



*Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria*



CRIA Occidente

Cadena de Papa

**Evaluación de métodos físicos y biológicos para el control de nematodos del quiste de la papa**

Roberto Antonio Morales Lima

Maritza García

Luz Montejo

Axel López

Ricardo Calderón/<sup>4</sup> Oscar Santo/<sup>4</sup> Marcelo Calderón

Jenny Calderón/ Elsa García

Quetzaltenango, octubre de 2018



Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus(s) autor(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## Sigla y acrónimos

CRIA= Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria.

CUNOC= Centro Universitario de Occidente.

CUSAM= Centro Universitario de San Marcos.

ICTA= Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

IICA= Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

MAGA= Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

USAC= Universidad de San Carlos de Guatemala.

USDA= Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (Por sus siglas en Inglés)

## Contenido

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	7
<b>2.1 Importancia socioeconómica del cultivo de papa en Guatemala</b> .....	7
2.1.1 Distribución de las áreas de producción de papa por departamento.....	7
<b>2.2 Origen de los estudios del NQP</b> .....	7
<b>2.3 Taxonomía y morfología del nematodo del quiste de la papa</b> .....	7
<b>2.4 Ciclo de vida y biología del nematodo del quiste de la papa</b> .....	8
<b>2.5 Síntomas y daños causados por los nematodos</b> .....	10
2.5.1 Síntomas aéreos .....	10
2.5.2 Efecto sobre el rendimiento de tubérculo .....	10
2.5.3 Síntomas en las raíces.....	10
<b>2.6 Resistencia</b> .....	10
2.6.1 Naturaleza de la resistencia .....	11
2.6.2 Tolerancia .....	11
<b>2.7 Patogenicidad</b> .....	11
<b>2.8 Solarización</b> .....	12
2.8.1 Modo de acción .....	12
<b>2.9 Biofumigación</b> .....	13
2.9.1 Antecedentes.....	13
2.9.2 Fundamentos de la Bio fumigación .....	13
<b>2.10 Trichoderma</b> .....	13
2.10.1 Función en el control de plagas en los cultivos .....	13
2.10.2 Competencia .....	14
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>3.1 General</b> .....	14
<b>3.2 Específicos</b> .....	14
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	14
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	14
<b>5.1 Localidades y época (s)</b> .....	14
<b>5.2 Diseño experimental</b> .....	15
<b>5.3 Tamaño de la unidad experimental</b> .....	15
<b>5.4 Modelo estadístico</b> .....	15
<b>5.5 Variables de respuesta</b> .....	15
<b>5.6 Análisis de la información</b> .....	16

<b>5.7 Manejo del experimento</b> .....	16
<b>6. RESULTADOS y DISCUSIÓN</b> .....	16
<b>6.1 Población inicial de quistes, larvas y huevos de nematodo del quiste</b> .....	16
6.1.2 Población inicial de larvas (Pi). Localidad Paquix .....	17
6.1.3 Población inicial de huevos (Pi). Localidad Paquix .....	17
6.1.4 Población inicial de quistes (Pi). Laureles 1 .....	17
6.1.5 Población inicial de larvas (Pi). Laureles 1 .....	18
6.1.6 Población inicial de huevos (Pi). Laureles 1 .....	18
6.1.7 población inicial de quistes (Pi). Laureles 2.....	19
6.1.8 Población inicial de larvas (Pi). Laureles 2 .....	19
6.1.9 Población inicial de huevos (Pi). Laureles 2 .....	20
6.1.10 Análisis combinado para población inicial (Pi) de quistes.....	20
6.1.11 Análisis combinado para población inicial (Pi) de larvas .....	21
6.1.12 Análisis combinado para población inicial (Pi) de huevos.....	22
<b>6.2 Población final de quistes, larvas y huevos de nematodo del quiste</b> .....	22
6.2.1 Población final de quistes (Pf). Localidad de Paquix .....	22
6.2.2 Rendimiento de tubérculos. Localidad Paquix .....	23
6.2.3 Población final de quistes (Pf). Localidad de Laureles 1 .....	24
6.2.4 Población final de huevos (Pf). Localidad de Laureles 1 .....	25
6.2.5 Población final de larvas (Pf). Localidad de Laureles 1 .....	25
6.2.6 Rendimiento de tubérculo. Localidad Laureles 1 .....	26
6.2.7 Población final de quistes. Laureles 2 .....	26
6.2.8 Población final de huevos. Laureles 2 .....	27
6.2.9 Población final de larvas. Laureles 2.....	27
<b>7. CONCLUSIONES:</b> .....	30
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	31
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32
<b>10: ANEXO</b> .....	34

