadas por la hembra en la raíz o el vástago del cultivo. La hembra deposita un solo huevo a la vez, sellando los orificios con pequeñas partículas de la pulpa del boniato y pegadas mediante una sustancia pegajosa regurgitada por la hembra. De esta forma el huevo queda dentro de una cámara, protegido de sus enemigos naturales potenciales y de factores ambientales adversos. La mayoría de los huevos se depositan cerca de la unión del vástago y de la raíz “tubérculo”. Su tamaño es aproximadamente de 0.65 milímetro en longitud y 0.40 milímetro en anchura. La duración de la etapa del huevo varía de cinco a seis días durante el verano a cerca de 11 a 12 días durante un tiempo más frío. Las hembras producen al parecer dos a cuatro huevos por día, 75 a 90 huevos durante su vida de cerca de 32 días.

**Larva:** es de forma subcilíndrica, algo arqueada. Cabeza con cápsula cefálica bien definida, cuyo color marrón oscuro contrasta con la coloración blanquecina general del cuerpo; piezas bucales con mandíbulas, maxilas y labio fáciles de observar. Tórax con sus tres segmentos bien definidos, cada uno con un par de espiráculos,



siendo los del meso y metatórax no muy visibles. Aunque la larva en apariencia es ápoda presenta pequeños rudimentos o vestigios de patas al nivel de los tres segmentos torácicos. Abdomen con nueve segmentos, cada uno con un par de espiráculos, excepto el último. Cada espiráculo posee tres setas (Reyes y Notz, 1994).

El daño más grave es ocasionado por las larvas, en todo caso el boniato infestado queda inutilizado para el consumo humano o animal, porque la larva al perforar la galería induce a la formación de terpenoides (fumaratos-terpenoides) y cumarinas. Esta sustancia son amargas y muy desagradable, basta con un daño ligero para que se produzca este efecto según Morales *et al.* (2001).

**Crisálidas** (pupa): las pupas son de tipo libre y generalmente se encuentran al final de la galería desde donde el adulto se hace paso cuando termina la etapa pupal, las larvas cuando maduran crea un compartimiento pupal pequeño en el tubérculo o el vástago. Las crisálidas son similares al adulto en aspecto, miden cerca de 6,5 milímetros en longitud. Son inicialmente blancas, pero con tiempo esta llega a ser grisácea en color con ojos y piernas más oscuros. La duración de la etapa pupal hace un promedio de siete a diez días, pero en tiempo fresco puede ser ampliado a hasta 28 días (Anónimo (a), 2004).

**Adulto:** tiene un tamaño de 4 a 8 mm de largo y puede vivir por unos ocho meses y sobre todo el macho su capacidad de vuelo es hasta 1800 m (dispersión diaria de 55 metro en área desprovista de boniato), emerge normalmente del sitio masticando por la larva, pero permanece por un período considerable y alimenta a veces dentro del tubérculo. Presenta dimorfismo sexual, debido a que el macho tiene el último segmento antenal (distal), más largo que el conjunto de los demás segmentos combinados; la hembra lo presenta mucho más corto y engrosado. El tórax es de color anaranjado, con la parte posterior incluyendo los élitros de color azul metálico oscuro. El hocico se curva levemente. Los adultos en condiciones naturales son de hábito nocturno (apareamiento, alimentación y ovoposición), su mayor actividad ocurre desde las 16 - 18 horas en adelante, situación que

ocasiona un difícil acceso a las poblaciones y al monitoreo de este insecto, según estudios realizados por (Martínez *et al.* 2007).

#### **2.1.3.1.2 Control utilizado**

Vázquez (2006), implementó un programa de Manejo Integrado para el control de esta plaga, el que permitió disminuir las poblaciones y por ende las pérdidas. En este manejo integrado está incluido el uso de las trampas con feromonas sexuales y los medio biológico, los principales entomopatógenos que se utilizan según González (1999), para controlar la plaga son: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Heterorhabditis* spp. y la utilización de hormigas predatoras: *Pheidole megacephala* (F.) (Hormiga leona) y *Tetramorium guineense* (Mayr.).

Morales *et al.*, (2001) plantean que el tetuán es la plaga más importante que afecta el boniato en Cuba. El control de este insecto hasta principio de la década de los noventa, había sido mediante insecticidas químicos (12 a 15 aplicaciones por ciclo del cultivo). A pesar de ello, las pérdidas medias nacionales eran superiores al 10%. Aún en la actualidad, la preferencia de los cooperativistas se orienta al control químico utilizando metamidofos (tamarón), dimetoato (Bi-58), dieldrin y carbaryl aunque su escasa disponibilidad limita su uso. Para esta fecha el 80% del boniato sembrado en el país corresponde a las empresas estatales y empleaban 864 000 litros de Bi-58 o 345 600 litros de tamarón por campaña agrícola.

#### **2.2 Control biológico**

El control biológico se define como la regulación de una población de la plaga a través de enemigos naturales como son los parásitos, depredadores, patógenos y poblaciones antagónicas o competidoras según Stronk *et al.* (2000). El control biológico juega un papel importante en reducir el impacto negativo de un número de insectos plaga (Lacey *et al.* 2001) asimismo el uso de agentes de control biológico de plagas ha demostrado ser una solución sustentable a problemas de insectos plagas.

Estudios realizados por Funes *et al.* (2001), demostraron que una de las vías de reducción del empleo de plaguicidas es la introducción de los medios de control biológico. Los microorganismos constituyen un grupo importante de elementos biológicos de uso fitosanitario, debido a su diversidad, su relativamente fácil producción masiva y la posibilidad de crear epizootias, que en ocasiones logran mantener las plagas y enfermedades por debajo del umbral de daño, sin necesidad de nuevas aplicaciones, uno de los principales componentes del manejo integrado de plagas lo constituye el control biológico. Este método se refiere a la represión de las plagas mediante parásitos, predadores y patógenos. Entre los patógenos se consideran algunos hongos, bacterias, nematodos y virus, los cuales son microorganismos que ocasionan la muerte de los insectos.

