

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS Y BOTÁNICAS PARA EL
MANEJO DEL NEMÁTODO DE QUISTE (*Globodera spp.*) DE LA
PAPA (*Solanum tuberosum L.*)**

PRESENTADO POR:

JOELIS ARAÚZ.

8-801-2441

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2010

Alternativas biológicas y botánicas para el manejo del Nematodo de Quiste
(*Globodera spp.*) de la Papa (*Solanum tuberosum L.*).

Trabajo De Graduación Sometido Para Optar Por El
Título De Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Facultad De Ciencias Agropecuarias
Escuela De Ciencias Agrícolas

Permiso Para Su Publicación, Reproducción Total o Parcial Debe Ser Obtenido
De La Facultad De Ciencias Agropecuarias

Aprobado:

JOSE CARLOS URETA

Director

WALDO A. ESPINOSA

Asesor

JUAN MIGUEL OSORIO

Asesor

David, Chiriquí

República De Panamá

2010

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a DIOS por ser mi guía y luz en los momentos difíciles, por haberme permitido culminar satisfactoriamente este trabajo.

Al Ing. José Carlos Ureta, Director de éste trabajo de graduación por brindarme su apoyo y amistad a lo largo de mi carrera: Dr. Juan Miguel Osorio e Ing. Waldo A. Espinoza miembros del comité de evaluación por su valioso apoyo y orientación.

Expreso mi agradecimiento al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sub-Centro de Cerro Punta, Dr. Arnulfo Gutiérrez e Ing. Rodrigo Morales por su colaboración en la realización de este trabajo.

Manifiesto mi agradecimiento especialmente al Agr. Jorge Muñoz por haber tenido la dedicación y el tiempo para brindarme su amistad, consejos y conocimientos en el desarrollo de esta investigación; y a todos los colaboradores de la estación experimental de Cerro Punta .

De manera muy especial al Señor Gabriel y a su esposa Jesica y Ángela por haberme hecho sentir como en mi casa durante este tiempo que compartí con ellos en su hogar , brindándome su cariño.

Agradezco a mi grupo de estudio y compañeros de casa por ser como mis hermanos y de igual manera a mis demás profesores que de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica.

Los sueños inician en nuestro pensamiento; y está en cada uno de nosotros, lograr que ellos se hagan una realidad.

A todos mis más profundos agradecimientos

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis seres queridos; que ya no están conmigo para compartir este gran logro (Fermín, Aurelia y Akito).

A mis amados Padres : Jaime Araúz y Lucinda Barba; que con su amor y sabios consejos; y con esfuerzo y sacrificios me apoyaron en todo momento. Gracias a ellos, pude culminar esta meta que hoy me llena de mucho orgullo; ya que me estimularon para culminar la tarea emprendida. Logrando así; tener una carrera que me abrirá las puertas a un futuro prometedor.

Con cariño, a mis hermanas: Johanna y Chantal por estar siempre allí para extenderme su apoyo y orientación gracias por creer en mí.

A todos mis familiares gracias, en especial a Matilde por siempre estar conmigo y ser como mi segunda mamá por apoyarme y hacer de mi una mejor persona.

Agustín, quiero agradecerte por todo el apoyo que me brindas para continuar y seguir en el camino; por compartir conmigo bellos, gratos e inolvidables momentos. Gracias por ser mi apoyo en tiempos difíciles y por estar conmigo en esta nueva faceta.

RESUMEN

Esta investigación se realizó en los terrenos de la Estación Experimental del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en Cerro Punta. El objetivo fue determinar si el uso de agentes endofíticos de *Trichoderma sp.* o extractos vegetales de *Azadirachta indica* (Neem) y *Tagetes spp.* (Nemagol) influían en las poblaciones del Nematodo de Quiste (*Globodera spp.*) de la Papa (NQP). Los tratamientos evaluados para este ensayo fueron: *Trichoderma sp.* cepa 1 y 2, Neem, Nemagol (Extracto de *Tagetes spp.*), Gallinaza+ Fertiaza y Carbofuran distribuidos en un diseño de Bloques al Azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones. El tratamiento biológico y los extractos vegetales fueron aplicados al momento de la siembra. En cambio, el producto químico se aplicó a la siembra, en la emergencia de las plantas de papa y a los 25 días después de la emergencia. Los parámetros evaluados fueron: rendimiento (Tubérculos comerciales, semilla y cantidad total de tubérculos cosechados) y conteo de las poblaciones de *Globodera spp.*; población inicial existente en la parcela antes de la siembra, población final de *Globodera* una vez pasada la cosecha y conteo de quistes, huevos y juveniles por gramo de suelo (tasa de multiplicación Pf/Pi). La identificación de las especies del Nematodo del Quiste de la Papa se realizó mediante una caracterización morfológica en donde se detectó la presencia de las especies *Globodera pallida* y *Globodera rostochiensis*.

Al comparar la población inicial y final de *Globodera spp.* se observó que los tratamientos evaluados produjeron una reducción de poblaciones del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP), dado que la tasa de multiplicación del nematodo (Pf/Pi) presentó diferencias significativas en los tratamientos siendo el testigo absoluto el de mayor población del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP), registrándose en los demás tratamientos evaluados una disminución de la población. Lo anterior fundamenta que es posible la implementación de alternativas para el manejo del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP) empleando agentes biológicos como el *Trichoderma sp.* y extractos botánicos obtenidos de las plantas de *Azadirachta indica* (Neem) y *Tagetes spp.* (Nemagol).

En cuanto a los rendimientos de tubérculos para semilla, comerciales y totales no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras claves: Papa, *Solanum tuberosum L.*, *Trichoderma sp.*, Nemagol, *Tagetes spp.*, Neem, *Azadirachta indica*, *Globodera spp.*, *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis*, Carbofuran.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
Página de Aprobación	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	v
Resumen	vi
I. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema a investigar	3
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	10
1.4.1 General	10
1.4.2 Específicos	10
1.5 Hipótesis	11
1.6 Alcances y limitaciones del estudio	12
II. Revisión de Literatura	13
2.1 Generalidades sobre el Cultivo de la Papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	13
2.1.1 Zonas de Producción del Cultivo.	15
2.1.2 Producción de Papa en Cerro Punta.	15
2.1.3 Manejo Agronómico del Cultivo.	16
2.2 Plagas Principales del Cultivo de la Papa.	19
2.3 Aspectos Generales del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP).	21
2.3.1 Taxonomía de <i>Globodera spp.</i>	21
2.3.2 Nemátodos.	21
2.3.3 Generalidades del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP).	22
2.3.4 Nematodo de Quiste de la Papa (NQP) en Panamá.	22
2.3.5 Importancia Económica.	23
2.3.6 Daños y Sintomatología.	24
2.3.7 Mecanismos de Manejo del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP).	26
2.4 Alternativas Biológicas y Botánicas para el Manejo de <i>Globodera spp.</i>	27
2.4.1 Manejo Biológico.	27
2.4.2 Antagonistas.	28
2.4.3 <i>Trichoderma spp.</i>	29
2.4.4 Productos Naturales (PN).	31
2.4.5 <i>Azadirachta indica</i> (Neem).	32
2.4.6 <i>Tagetes spp.</i> (Nemagol).	33
2.4.7 Fertiaza.	35
2.4.8 Gallinaza.	35
2.5 Manejo Químico.	36
2.5.1 Carbofuran.	36
III. Materiales y Métodos	38

3.1 Ubicación del Área.	38
3.2 Aspectos Generales del Proyecto.	38
3.2.1 Establecimiento del Ensayo.	38
3.2.2 Variedad Utilizada.	38
3.2.3 Siembra.	39
3.2.4 Manejo Agronómico del Cultivo.	39
3.2.5 Cosecha.	40
3.2.6 Muestreos de Suelo.	40
3.3 Procesamiento de las Muestras de Suelo.	41
3.4 Descripción de los Tratamientos.	42
3.4.1 Aplicación de los Productos.	43
3.4.2 Inoculación de las Esporas de <i>Trichoderma</i> en los Tubérculos de Papa.	44
3.5 Identificación de Especies del Nematodo Quiste (<i>Globodera spp.</i>) de la Papa.	45
3.6 Parámetros a Evaluar.	48
3.7 Diseño Experimental.	48
3.7.1. Transformación de Arcoseno o Angular.	49
IV. Resultados y Discusión	51
V. Conclusiones	58
VI. Recomendaciones	59
VII. Referencias Bibliográficas	60
VIII. Anexos	71

ÍNDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro No	
Cuadro I. Descripción de los Tratamientos utilizados en el ensayo. Cerro Punta 2009-2010.	42
Cuadro II. Características utilizadas para identificar especies del nematodo quiste de la papa (<i>Globodera spp.</i>).	47
Cuadro III. Análisis de Varianza para la evaluación de las alternativas biológicas y botánicas para las variables de rendimiento (Comercial, semilla y total). Cerro Punta 2009-2010.	52
Cuadro IV. Análisis de Varianza para la evaluación de las alternativas biológicas y botánicas para las variables de población del nematodo de quiste de la papa (NQP) (inicial, final y la tasa de multiplicación del nematodo Pf/Pi). Cerro Punta 2009-2010.	55
Cuadro V. Comportamiento de las variables biológicas y de producción por efecto de las aplicaciones de alternativas biológicas (<i>Trichoderma sp.</i>) y botánicas <i>Azadirachta indica</i> (Neem) y <i>Tagetes spp.</i> (Nemagol) para el manejo del nematodo de quiste de la papa (NQP) mediante la Prueba de Duncan, Cerro Punta 2009-2010.	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No	Págs.
Anexo I. Figura de distribución para cada tratamiento en campo en su respectivo bloque. Cerro Punta 2009-2010.	71
Anexo II. Inoculación de <i>Trichoderma</i> en los tubérculos de papa. Cerro Punta 2009-2010.	72
Anexo III. Establecimiento y siembra del ensayo con la variedad Granola. Cerro Punta 2009-2010.	73
Anexo IV. Aplicación del tratamiento químico Carbofuran a la emergencia de las plantas y 25 días después de la emergencia .Cerro Punta 2009-2010.	74
Anexo V. Aporque Convencional de la parcela utilizando azadón. Cerro Punta 2009-2010.	74
Anexo VI. Procesado de las muestras de suelo para cada tratamiento utilizando secado en horno, tamiz de 60 msh y Embudo de Fenwick para obtención de los quistes de las muestras. Cerro Punta 2009-2010.	75
Anexo VII. Procesado de las muestras de suelo para cada tratamiento utilizando secado en horno, tamiz de 60 msh y Embudo de Fenwick para obtención de los quistes de las muestras (Continuación) . Cerro Punta 2009-2010.	76
Anexo VIII. Extracción de quistes y conteo de huevos y juveniles. Cerro Punta 2009-2010.	77

Anexo IX. Extracción de quistes y conteo de huevos y juveniles (Continuación). Cerro Punta 2009-2010.	78
Anexo X. Identificación de especie de nematodo quiste de la papa (NQP) (<i>Globodera spp.</i>). Cerro Punta 2009-2010.	79

I. Introducción

La papa es una planta alimenticia que procede de las culturas Pre - Incas e Incas. Perteneciente de la familia de las Solanáceas siendo esta de gran importancia comercial ya que ésta posee un alto valor nutritivo. Su contenido en base a 100 gramos es el siguiente: 78 (gr.) de humedad; 18.5 (gr). de almidón y es rico en Potasio (560mg.) y vitamina C (20 mg.) (Villafuerte, S; 2008).

Por el grado de importancia que presenta la papa (***Solanum tuberosum L.***) a nivel mundial cada día se buscan nuevas alternativas para el desarrollo de una producción más amigable con el medio ambiente. Puesto que las exigencias del mundo cambiante así lo sugieren y el desgaste del recurso suelo por sobredosificación de productos químicos es una de las causas principales de la búsqueda de alternativas de fuentes biológicas y botánicas que ayuden al manejo de plagas en el cultivo de papa.

El ser humano ha creado a través del tiempo productos químicos que ayudan a contrarrestar y a mermar el efecto causado por los agentes dañinos como los nemátodos; lo que ha provocado el desarrollo de resistencia a estos químicos.

La residualidad creada por estos productos tóxicos en el suelo agrava esta problemática ya que los desgasta y contamina, favoreciendo así un mayor deterioro del medio ambiente. Esto trae consigo el aumento del costo de producción; lo que va en detrimento del agricultor que es el mayor perjudicado.