## Índice de Tablas

Tabla 1 Características de hembras, quistes, machos y segundo estado juvenil; utilizadas para identificar especies de nematodos de quistes de la papa ( <i>Globodera</i> sp.) .....	8
Tabla 2 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pi). Localidad Paquix .....	16
Tabla 3 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Paquix. ....	17
Tabla 4 Análisis de varianza (SC tipo III) para huevos (Pi). Localidad Paquix.....	17
Tabla 5 Análisis de varianza (SC tipo III) para quistes (Pi). Localidad Laureles 1. ....	18
Tabla 6 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Laureles 1.....	18
Tabla 7 Análisis de varianza (SC Tipo III) para huevos (PI). Localidad Laureles 1. ...	19
Tabla 8 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pi). Localidad Laureles 2. 19	
Tabla 9 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Laureles 2. ...	20
Tabla 10 Análisis de varianza (SC tipo III) para huevos (Pi). Localidad Laureles 2. ...	20
Tabla 11 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado, para el número inicial de huevos en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2.....	20
Tabla 12 Prueba de medias para Pi localidad por tratamiento de Quistes.....	21
Tabla 13 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado para la población inicial de larvas en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2. ....	21
Tabla 14 Medias de tratamientos combinados, poblaciones iniciales de larvas localidades Paquix, Laureles 1 y Laureles 2.....	22
Tabla 15 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado para la población inicial de huevos, en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2 .....	22
Tabla 16 Análisis de varianza (SC tipo III) para quistes (Pf). Localidad Paquix.....	23
Tabla 17 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento de tubérculos, en la localidad de Paquix.....	24
Tabla 18 Prueba de medias para rendimiento de papa en la localidad de Paquix. ....	24
Tabla 19 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pf). Localidad Laureles 1 24	
Tabla 20 Prueba de medias para población final de quistes. Localidad Laureles 1. ....	25
Tabla 21 Análisis de varianza para huevos (Pf). Localidad Laureles 1. ....	25
Tabla 22 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas. Localidad Laureles 1.....	26
Tabla 23 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento. Localidad Laureles 1 ....	26
Tabla 24 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la población final de quistes. ....	27
Tabla 25 Análisis de varianza (SC tipo III) para población final de huevos.....	27
Tabla 26 Análisis de varianza (SC tipo III) para población final de larvas.....	28
Tabla 27 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento. Localidad Laureles .....	28

## Índice de Grafica

Grafica 1 Tasa de multiplicación de quistes .....	29
---	----

## Evaluación de métodos físicos y biológicos para el control de nematodos del quiste de la papa

Roberto Antonio Morales Lima<sup>1</sup>

Maritza García<sup>2</sup>

Luz Montejó<sup>2</sup>

Juan Renoj<sup>3</sup>

Marcelo Calderón<sup>4</sup> Oscar Santos<sup>4</sup> Ricardo Calderón<sup>4</sup>

Jenny Calderón y Elsa García<sup>5</sup>

### RESUMEN

Los productores de papa del altiplano alto han visto cómo sus rendimientos se han extinguido, de 52163.08 a 7841 Kg/Ha, a causa del nematodo del quiste de la papa, y entonces han optado por abandonar el cultivo. No existen métodos específicos para el control de nematodos de la papa; los ingredientes químicos no han dado los resultados esperados. Los métodos físicos y biológicos son una alternativa para controlar los elevados niveles poblacionales de nematodos del quiste de la papa. Para controlar los nematodos del quiste, en el presente trabajo se hizo lo siguiente: un mes antes de la siembra se preparó el terreno; se cortaron e incorporaron hojas de *Brassica rappa* (2.5 Kg/metro cuadrado), más abono orgánico (2.5 Kg/metro cuadrado). Se barbechó nuevamente el suelo. Se fumigó el suelo con *Trichoderma sp*, dosis  $6 \times 10^9$  ufc. Se humedeció el suelo con medio galón de agua (aproximadamente dos litros) por metro cuadrado y se recubrió con plástico transparente del calibre más delgado. Al mes se descubrió el suelo, se trazaron y abrieron los surcos y se incorporó al fondo del surco 775 kg/ha de 15-15-15 más 258 kg/ha de 10-50-0 y 260 bolsas/Ha de abono orgánico. Se hizo la siembra con semilla suministrada por el agricultor. Se fumigó la semilla con una solución de *Trichoderma sp*, dosis  $6 \times 10^9$  ufc. La semilla usada fue ICTA Tollocan y DIA 71 fue producido por el agricultor. El manejo de las enfermedades del follaje fue realizado de acuerdo al criterio del productor. Con la aplicación de este protocolo se obtuvieron 33384.5 Kg/Ha; resultado que se encuentra dentro de la media nacional de producción de papa.

---

<sup>1</sup> Investigador de Disciplina de Protección Vegetal. robertomorales@icta.gob.gt

<sup>2</sup> Coordinadora de la disciplina de protección vegetal. 2017

<sup>2</sup> Coordinadora de la disciplina de protección vegetal.