### **2.3.6\_1 Nematodos entomopatógenos**

Los nematodos son gusanos cilíndricos no segmentados, que poseen una cutícula exterior acelular bajo la cual se encuentra la epidermis seguida por las fibras musculares longitudinales, carecen de peritoneo, razón por la cual se incluyen dentro de los pseudocelomados. Tienen sistema excretor, nervioso, digestivo, reproductivo y muscular, pero sin sistema circulatorio y respiratorio (Kaya y Stock, 1997).

Según Woodring y Kaya, (1988) y Elher, (1998) la clasificación taxonómica de los nematodos entomopatógenos los ubica en el Orden *Rhabditida*, Suborden: *Rhabditina* Superfamilia *Rhabditoidea*; a esta superfamilia pertenecen las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae* Poinar (1976) y Rosales *et al.*, (1999) encontrándose en asociación simbiótica con bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*.

La familia *Steinernematidae* comprende los géneros *Neosteinernema* Nguyen y Smart, (1994) y *Steinernema* Travassos, (1927) citados por Marrero, (2003). La familia *Heterorhabditidae* tiene como único representante al género *Heterorhabditis* (Poinar, 1976).

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

- a) Poseen un amplio rango de hospedantes (Stock, 2004).
- b) Son fácilmente aplicables con los equipos estándar (Valdés, 2003).
- c) Es factible la selección genética (Valdés, 2003).
- d) Son compatibles con muchos insecticidas químicos y con otros agentes biorreguladores (Hara y Kaya, 1993).
- e) Son ambientalmente seguros tanto para plantas, vertebrados y otros organismos (Boemare *et al.*, 1996; Ehler, 1998).

Ellos infestan selectivamente muchos insectos y otros pequeños artrópodos, son inocuos al hombre, a los mamíferos y a las plantas. La relativa rapidez con que causan la muerte a los insectos hospedantes (24 - 48 horas) y la alta variabilidad de su acción ha despertado gran interés en su uso en el control biológico como agente en el manejo integrado de plagas (Woodring y Kaya, 1988; Certis, 2003).

### **2.3.6\_ 2 Ciclo de vida y aspectos bioecológicos**

Tanto la familia *Steinernematidae* como *Heterorhabditidae* tienen un ciclo de vida similar y simple que incluye el huevo, cuatro fases juveniles: J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub> y J<sub>4</sub> (separadas por mudas) y el adulto. La fase infestiva es el estado juvenil J<sub>3</sub>, el cual posee la región cefálica con armadura, a manera de diente dorsolateral o subventral y tiene células vivas de su bacteria simbionte en el intestino, llevándola de hospedante a hospedante. Los infestivos juveniles (ijs) generalmente son envainados dentro de la cutícula del J<sub>2</sub> que no se desprendió de la misma al pasar al ijs<sub>3</sub>, pero está separado e intacto de esta segunda pared. Esta extracutícula le confiere una importancia en la resistencia a las condiciones medioambientales desfavorables, aunque la fisiología de estos le confiere resistencia, (Woodring y Kaya, 1988). Ellos pueden ser efectivamente producidos y almacenados por largos períodos (Grewal y Georgis, 1999).

Los ijs son los únicos de vida libre fuera del hospedante y capaces de moverse de un insecto a otro. Ellos contienen reservas de energía en carbohidratos, no se alimentan y pueden sobrevivir cuando las condiciones son favorables (humedad, temperatura apropiada y oxígeno disponible). Miden de 400 a 1500 micras dependiendo del largo de las especies (Woodring y Kaya, 1988).

El ciclo descrito requiere de 10 a 14 días para *S. Sterneinerma feltiae* en los últimos instares de *Galleria mellonella* L. En pequeños insectos puede permitir solamente una generación. El ciclo de vida de *Heterorhabditis* es esencialmente igual al de *Steinernema* (Grewal y Georgis, 1999).

### **2.3.6\_3 Búsqueda y penetración**

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

Esta atracción de los nematodos a estímulos químicos es atribuida a menudo a la orientación Klinotáctica. Según Gaugler *et al.*, (1980) los juveniles infestivos de *Steinernema carpocapse*.

Los nematodos penetran en el hospedante por las aberturas naturales (boca, ano o espiráculos) y en el caso de *Heterorhabditis* también pueden penetrar directamente a través del tegumento intersegmental (Beeding y Molineux, 1982). La habilidad de los juveniles infestivos para penetrar dentro del hospedante es un paso esencial en su ciclo de vida, sin embargo la posibilidad de que esto ocurra

exitosamente en condiciones naturales es baja (Gaugler *et al.*, 1990), lo que puede ser una de las razones que explican sean necesarias grandes cantidades de nematodos para lograr el éxito en las aplicaciones en el campo.

Los juveniles infestivos del tercer estadio acarrean las células de su bacteria simbiote en el tracto alimentario, las que se localizan en una porción ventricular modificada del intestino en *Steinernema* mientras que en *Heterorhabditis* también pueden encontrarse en el lumen intestinal y esporádicamente en el lumen faringeal (Poinar, 1990). Los nematodos penetran en el hospedante por las aberturas naturales (boca, ano, o espiráculos) en el caso de *Heterorhabditis* también pueden penetrar directamente a través del tegumento Inter-segmental (Bedding y Molineux, 1982).