La búsqueda para el manejo biológico y botánico de nemátodos fitoparásitos, del cultivo de la papa, es necesaria para obtener una agricultura más saludable que permita obtener altos rendimientos y aminorar los efectos contraproducentes de diversos productos químicos.

Con los productos de origen biológico y extractos botánicos se busca disminuir las poblaciones de nemátodos patógenos, con productos de baja toxicidad y que sean biodegradables.

Este trabajo está dirigido a medir los efectos que presentan algunos productos biológicos, a base de *Trichoderma spp.* y el extracto botánico del árbol de *Azadirachta indica* (Neem) y *Tagetes spp.* (Nemagol) en el manejo del nematodo de quiste (*Globodera spp.*) de la papa (NQP) para mantener sus poblaciones por debajo del umbral de daño económico.

1.1 Planteamiento del problema a investigar

El Nematodo de Quiste de la Papa (NQP); constituye uno de los problemas más importantes para los productores de papa del mundo debido a que este afecta los rendimientos y a su vez eleva los costos de producción ya que el manejo convencional mediante la utilización de productos químicos, como son los nematicidas son muy costosos y además son altamente tóxicos para el medio ambiente (Franco, 1993).

Las pérdidas ocasionadas por esta plaga son difíciles de estimar, debido a su importancia económica que es cada vez mayor por la dificultad para su manejo; ya que estos poseen la capacidad de permanecer viables en el suelo por muchos años (Franco, 1993).

Esta situación refleja la dependencia del agricultor a las aplicaciones excesivas de nematicidas para lograr contrarrestar los daños que ocasiona el nematodo de quiste de la papa (NQP), para así lograr obtener rendimientos que le reflejen beneficios económicos rentables (Franco, 1993).

El uso de formulaciones químicas como los nematicidas para el manejo de estos fitopatógenos lleva consigo la disminución de la microflora existente del suelo en este caso la benéfica.

Por lo anterior, la búsqueda de alternativas biológicas y botánicas que posean propiedades nematocidas, es una alternativa para el manejo de estos nemátodos fitopatógenos, en particular el nematodo del quiste (*Globodera spp.*) de la papa (NQP).

1.2 Antecedentes

Durante los últimos 25 años se ha investigando intensivamente la utilidad de diversos microorganismos tales como *Trichoderma spp.* con la finalidad de que esta nueva estrategia reduzca sensiblemente el empleo abusivo de pesticidas químicos, el gran impacto al medio ambiente que estos productos ocasionan y las peligrosas consecuencias para la salud humanas derivadas de la exposición a estas sustancias (Norte,2003).

Por otro lado, en lo referente a estudios realizados con hongos endofíticos para el manejo de plagas, se reporta aquellos que hacen énfasis en el manejo de nemátodos (Pocasangre *et al.* 2001), donde señalan que existe algunos hongos benéficos para la planta, los cuales ingresan dentro del huésped y colonizan el tejido sin causar ningún tipo de síntoma, denominados hongos endofíticos, y la planta se ve beneficiada alterando su fisiología, acelerando su crecimiento e incrementando la resistencia al estrés causado por factores abióticos (Osorio, 2006).

En Chile la industria forestal representa la segunda fuente de divisas, donde ***Pinus radiata*** es la principal especie cultivada, lo que ha generado la búsqueda de nuevas alternativas para incrementar tanto la producción como la calidad de las plántulas. Entre éstas se encuentran el uso de fuentes orgánicas de fertilización y el uso de hongos como ***Trichoderma harzianum***. Los resultados obtenidos indican que la presencia conjunta de compost y ***T harzianum*** permite un incremento significativo en altura y biomasa de las plantas, así como el desarrollo del sistema radical (Universidad Austral de Chile, 2002).

En Cuba durante el período comprendido entre agosto de 1998 y marzo de 1999, se produjeron ataques severos del nematodo ***Rotylenchulus reniformis*** en el cultivo de lechuga (***Lactuca sativa L.***). En pruebas realizadas en laboratorio, el hongo ***Trichoderma harzianum*** cepa A-34 redujo notablemente la eclosión en las masas de huevos y causó alteraciones en una gran cantidad de estados juveniles. En dos de los organológicos se aplicó la suspensión, a partir de biopreparado sólido, con una concentración de 1×10^9 conidios/g, a la dosis de 40 L/ha y una suspensión final de 400 L/ha. La efectividad de ***T. harzianum*** se hizo evidente también en el valor de la producción obtenida, la cual fue más del doble en los organopónico tratados así, como en el de otros indicadores considerados en el análisis económico. Aunque existen antecedentes del uso de especies de ***Trichoderma*** para el control de nemátodos, esta es la primera información que se tiene referente a ***R. reniformis*** (Méndez, 2006).

Los extractos naturales obtenidos de la semilla del árbol de neem o nim son el ingrediente fundamental en los nuevos productos comerciales registrados por la Agencia de Protección de Medio Ambiente para el control de plagas y enfermedades en Estados Unidos. Investigadores del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) fueron los primeros en promover el uso de la semilla de neem como una alternativa frente a las sustancias químicas. Uno de los hallazgos fue que los extractos de neem pueden controlar plagas tales como la mosca blanca, pulgones, cochinilla blanca, ácaros y nemátodos. Otro descubrimiento fue que el neem puede proteger cultivos ornamentales y alimenticios contra enfermedades de hongos (micosis) tales como la roya y el oídio que atacan a las hojas (ARS, 2009).

Las investigaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos con pesticidas naturales derivados de las plantas, tales como la nicotina, comenzaron en los años 1920. Siendo a partir de 1975, cuando se iniciaron las evaluaciones sobre la capacidad de los productos extraídos de la semilla de neem para matar insectos (Hank y Becker, 1994).

En Chile, la evaluación de la acción nematocida in vitro en *Xiphinema index*, de extractos acuosos de 77 especies vegetales (incluyendo 34 especies nativas), confirmó la nematoxicidad de la mayoría de ellas, dependiendo de la concentración de los extractos. Los más eficaces fueron aquellos elaborados a base de *Tagetes spp.* (Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas ,2002).

Entre las plantas más estudiadas en los sistemas de cultivo están especies de **Tagetes** y otras Asteráceas. Numerosos experimentos han mostrado que varias especies y cultivares de **Tagetes** pueden controlar eficientemente nemátodos en cultivos establecidos, ya sea cuando se usan como rotación, en cultivos de cobertura o como enmienda al suelo; además varios compuestos nematicidas han sido obtenidos de esta especie. La reducción en la densidad de población de los nemátodos frente a la presencia de **Tagetes spp.** se debe a sustancias presentes en las raíces de estas plantas, las que inducen la muerte de los individuos y que están ubicadas en la endodermis. Uno de estos compuestos aislados es a-terthienyl, el cual también ha sido extraído desde las flores de esta especie, y que ha mostrado ser uno de los más potentes en esta acción (INSUNZA, 1995).

1.3 Justificación

Este trabajo se realizó con la finalidad de, comprobar la efectividad que poseen organismos tales como **Trichoderma spp.** y extractos de origen botánico **Azadirachta indica** (Neem) y **Tagetes spp.** (Nemagol) para el manejo de nemátodos fitoparásitos, en el cultivo de papa (**Solanum tuberosum L.**).

El desarrollo de estrategias innovadoras dirigidas a disminuir la dependencia del control químico convencional, es un desafío permanente, en una agricultura sostenible y respetuosa del ambiente (Osorio ,2006).

Por lo cual es importante la búsqueda de nuevas alternativas enfocadas a brindar una solución que sea compatible con el medio ambiente y que brinde una mejora a las pérdidas ocasionadas por los nemátodos fitoparásitos a los cultivos hortícolas, en especial las familia de las solanáceas como es el caso de la papa (***Solanum tuberosum L.***).

Así, el uso de organismos biocontroladores es una estrategia empleada para el manejo de estos fitonemátodos que parasitan las plantas. Los nemátodos son endoparásitos que tienen la capacidad de entrar y realizar todo su ciclo dentro de la raíz, además, cambian su forma y permanecen dentro de la planta.

Una vez que penetran es muy difícil de contrarrestar los daños que éstos provocan al sistema radicular de la planta (Álvarez y Viera, 1998).

El desarrollo de poblaciones y las actividades de los fitonemátodos en el suelo están limitadas por organismos antagónicos. Algunas especies bacterianas y otros parásitos obligados de nemátodos pueden matarlos o inhibirlos por medio de la producción de toxinas o metabolitos que destruyen los huevos u otras formas del ciclo de vida de los nemátodos (Rodríguez- Kábana, R.1991).

Los nemátodos del genero ***Globodera spp.*** son los de mayor importancia económica en el cultivo de la papa debido a que se tornan una plaga muy difícil de erradicar. Este género produce una reducción en los rendimientos del cultivo y un aumento en los costos de producción, sobre todo por la utilización de productos químicos sistémicos con para su manejo (Hernández, 1999).

El interés en la reducción del uso de los productos químicos no sólo es determinado por el aspecto económico, sobre todo los elevados costos, sino también por lo ecológico, en lo referente al efecto contaminante y tóxico para los seres vivos y en la calidad de vida de los mismos a consecuencia del efecto residual que pueden tener sobre los alimentos (Hernández, 1999).

Se realizó esta investigación con la finalidad obtener fuentes de origen botánico y biológico que nos permitiesen regular las poblaciones de fitonemátodos a través de alternativas que contribuyesen a causar un mínimo de impacto en el ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Evaluar el efecto de los biocontroladores de origen biológico y botánico en la supresión de las poblaciones de ***Globodera spp.***

1.4.2 Específicos

- Evaluar la eficiencia del biocontrolador (***Trichoderma spp.***) para el manejo de poblaciones del nematodo de quiste de la papa (NQP).
- Evaluar la eficiencia de productos de origen botánico ***Azadirachta indica*** (Neem) y ***Tagetes spp.*** (Nemagol) como inhibidores del crecimiento poblacional del nematodo de quiste de la papa (NQP).
- Determinar la probable eficiencia de los tratamientos biológicos y botánicos versus el tratamiento químico utilizado, en cuanto a la reducción de las poblaciones de ***Globodera spp.***
- Determinar el rendimiento (kg/ha) en campo basado en la producción de tubérculos por tratamiento.

1.5 Hipótesis

Ho: Las alternativas Biológicas y Botánicas para el manejo de *Globodera spp.* en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum L.*) no presentan diferencia significativa en cuanto a la supresión preventiva de las poblaciones del nematodo de quiste de la papa (NQP).

Ha: Las alternativas Biológicas y Botánicas para el manejo de *Globodera spp.* en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum L.*) presentan diferencia significativa en cuanto a la supresión preventiva de las poblaciones del nematodo de quiste de la papa (NQP).

Ho: Los hongos endofíticos y productos elaborados a base de extractos vegetales implementados como biocontroladores no presentan diferencia significativa en cuanto a la efectividad en el manejo de *Globodera spp.*, respecto al manejo químico (Nematicida) en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum L.*).

Ha: Los hongos endofíticos y productos elaborados a base de extractos vegetales implementados como biocontroladores presentan diferencia significativa en cuanto a la efectividad en el manejo de *Globodera spp.*, respecto al manejo químico (Nematicida) en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum L.*).

1.6 Alcances y limitaciones del estudio

La utilización de organismos biológicos y extractos botánicos en el manejo de plagas puede ser un arma muy valiosa que favorece su implementación; ya que puede prevenir o reducir el efecto causado por los organismos fitopatógenos; además de que reduce o elimina el uso excesivo de agroquímicos que ocasionan problemas ambientales.

Este ensayo permitirá la obtención de datos muy importantes en cuanto al efecto que brinde la utilización de agentes biológicos como es el *Trichoderma spp.* y extractos botánicos como es *Azadirachta indica* (Neem) y *Tagetes spp.* (Nemagol) en la reducción de las poblaciones del nematodo de quiste de la papa (NQP).

Una limitante es que estos tipos de mecanismos dependen tanto del agente patogénico como de la planta afectada, siendo todos ellos influenciados por la temperatura, humedad, tipo de suelo, pH, genotipo de la planta, micro-hábitat y de la microflora. (Piñol ,2001).