<sup>3</sup> Estudiante Pasante

<sup>4</sup> Agricultores colaboradores del proyecto.

<sup>5</sup> Asistentes del Laboratorio de Protección Vegetal

## ABSTRACT

Potato growers in the high altiplano have seen their yields become extinct, from 52163.08 to 7841 Kg / Ha, because of the potato cyst nematode, and they have chosen to abandon the crop. There are no specific methods for the control of potato nematodes; The chemical ingredients have not given the expected results. The physical and biological methods are an alternative to control the high population levels of potato cyst nematodes. To control nematodes of the cyst, in the present work the following was done: one month before planting, the ground was prepared; Brassica rappa leaves (2.5 Kg/ square meter), plus organic fertilizer (2.5 Kg/square meter) were cut and incorporated. The soil was fallowed again. The soil was fumigated with *Trichoderma* sp, dose  $6 \times 10^9$  cfu. The soil was moistened with half a gallon of water (approximately two liters) per square meter and covered with transparent plastic of the thinnest caliber. After one month the soil was discovered, the furrows were drawn and opened and 775 kg / ha of 15-15-15 plus 258 kg / ha of 10-7 were added to the bottom of the furrow. 50-0 and 260 bags / Ha of organic fertilizer. Sowing was done with seed supplied by the farmer. The seed was fumigated with a solution of *Trichoderma* sp, dose  $6 \times 10^9$  cfu. The seed used was ICTA Tollocan and DIA 71 was produced by the farmer. The management of foliage diseases was carried out according to the producer's criteria. With the application of this protocol, 33384.5 Kg / Ha were obtained; result that is within the national average of potato production.

## 1. INTRODUCCION

La actividad productiva de la papa está en cuarentena; desde su extensión en los años de 1950 había propiciado progresivo crecimiento económico, en la década de 1990 se transformó en producto de exportación no tradicional. Logró cifras CIF de exportación de cerca de \$ 9.5 millones anuales.

El crecimiento del mercado de exportación se ha visto escindido por causa del nematodo del quiste de la papa (NQP). El principal mercado del tubérculo de consumo, El Salvador, extendió sus barreras cuarentenarias a este producto, lo cual generó mercados internos con sobre oferta de producto y descenso en la formación del precio (en las regiones dependientes de lluvia y en las que gradualmente el patógeno encamina adaptarse). La incertidumbre del mercado ha entrado por ser la principal fuente de ingreso del productor del altiplano; se extiende a la familia con la cesantía de fuentes de empleo, alrededor de 50 mil jornales que ha dejado de ofrecer anualmente la actividad (MAGA, 2008).

En regiones de mayor altitud, el NQP ha causado la destrucción del cultivo de la papa, en zonas de producción sobre los tres mil msnm, se ha determinado que existen niveles poblacionales del quiste (un quiste/cc de suelo), que reducen la producción de papa en más del 85% (Calderón, M., comunicación personal, 1 de septiembre 2016), entonces los productores han adoptado por el abandono del cultivo. Las regiones muy dañadas dan muestra de desventaja por las condiciones ambientales, ya que lluvias erráticas, serie de suelo y manejo del cultivo, propician al complejo de enfermedades.

Se ha recurrido a medidas perentorias como los métodos químicos, los cuales no han dado los resultados deseados. Por lo tanto, el control de esta dificultosa plaga debe enfocarse hacia la integración de métodos de control físico y biológico.

Los biológicos se han implementado en el campo. Por los promisorios resultados obtenidos al haber inoculado suelo estéril con tres dosis de *Trichoderma*; 6, 9 y 12 millones de UFC, sobre tres niveles poblaciones de quistes (15, 20 y 25 quistes por unidad experimental de 400 cc) sobre el hospedero Loman *in vitro*.

Se plantaron tres ensayos en las localidades: Nuevo Progreso, Aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango; y Los Laureles, El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Los tratamientos evaluados fueron: 1. Biofumigación más solarización más *Trichoderma*; 2. Biofumigación más *Trichoderma*; 3. Biofumigación; 4. *Trichoderma*, y 5. Testigo absoluto; en arreglo de bloques al azar.