#### **2.3.6\_ 4 Proceso de infección**

Una vez que el nematodo se instala en el hemocoele, libera las células de la bacteria a través del ano, las que proliferan y matan al insecto a partir de las primeras 24 h, modificando los tejidos y creando condiciones para permitir el desarrollo de los nematodos, que se alimentan tanto de los tejidos semidegradados como de las propias células bacterianas. Rápidamente ocurre el paso al cuarto estadio los que darán origen a adultos hermafroditas (*Heterorhabditis*) o machos y hembras (*Steinernema*). Una o más generaciones anfimícticas pueden ocurrir en el hospedante hasta que escasea el alimento, momento en que los juveniles infestivos abandonan el cadáver y buscan de un nuevo insecto (Poinar, 1990; Kaya *et al.*, 1993).

#### **2.3.6\_ 5 Variabilidad intraespecífica**

En la actualidad ha sido bien documentada la existencia de diferencias entre aislados de una misma especie de nematodos entomopatógenos (Bedding *et al.*, 1983; Gaugler *et al.*, 1989; Hashhmi y Gaugler, 1998; Hay y Richardson, 1995; Shapiro *et al.*, 1997; Yoshida *et al.*, 1998).

Una vez obtenidos los aislamientos resulta necesario seleccionar los de mejores atributos y simplificar a la vez el número con que se trabajará (Bedding, 1998). Ensayos tales como la mortalidad que provocan en distintos insectos, incluido *Galleria mellonella*, pueden aportar información suficiente para la selección preliminar.

Una vez seleccionado el o los aislados promisorios debe profundizarse en el conocimiento de los aspectos tales como infestividad sobre una especie de insecto o grupos de ellos, persistencia, factibilidad de cultivo y almacenamiento, tolerancia a temperaturas extremas e insecticidas, resistencia a la desecación u otros aspectos bioecológicos que resulten de interés para su aplicación práctica (Bedding, 1998).

### **2.3.6\_ 6 Efectividad y estrategias de aplicación en plagas agrícolas**

Los nematodos entomopatógenos son compatibles con algunos insecticidas clorinados, carbamatos y órgano fosforados en solución acuosa (Kaya, 1985). Ciertos fungicidas, acaricidas, insecticidas y herbicidas no afectan o tiene poco efecto sobre los infestivos juveniles, potencialmente es factible su aplicación combinada, como lo demuestran los resultados de Rovesti *et al.*, (1989); Zimmerman y Cranshaw, (1990) y Head *et al.*, (2000).

En cuanto a los medios biológicos Kaya y Burlando, (1989) descubrieron que *Bacillus thuringiensis* (Bt) también puede ser combinado con los nematodos entomopatógenos, ellos observaron que los infestivos juveniles de *Steinernema carpocapsae* penetraron igualmente insectos infestados por Bt que los sanos, pero que los primeros murieron más rápido.

En experimentos de campo muchas plagas han sido controladas con éxito, entre las que se encuentran, *Cylas formicarius* L. (Tetuán del boniato) (Jansson, 1991);

*Pachnaeus litus* (Germ.) (Picudo verde –azul de los cítricos) (Georgis y Hague, 1991); *Plutella xillostela* L. (polilla de la col); *Spodoptera frugiperda* (Smith) (palomilla del maíz); *Heliothis virescens* F (cogollero del tabaco) (Marrero, 2003).

Castellanos, (2000) estudió en condiciones de laboratorio el parasitismo de los nematodos entomopatógenos *H. bacteriophora* (HC<sub>1</sub>) y *Steinernema spp.* (SC<sub>1</sub>) sobre varias especies del Orden Homoptera: *Coccus viridis* Green (*Coccidae*), *Aphis gossypii* (*Aphididae*), *Aleuroglandulus malangae* y *Bemisia tabaci* (*Aleyrodidae*). En la evaluación realizada a las 72 horas se determinó que *H. bacteriophora* resultó más eficiente que *Steinernema spp.* sobre las especies de insectos evaluadas con más de 80% de mortalidad en todas las especies excepto en *tabaci* con un 38,9%.

Para la incorporación de los nematodos entomopatógenos en los programas de control de plagas pueden extrapolarse conceptos aplicados a otros agentes de control lo que ampliaría considerablemente las posibilidades de éxito. Dentro de ellos, considera posible su empleo en la desinfección de material vegetativo para propagación, el empleo de plantas trampa o cebos que atraigan a los insectos y la posterior aplicación de nematodos en ella, activadores químicos de su acción, aplicaciones inoculativas y la combinación de especies de nematodos con otros agentes de control ya sean biológicos o químicos (Kaya, 1996).

Giblin *et al.*, (1996) obtuvieron buenos resultados con *Steinernema carpocapsae* en el control de larvas y pupas de *Metamasius hemipterus* (Oliver) importante plaga que afecta al plátano y plantaciones de caña de azúcar en la Florida y otros estados de los Estados Unidos.

### **2.3.6\_ 7 Rango de hospedantes**

Más de 100 especies de insectos pertenecientes a los órdenes Coleóptera, Díptera, Hymenóptera, Lepidóptera, Orthóptera, Isóptera, Thysanóptera,



Homóptera y Hemíptera, entre otros han resultado ser hospedantes de los nematodos entomopatógenos en condiciones de laboratorio y campo (Poinar, 1990; Doucet y Giayetto, 1994; Alatorre y Hernández, 2000).

A pesar de que se considera que prácticamente no existen especies de insectos que no sean susceptibles a los nematodos entomopatógenos, lo cierto es que según Grewal y Georgis, (1999), las barreras de comportamiento provocan una reducción de la eficacia de los nematodos para seleccionar pocos hospedantes o grupos de ellos, de ahí que una vez que son aplicados (al suelo o follaje) en condiciones de campo, las especies (aislamientos) se comporten de manera diferente.