El tema de la búsqueda de alternativas biológicas y botánicas para contrarrestar el efecto causado por los nemátodos es muy amplio pero no se cuenta con la suficiente información sobre el empleo de los citados productos como alternativas para el manejo del nematodo de quiste de la papa (NQP).

II. Revisión de literatura

2.1 Generalidades sobre el Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una especie perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Domesticada en el altiplano andino por sus habitantes hace unos 7.000 años, fue llevada a Europa por los conquistadores españoles más como una curiosidad botánica que como una planta alimenticia. Con el tiempo su consumo fue creciendo y su cultivo se expandió a todo el mundo hasta posicionarse como uno de los principales para el ser humano (Wikipedia, 2009).

Solanum tuberosum es una planta herbácea, tuberosa, perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (ya que pierde sus hojas y tallos aéreos en la estación fría), de tallo erecto o semi-decumbente, que puede medir hasta 1 m. de altura (Wikipedia, 2009).

El fruto de la planta de papa es una baya, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeña, la cual puede presentar una forma redonda, alargada, ovalada o cónica. Su diámetro generalmente fluctúa entre 1 y 3 cm, y su color puede variar de verde a amarillento, o de castaño rojizo a violeta.

Las bayas presentan dos lóculos y pueden contener aproximadamente entre 200 y 400 semillas. Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales, los

cuales se van inclinando progresivamente en la medida que avanza el desarrollo de los frutos (Wikipedia, 2009).

Las semillas son muy pequeñas, aplanadas, de forma arriñonada, y pueden ser blancas, amarillas o castaño amarillentas (Wikipedia, 2009).

La papa posee la capacidad de adaptación a condiciones muy diversas de suelo y clima por lo que es posible encontrarlas en todos los continentes (Gruner, 1963).

Aunque en la actualidad la producción de papa es mayormente efectuada en las zonas templadas del mundo, este tubérculo desempeña un papel específico en la producción alimenticia de los trópicos y subtrópico (Monge, 1981).

La papa es uno de los cultivos más importantes del mundo. Para el consumo humano solamente es superado por tres cereales: el trigo, el arroz y el maíz. No obstante, los tubérculos de la papa brindan un rendimiento por hectárea varias veces superior a aquellos que se obtienen con los granos de los cereales. Tales tubérculos se utilizan en alimentación animal y para consumo humano en diversos alimentos procesados, como agente gelificante y en la producción de bebidas alcohólicas (Wikipedia, 2009).

Asimismo, los tubérculos de papa presentan un sin número de aplicaciones industriales, por ejemplo el almidón de la papa provee una cobertura para el papel y para productos textiles (Wikipedia, 2009).

2.1.1 Zonas de Producción del Cultivo

El cultivo de la papa se inició en Panamá en la década de 1930-1940, con la siembra de tubérculos de papa para consumo, importados de Estados Unidos y Europa. Debido al potencial del cultivo se inicia la importación de tubérculos-semillas, incrementándose esta actividad (IDIAP, 1992).

En nuestro país la zona papera se encuentra localizada en la provincia de Chiriquí. Siendo el área de Boquete y Cerro Punta las de mayor producción para este rubro (Rodríguez, et. al; 1988).

2.1.2 Producción de Papa en Cerro Punta

- Clima

En esta zona de producción la temperatura fluctúa entre los 10 y 18 grados centígrados. Con una precipitación pluvial abundante, con un promedio anual de 2,000 milímetros. Esta zona de producción de papa se encuentra a una altura de 1,970 metros sobre el nivel del mar (Morales, 1994).

2.1.3 Manejo Agronómico del Cultivo

- Preparación del suelo

La preparación del suelo se realiza efectuando un pase de arado (disco) y dos a tres pases de rastra. Los surcos deben constar de una profundidad de más o menos 10 centímetros, el cual busca la finalidad de que los tubérculos “semilla” no queden muy profundos. Cuando el terreno tiene una humedad adecuada, se realiza el surcado se recomienda hacerlo el mismo día de la siembra, si se presentan las condiciones adecuadas y así se evitaría la pérdida de humedad (Morales, 1994).

- Siembra

El distanciamiento a la hora de sembrar los tubérculos varía de acuerdo a la época en que se desea sembrar. En época de verano, el espaciamiento varía entre surco de unos 70 – 80 centímetros y entre plantas de 20 – 30 centímetros. En la época de invierno la distancia entre surco aumenta de 80 a unos 90 centímetros y distanciamiento entre plantas se mantiene igual (Morales, 1994).

- Fertilización

La incorporación de Gallinaza debe realizarse dos meses antes de la preparación del suelo e inmediatamente se realiza un pase de arado superficial (Morales, 1994).

La fertilización se efectúa empleando abono completo este es incorporado al momento de realizarse la siembra a unos 3-5 centímetros debajo de la semilla donde se debe evitar que el abono este en contacto con la semilla (Morales, 1994).

- Aporque

Cuando el cultivo cumpla de 30 a 45 días de sembrado es el momento adecuado para aporcar y aplicar abono nitrogenado lo que se busca con la práctica de aporcado es evitar reverdecimiento de los tubérculos que es provocado por la exposición al sol (Morales, 1994).

- Manejo de Malezas

El control de las malezas tiene diferentes maneras de realizarse : Manual, mecánico mediante el empleo de azadones o químico aplicando herbicidas

donde este es más empleado debido a que no se necesita tanta mano de obra y es relativamente más económico (Atencio y Rodríguez, 1988).

Dentro de los herbicidas encontramos que se utiliza para la pre emergencia el Paraquat (Gramoxone), Linurón (Afalón); Para la post emergencia el empleo de Metribuzin (Sencor) al utilizarse se debe tener en cuenta que la planta no debe tener más de 10 cm de alto ya que puede causar un amarillamiento en las plantas (Morales, 1994).

- Fitoprotección

La aplicación de los fungicidas y nematicida debe efectuarse al momento de la siembra al fondo del surco sobre la semilla luego se procede a taparla (Rodríguez, 1988).

- Cosecha

El proceso de cosecha se efectúa a unos 15 días una vez que el follaje haya muerto de manera natural o por que se completó su ciclo vegetativo. La cosecha puede efectuarse de manera manual mediante uso de azadones, o también empleando la cosechadora mecánica tirada por el tractor (Araúz y Pinzón 1981).

Los tubérculos cosechados se deben dejar expuestos unas horas al sol para que la tierra que se encuentra adherida a ellos se seque y así poder clasificarlos por su tamaño y calidad (Araúz y Pinzón 1981).

2.2 Plagas Principales del Cultivo de la Papa

- Insectos

Las plagas principales que causan daño al cultivo de papa podemos encontrar: Los cortadores; estos atacan en las etapas de inicio del cultivo, el daño es provocado por gusanos de los géneros **Agrotis**, **Prodenia** y **Spodoptera** que pueden ser controlados por productos como: Deltametrina (Decis Flo) 300-500 cc/ha, Permetrina (Ambush 25 DP) 100 cc/ha, Metamidofó (Tamarón 600) 1L/ha por mencionar algunos, en el mercado encontramos otros productos (Atencio y Rodríguez 1988).

El cultivo en sus etapas primarias también es atacado por otras plagas como: Áfidos (**Myzus persicae**), Pulga negra (**Epitrix spp.**) la polilla de la papa (**Tesia solanivora**), para el control de esta es fundamental el uso de químicos, al inicio de floración, hasta la cosecha. (Atencio y Rodríguez 1988).

- Nemátodos

En cuanto a los nemátodos se refiere dentro del área de Cerro Punta es usual encontrar el nematodo de quiste (*Globodera spp*). de la papa (NQP), el umbral de daños por poblaciones de este nematodo en el suelo es de 10 huevos y juveniles por cada cm³ o más para recomendar su control con el uso de nematicidas, siendo los más utilizados, el Carbofuran, (Furadan 10G), Etoprophos, (Mocap), Oxamil, (Vydate L.) entre otros; el uso de variedades resistentes ; control integrado y rotación de cultivos (Morales , 1994).

- Hongos

Entre las enfermedades fungosas que causan afecciones al cultivo tenemos: Tizón tardío, *Phytophthora infestan*, Tizón Temprano, *Alternaría Solani*, Mildiu por Oídium o *Erysiphe* (Morales, 1994).

- Bacterias

Otras enfermedades que se observan en el cultivo de la papa tenemos las de origen bacteriano como: La pierna negra *Erwinia carotovora pv.* y la Dormidera, *Ralstonia solanacearum* (Morales, 1994).

- Virus

Dentro de las enfermedades causada por virosis tenemos al enrollamiento de la hoja (PLRV) y Mosaico Rugoso (PVY) (Morales, 1994).

2.3 Aspectos Generales del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP)

2.3.1 Taxonomía de *Globodera spp.*

Globodera se encuentra localizado taxonómicamente de la siguiente manera:

Phylum nemata, Clase ***Secernentea***, Sub clase ***Tylenchia***, Orden ***Tylenchida***, Sub orden ***Tylenchina***, Superfamilia ***Hoplolaimiodea***, Familia ***Heteroderidae***, Genero ***Globodera***, Especie ***pallida*** y ***rostochiensis*** (Hernández, 1999).

2.3.2 Nemátodos

Los nemátodos son animales microscópicos también conocidos como gusanos redondos o filiformes que se encuentran en una amplia gama de hábitat, especialmente en el suelo y el agua. La mayoría son saprofitos ya que se alimentan de materia orgánica descompuesta pero pocos son parásitos de plantas y de animales (Franco, 1981).

Dentro de los géneros de nemátodos que atacan el cultivo de la papa tenemos dos especies de *Globodera*: *G. rostochiensis* y *G. pallida* conocidas como “nematodo del quiste de la papa”. Donde la *G. rostochiensis* se le conoce como el nombre de “nematodo dorado de la papa” debido a que este pasa por una fase donde presenta una coloración amarilla (Franco, 1986).

Estos dañan las raíces de este cultivo y causan Pérdidas severas, sus daños pasan a menudo inadvertidos en ocasiones sus niveles poblacionales están enmascarados (Franco, 1981).

2.3.3 Generalidades del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP)

Los nemátodos del quiste de la papa son parásitos de las raíces y se encuentran bien adaptados. El efecto estimulante de un exudado de raíz de la planta hospedera asegura que los nemátodos emergen solo cuando se presentan las condiciones favorables, en un segundo estado juvenil perforan la raíz dejando una agrupación de células perforadas (Franco, 1981).

2.3.4 Nematodo de Quiste de la Papa (NQP) en Panamá

El nematodo del quiste de la papa fue registrado por primera vez en Panamá en el año 1967 en el área de Cerro Punta. Desde ese momento se han dirigido los esfuerzos hacia su manejo integrado, la captación y asesoría a técnicos y

productores panameños y centroamericanos. Se han identificados tres razas de *Globodera rostochiensis* y dos razas de *Globodera pallida*. (IDIAP, 1992).

A partir de 1971 se observó en Cerro Punta un efecto adverso de este nematodo en algunos cultivos de papa, ya que los rendimientos bajaron considerablemente en algunos campos por lo cual se decidió ponerlos en descanso por un periodo de tiempo (Tarté y Rodríguez, 1976).

2.3.5 Importancia Económica

La importancia económica que presenta este nematodo de quiste (*Globodera spp.*) de la papa (NQP) es que constituye uno de los grandes factores principales en la reducción de los rendimientos de cultivo de la papa y a su vez eleva los costos de producción debido a que los agricultores deben aplicar nematicidas en el intento de mantener bajas las poblaciones del nematodo (Candanedo, Rodríguez y Atencio 1980).

Hay dos tipos de pérdidas económicas vinculadas con la infestación de este nematodo.

1. Pérdidas directas: estas pueden ser grandes aún sin que se vean signos de infestación con nematodos del quiste.

Pueden ocurrir Pérdidas hasta 15% en cultivos que no muestran síntomas aéreos. El rendimiento puede reducirse en dos toneladas por hectáreas cuando la infestación se aumenta en 20 huevos por gramo de suelo.

Podría llegarse al caso de cosecharse menos tubérculos que los sembrados (Franco, 1986).

2. Pérdidas indirectas: es difícil erradicar los nemátodos del quiste una vez se hayan establecido en un área. La rotación de cultivos para reducir las poblaciones de nemátodos prolongadas equivalen a no cultivar papa durante varios años en el mismo terreno. El control químico es costoso, peligroso y no es completamente efectivo. Las medidas de cuarentena para controlar su dispersión se convierte a menudo en una restricción de la producción de papa tanto para el consumo como para semilla (Franco, 1986).