Las variables estudiadas fueron: poblaciones de quistes, huevos y larvas, y rendimiento de tubérculo. Se obtuvo alta significancia para los resultados de población final (Pf) de quistes y huevos, y en rendimiento de tubérculo en la localidad Paquix. En los otros dos ensayos ubicados en Los Laureles, no se encontraron significancia en las variables Pf de quistes, huevos y larvas; así tampoco en el rendimiento de tubérculo con el uso de la variedad Día. Probablemente la diferencia fue el uso intensivo de fungicidas, tanto de contacto como sistémicos, los cuales pudieron haber contribuido en la disminución del efecto nematocida de *Trichoderma*. Por los resultados obtenidos, se acepta la H<sub>1</sub>, la integración de métodos cuando se hace uso de variedades tolerantes a *Phytophthora infestans*, y no se acepta la H<sub>1</sub> cuando se hace uso de variedades muy susceptibles al tizón tardío. Se recomienda hacer estudios de sensibilidad a los ingredientes activos usados en la actualidad y validar los resultados en aquellas localidades que hagan uso de variedades altamente susceptibles a *P. infestans*.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Importancia socioeconómica del cultivo de papa en Guatemala

El área cultivada se ha estimado de 11 a 18 mil hectáreas, una producción de 300,000 a 420,000 toneladas, con un rendimiento promedio de 23 y 27 toneladas por hectárea (FAO, 2010) Otra importancia del cultivo para el país, lo constituye el aspecto social, debido que es fundamental para los pobladores de áreas marginales (arriba de 3,000 msnm), debido a que en su explotación se utiliza una media de 320 jornales ha<sup>-1</sup>. En 1995 ocupaba el cuarto lugar en prioridad nacional. Con relación a la comercialización, del total de la producción, el 92% se consume a nivel nacional, siendo la variedad Loman la preferida. De ésta se siembra el 74% del área total. Con respecto al consumo de papa por persona a nivel nacional es 22.8 Kg (FAO, 2008)

#### 2.1.1 Distribución de las áreas de producción de papa por departamento

La distribución porcentual de la producción por departamento es la siguiente: Huehuetenango 23%, San Marcos 22%, Quetzaltenango 22%, Guatemala 6%, Jalapa 5%, Chimaltenango 4%, Sololá 4%, Alta Verapaz 3%, y otros 4% (Chávez, 2015).

### 2.2 Origen de los estudios del NQP

Los estudios del NQP tuvieron su origen por las exportaciones de papa hacia El Salvador, de donde se presentaron reclamos por infecciones de tubérculos para consumo, infectados con quistes de esta enfermedad (ICTA, 2005). Se realizó un estudio de prospección de enfermedades del quiste, en los municipios: San Martín Sacatepéquez, San Juan Ostuncalco, Concepción Chiquirichapa, Palestina de los Altos, San Antonio Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, Tejutla y Todos Santos Cuchumatán. De acuerdo a los resultados del análisis efectuado a 3,000 muestras, en 950 se detectaron quistes (ICTA, 2005), los que posteriormente fueron comprobados como *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* (Candanedo, 2005); se realizaron las pruebas de patogenicidad con resultado positivos, los quistes inoculados infectaron a la variedad Loman y se identificaron en la misma proporción, es más abundante *G. pallida* que *G. rostochiensis* (ICTA, 2005). En otro estudio de prospección de NQP, para el departamento de Quetzaltenango, se determinó que estos nematodos se habían adaptado a las zonas de cultivo localizadas por encima de los 3,000 msnm (ICTA, 2013).

### 2.3 Taxonomía y morfología del nematodo del quiste de la papa

La primera evidencia del NQP (Kuhn 1888<sup>[11]</sup>, citado por (Christie., 1979, pág. 88) deliberó que era raza del nematodo del quiste de la remolacha, que a la vez infecta papa; en los años siguientes describió que tenían forma globosa en lugar de alimonada, característica del nematodo del quiste de la remolacha. El J2 era ligeramente más corto, por lo que lo denominaron *Heterodera rostochiensis*. Se determinó que en algunas poblaciones del nematodo del quiste, se diferenciaban por la secuencia en la coloración durante el desarrollo de la hembra hacia la formación del quiste, en la cual todas las hembras maduras alcanzaban un color marrón. En la mayoría de las poblaciones europeas las hembras pasaban por una larga fase de color amarillo dorado, a esto se debe el nombre de “nematodo dorado” dado por Chitwood (Chitwood, B. Feldmesser, 1948; citados por (Franco J. , 1993, pág. 20). Estudios sobre morfología, de juveniles del nematodo indicaron que las hembras de la fase dorada tienen mediciones más cortas que la hembra de fase blanca o crema (Franco, 1993).

En todas las poblaciones, las hembras al cumplir su ciclo biológico forman un quiste marrón, que tiene características morfométricas de gran importancia en la identificación de especies del NQP.