El complejo nematodo-bacteria ocasiona al insecto la muerte tan rápidamente que no existe forma de que se produzca entre el complejo patogénico y el insecto hospedante una relación altamente especializada e íntima. La rápida mortalidad permite al nematodo explotar una variedad de hospedantes tan amplia que alcanza a casi todo los órdenes de insectos, espectro de actividad que va más allá de la que exhiben otros agentes microbianos (Grewal y Georgis, 1999).

En los experimentos ejecutados en laboratorios utilizando placas de Petri, casi todas las especies de insectos resultan susceptibles a nematodos entomopatógenos, pues en esas condiciones el contacto entre nematodos y hospedantes está asegurado, no existen barreras de comportamiento para la infección y las condiciones ambientales son adecuadas (8T, HR, no radiación solar, etc.).

#### **2.3.6\_ 8 Permanencia de los NEPs en el suelo**

Según Liens *et al.*, (1998) el suelo es un medio de cultivo. En él viven organismos que realizan un conjunto de procesos necesarios para la continuación de la vida. Forman parte de este grupo de organismos los nematodos entomopatógenos, muy

importantes en la lucha biológica, destacándose el género *Heterhabditis*, el cual es de gran importancia en el control de plagas e integrante de la fase biológica del suelo.

Se ha demostrado que la mayor cantidad de nematodos en el suelo se encuentra a unos 10 cm de profundidad aproximadamente, apreciándose una diferencia a los 5 y 15 cm. El hecho de que los mejores resultados se hayan obtenidos a los 10 cm de profundidad tiene su fundamentación biológica en que estos organismos descienden buscando la humedad. A una profundidad de 5 cm hay menor permanencia de estos debido a la influencia de las altas temperaturas y una elevada incidencia de los rayos solares que provocan que los nematodos se deshidraten y mueran, en tanto a los 15 cm de profundidad existe un déficit de oxígeno, por lo cual las poblaciones de nematodos disminuyen (*Liens et al.*, 1998).

### 3. Materiales y métodos:

El trabajo se realizó en la Cooperativa de Crédito y Servicios Fortalecida (CCSF) Alberto Piz, del municipio de Yaguajay. Se utilizaron tres concentraciones de *Heterorhabditis indica* (cepa P2M), contra la plaga tetuán del Boniato (*Cylas furmicarius* var. *elegantulus* Fabricus.) (Coleóptero-Curculionidae), en el cultivo del Boniato (*Ipomea batata* (L) Lamk.). La investigación se desarrolló en el período comprendido de enero a marzo de 2014, en suelo arcilloso (Hernández ,1999) sobre un suelo pardo con carbonato (primera clasificación), el clon comercial estudiado fue CEMSA 78 - 354.

#### Tratamientos:

- 1- testigo (parcelas sin tratar)
- 2- Control químico (Amidor CS 60) a una dosis de 0,6L/L de H<sub>2</sub>O
- 3- 1 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro
- 4- 2 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro
- 5- 4 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro

Las concentraciones de nematodos se calcularon por las fórmulas de Woodring y

Kaya (1988): 
$$S = N * \frac{1}{M} * (x + 1)$$

Dónde:

N= Número de nematodos observados por conteo bajo el microscopio.

M= Número de mililitros en que se llevó a cabo el conteo.

X+1= Factor de dilución.

S= Concentración (nematodos/ml.) de la solución inicial.

Para calcular esta cantidad de nemátodos por adultos se aplica la siguiente

fórmula (Woodring y Kaya, 1988): 
$$A = \frac{D * C}{B}$$

Dónde:

A= Mililitros de la suspensión de concentración conocida para ser diluida.

B= Número de nematodos/ml de la suspensión que va a ser diluida.

C= Volumen final que se necesita calcular.

D= Mililitros de agua a añadir a la nueva disolución.

Lo que se necesita calcular es el valor de C, y se obtiene por despeje.

### **Diseño del experimento**

El diseño experimental que se utilizó fue un bloque al azar con tres réplicas por tratamiento en parcelas de cuatro surcos para evaluar los dos centrales, con una longitud de cinco metros cada uno. La plantación se realizó sobre el camellón a una altura de 20 cm de forma manual de forma tradicional con un marco de plantación 0.90 x 0.30 m para un total de 16 plantas por surco y 64 por parcela, de ellas 32 evaluables. Las dosis de aplicación fue de dos litros por hectárea con un intervalo de aplicación de siete días.

La preparación de suelo se realizó con tracción animal. Las demás actividades del cultivo se realizaron según el Instructivo Técnico del Cultivo del Boniato. (MINAG, 2007). No se realizaron aplicaciones de productos fitosanitarios, solo el control estándar empleado. Se realizaron cinco aplicaciones del bioproducto, uno a los 15 días de plantado y luego cuatro con una frecuencia entre ellos de 21 días. Para las aplicaciones se utilizaron la mochila MATABY de 16 litros de capacidad, con una boquilla del tipo Flow Yet 06.

El cultivo se desarrolló bajo condiciones de secano y los datos meteorológicos, sobre las precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del experimento fueron tomados del registro pluviométrico de la propia zona.

### **3.1 Determinación del efecto de las dosis sobre los índices de infestación del tetuán y la calidad de las raíces tuberosas.**

#### **3.1.1 Grado de daño**

Para obtener el grado de daños en por ciento se utilizó la fórmula y la escala del carácter de los daños recomendada por González *et al.*, (2000). Se seleccionaron

40 tubérculos al azar por tratamiento. Para dicha selección se tuvo en cuenta la norma (NCISO 874:03) y el área efectiva del experimento, la muestra tomada por cada tratamiento representa más del 17 % de la muestra total del área efectiva. Para realizar el muestreo no solo de forma visual se le realizaron cortes a la cáscara, en diagonal y en la zona cerca de la epidermis del tubérculo para poder ver las galerías internas, su profundidad y el color verde característico de los desechos del tetuán y descartar que los orificios sean causados por larvas de crisomélidos en este caso *Typophorus nigrinus* y poder detectar galerías en el interior causada sin síntomas en el exterior típicas del tetuán.

$$\% \text{ de Daños} = [(A \times B) / (N \times K)] \times 100.$$

Leyenda:

- A. Cantidad de observaciones con una misma categoría.
- B. Valor de la escala.
- N. Total de observaciones a evaluar.
- K. Valor máximo de la escala.