2.3.6 Daños y Sintomatología

Debido a la alimentación de estados juveniles en los tejidos radiculares, se produce una lesión mecánica que afecta a los vasos conductores, los cuales pueden incluso llegar a deformarse o romperse. A consecuencia de esto, las raíces se deforman, se reducen o por el contrario, proliferan por estimulación de raíces secundarias. Esta acción mecánica sobre la raíz se traduce en una ineficacia funcional del sistema radicular ya que se ven interrumpidos el flujo y la asimilación de agua y nutrientes al resto de la planta. Esta disminución de

eficacia funcional de la raíz causa una sintomatología no muy característica, sino más bien un reflejo de la carencia en el suelo de agua o nutrientes (Hernández, 1999).

El primer indicio de infección se manifiesta con la aparición de rodales de 1-2 m con plantas mostrando menor crecimiento, color más o menos púrpura, marchitez (sobre todo en las horas más cálidas del día), enanismo, brotes retardados y malformados, hojas pequeñas, erectas y amarillentas y muerte prematura, así como una proliferación de vegetación espontánea. Puede afectar a la tuberización, siendo los tubérculos formados, pequeños o incluso nulos, viéndose afectada seriamente la producción (Hernández, 1999).

Cuando los síntomas se identifican claramente o hacen sospechar la presencia de nemátodos en el suelo, la plaga está ya muy asentada y la disminución en la producción puede ser ya considerable. Según diversos investigadores son necesarios de 7 a 15 años para que se observen los síntomas, a partir de la presencia inicial del nematodo en el suelo (Hernández, 1999).

2.3.7 Mecanismos de Manejo del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP)

Existen diversos mecanismos para llevar a cabo un manejo sobre este nematodo de quiste de la papa (NQP), como son:

El empleo de variedades resistentes y de cultivos que no representen un hospedero para el nematodo provocándole una reducción a su población del 95 y 50% (Ames, 1980).

En los campos paperos de nuestro país encontramos diversas variedades donde las mismas presentan ciertos grados de resistencia, tolerancia y susceptibilidad a la presencia del nematodo de quiste de la papa (NQP).

Para el área de Cerro Punta las variedades más utilizadas que presentan un buen comportamiento ante la presencia del nematodo de quiste de la papa (NQP) son la variedad Atlantic y la variedad Granola siendo esta última la más difundida en esta zona de producción debido a su alto potencial de rendimiento y tolerancia que ésta posee para el ataque de este patógeno.

El uso de nematicidas presenta limitaciones ya que el uso continuo de estos productos favorece a la contaminación ambiental y residuos en el producto destinado para el consumo (Rodríguez y Candanedo, 1980).

Por mencionar algunos nematicidas que son empleados podemos destacar a los del grupo, de los hidrocarburos halogenados, órganos fosforados y carbamatos. Donde los más empleados son: Carbofuran (Furadan 10G), Oxamilo (Vydate) y Etoprop (Mocap) entre otros (Rodríguez y Candanedo, 1980).

2.4 Alternativas Biológicas y Botánicas para el Manejo de *Globodera spp.*

A medida que ha transcurrido los años el hombre siempre ha buscado nuevas fuentes de respuesta a sus problemas en este caso para obtener una agricultura más saludable y amigable con el medio ambiente lo cual lo ha llevado al descubrimiento, empleo y utilización de productos extraídos de agentes biológicos y botánicos encontrados en la naturaleza. Por esta razón este trabajo está dirigido a probar esas nuevas fuentes como son los extractos botánicos del *Azadirachta indica* (Neem) y *Tagetes* (Nemagol) y de agentes biológicos como lo es *Trichoderma spp.*

2.4.1 Manejo Biológico

En un sentido amplio el manejo biológico involucraría todas aquellas prácticas pretendientes a disminuir la incidencia de enfermedades excluyendo el manejo químico. Referiremos al control biológico en un sentido más restringido como el uso de microorganismos antagonistas que interfieren en la supervivencia de

patógenos o en el desarrollo de actividades determinantes de la enfermedad (Cook y Baker, 1983).

2.4.2 Antagonistas

En la naturaleza existe una interacción continua entre los potenciales patógenos y sus antagonistas de forma tal que estos últimos contribuyen a que no haya enfermedad en la mayoría de los casos; es decir, el control biológico funciona naturalmente. En condiciones naturales los microorganismos están en un equilibrio dinámico en la superficie de las plantas (Cook y Baker, 1983).

No es fácil determinar con precisión los mecanismos que intervienen en las interacciones entre los antagonistas y los patógenos sobre la planta. En general los antagonistas no tienen un único modo de acción y la multiplicidad de modos de acción es una característica a seleccionar en un antagonista. Esto se debe a que los riesgos de seleccionar al patógeno por resistencia al antagonista se reducen al actuar éste último por varios mecanismos. El riesgo de resistencia se reduce también mediante el uso de combinaciones de antagonistas de diferente modo de acción. Se han descrito varios mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos. Ellos son: antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo, lisis enzimática), e inducción de resistencia (Cook y Baker, 1983).

2.4.3 *Trichoderma spp.*

Los hongos endofíticos se caracterizan por colonizar los tejidos u órganos internos de una planta sin causar ningún tipo de síntomas; asimismo, aquellos que le confiere una protección a la planta hospedera contra el ataque de agentes abióticos, se les denomina hongos endofíticos mutualistas (Latch et al. 1985; Carroll 1990).

Existen diversas especies de hongos endofíticos benéficos, entre ellos se encuentra el género *Trichoderma*, utilizado en los últimos años como agente para el manejo de numerosas enfermedades en plantas (Howell, 2003).

Este género está integrado por un gran número de cepas que actúan como agentes de manejo biológico y cuyas propiedades antagónicas se basan en la activación de mecanismos muy diversos, en donde pueden ejercer el biocontrol de hongos fitopatógenos indirectamente, compitiendo por el espacio y los nutrientes, modificando las condiciones ambientales, estimulando el crecimiento de las plantas y sus mecanismos de defensa o produciendo antibióticos; sin dejar a un lado el manejo directo mediante micoparasitismo (Benítez et al.2004).

Estos mecanismos pueden actuar de forma coordinada y su importancia en los procesos de biocontrol depende de la cepa de *Trichoderma*, del hongo al que antagoniza, del tipo de cultivo y de las condiciones ambientales tales como la disponibilidad de nutrientes, el pH, la temperatura o la concentración de hierro.

La activación de cada uno de los mecanismos implica la producción de metabolitos y compuestos específicos tales como factores de crecimiento de plantas, enzimas hidrolíticas, sideróforos, antibióticos y permeadas de carbono y nitrógeno. Estos metabolitos pueden sobre expresarse o combinarse con cepas de biocontrol apropiadas, a fin de obtener nuevas formulaciones que puedan ser más eficaces en el manejo de enfermedades de plantas y en la protección de frutos post-cosecha (Benítez et al.2004).

Los mecanismos de acción en cuanto a la producción antibiosis y enzimas por parte de especies de *Trichoderma* está fuertemente influenciado por el sustrato sobre el cual los hongos crecen y las condiciones ambientales como la temperatura, a su vez la presencia de otros miembros en la microflora del suelo también podría influir en la actividad del biocontrol por inhibición del crecimiento y desarrollo de este o en el metabolismo de enzimas o antibióticos, es posible que esto no afecte completamente al agente biocontrolador pero si puede limitar su eficacia (Howell,2003).

Existen estrategias fundamentalmente distintas para que los hongos endofíticos presenten una simbiosis con las plantas: desarrollando una infección que induce algún tipo de resistencia sistémica mediante una biomasa sustancial interna; produciendo potentes toxinas que presentan un efecto letal hacia patógenos de la plantas y mediante un mutualismo inducido, que envuelve una simbiosis menos precisa o más difusa entre el hospedero y el endofítico (Clay, 1998).

2.4.4 Productos Naturales (PN)

Los extractos de origen vegetal han sido, en las últimas dos décadas, mayormente estudiados por su porción química, con énfasis en los metabolitos secundarios, los cuales están implicados en el manejo biológico contra patógenos o plagas, y en ciertos casos, activando procesos de defensa en la planta, brindando una protección preventiva. (Obledo et al. 2004; Kagale et al. 2004; Gil 2002; Singh y Singh 2000; Soledade et al.1998).

En la naturaleza existen de 250,000 a 500,000 especies vegetales, de las cuales se estima que al menos el 10% han sido estudiados en sus aspectos químicos y propiedades biológicas. Esta temática no es nueva, se había dejado en el olvido por un largo periodo de tiempo y recientemente, el interés ha sido renovado valorando la diversidad de estructuras químicas en la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos (Piñol ,2001).

Debido a sus propiedades y principios activos los productos naturales se están aplicando en medicina moderna, cosmetología, farmacéutica, biotecnología y últimamente con contribución muy prometedora en la agricultura ecológica (Piñol, 2001).

2.4.5 *Azadirachta indica* (Neem)

De todas las especies botánicas evaluadas en el mundo, el ***Azadirachta indica*** (Neem) posee mayor potencialidad como productor de principios activos con efectos insecticidas, acaricidas y nematocidas. En 1990, se inician los trabajos concebidos para la explotación agroecológica del Neem en Cuba, con un impacto significativo en la producción agropecuaria, forestal, farmacéutica y de cosméticos, socioeconómico y ambiental, dichos trabajos han sido liderados por el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (Pacheco, 1998).

La efectividad biológica se debe a un grupo variado de sustancias activas con un alto efecto biológico, entre las que se destacan la Azadirachtina A y otras importantes como son la Salanina y la Nimbina. El conjunto de estas sustancias y por la acción específica de cada una de ellas, producen en los insectos distintos efectos como son: repelente, antialimentario, esterilizante, desorientador de la ovoposición, insecticida y regulador del crecimiento (Jacobson, 1980; Parmar y Singh, 1993).

El Neem también puede ser usado como fertilizante foliar. El ingrediente activo de este producto y que se extrae de la planta se denomina "Azadirachtin" y otros 490 componentes llamados en su conjunto liminoides (Rodríguez, 2001).

Investigaciones efectuadas durante los últimos 10 años, demostraron las potencialidades de los bioplaguicidas de Neem en el combate de más de 25 especies de insectos, ácaros y nemátodos que constituyen plagas agrícolas. Tal bioplaguicidas es considerando como una alternativa en el Manejo Integrado de Plagas (Gruber, 1992; Brechelt y Fernández, 1995).

2.4.6 *Tagetes spp.* (Nemagol)

Nemagol es un producto elaborado a base de extractos de la planta ***Tagetes spp.*** poseen una acción de contacto, sistémica y de repelencia contra nemátodos y una fuerte acción bioestimulante para la planta además inhibe y controla el desarrollo y crecimiento de la gran mayoría de los fitonematodos (Horticom, 1995).

Tagetes es una especie que pertenece a la familia botánica ***Asteraceae***, antes Compositae (Heyden, 2002), nativa de Centroamérica, y cultivada desde la época precolombina (Reynoso, 1999).

Tagetes o flor de muerto al ser atacada por los nemátodos sus raíces liberan sustancias como toxinas, metabolitos los cuales matan a los nemátodos (Brown J, 1989).

La flor de muerto (***Tagetes***) es una planta antagónica o planta repelente de nemátodos, y generalmente, su cultivo está recomendado como medida para manejar algunos nemátodos fitoparásitos (Winoto, 1969).

La flor de muerto actúa destruyendo la membrana de los nemátodos y el recubrimiento de los quistes. El extracto contiene aceites esenciales tales como mentona, terpeno, cadinona y carbonos, además de resinas y carotenoides. Por lo tanto, a través de la acción de estos componentes específicos del extracto de flor de muerto tienen una acción específica sobre nemátodos fitopatógenos (Mora, 2004).

En el mundo, ***Tagetes*** ha adquirido gran importancia comercial, debido a la gran demanda que tienen sus flores por ser una fuente rica de carotenoides y sus derivados xantofílicos, pigmentos naturales de color amarillo, utilizados en la elaboración de alimentos balanceados y también, como colorante para alimentos de consumo humano (Delgado, 1997; Flores & Lazo, 1996).