Así tenemos la longitud de la fenestra, número de líneas entre el ano y la fenestra y la relación Granek (Franco J. , 1993, pág. 20)

**Tabla 1 Características de hembras, quistes, machos y segundo estado juvenil; utilizadas para identificar especies de nematodos de quistes de la papa (*Globodera* sp.)**

Características	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
<b>Hembra</b>		
Longitud del estilete	22.9 ± 1.2µ	27.4 ± 1.2µ
Color:	Amarillo dorado	Blanco o crema
<b>Quiste:</b>		
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 < 19 19.4 ± 2.4µ	Generalmente >19 25.7 ± 2.8µ
<b>Quistes:</b>		
Forma V del ano	Recto	Curvado hacia fuera
Número de líneas entre el ano y la fenestra	Generalmente >14	>14
Relación Granek	3.6 ± 0.8µ Generalmente > 3	2.1 ± 0.9µ Generalmente <3
<b>Macho:</b>		
Longitud de la espícula	36 ± 2µ	40 ± 2µ
<b>Segundo Estado Juvenil</b>		
Longitud del cuerpo	468 ± 20µ	486 ± 23
Distancias de la punta de la cabeza a la base del estilete	23.1 ± 0.16µ	25.1 ± 0.29µ
Longitud del estilete	19.3 ± 0.69µ	21.2 ± 0.68µ
Longitud de labios	4.73 ± 0.02µ	5.22 ± 0.4µ
Forma del nódulo del estilete	Dirigido hacia atrás	Proyectado hacia adelante
Contorno de la región	Redondo	Angular
Longitud de la cola	43.9 ± 11.6µ	51.1 ± 2.8µ
Distancia de la punta de la cabeza poro excretor	100.5 ± 2.4µ	108.6 ± 4.1µ
Distancia de la válvula del bulbo medio al poro excretor	31.0 ± 2.4µ	36.8 ± 2.8µ

(Franco J. , 1993, pág. 21)

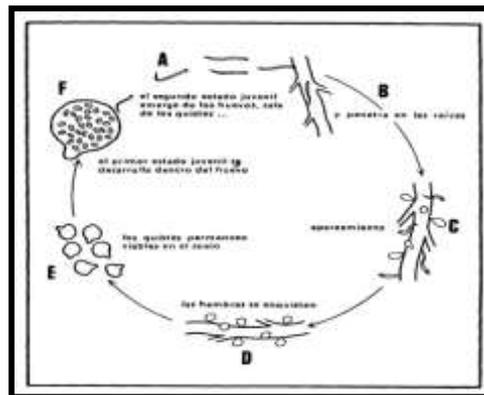
## 2.4 Ciclo de vida y biología del nematodo del quiste de la papa

A diferencia de los insectos, las “larvas” de los nematodos pasan por las diferentes fases de desarrollo sin presentar cambios en el aspecto exterior. A estas fases se les llama estados juveniles, para distinguirlas de la fase adulta de los nematodos, y de las larvas de los insectos.

El ciclo de vida inicia cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos por el estímulo de una sustancia que exudan las raíces en crecimiento. Algunos huevos permanecen en el quiste y emergen en la siguiente temporada. Atraídos por los exudados, los nematodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetran en ellas y allí viven y se alimentan durante dos mudas o cambios adicionales (Franco J. , 1993, pág. 40).

En el tercer estado juvenil se define el sexo, en función de la cantidad de alimento disponible. Si hay poco alimento predominan los machos, si hay abundante alimento, la población está predominantemente determinada por hembras. Las hembras se vuelven sedentarias y se adhieren a la raíz, dentro del tejido de la corteza. Su cuerpo se ensancha, rompe las células de la raíz, y llega a ser visible fuera de ésta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido (Franco J. , 1986, pág. 10).

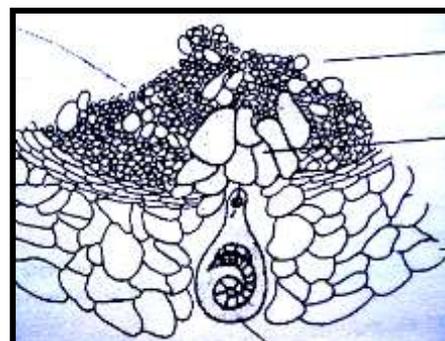
Los machos conservan su forma alargada como de gusano y abandonan la raíz, localizan a las hembras y se aparean con ellas (Franco J. , 1986, pág. 10).



**Fig. 3.** Ciclo de los nematodos del quiste o *Globodera* spp (Franco J. , 1986, pág. 11)

Cuando las hembras mueren, la cutícula de su cuerpo esférico cambia químicamente y el color que antes era blanco o amarillo, se torna marrón y duro. A esto es a lo que se le llama quiste, el cual contiene en su interior desde unos pocos, hasta 600 huevos. Cada huevo está protegido, además por su propia cáscara y alcanza a permanecer viable por 20 años o más. Los huevos se pueden activar al cultivar papa y se produzca el estímulo del exudado de la raíz y este seguro el alimento (Franco J. , 1986, pág. 10).

La saliva que excretan las glándulas del esófago hace que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan formando *sincitos* o *células de transferencia* que le suministran alimento a la hembra permanente. Los sincitos son necesarios para el desarrollo de los nematodos. Por otro lado, el desarrollo y sustento de los sincitos compite con el crecimiento de la planta (Franco J. , 1986, pág. 12).