Escala de grados para evaluar los daños.

Grados	Descripción
0	Tubérculos sanos.
1	Galerías en el exterior que no pasan de la epidermis meno de $\frac{1}{4}$ de la superficie dañada.
2	Galerías en el exterior que pasan $\frac{1}{4}$ de la superficie del tubérculo.
3	Numerosas galerías interiores hasta $\frac{1}{4}$ de afectación (1 – 25 %)
4	Numerosas galerías interiores hasta ( $\frac{2}{4}$ ) de afectación (26 -50 %).
5	Numerosas galerías interiores [hasta $\frac{3}{4}$ de afectación (51 – 75 %)].
6	Más $\frac{3}{4}$ parte de afectación (> 75%) e inactivan el tubérculo.

### 3.1.2 Efecto del tratamiento

El efecto del tratamiento se calculó por la metodología utilizada por González *et al.*, (2000). Para una  $n = 40$  tubérculos/ tratamiento, la selección de la muestra evaluada se tuvo en cuenta los mismos criterios de selección que en las evaluaciones del grado del daño.

$$ET = Pa / Pt \times 100.$$

#### Leyenda:

ET: Efecto de los tratamientos (% de afectación).

Pa: Peso de tubérculos afectados.

Pt: Peso total.

### **3.2 Los indicadores evaluados fueron:**

Para dichas evaluaciones se tuvo en cuenta la norma (NCISO 874:03) las raíces tuberosas para ser muestreados deben tener como mínimo 80 g para considerarse de consumo.

3.2.1 Estimación de los rendimientos bruto y neto por tratamiento en función de la (NCISO 874:03).

3.2.2 Peso de las raíces tuberosas sanas y con síntomas de afectación por tratamiento.

### **3.3 Análisis económico**

El análisis económico se realizó según la metodología utilizada por Pérez y Álvarez (2005) y Santana (2007) a partir de los elementos involucrados en la campaña (anexo 17), teniendo en cuenta el precio de venta en moneda nacional (*cup*) de la tonelada del producto cosechado, del cultivo del boniato establecido por Acopio Provincial durante el proceso de venta de la producción obtenida.

Las expresiones fundamentales empleadas en el proceso de cálculo de los índices seleccionados son las siguientes:

$$Bb = R \cdot P_v$$

$$Bn = Bb - CP$$

$$CU = \frac{CP}{Q}$$

$$CPP = \frac{CP}{Pv.Q}$$

Donde:

*Bb*: Ingresos brutos (\$ ha<sup>-1</sup>)

*R*: rendimiento

*Pv*: precio de venta de la producción obtenida

*Bn*: beneficio neto (\$ ha<sup>-1</sup>)

*CP*: costo de producción (\$ ha<sup>-1</sup>), *CU*: costo unitario (\$ t<sup>-1</sup>)

*CPP*: costo por peso de producción (\$)

*Q<sub>0</sub>*: volumen de producción

#### Análisis estadístico de los datos:

Se utilizó el paquete estadístico SPSS 15.0 para Windows. El procesamiento estadístico de los datos consistió en la realización de análisis de ANOVA simple y prueba de Duncan para todas las variables.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Determinación del efecto de las dosis sobre los índices de infestación del tetuán y la calidad de las raíces tuberosas.

#### 4.1.1 Grado del daño

La tabla 4.1 muestra los resultados sobre el porcentaje de raíces tuberosas, donde se observan que el grado de daños en los tratamientos tuvo un comportamiento diferente. En el caso de las parcelas sin tartar el mayor porcentaje de daño se concentran en los grados 3 y 4 según la escala de González *et al.* (2000). En las parcelas donde se realizaron aplicaciones con los tratamientos los daños estuvieron más homogeneamente distribuidos, concentrándose en los tratamientos con el producto químico y la dosis de  $1 \times 10^6$  individuos/ litro en los grados del dos al tres. Cuando se aplicó el tratamiento con el nematodo con una dosis de  $2 \times 10^6$  individuos/ litro se concentran el mayor porcentaje de daño a las raíces tuberosas en los grados uno y dos. La dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro se concentran el mayor porcentaje de daño en el primer grado de la escala. Varios autores han realizados estudios sobre el manejo del tetuán con *H. indica* como González *et al.* (2000), quién demostró que los mayores daños se ubican en los tres primeros grados de la metodología cuando se utilizan los nematodos entomopatógeno. Rodríguez, (2009) utilizando *H. indica* en manejo del tetuán en diferentes agroecosistemas productivos obtuvo los mayores porcentaje de daños en los tres primeros grados de escala.

Tabla: 4.1 Porcentaje de tubérculos afectados, según el carácter de daño.