Las raíces de ***Tagetes*** son la versión alfa químicos terthienil, uno de los más tóxicos que los compuestos naturales encontrados hasta la fecha (Gommers y Bakker, 1988). Este compuesto es nematicidas, insecticidas, antivirales, y citotóxicos (Arnason et al., 1989; Marles et al., 1992). La presencia de alfa-terthienil inhibe la eclosión de los huevos de nemátodos (Siddiqui y Alam, 1988).

2.4.7 Fertiaza

Es un bioactivador de origen biológico en el suelo y cultivo, que promueve el crecimiento y formación de raíces; lo que implica un mejor aprovechamiento de los fertilizantes ya sean estos orgánico o sintético. Este producto está compuesto de materia orgánica, extracto húmico y ácido púlvico, además de macro y micro nutrientes; la dosis recomendada por casa productora (Jailam Grow) tanto en pre-siembra, siembra o emergencia es de un galón por cada 200 litros de agua realizando su aplicación a la superficie.

2.4.8 Gallinaza

El uso de materia orgánica con alto contenido de nitrógeno, como lo es la gallinaza, es una estrategia efectiva para el manejo de nemátodos fitoparasitarios, que afectan los cultivos (Rodríguez-Kábana, R. 1991).

La gallinaza generalmente posee concentraciones altas de nitrógeno y la razón C:N es baja, resultando en una liberación rápida de nitrógeno, haciéndolo disponible para la planta. Una porción del nitrógeno total en la gallinaza es orgánica, y la cantidad liberada generalmente es menor comparado con los fertilizantes sintéticos (Goh y Vityakon, 1983).

Aproximadamente de un 30 a 50% del nitrógeno total en la gallinaza se hace disponible al cultivo luego de ser aplicada. Los rendimientos del cultivo

aumentan en respuesta a las aplicaciones de gallinaza siendo esta atribuida al efecto provocado por el nitrógeno sobre las plantas. De cualquier modo, la gallinaza contiene una amplia variedad de nutrientes para la planta y es considerada una buena fuente de magnesio (Castellano y Pratt, 1981; Hue, 1997).

La implementación de gallinaza en los campos de producción aumenta la interacción biológica del suelo lo cual repercute en que se desarrolle un aumento de la microflora benéfica, manteniendo un equilibrio entre los patógenos presentes en el suelo (Castellano y Pratt, 1981; Hue, 1997).

2.5 Manejo Químico

2.5.1 Carbofuran

Carbofuran es un insecticida – nematicida de amplioespectro sistémico y de efecto residual perteneciente al grupo de los Carbamatos. Actúa por contacto o por ingestión; controlando muchas especies de nemátodos e insectos de suelo y follaje que ataca la mayoría de los cultivos disminuyendo los rendimientos y la calidad de producción (Afecor, 2010).

Dentro de su mecanismo de acción el Carbofuran controla los insectos y nemátodos interfiriendo con el funcionamiento de su sistema nervioso, inhibiendo la acción de la enzima acetilcolinesterasa la cual regula los

impulsos nerviosos a los músculos y glándulas .Cuando se inhibe la enzima los músculos y las glándulas del insecto permanecen estimulados y este no puede relajarse y por ende el insecto continua en un estado constante de agitación que eventualmente le causa la muerte (Afechor, 2010).

Su actividad no se ve afectada por la temperatura o desarrollo de la planta ni por el uso de herbicidas, insecticidas o plaguicidas de uso común, únicamente requiere de una buena humedad en suelo para su acción. Su compatibilidad y actividad no son afectadas. Es incompatible con productos de reacción alcalinas. Es registrado toxicológicamente como altamente peligroso (Afechor, 2010).

III. Materiales y métodos

3.1 Ubicación del Área

La fase de campo se realizó entre los meses de julio del 2009 a enero del 2010 en los terrenos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (I.D.I.A.P) localizado en el área de Cerro Punta, Distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí. El mismo se encuentra a una altura de 1,970 metros sobre el nivel del mar con un rango de temperatura entre los 10 y 15 grados centígrados.

3.2 Aspectos generales del proyecto

3.2.1 Establecimiento del Ensayo

El ensayo se realizó en una parcela previamente seleccionada en la cual por trabajos anteriores se conocía la presencia del nematodo de quiste de la papa (NQP).

3.2.2 Variedad Utilizada

Se utilizó la variedad Granola. Esta variedad es de origen alemán, dentro de sus características fenotípicas se encuentran: posee una forma de tubérculo oval o redondo, tamaño mediano a grande, con ojos superficiales de piel amarilla y

de pulpa crema. La variedad Granola presenta altos rendimientos (20-50t/ha) en el área de Cerro Punta.

3.2.3 Siembra

La siembra se realizó el 21 de julio del 2009, de manera tradicional esparciendo los tubérculos al fondo del surco en parcela con una distancia entre surcos de 0.75m y de 0.33m entre plantas. Cada unidad experimental constaba de un área de 15 metros cuadrados y se utilizó 1818.2kg/ha de material semilla.

3.2.4 Manejo Agronómico del Cultivo

La aplicación de fertilizantes se llevo a cabo de la siguiente manera: antes de la siembra se aplicó abono completo 12-24-12 a razón de 1818.2kg/ha esparciéndolo al fondo del surco. Para la siembra se utilizó gallinaza al fondo del surco utilizándose 5 ton/ ha y para el aporque se empleo la formula 14-3-22 a razón de 454.5 kg/ha.

En todo el desarrollo del ciclo del cultivo se detectó incidencias de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*), Mosca minadora (*Liriomyza spp.*) y la Polilla de la papa (*Tesia solanivora*).

Se realizaron aplicaciones de Mancozeb, Ridomil y Bravo en todo el ciclo vegetativo del cultivo para el manejo de Tizon tardío (*Phytophthora*

infestans). Para el control de la mosca minadora (*Liriomyza spp.*) se utilizó desde la emergencia hasta el final de la tuberización Evisect (oxalato), Trigard (cyromazina) y Padan (carbamato). Para el manejo de insectos cortadores se utilizó Tamarón + Piretroide Ambush (piretroide-sintético). En el caso de la polilla de la papa (*Tesia solanivora*) se aplicó Tamarón (organofosforado) y Orthene (organofosforado); y para el control de malezas se realizaron aplicaciones de Sencor (triazina asimétrica).

3.2.5 Cosecha

La cosecha de los tubérculos se realizó el 19 de noviembre del 2009 cuando el cultivo cumplió 120 días de sembrado. La recolección de los mismos se efectuó de manera manual tomando los tubérculos de los dos surcos centrales clasificándolos para semilla (28 a 40mm) y comercial (40mm en adelante) para obtener el total de tubérculos cosechados.

3.2.6 Muestreos de Suelo

Se realizaron dos muestreos de suelo, efectuándose el primero el 21 de julio después de la siembra el mismo día de haberse establecido el ensayo para determinar la población inicial existente.

El segundo se llevó a cabo el 19 de noviembre al momento de la cosecha con la finalidad de obtener la población final.

3.3 Procesamiento de las muestras de suelo

El suelo recolectado de las parcelas fue tamizado y posteriormente procesado utilizando el Método del Embudo de Fenwick para la obtención de las cantidades iniciales y finales de quistes. Se maceraron los quistes en una pequeña cantidad de agua, luego se le agregó un volumen de agua hasta completar 100 ml., se agitó y se dejó reposar por algunos segundos; posteriormente se extrajo una alícuota de dos mililitros que se colocó en la placa cuadrículada para el conteo del número de huevos y juveniles, para así obtener la cantidad de los mismos, expresadas en huevos y juveniles por mililitro de suelo.

El proceso de tamizado consiste en pasar el suelo por diferentes tamices, de mallas de distinta numeración para homogenizar las muestras. Se utilizaron dos tamices el de 20 mesh que es el colocado en la parte superior, éste tiene aberturas de 840 micrómetros que permiten pasar los quistes pero atrapando las partículas de tamaño superior ayudando a limpiar la muestra procesada. El tamiz de 60 mesh que es el colocado en la parte inferior, tiene aberturas de 250 micrómetros y no permite el paso de los quistes, que usualmente, superan los 300 micrómetros en diámetro (Rodríguez, 1987).

3.4 Descripción de los Tratamientos

Cuadro I: Descripción de los Tratamientos utilizados en el ensayo.

Cerro Punta 2009-2010.

Nº	DESCRIPCIÓN	DOSIS	FECHA DE APLICACIÓN	MODO DE APLICACIÓN
1	<i>Trichoderma spp.</i> (cepa 1) Guatemala	10 ⁷ microesporas por mililitro de agua	Inoculados una semana antes de la siembra	Directamente a los tubérculos previamente a la siembra
2	<i>Trichoderma spp.</i> (cepa 2) Costa Rica	10 ⁷ microesporas por mililitro de agua	Inoculados una semana antes de la siembra	Directamente a los tubérculos previamente a la siembra
3	Testigo Absoluto	–	–	–
4	Neem x- 0.4 SC Extracto <i>Azadirachta indica</i>	3lt/ha	Al momento de la siembra	Sobre los tubérculos y al fondo del surco
5	Gallinaza + Fertiaza	Gallinaza 5ton/has y Fertiaza 4 lt/has	A la siembra	Al fondo del surco
6	Nemagol 80% <i>Tagetes spp.</i>	25lt/ha	Al momento de la siembra	Al fondo del surco
7	Carbofuran 48 SC	1.5lt/ha a la siembra, 1.5lt/ha emergencia y 25 días después de la emergencia 1.0lt/ha	Al momento de la siembra	Al fondo del surco

3.4.1 Aplicación de los productos

Primera aplicación: al momento de la siembra. Se realizó de la siguiente manera:

- ***Trichoderma spp.*** (cepa 1) Guatemala y ***Trichoderma spp.*** (cepa 2) Costa Rica: Fueron inoculados en los tubérculos de papa una semana antes de la siembra. Dejando sumergidos los tubérculos durante un periodo de 5 minutos en trece litro de agua que contenían las esporas de ***Trichoderma spp.***, luego de esto se dejaron secar para posteriormente colocarlos en campo.
- ***Azadirachta indica*** (Neem): Este fue aplicado al momento de la siembra sobre los tubérculos y al fondo del surco a razón de 3lt/ha a una concentración de 0.4SC.
- ***Tagetes spp.*** (Nemagol): Este producto se aplicó al fondo del surco a razón de 25lt/ha al 80%.
- Gallinaza + Fertiaza: Estos se aplicaron de manera conjunta a la siembra al fondo del surco a razón 5ton/ha de Gallinaza y de Fertiaza 4 lt/has.
- Nematicida Químico (Carbofuran): Se aplicó al momento de la siembra al fondo del surco a razón de 1.5lt/ha de producto comercial.

Se llevó a cabo solamente con el producto comercial Carbofuran una segunda y tercera aplicación, al momento de la emergencia de las plantas de papa a una dosis de 1.5lt/ha del producto comercial y 25 días después de la emergencia 1.0lt/ha.

3.4.2 Inoculación de las Esporas de *Trichoderma* en los Tubérculos de Papa

Para la preparación del inóculo se utilizaron las cepas colectadas en Costa Rica *Trichoderma spp.* (cepa 2) y Guatemala *Trichoderma spp.* (cepa 1)

El proceso de multiplicación de las cepas se realizó de la siguiente manera: se preparo el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) a razón 39 gramos en un litro de agua. Se realizó el proceso de esterilizado del medio mediante el uso de la autoclave por 15 minutos a 15lb/p² a 121°C. Una vez autoclavado el medio de cultivo se procedió hacer el vertido en los Platos de Petri 15 cc de PDA/plato, dentro de la cámara de flujo laminar. Cuando el agar se enfrió y se solidificó en los Platos de Petri se procedió a transferir las cepas de este hongo para que pudiese crecer y así tener una mayor fuente de esporas.

La inoculación de las esporas de *Trichoderma spp.* en los tubérculos de papa se realizaron después de transcurrido un periodo de 15 días después de su siembra. La inoculación de los tubérculos de papa se efectuó de la siguiente manera; se realizó un raspado de los platos Petri con este hongo utilizando una espátula de metal, el material que se recolectó fue vertido en trece litro de agua dejándolo por un periodo 5 minutos luego de esto los tubérculos se retiraron y se secaron para posteriormente llevarlos a campo para su siembra.