**Fig. 4.** Sincito o célula de transferencia.

## **2.5 Síntomas y daños causados por los nematodos**

### **2.5.1 Síntomas aéreos**

Los NQP no causan síntomas específicos en la parte aérea de la planta, que puedan tener valor para la diagnosis, pero los daños causados en las raíces hacen que la planta enferma muestre síntomas similares a los provocados por deficiencia de agua o de elementos minerales. El follaje se vuelve amarillento y bajo condiciones de sequía se hace evidente una severa marchitez. La alta población de NQP produce la detención del desarrollo y que la planta muera prematuramente, muestran proliferación de raíces laterales. En el periodo de floración, las hembras pequeñas e inmaduras, en su estado blanco o amarillo irrumpen a través de la epidermis de la raíz (Icochea, 1980, pág. 131).

Las hembras de *G. rostochiensis*, pasan por una fase amarillo dorado antes de tomar coloración castaña, origen del nombre común de nematodo dorado. Las hembras de *G. pallida* son de color blanco o crema antes de adquirir el tinte castaño (Icochea, 1980, pág. 131).

### **2.5.2 Efecto sobre el rendimiento de tubérculo**

El efecto sobre el rendimiento ha variado de acuerdo con la densidad poblacional de NQP, de ser alta el cultivo puede ser un completo fracaso. Ha incrementado la marchitez por otras causas: (*Verticillium* o *Pseudomonas solanacearum*) (Icochea, 1980, pág. 131) hoy reconocida como (*Ralstonia solanacearum*) (Smith, 1896; Yabuuchi et al., 1996 citados por Perea, et al, 2001).

### **2.5.3 Síntomas en las raíces**

Debido a la alimentación de la larva 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, sino más bien un reflejo de la carencia en el suelo de agua o nutrientes. El primer indicio de infección se manifiesta con la aparición de rodales en forma circular con plantas mostrando ligero menor crecimiento, en casos muy severos plantas con un tercio de crecimiento en relación al porte en ausencia de NQP (Icochea, 1980, pág. 131).

El desarrollo y el sustento que proporcionan los sincitos a las hembras (Franco J. , 1993) del nematodo, compiten con el crecimiento de la planta; además, los nematodos causan estrés hídrico y disturban el metabolismo de los nutrimentos (Franco, J. 1986).

La relación entre la planta de papa y los nematodos del quiste está gobernada por:

- La resistencia que posea la variedad de papa,
- La tolerancia que posea la variedad de papa,
- La patogenicidad del nematodo.

Esta relación puede ser afectada por factores ambientales, tales como: la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento (Franco J. , 1986, pág. 13).

## **2.6 Resistencia**

Es la capacidad de las plantas para restringir el crecimiento o reproducción del patógeno, una vez iniciado el contacto nutritivo; existen mecanismos de invasión por parte del parásito y de defensa por parte del huésped (Franco J. , 1986, pág. 13).

Según su grado de resistencia, una planta de papa puede contribuir a la multiplicación de los nematodos o a su disminución. La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nematodos antes de la siembra, y su densidad de población al final de la temporada de cultivo. Esta relación permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN), expresándose de la siguiente forma:

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}}$$

Donde generalmente  $\text{TMPN} > 1$  indica susceptibilidad  
 $\text{TMPN} < 1$  indica resistencia

La resistencia conduce a una reducción de la población de nematodos. La resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes (Franco J. , 1986, pág. 13).

Existen dos tipos de resistencia:

1. Las raíces no exudan la sustancia que estimula la emergencia del segundo estado juvenil.
2. Los sincitos no se forman o no funcionan como fuentes de alimento para la hembra del nematodo.

En el segundo caso se presenta una gran ventaja: el segundo estado juvenil emerge ante el estímulo del exudado, pero no llega a completar su ciclo de vida, reduciéndose así la población de nematodos (Franco J. , 1986, pág. 13).

La utilización de variedades resistentes es menos costosa para el agricultor que otras medidas de control, no perjudica al ambiente, ayuda a reducir el peligro de diseminación de los nematodos y a mantener la infestación dentro de niveles tolerables (Franco J. , 1986, pág. 13).

### **2.6.1 Naturaleza de la resistencia**

Bajo el estímulo de un exudado de la raíz, el segundo estado juvenil de los nematodos del quiste de la papa eclosiona y emerge de los quistes. Durante el desarrollo siguiente, las hembras se vuelven sedentarias en las raíces. Las células radiculares que rodean a la cabeza de cada hembra se agrandan, y forman los sincitos o células de transferencia. Los sincitos son vitales para el desarrollo de las hembras, porque le suministran alimento y también son un factor clave de los mecanismos de resistencia varietal (Scurrah, 1981, pág. 16).