Tratamientos	Grado del daño (%)						
	0	1	2	3	4	5	6
Testigo	0,0	9,4	7,0	54,3	21,6	6,1	1,6
Control químico	0,0	19,1	39,0	16,3	9,3	14,3	2,0
$1 \times 10^6$ individuos/ litro	0,0	32,3	14,1	26,0	8,4	9,8	9,4
$2 \times 10^6$ individuos/ litro	0,0	29,7	64,1	0,0	5,3	0,0	0,9
$4 \times 10^6$ individuos/ litro	0,0	71,4	15,2	8,0	4,1	0,0	1,3



El control de esta plaga es importante para elevar los rendimientos en el cultivo, puesto que un estimado conservador indica que puede causar pérdidas económicas en el orden de 40 a 60 %, siendo el insecto plaga más devastador del cultivo a escala mundial y especialmente en los trópicos. Como se observa en la tabla 4.1 en la parcela tratada con el producto químico se reportan danos por encima de un 13% en el grado cinco de la escala, lo que afecta directamente la calidad comercial considerablemente de las raíces comerciales, según Morales *et al.* (2001) debido a su hábito taladrador del tallo y raíces, su control químico resulta poco efectivo y costoso, siendo necesaria la evaluación de otras medidas que permitan un manejo integrados.

Hay autores que refieren la habilidad para buscar e introducir sus bacterias simbióticas dentro del cuerpo del insecto, matándolo por septicemia dentro de las 24 a 72 horas, aunque según Fernández (2001), en insectos pequeños, la mortalidad del hospedero puede ocurrir en minutos. La relativa rapidez con que los nematodos entomopatógenos causan la muerte a los insectos hospedantes (24-48 horas) y la alta variabilidad de su acción ha despertado gran interés en su uso en el control biológico como agente en el manejo integrado de plagas (Certis, 2003).

#### 4.1.2 Efectividad del tratamiento

En la tabla 4.2 muestra el porciento de afectación a las raíces tuberosas por tratamiento. En la parcela testigo donde no se realizaron aplicaciones el porciento de afectación fue 36,5% coincidiendo con lo planteado por Morales *et al.* (2001) que las pérdidas media nacional es superior al 10% incluso con la aplicación de productos químicos en su control. El tratamiento con la dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro se destacó con el menor porcentaje de afectación siendo inferior al 8%. El tratamiento con la menor dosis de *H. indica* a  $1 \times 10^6$  individuos/ litro alcanzó el 20% de afectación, siendo el segundo valor porcentual más alto. Los valores alcanzados por los demás tratamientos oscilaron entre un 12% y 13% afectaciones muy por debajo por lo planteado por INIVIT, (2005) quienes afirman que a partir de la crisis económica que afronta el país, las pérdidas en el rendimiento de este cultivo se elevaron a más del 40%.

Rodríguez, (2009) en un trabajo donde realizó la aplicación de *H. indica* en el control de esta plaga bajo diferentes sistemas agroproductivos obtuvo porcentos de afectaciones inferiores al 12% en las parcelas tratadas con el nematodo, resultados muy similares a los que se muestran en la tabla 4.2.

Tabla: 4.2 Efectividad del tratamiento según el por ciento de afectación

Tratamientos	Peso total (Kg)	Peso tubérculos (Kg)		Efecto del tratamiento % Afectación
		Sanos	Afectados	
Testigo	5,83	3,70	2,13	36,50
Control químico	5,00	4,40	0,60	12,00
1 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	6,21	5,02	1,20	19,32
2 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	4,37	3,82	0,55	12,58
4 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	5,24	6,80	0,44	7,05

Varios autores resaltan la virulencia de las especies de los nematodos del género *Heterorhabditis spp*, así como la susceptibilidad de algunas especies insectiles. Estudios realizados por Georgis *et al.*, (1991) en *Pachnaeus litus* (Germ.) (Picudo verde –azul de los cítricos). Según Jansson, (1991) y citado por Castellano, (2000) en experimentos de campo varias plagas insectiles han sido controladas con la utilización de *H. indica*, entre las que se encuentran, *Cylas formicarius* L. (tetuán del boniato).

Otros autores destacan la sensibilidad de insectos Coleópteros al parasitismo por nematodos, como Lezama, (2000); Castellón, (2001); Fernández, (2001); Pozo (2002), Reyes (2003) y Pérez (2006), los cuales plantean que la familia de los coleópteros es altamente vulnerable ante la acción de la especie de nematodo *Heterorhabditis indica*.

#### 4.3.1 Estimación de los rendimientos bruto y neto por tratamiento en función de la (NCISO 874:03)

a. La figura 1 muestra el rendimiento estimado por ha<sup>-1</sup> por tratamiento, donde se observa que los mayores valores del rendimiento bruto son los alcanzados en las parcelas tratadas con el producto químico y con la dosis de 4 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro de *H. indica* con diferencias estadísticas con los demás tratamientos con 11,93 t/ha<sup>-1</sup> y 12,18 t/ha<sup>-1</sup> respectivamente, superando al testigo en más de 3 t/ha<sup>-1</sup> en ambos casos. En las parcelas testigo el rendimiento bruto estimado fue el más bajo con diferencias estadísticas con todos los tratamientos exceptuando el tratamiento de 1 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro con valores de 8,60 t/ha<sup>-1</sup> y 9,42 t/ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos resultados superan los alcanzados por Rodríguez (2009) quien obtuvo un rendimiento máximo de 10,8 t/ha<sup>-1</sup> en diferentes sistemas agroproductivos utilizando el nematodo en el control del tetuán.