Las microesporas fueron contadas utilizando un hematocímetro (Rayado “Neubauer”) utilizando una concentración de esporas de *Trichoderma* de 10^7 microesporas por mililitro.

3.5 Identificación de Especies del Nematodo Quiste (*Globodera spp.*) de la Papa (NQP)

La identificación de las especies de *Globodera spp.* presentes en los campos paperos es de suma importancia, lo cual nos beneficia en la toma de decisiones para un buen manejo agronómico del cultivo, como es la selección de variedad a sembrar y la utilización de nuevas fuentes alternativas biológicas o botánicas para el manejo de *Globodera spp.* lo que reduciría de manera significativa la implementación en los campos de productos altamente tóxicos, beneficiando la conservación de los suelos y el ambiente.

La identificación se realizó usando un cuadro comparativo de las características morfométricas utilizadas para identificar especies del nematodo de quiste de la papa NQP. La identificación se efectuó tomando los quistes que se extrajeron de las muestras de suelo, cernidas y pasadas por el embudo de Fenwick en el laboratorio. Los quistes encontrados se depositaron en una siracusa que contenía peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) para la eliminación de impurezas y suavizar su cutícula, posteriormente se dejaron los quistes por un lapso de un minuto en la siracusa, luego de transcurrido este tiempo se colocaron en una lámina porta objetos, con una gota de agua. Bajo la observación con el

microscopio de disección se cortaron los quistes utilizando un bisturí. Se procedió a la limpieza de restos de huevos y cutículas generadas por los cortes, tomando la parte posterior del quiste donde se encontraban los órganos a medir bajo el microscopio de luz para su identificación posterior.

Se tomaron como referencia para identificar el nematodo de quiste de la papa (NQP) las características utilizadas para las hembras en cuanto a su estado de quiste. Se midió la distancia del ano a la fenestra, diámetro de la fenestra, forma de la fenestra y número de líneas cuticulares entre el ano y la fenestra y forma de "v" del ano. Para el segundo estado juvenil de *Globodera spp.* se tomó la característica de la proyección del nódulo del estilete.

El resultado de esta identificación culminó con el diagnóstico de las especies de *Globodera* presentes en este ensayo. Donde se determinó la existencia de mezclas de poblaciones de *Globodera pallida* y *G. rostochiensis*, las cuales coinciden con las características presentadas en el cuadro II.

Cuadro II. Características Utilizadas para Identificar Especies del Nematodo Quiste de la Papa (*Globodera spp.*).

Características	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Quiste		
Distancia del ano al borde de la fenestra	65.5±10.3µ	49.9±13.4µ
Diámetro de la fenestra	18.8±2.2µ	24.5±5.0µ
Forma de la fenestra	Circular	Oval
Longitud de la fenestra	Generalmente <19µ 19.4±2.4µ	Generalmente >19µ 25.7±2.8µ
Forma de V del ano	Recto	Curvado hacia fuera
Número de líneas entre el ano y la fenestra	Generalmente >14	Generalmente <14
Relación de Granek	3.6±0.8 µ Generalmente >3	2.1±0.9 µ Generalmente <3
Segundo estado juvenil		
Proyección del nódulo del estilete	Dirigido hacia atrás	Dirigido hacia adelante

Fuente: Franco, et .al., 1993.

3.6 Parámetros a Evaluar

1. Rendimiento.

- Rendimiento de tubérculos por tratamiento (Tubérculos comerciales, semilla y cantidad total de tubérculos cosechados) pesados en kg/parcela.

2. Conteo de las Poblaciones de *Globodera spp.*

- Población inicial existente en la parcela antes de la siembra.
- Población final de *Globodera* una vez pasada la cosecha.
- Conteo de quistes, huevos y juveniles por gramo de suelo (tasa de multiplicación P_f/P_i).

3.7 Diseño Experimental:

Se utilizó un Diseño Bloques al Azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones la distancia entre bloques o repeticiones fue de 0.50m y la distancia entre tratamiento de 0.75m .Siendo el área total del ensayo 420 metros cuadrado.

3.7.1. Transformación de Arcoseno o Angular.

La transformación de Arcoseno se efectúa para aquellos tratamientos donde los porcentajes exceden el 100%, está es indicada cuando los valores son porcentuales; para efecto de este estudio se efectuó dicha transformación para la variable (Pf/Pi%) que corresponde a la tasa de multiplicación del nematodo de quiste de la papa (NQP), la cual está expresada en porcentaje. A los valores correspondientes de esta variable que excedieron el 100%, se les asignó un valor máximo de 100%, ya que por su naturaleza trigonométrica, la transformación Arcoseno, solo opera con valores porcentuales que están entre 0% y 100%. Por ejemplo, si para el testigo el valor fue de 115%, se tomó simplemente el valor de 100%.

La fórmula de transformación de Arcoseno se expresa de la siguiente manera:

$$Y = \text{Sen}^{-1} \sqrt{\%/100}$$

Donde

y= Dato transformado a un ángulo medido en grados (°)

%= Valor expresado en porcentaje

Sen-1= Función inversa

En otras palabras, el dato o valor transformado, equivale a un ángulo cuyo seno es igual a la raíz cuadrada del % dividido entre 100 recordando que el argumento máximo debe ser 1.0 y el mínimo de 0 es decir que la transformación angular opera en un rango de 0° ($\text{Sen}0^\circ=0$) a 90° ($\text{Sen}90^\circ=1$). La naturaleza de la transformación, no acepta ángulos mayores de 90° , ya que los argumentos darían valores negativos y la raíz cuadrada de un número negativo es un número complejo o cantidad imaginaria.

IV. Resultados y Discusión

Rendimiento comercial.

En el cuadro III se presentan los resultados del análisis de varianza realizado para la variable rendimiento comercial, no se detectó diferencias significativas ($P > 0.05$). El coeficiente de variación calculado fue de 13.01%.

Rendimiento semillas.

En el cuadro III se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza efectuado para el rendimiento semilla, no se encontró diferencias estadísticamente significativas. El coeficiente de variación para esta variable es de un 38.41%.

Rendimiento total (comercial + semilla)

El análisis de varianza para la variable rendimiento total (comercial + semilla) que se presentan en el cuadro III. Ambos indican que no hubo diferencias estadísticas. El coeficiente de variación fue de 13.66 %.

Cuadro III: Análisis de Varianza para la evaluación de las alternativas biológicas y botánicas para las variables de rendimiento (comercial, semilla y total). Cerro Punta 2009-2010.

FUENTE DE VARIACIÓN	VARIABLES DE PRODUCCIÓN			
	GL	RENDIMIENTO COMERCIAL (Cuadrado Medio)	RENDIMIENTO SEMILLAS (Cuadrado Medio)	RENDIMIENTO TOTAL (Cuadrado Medio)
REPETICIÓN	3	101.57 N.S.	23.38 N.S	198.38 N.S
TRATAMIENTO	6	66.79 N.S.	18.73 N.S	50.79 N.S
ERROR	18	37.74	33.52	72.44
C.V. (%)		13.01%	38.41%	13.66%

C. V. = coeficiente de variación

GL = Grados de libertad

N.S = no significativo.

Estos resultados obtenidos puede ser atribuidos a que la variedad Granola, utilizada en este ensayo es tolerante a mezclas de poblaciones *Globodera spp. (G. pallida y G. rostochiensis)*. Esto comprueba lo enunciado en cuanto que la variedad Granola tiene mecanismos de tolerancia efectivos, lo cual influyen a que ésta no baje su rendimiento (Rodríguez, Muñoz y Espinoza, 1987).

Población inicial del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP)

El análisis de varianza para la población inicial del nematodo de quiste de la papa NQP en el cuadro IV, no reporta diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. En la parcela la población inicial entre los tratamientos fluctúa en un rango de 14.75 hasta 10.25 huevos y juveniles/cm³ de suelo con un coeficiente de variación elevado de un 35.29%. Lo que nos brinda una población inicial aceptable para el desarrollo del ensayo.

Población final del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP)

El estudio realizado para la variable población final ilustrada en el cuadro IV, se observa una reducción en la población del nematodo de quiste de la papa en cada tratamiento. Sin embargo no se detectó diferencias significativas entre los tratamientos. El testigo mantiene un porcentaje un poco más elevado con 13.75 % de huevos y juveniles/cm³ a diferencia de los demás tratamientos que fluctúan entre un rango de 11.25 hasta 7.37 huevos y juveniles/cm³. El coeficiente de variación es de 22.47%.

Tasa de multiplicación del Nematodo de Quiste de la Papa NQP (Población final /Población inicial %)

En el análisis estadístico mostrado en el cuadro IV, se encontró diferencias significativas para la tasa de multiplicación del nematodo de quiste de la papa (NQP). Bajo esta variable se detecta que ocurrió una disminución de las poblaciones de este nematodo. Según la prueba de Duncan mostradas en el cuadro V, estas fluctúan entre 97.90 hasta 80.60 huevos y juveniles/ cm³ de suelo.

En el testigo absoluto (sin aplicación) la población del nematodo se incrementó en 130.08 huevos y juveniles/ cm³ de suelo versus los demás tratamientos que no fueron significativos entre sí, el coeficiente de variación fue de un 24.83%.

Cuadro IV: Análisis de Varianza para la evaluación de las alternativas biológicas y botánicas para las variables de población del Nematodo de Quiste de la Papa (NQP) (inicial, final y Pf/Pi). Cerro Punta 2009-2010.

	COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE NQP^{1/}			
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	Población Inicial (Pi) (Cuadrado Medio)	Población Final (Pf) (Cuadrado Medio)	Tasa de Multiplicación (Pf/Pi) (Cuadrado Medio)
REPETICIÓN	3	23.45 N.S	3.366 N.S	0.091* S
TRATAMIENTO	6	12.10 N.S	14.315 N.S	0.203* S
ERROR	18	19.24	5.512	0.074
C.V. (%)		35.29%	22.47%	24.83%

C.V. = coeficiente de variación

GL = grados de libertad

PI = población inicial

Pf = población final

Pf/Pi = tasa de multiplicación del nematodo de quiste de la papa (NQP)

N.S = no significativo

*S = diferencias significativas.

La tasa de multiplicación del nematodo (Pf/Pi) indica los cambios en la dinámica poblacional del nematodo ocurridos entre la población final (Pf) y la población inicial (Pi) del ensayo.

Cuadro V: Comportamiento de las variables biológicas y de producción por efecto de las aplicaciones de alternativas biológicas (*Trichoderma spp.*) y botánicas *Azadirachta indica* (Neem), *Tagetes spp.* (Nemagol) para el manejo del nematodo de quiste de la papa (NQP) mediante la Prueba de Duncan. Cerro Punta 2009-2010.

Tratamientos	Rendimiento comercial kg·ha ⁻¹	Rendimiento semillas kg·ha ⁻¹	Rendimiento total kg·ha ⁻¹	Pi n° de huevos y juveniles por cm ³ de suelo	Pf n° de huevos y juveniles por cm ³ de suelo	Pf/Pi huevos y juvenil por cm ³ de suelo
<i>Trichoderma spp.</i> (cepa 1) Guatemala	46.5 a	13.25 a	59.75 a	11.12 a	7.37 a	97.90b
<i>Trichoderma spp.</i> (cepa 2) Costa Rica	49.0 a	14.75 a	63.75 a	11.37 a	9.87 a	89.23b
Testigo sin aplicación	48.25 a	17.75 a	66.00 a	10.25 a	13.75 a	130.08 ^a
Neem	53.0 a	11.75 a	64.75 a	14.62 a	11.25 a	81.58 b
Gallinaza + Fertiiza	39.75 a	15.75 a	55.50 a	12.87 a	10.50 a	80.60b
Nemagol Extracto de <i>Tagetes spp.</i>	48.75 a	14.75 a	63.50 a	12.00 a	10.25 a	90.58b
Carbofuran	45.25 a	17.50 a	62.75 a	14.75 a	10.12 a	91.98b

Pf = población final

Pi = población inicial

Pf/Pi= tasa de multiplicación del nematodo de quiste de la papa NQP

ton·ha⁻¹ = toneladas por hectárea.

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (P= 0.05).