### **2.6.2 Tolerancia**

Es la capacidad de las plantas -en esta ocasión de papa- para producir, no obstante, encontrarse en un suelo infestado – en este caso con nematodos del quiste -; es independiente de la resistencia. Las variedades de plantas tolerantes tienen la capacidad de recuperarse del daño ocasionado por nematodos, pero no ayuda a disminuir la población de los mismos (Franco J. , 1986, pág. 14).

### **2.7 Patogenicidad**

En ambas especies de (*Globodera*) se presentan varios patotipos (razas fisiológicas) que se identifican por su habilidad para multiplicarse en plantas de papa llamadas plantas diferenciales. Estas plantas tienen diferentes genes para resistencia. Así una planta diferencial puede llegar a estar infestada mayormente con ciertos tipos de (*Globodera*) pero no con otros. Aunque los

patotipos de cada especie de (*Globodera*) se aparean libremente, el apareamiento entre especies está restringido (Franco J. , 1986, pág. 14).

## **2.8 Solarización**

Es un método físico de control de patógenos. Consiste en cubrir el suelo, previamente llevado a capacidad de campo, con polietileno transparente delgado (Calderón, 2000) Ocasiona cambios en los compuestos volátiles del suelo (Stapleton, V. 1986).

Diferentes tipos de materia orgánica, tales como: el abono animal y los residuos de los cultivos podrán ser combinados con la solarización del suelo para biofumigación, de modo de incrementar la temperatura del suelo por medio del calor generado por la descomposición de esos materiales y de incrementar la capacidad del suelo de mantener calor (Stapleton, V. 1986).

Durante el proceso de solarización, cuando se calienta la materia orgánica, se liberan compuestos volátiles bio tóxicos (Stapleton, 1997). Los correctores orgánicos, especialmente los residuos vegetales y los abonos animales, aumentan la actividad biocida de la bio fumigación, por medio de la producción de compuestos volátiles que emanan de la descomposición de los materiales orgánicos (Gamliel y Stapleton, 1993, 1997). Muchos compuestos volátiles bio tóxicos se producen durante la descomposición de residuos de repollos, específicamente durante las tres primeras semanas de la solarización del suelo (Stapleton, V. 1986).

El proceso del calentamiento solar del suelo es conocido como solarización del suelo y abarca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos del mismo, asociado con el calentamiento solar y tiene valor como una alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura que serán radiados del uso agrícola.

La solarización del suelo es un proceso de cobertura que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura, cuando esta práctica fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos para formar una barrera protectora contra las heladas. El suelo así calentado fue usado para aumentar el crecimiento de las plantas y la cobertura también fue utilizada para limitar la evaporación de agua del suelo, para controlar malezas, para mejorar la estructura del suelo y para combatir la erosión (Stapleton, 1986).

### **2.8.1 Modo de acción**

Los organismos del suelo son destruidos, directa o indirectamente, por las temperaturas a las que se llega durante el calentamiento solar del suelo húmedo bajo películas de polietileno, que limitan el escape de gases y vapor de agua del suelo. La sensibilidad de algunos organismos a las altas temperaturas está relacionada con pequeñas diferencias en macromoléculas que llevan a un incremento de los enlaces intramoleculares con pequeños cambios en los enlaces-H, los enlaces iónicos y los enlaces de disulfitos (Stapleton, 1986).

La sensibilidad de los organismos al calor está relacionada con un límite superior de la fluidez de las membranas, más allá del cual su función se reduce (Sundarum, 1986). Se encontró que la curva termal letal para los hongos patógenos es de tipo logarítmico (Pullman et al., 1981). Los organismos termo tolerantes y termofílicos del suelo por lo general sobreviven al proceso de solarización del suelo (Stapleton, 1986).

El calor generado en el suelo por la radiación solar y la consecuente muerte de las plagas abarcan los principios fundamentales de la solarización del suelo. Sin embargo, el incremento de nutrientes de las plantas y el aumento relativo de las poblaciones bacterianas en la rizosfera, tales como (*Bacillus* spp) (Stapleton y De Vay, 1984) que contribuyen al marcado aumento en el

crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de las plantas en suelos solarizados, son componentes importantes de la solarización del suelo (Stapleton, 1986).

## **2.9 Biofumigación**

La bio fumigación se define como un proceso mediante el cual las sustancias volátiles liberadas durante la descomposición de enmiendas orgánicas o directamente por los microorganismos del suelo o las raíces de las plantas, tienen capacidad para controlar organismos patógenos, artrópodos y plantas adventicias. Esta técnica “no contaminante” está resultando una alternativa eficaz a la desinfección convencional de suelos por métodos químicos, con excelentes resultados en el control de patógenos vegetales de origen edáfico (Bello, 2001).

### **2.9.1 Antecedentes**

La descomposición de la materia orgánica produce la liberación de compuestos orgánicos volátiles y gases tóxicos, como el amoníaco, que tienen efecto bio fumigante.