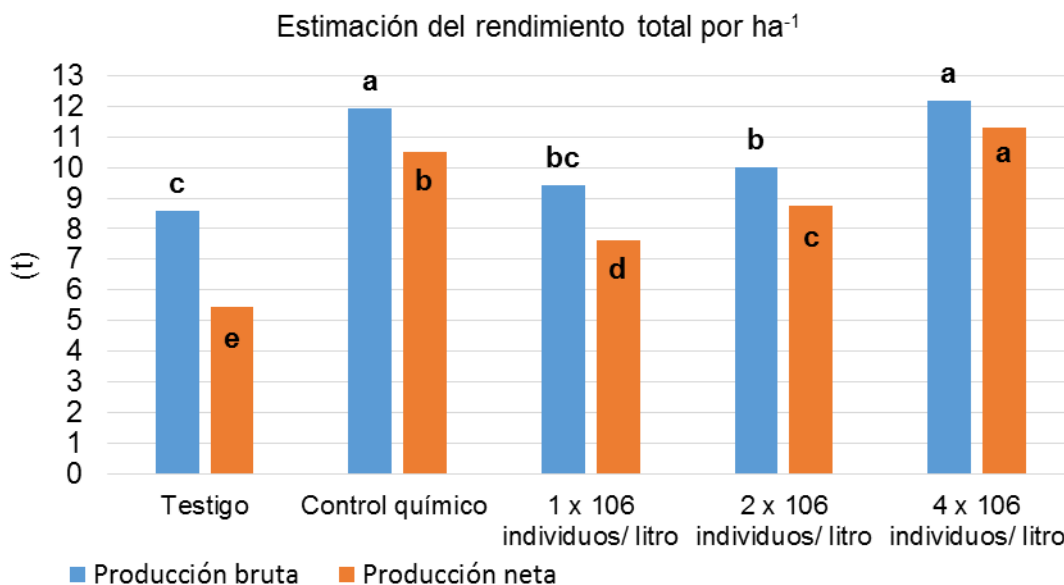


Figura 1: Estimación del rendimiento total/ha<sup>-1</sup>. Letras no comunes difieren según Duncan ( $p > 0.05$ )

Según Cisneros y Alcázar, (2001) citado por Rodríguez (2009) el clon CENSA 78 - 354, utilizado en el experimento tiene un potencial de más de 20 t/ha en condiciones experimentales, a nivel de producción los rendimientos registrados por organismos oficiales son bajos (2,5 – 5,0 t/ha) y en la provincia Sancti Spiritus

la media de es de 6,1 t/ha<sup>-1</sup> en extensiones mayores de 400 hectáreas lo cual difiere con estos resultados alcanzados, los cuales lo superan en 2,35 t/ha<sup>-1</sup> en las parcelas que se utilizaron como testigo.

Un análisis detenido de los rendimientos netos estimados destacan el valor más alto en las parcelas tratadas con la dosis 4 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro del nematodo, con diferencias estadísticas con los demás tratamientos como se muestra en la figura 1. Este valor elevado se debe a la disminución del porcentaje de afectación del tetuán a las raíces lo cual hace que se incremente el número de raíces comerciales por planta y con ello la producción neta del cultivo. Como se observa en la figura el indicador de la producción neta estimada tuvo diferencias significativas entre todos los tratamientos, siendo el más bajo el del tratamiento testigo con 5,34 t/ha<sup>-1</sup>.

Según plantea Castellón (2001), la lluvia y el riego son factores que inciden negativamente en el desarrollo de las poblaciones del Tetuán del boniato, entre los 80 y 90 días después de la siembra es donde más estabilidad de la humedad del campo necesita el boniato (superior al 85% de la capacidad del campo). Durante este periodo es cuando se produce el mayor desarrollo de grietas como consecuencia del desarrollo de raíces tuberosas.

Según el INIVIT, (2003) y MINAG (2004), para que el cultivo alcance buen desarrollo y se proteja ante el ataque de *Cylas formicarius var elegantulus* Fab., requiere de normas de riego o de precipitaciones de 400 mm durante todo su ciclo, por el efecto que tiene el agua en el cierre de las grietas, es muy conveniente disponer de riego o de precipitaciones regularmente.

Según Morales (1995) citado por Cisneros y Alcázar (2001), en experimentos conducidos por el INIVIT en plantaciones donde el régimen de riego y precipitaciones es bajo el por ciento de agrietamiento del suelo es mayor presentando niveles de infestación que superan el 70 %. Del 100 % de los boniatos dañados, 35% se debió al ingreso de la larva a través del tallo y 65% por el acceso directo de los adultos a través de las grietas.

#### **4.3.2 Peso de las raíces tuberosa sanas y con síntomas de afectación por tratamiento**

La tabla 4.3 muestra los resultados de los rendimientos totales obtenidos por parcelas en los tratamientos realizados. El mayor porcentaje de afectación lo obtuvo el testigo con un 48% lo cual implica pérdidas de 4,15 t/ha<sup>-1</sup> con diferencias estadísticas con los demás tratamientos. El mejor balance de raíces sanas y afectadas se alcanzó con el tratamiento de 4 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro del nematodo con pérdidas de 1,38 t/ha<sup>-1</sup>, que aunque no difiere estadísticamente con el tratamiento de 2 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro con 1,48 t/ha<sup>-1</sup> de raíces tuberosas afectadas, tiene un 3,5% menos de afectación. Cuando se aplicó una dosis de 1 x 10<sup>6</sup> individuos/ litro el porcentaje de afectación de las raíces en toda la parcela fue de 24% como se observa en la tabla 4.3.

En trabajos realizados por Rodríguez (2009) donde se aplicaron nematodos en diferentes agroecosistemas se obtuvieron valores muy variables en dependencia de estos sistemas que oscilaron entre 1,7% y 41% de afectación para el caso de las parcelas tratadas con *H. indica* y entre 32,4% y 91,39% para las parcelas testigos. Los valores obtenidos en este experimento están dentro del rango de los obtenidos por este autor.

Tabla: 4.3 Rendimientos totales obtenidos por parcelas experimentales.