Analizado los resultados obtenidos en la tasa de multiplicación del nematodo de quiste de la papa (NQP) se encuentra que si hay diferencias significativas. Estos resultados obtenidos revelan que existe una disminución considerable en la población del nematodo de quiste de la papa (NQP) en el ensayo con aplicaciones de los productos biológicos (*Trichoderma spp.*) y botánicos *Azadirachta indica* (Neem) y *Taguetes spp.* (Nemagol). Estos datos son muy importantes ya que registran que el empleo de nuevas fuentes alternativas para el manejo de las poblaciones de *Globodera spp.* ocasiona reducciones considerables en la tasa de multiplicación del nematodo lo que nos puede conducir a la disminución en la utilización excesiva de productos tóxicos.

V. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento las conclusiones son las siguientes:

1. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el análisis efectuado para la tasa de multiplicación (Pf/Pi) del nematodo lo que indican que los tratamientos evaluados ocasionaron una reducción en la tasa de desarrollo poblacional de ***Globodera spp.***
2. Los tratamientos de origen biológico y botánico actuaron de una manera similar al producto Carbofuran, en cuanto a la reducción de las poblaciones del nematodo de quiste de la papa.
3. De esta investigación se genera que estos resultados preliminares son de importancia en el manejo del nematodo de quiste de la papa (NQP), para contribuir a la protección del agroecosistema, ya que brindan alternativas al manejo químico.
4. Se identificó las especies del nematodo de quiste de la papa NQP, encontrándose dentro de la parcela del ensayo la especies ***Globodera pallida*** y ***G. rostochiensis***.

VI. Recomendaciones

1. Los productos de origen botánico y biológico presentan la gran ventaja de que pueden ser utilizados con otras técnicas recomendables para el manejo de nemátodos como es la solarización , rotación de cultivos y la aplicación de abonos orgánicos, sin que se cause un efecto tóxico al cultivo y a los microorganismos benéficos del suelo.
2. Experimentar con otros productos biológicos y botánicos que puedan brindar una solución más efectiva y concisa al manejo de las poblaciones del nematodo de quiste de la papa.
3. Se debe repetir este ensayo con una variedad susceptible donde se observe el efecto nematicida o nemostático de estas alternativas biológicas y botánicas.

VII. Referencias Bibliográficas

ARS, Servicio de Investigación Agrícola, 2009, (en línea). Consultado 14 de enero de 2010. Disponible en [http:// www.epa.gov /pesticides/biopesticide /ingredients /factsheets /factsheet _025007.htm](http://www.epa.gov/pesticides/biopesticide/ingredients/factsheets/factsheet_025007.htm).

Afecor, 2010. Carbofuran (en línea). Consultado 10 de mayo de 2010. Disponible en [http:// afecor.com/carboforan_10g.php](http://afecor.com/carboforan_10g.php).

Ames de ICOCHEA, T.1980. Compendio de enfermedades de la papa. Por .W.J. Hooker. Perú, Centro Internacional de la Papa. p.2-7.

Araúz, Pinzón, O.I. 1981. Evaluación de cinco fungicidas en el control de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) (Mont de Bary) en papa (*Solanum tuberosum L.*) Tesis Ing. Agr. Panamá, Universidad de Panamá. Facultad de ciencias Agropecuarias. 54 p.

Arnason, JTB, JR, Philogene , P. Morand, K. Imrie, S. Iyengar, F. Duval, C. Soucy - Bréau, JC, Scaiano, NH Werstiuk, B. Hasspieler, y AER Downe. 1989. ACS Symposium Series 387: 164-172p.

Atencio, F.; R. Rodríguez.1988. Recomendaciones para el cultivo de papa en Panamá. Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (Plegable).

Álvarez y Viera, 1998. Biofertilizantes y Bioestimuladores (en línea). Consultado el 20 de junio. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/gricultura/aup/pdf/organica.pdf>.

Benítez, T; Rincón, A; Limón, M. and Codón, A. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Revista International Microbiology*. Vol. 7. Genetics of Department, University of Sevilla, Spain. 249-260 p.

Brechelt, A. y Fernández C. L. 1995. El árbol para la agricultura y el medio ambiente. Experiencias en la República Dominicana. Fundación Agricultura y medio ambiente, 133 pp.

Brown, J.E., M.G. Patterson, And M.C. Osborn. 1989. Effects of clear plastic solarization and chicken manure on weed control. p. 76–79. In: Proceedings of the 21st National Agricultural Plastics Congress. Nat. Ag. Plastics Assoc., Peoria, IL.

Candanedo, E.; Rodríguez, R.; Atencio, F. 1980. Identificación de especies del nematodo de quiste *Globodera spp* (Mulvey Stone, 1976) por medio de la cromogénesis de las hembras. *Ciencias Agropecuarias (Panamá)* N 3: 11-21.

Carroll, C.G. 1990. Fungal endophytes in vascular plants: Mycological Research Opportunities in Japan. *Trans. Micol. Soc. Japan*. 31:103-116p.

Castellanos, J.Z. and P.F. Pratt. 1981. Nitrogen availability in animal manures and crop yields. *Agrochimica* 25:443-450.

Clay, K. 1998. Fungal endophytes of grasses: a defensive mutualism between plant and fungi. *Ecology* 69: 10-16p.

Cook, J.R. & Baker, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St. Paul, Minnesota. APS Press 539p.

Delgado, VG. 1997. Pigmentos de flor de cempasuchil (*Tagetes erecta*). Caracterización físico química, procesamiento y eficiencia pigmentante (Tesis doctoral). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Irapuato, Guanajuato.

Flores, E & Lazo, P. 1996. Investigación tecnológica para la extracción del colorante de la flor de "marigold" y sus aplicaciones en la industria alimentaria. CICA – Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

Franco, J.1986. Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa. Boletín de Información Técnica N 9. 22p.

Franco, J.1993. Manejo integrado del nematodo de quiste de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Programa de Investigación de la Papa (PROINPA). Lima Perú.169p.

Franco Javier, 1981. Nemátodos del Quiste de la Papa: Boletín de información Técnica 9. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú. 21p.

Gil, P. 2002. Productos naturales. Universidad Pública de Navarra. España. 260 p.

Goh, K.M. y P. Vityakon. 1983. Effects of fertilizers on vegetable production. Yield of spinach and beetroot as affected by rates and forms of nitrogenous fertilizers. New Zealand Journal of Agricultural Research 26: 349-356.

Gommers, FJ y J. Bakker. 1988. Las enfermedades fisiológicas inducidas por respuestas de las plantas o productos. Pp. 3-22 en: Enfermedades de los nemátodos. GO Poinar, Jr. y H.-B. Jansson, eds., Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.

Gruber, A. K, 1992: Perspectivas del cultivo y uso del árbol del Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) en América Latina. Taller de Intercambio de Experiencias y conocimientos sobre el cultivo del árbol Neem en América Latina. Memorias. De. Evang. Cieets. Managua, 15-24 pp.

Gruner, G. 1963. La fertilización de la papa. Hannover, Alemania. Boletín N 17. 5p.

Hank y Becker, 1994 Investigación Agrícola en Jardinería Ecológica. 2p

Hernández, Beatriz .1999. “Evolución de las poblaciones de nemátodos (*Globodera spp.*) en patata en Mallorca” (en línea). Palma de Mallorca, consultado el 10 de mayo 2009. Disponible en <http://www.caib.es/govern/archivo.do>.

Heyden, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. Revista Arqueología Mexicana, vol. X, 17-23p.

Horticom, 1995. NemaGol (en línea). Consultado 4 de diciembre de 2009. Disponible en <http://horticom.com/pd/article.php?sid=62779>.

Howell, C. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Disease. Vol 87, No. 1. 4-10 p.

IDIAP, 1992. Principales Logros de la Investigación Programa Nacional de Papa. Estación Experimental de Cerro Punta. Panamá. 2p.

INSUNZA, V. y E. Aballay. 1995. Evaluación de 16 plantas con propiedades nematicidas como hospederos de *Xiphinema americanum* “*sen sulato*” en Chile. Investigación Agrícola. 15 (1-2): 39-42p.

Jacobson, M. 1980: Neem research in the US Department of Agriculture: Chemical, biological and cultural aspects. Proc.1er Int. Neem conf. Rottach-Egern, 33-42 p.

Kagale, S.; Marimuthu, T.; Thayumanavan, B.; Nandakuman, R. and Samiyappan, R . 2004 . Physiological and Molecular Plant Pathology. 65. 91-100 p.

Latch, G.C.; Hunt, W.F. and Musgrave, D.R. 1985. Endophytic fungi affect growth of perenial ryegrass. N. Zeal. Journal. Agricultural Research 28:165-168p.

Marles, RJ, JB Hudson, EA Graham, CS-Breau, P. Morand, RL Compadre, CM Compadre, GHN Torres, y JT Arnason. 1992. Estructura de los estudios de la actividad de fotoactivado tiofenos antiviral y citotóxica. .

Monge Villalobo, L.A. 1981. Cultivos Básicos. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. p 15-48.

Mora, Joaquín.2004, CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Proyecto de Fomento de Productos Fitosanitarios No Sintéticos, (en línea), Turrialba, Costa Rica, 92p, consultado el 10 de mayo 2009.Disponible en [http:// www.proamo.org/biblioteca/bioplaguicidas/guiaIngredientes.pdf](http://www.proamo.org/biblioteca/bioplaguicidas/guiaIngredientes.pdf).

Morales, R .1994. Manual técnico de producción de papa.20p.

Méndez, 2006. Efectividad de **Trichoderma harzianum**, cepa A-34, en el control del nematodo **Rotylenchulus reniformis** en el cultivo de la lechuga (**Lactuca sativa L.**). (en línea). Consultado 20 de septiembre de 2009. Disponible en <http://agris.fao.org/agrissearch/search/display.do;jsessionid=9b9776e2e75a8b244b5434f528d78b93?f=2009/cu/cu0901.xml;cu2009100057>.

Norte, Alfredo. 2003. **Trichoderma** (en línea). Revista Visión Rural Año X - N° 50 Consultado 10 sept. 2009. Disponible en http://www.spainbonsai.com/tricho_es.html.

Obledo E. N; A.S. Hernández-Rosales; M.L. López-Orué. 2004. Extractos vegetales, una opción en el manejo de la Sigatoka Negra. XVI Reunión Internacional. ACORBAT. Oaxaca, México. 184 p.

Osorio, Gina Paola. 2006. Evaluación de hongos endofíticos y extractos botánicos para el manejo de la Sigatoka negra (**Mycosphaerella fijiensis Morelet**) en banano. Tesis Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Turrialba, Costa Rica. 73 p.

Pacheco, Avilés Rubén. 1998. Alternativas de manejo biológico y natural para la producción orgánica (en línea) Agroecológico Nim-INIFAT, La Habana, 24p. Consultado 10 de junio 2009. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/organica.pdf>.

Parmar, B. S., Singh, R. P. 1993: Neem in agriculture. Indian Agricultural Institute. New Delhi 110012, 85 p.

Piñol, M. 2001. Relaciones entre el metabolismo primarios y secundario de las plantas, citado por Ascon-bieto, J. y Talon, M. Fundamentos de biología vegetal. Introducción al metabolismo secundario. S.I.: McGraw Hill Interamericana. NY, USA. 261-262 p.

Pocasangre, L.; Sikora, RA; Araya, M. 2001. Estado actual de la situación nematológica en los bananos y plátanos en América Latina. PROMUSA. Revista Infomusa. Vol. 10 (2):1-12p.

Reynoso, E. 1999. Manual para el cultivo de flor de cempasuchil (Marigold). Bioquimex Reka, S.A. de C.V. México D.F.

Rodríguez, Pedro.2001. Un árbol que maneja plagas (en línea).Consultado el 20de junio. Disponible en [http:// www.produccionynegocio.com/edicion_21/neem](http://www.produccionynegocio.com/edicion_21/neem).

Rodríguez, R.; Atencio, F. A; Espinosa, L.A. 1988. Principales problemas fitopatológicos del cultivo de la papa en Panamá. Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico N 19. 12p.

Rodríguez, R.; Candanedo, E 1980. El nematodo del quiste de la papa ***Globodera spp.*** en Panamá. Ciencias Agropecuarias (Panamá). N 3:87-92.

Rodríguez, R.; Muñoz, J. A.; Espinosa, L .A. 1987. Evaluación de la reacción de clones y variedades de papa a la presencia de ***Globodera spp.*** en Cerro Punta. In: XIII Reunión Asociación Latinoamericana de la Papa. Memorias. Panamá, Marzo 9-13,1987.p478-482.