Tratamientos	Rendimiento T/ha			Prod. Afectada %
	Total	Sanos	Afectados	
Testigo	8,60 c	4,45 d	4,15 c	48,3
Control químico	11,93 a	9,89 a	2,04 b	17,1
1 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	9,42 bc	7,16 c	2,26 b	24,0
2 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	10,00 b	8,52 b	1,48 a	14,8
4 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	12,18 a	10,80 a	1,38 a	11,3
CV=	3,64%	7,25%	9,27%	-----
ES ±	0,48	0,35	0,13	-----

Letras no comunes difieren según Duncan ( $p > 0.05$ )

Según criterios de Pons *et al.*, (2000), hasta el presente no se ha logrado obtener variedades resistentes al Tetuán del boniato (*Cylas formicarius var elegantulus*

Fab.), lo que sí se ha podido comprobar es que, algunas características de los clones permiten una mayor o menor incidencia de la plaga. Entre ellos se consideran más importante la profundidad de tuberización y la precocidad. A mayor profundidad, menor infestación. Los clones que tuberizan superficiales son extremadamente vulnerables a las infestaciones. En el caso del clon comercial CEMSA 78-354 el cual se utilizó en el experimento, las raíces reservante son superficiales (dos centímetros) y se producen fácilmente grietas en la superficie del suelo que permiten el acceso del insecto directamente hasta los mismos boniatos en crecimiento para poner sus huevos.

La precocidad es otro factor, a medida que mayor es el ciclo, mayores son los daños y a la inversa. Esto significa que cada clon posee un período de tiempo diferente desde la presencia del insecto en la planta hasta la cosecha. Para el clon CEMSA 78-354 el tiempo vulnerable ante la plaga es de 60 - 80 días ya que este se cosecha a los 120 días. El clon utilizado es el más sembrado en el territorio y hasta el 2003 (último reporte) representa más del 60% de toda el área sembrada en el país y fue introducido comercialmente 1985. Según criterios de Castellón (2001), existe más del 55% de probabilidades que este clon sea afectado por esta plaga.

### **4.3 Factibilidad económica**

Los tratamientos realizados para disminuir los daños producidos por el tetuán del boniato en el cultivo lograron en dos concentraciones del nematodo aplicado resultados muy superiores al testigo y similares al tratamiento con el producto químico con un costo de producción inferior. La determinación del costo total implicado para una hectárea permitió analizar los resultados desde el punto de vista económico, a partir de los elementos de costos involucrados para el tratamiento con  $4 \times 10^6$  individuos/ litro del nematodo el cual mostró los mejores resultados se logra disminuir en \$105.95 al tratamiento con el producto químico como se muestra en la tabla 4.4. Los rendimientos alcanzados generan beneficio neto donde se destaca el tratamiento con  $4 \times 10^6$  individuos/ litro del nematodo con el mayor beneficio neto superando al tratamiento con el producto químico, en

aproximadamente en \$243.95 al tratamiento con el producto químico. El análisis se enfoca en estos dos tratamientos, puesto que los mejores resultados productivos se obtuvieron con estos tratamientos.

En cuanto al costo unitario que se muestra en la tabla 4.4 se destaca el tratamiento con  $4 \times 10^6$  individuos/ litro que para producir una tonelada de boniato invierte \$62.26, lo cual representa \$10.19 menos que el tratamiento químico. A pesar de ser el tratamiento de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro la variante con más costo de producción después del producto químico tiene un menor de costo por peso con un valor de 0.11, debido a que con esta variante se obtienen valores de producción superiores a los demás tratamientos, lo cual repercute directamente en la calidad y por consecuencia en la producción de raíces comerciales.

Tabla 4.4. Análisis económico

Tratamientos	Costo Producción \$ (MN)	Producción T/ha	Ingresos brutos (\$ ha <sup>-1</sup> )	Beneficio neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo unitario (\$ t <sup>-1</sup> )	Costo X Peso (\$)
Testigo	568.32	8.60	4730	4161.68	66.08	0.12
Control químico	864.36	11.93	6561	5696.64	72.45	0.13
1 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	683.25	9.42	5181	4497.75	72.53	0.13
2 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	706.69	10,0	5500	4793.31	70.66	0.12
4 x 10 <sup>6</sup> individuos/ litro	758.41	12,18	6699	5940.59	62.26	0.11

Precio de venta establecido por Acopio Municipal 1t ----- \$ 550.00 (MN)

**Conclusiones:**

1. En el grado del daño el mejor resultado se obtuvo con la dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro del nematodo, concentrándose el mayor porcentaje en el primer grado de la escala con un 82.95% de efectividad de aplicación.
2. La dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro fue el mejor tratamiento en los indicadores evaluados con un rendimiento estimado de  $12.18 \text{ t/ha}^{-1}$  y un 11.3% de afectación por el tetuán.
3. En los indicadores económicos evaluados el mejor tratamiento fue la dosis de  $4 \times 10^6$  individuos/ litro que obtuvo mayor beneficio neto con el menor costo por peso.



## **Bibliografía:**

ALTERTEC (1992) Introducción a los principios del manejo integrado de plagas insectiles. 2da. Edición

Ames de Icochea, T.1991. Compendio de enfermedades de la Batata, Centro Internacional de la Papa, 1991, -- p, 1-15

Boswell, V.R. 1950. "Commercial growing and harvesting of sweet potato", U.S. Department of agricultura Farnes Bulletin, 2020:38, 1950.

Castellón, María del C, H. Fuentes y D. Guerra. 2008. Evaluación de daños al material de plantación en el cultivo del boniato, ocasionados por *Typophorus nigratus* F. (Coleoptera-Crysomelidae).

Sitio Web: [htt://bva.fao.cu/](http://bva.fao.cu/).Fecha 21 de Abril 2010.

Lizárraga T, A., Castellón M., Mallqui D. 2004. Manejo Integrado de plagas en una agricultura sostenible: Intercambio de experiencias entre Cuba y Perú. RAAA. Lima- Perú. 2004. 225pp.