Rodríguez-Kábana, R. 1991. Manejo biológico de nemátodos parásitos de plantas. Nema-Trópica 21:111-122p.

Siddiqui, MA; ALAM, MM. 1988. Toxicity of different plant parts of ***Tagetes lucida*** to plant parasitic nematodes. Journal Nematol (Indian) 18 (2): 181-185p.

Singh, I. y Singh V. P. 2000. Antifungal properties of aqueous and organic solution extracts of seed plants against ***Aspergillus flavus*** and *A. niger*. Phytomorphology. 50 (2). 151-157 p.

Soledade, M; Piedras, C; y Sorensen J. 1998. Phytoalexin accumulation and antifungal compounds from the crucifer wasabi. Vol. 49. No. 7. 1959-1965p.

Tarté, R.; Rodríguez, R. 1976.Evaluación del daño ocasionado por el nematodo ***Heterodera rostochiensis*** Woll, al cultivo de la papa con énfasis en el

desarrollo de un sistema integrado de control. In: Universidad de Panamá Facultad de Agronomía. Investigaciones Agropecuarias.1974-1975.p.285-338.

Universidad Austral de Chile, 2002. ***Pinus radiata*** industria forestal en Chile uso de ***Trichoderma harzianum*** 99 p. (en línea). Consultado 26 de agosto del 2009.Disponible en [http:// www.austral .cl/apuntes/ pdf](http://www.austral.cl/apuntes/pdf).

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Sanidad Vegetal, 2002, (en línea). Consultado el 3 de mayo de 2009.Disponible en [http: //www.eaballay@abello.dic.uchile.cl](http://www.eaballay@abello.dic.uchile.cl).

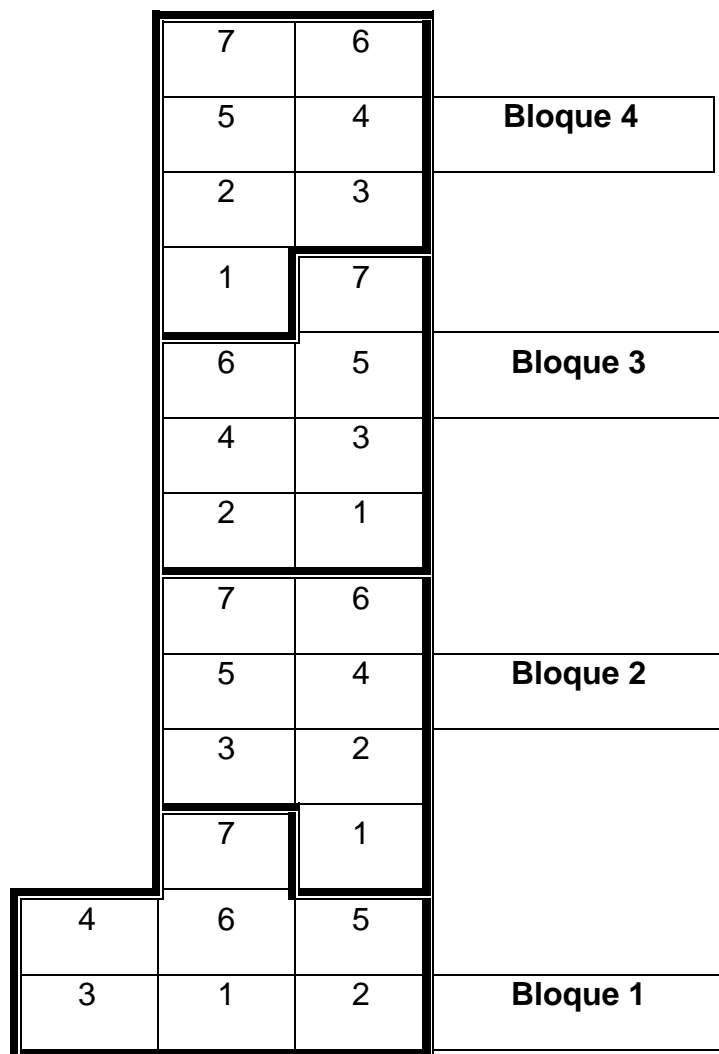
Villafuerte, Oscar, S.2008. INIEA: Investigación e Innovación en el cultivo de la papa. (en línea).Consultado el 24 de junio de 2009.Disponible en <http://www.agroancash.gob.pe>.

Wikipedia.2009. ***Solanum tuberosum*** (en línea). Consultado 3 de mayo 2009. Disponible en [http://www.es.Wikipedia.org /wiki/ ***Solanum_tuberosum***](http://www.es.Wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum)

Winoto, SR. 1969. Studies on the effect of ***Tagetes*** species on plant parasitic nematodes, PhD thesis, Agricultural University of Wageningen.

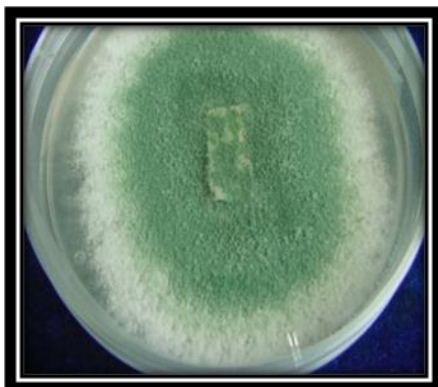
VIII. Anexos

Anexo I. Figura de distribución para cada tratamiento en campo en su respectivo bloque. Cerro Punta 2009-2010.

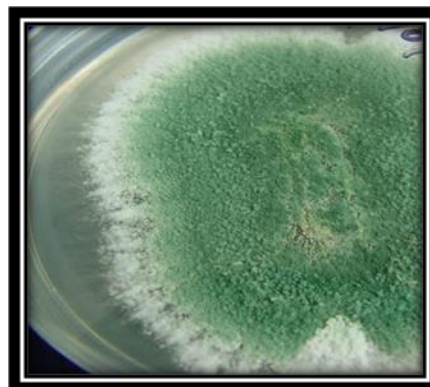


Anexo II. Inoculación de *Trichoderma* en los tubérculos de papa. Cerro Punta 2009-2010.

Trichoderma (Cepa 1)



Trichoderma (Cepa 2)



Suspensión de esporas



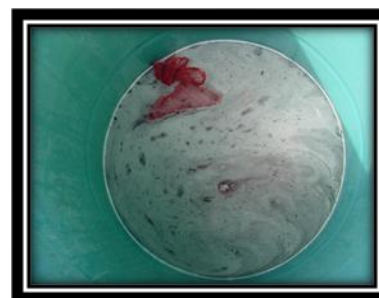
Tanque de inoculación



Material a inocular



Tubérculos en suspensión



Anexo III. Establecimiento y siembra del ensayo con la variedad Granola.

Cerro Punta 2009-2010.

Distribución de los tratamientos



Señal de ubicación de tratamiento



Variedad Granola



Tubérculos distribuidos en la parcela



Anexo IV. Aplicación del tratamiento químico Carbofuran a la emergencia de las plantas y 25 días después de la emergencia .Cerro Punta 2009-2010.

Parcela a los 25 días de emergencia



Aplicación de Carbofuran



Anexo V. Aporque convencional de la parcela utilizando azadón. Cerro Punta 2009-2010.

Aporque con azadón



Parcela aporcada



Anexo VI. Procesado de las muestras de suelo para cada tratamiento utilizando secado en horno, tamiz de 60 msh y Embudo de Fenwick para obtención de los quistes de las muestras . Cerro Punta 2009-2010.

Horno



Muestras de suelo a secar



Suelo seco



Suelo a cernir



Tamizado



Suelo cernido



Anexo VII. Procesado de las muestras de suelo para cada tratamiento utilizando secado en horno, tamiz de 60 msh y Embudo de Fenwick para obtención de los quistes de las muestras(Continuación) . Cerro Punta 2009-2010.

Suelo a decantar



Suelo por el Embudo de Fenwick



Tamiz 60mesh con quistes



Quistes en papel filtro

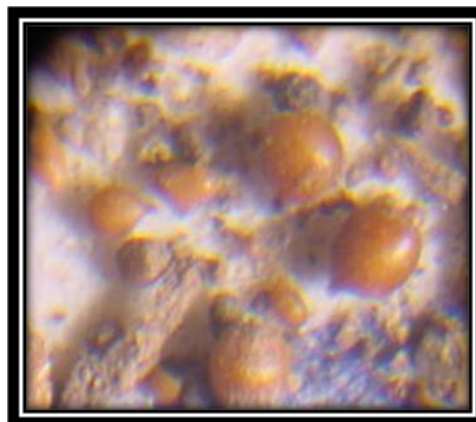


Anexo VIII. Extracción de quistes y conteo de huevos y juveniles .Cerro Punta 2009-2010.

Plato de conteo de quistes



Quiste a extraer de la muestra



Quistes extraídos

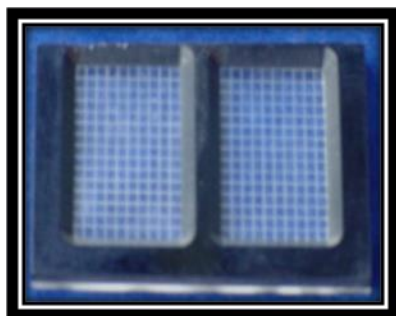


Macerador de Huijsman



**Anexo IX. Extracción de quistes y conteo de huevos y juveniles
(Continuación). Cerro Punta 2009-2010.**

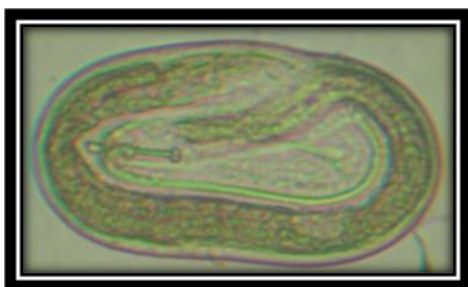
Placa cuadrícula de conteo



Huevos de *Globodera spp.*



Embrión de *Globodera spp.*



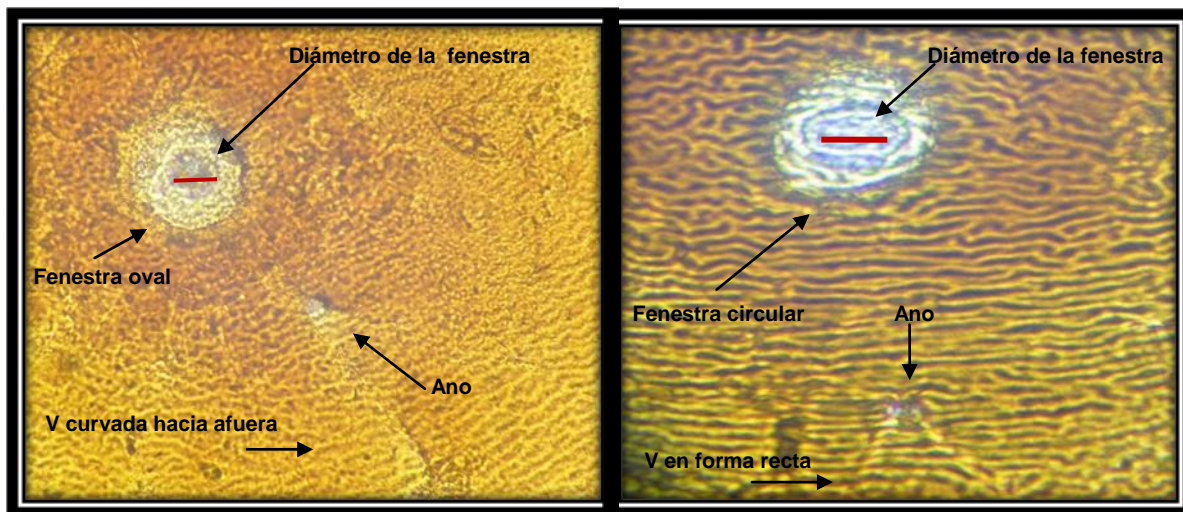
Juvenil de *Globodera spp.*



Anexo X. Identificación de especie de nematodo quiste de la papa (*Globodera spp.*). Cerro Punta 2009-2010.

Globodera pallida

Globodera rostochiensis



II Estado juvenil de *pallida*



II Estado juvenil *rostochiensis*