En el caso de Jumilla y durante el verano, las altas temperaturas permiten la combinación de la bio fumigación con solarización (bio solarización), que actúa como una pasteurización del suelo, ya que la temperatura aumenta por encima de 50 ° C bajo el plástico, durante las horas de mayor insolación. Ambos fenómenos consiguen eliminar de manera selectiva los patógenos del suelo o reducir su capacidad parasitaria, propiciando además un incremento posterior de los organismos saprófagos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica (Bello, 2001).

### **2.9.2 Fundamentos de la Bio fumigación**

La adición de materia orgánica al suelo para mejorar la fertilidad y controlar las plagas y enfermedades es casi tan antigua como la agricultura. Se ha ensayado una gran variedad de materiales que como enmienda al suelo pueden servir para controlar nematodos, hongos fitoparásitos y malas hierbas (MBTOC, 1997). Estas incluyen estiércol de ganado, residuos de industrias papeleras y forestal, residuos de industrias pesqueras y de mariscos, así como numerosos subproductos agroindustriales (Bello, 2001)

## **2.10 Trichoderma**

El género (*Trichoderma*) fue descrito por Persoon en 1794. Posteriormente, Rifai hizo el primer agrupamiento en especies agregadas que se utiliza hasta el presente, a pesar de las dificultades que se presentan para la identificación de especies por este método, debido a la cercanía morfológica y la evolución de las mismas. Son hongos saprófitos del suelo y la madera, de crecimiento muy rápido. La acción de (*Trichoderma*) como mico parásito natural se demostró por Weindling en 1932, y su utilización en experimentos de control biológico se implementó a partir de 1970, cuando se incrementaron los estudios de campo para su uso en cultivos de hortalizas y ornamentales (Villegas, 2005).

### **2.10.1 Función en el control de plagas en los cultivos**

(*Trichoderma*) ejerce acciones como antagonista y colonizador de las raíces:

- Aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Solubilizarían y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Inducción de resistencia.

Estos actúan indirectamente sobre los patógenos, ya que su acción es elicitar o impulsar mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos en la planta. El estudio de estos modos de

acción en condiciones de campo es complejo, pues (*Trichoderma*) es un hongo cuyo hábitat es el suelo y la mayoría de estos procesos se efectúan en la rizosfera (Martínez, Reyes, Infante, Gonzales y Cruz, 2008)

### **2.10.2 Competencia**

Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un requerimiento (espacio y/o nutrientes), por lo que competencia puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de ellos, reduzca la cantidad necesaria para los demás.

La presencia de (*Trichoderma*) en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo, es una evidencia de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales (Martínez, Reyes, Infante, Gonzales y Cruz, 2008).

De forma general, entre las cualidades que favorecen la competencia se encuentra, la alta velocidad de crecimiento que posee gran parte de sus aislamientos y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, que frenan o eliminan a los competidores en el microambiente. Este modo de acción influye en «bloquear el paso» al patógeno y resulta importante para la diseminación del antagonista.

La competencia evaluada bajo condiciones *in vitro* (cultivo dual), se ejerce principalmente por espacio y en ella intervienen la velocidad de crecimiento de las cepas del antagonista y factores externos como tipo de sustrato, pH y temperatura, entre otros. En cultivo dual se manifestó competencia por el espacio en un grupo de aislamientos de (*Trichoderma*) frente a (*Rhizoctonia solani* Kühn), potenciado por la alta velocidad de crecimiento y reconocimiento del patógeno por los mismos (Martínez, Reyes, Infante, Gonzales y Cruz, 2008).

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 General**

Evaluar la integración de métodos físicos y biológicos para el control de propágulos del quiste de la papa.

### **3.2 Específicos**

- Medir el rendimiento de exponer poblaciones de suelos infectados con propágulos del quiste de la papa a la solarización, bio fumigación e inoculación con (*Trichoderma* sp) ( $9.0 \times 10^6$  UFC).
- Medir la tasa de multiplicación de propágulos del quiste de la papa.

## **4. HIPÓTESIS**

La integración de métodos físicos y biológicos reducen los propágulos del quiste de la papa.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 Localidades y época (s)**

Se condujeron tres ensayos, uno en la aldea Paquix, Chiantla, y dos en la aldea El Edén, Cantón Los Laureles. Las coordenadas geográficas para la primera localidad son 15° 27' 19.2" y 91° 26' 38.8"; para Laureles 1 14° 55' 53.0" y 91° 39' 18.6"; para Laureles 2 14° 56' 03.7 y 91° 39' 17.0".

## 5.2 Diseño experimental

Diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los cinco tratamientos formulados se lograron distribuir al azar en cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

### Tratamientos evaluados

No.	Tratamiento	No. repeticiones
1	Biofumigado+ solarización+ ( <i>Trichoderma sp</i> )	4
2	Biofumigado+( <i>Trichoderma sp</i> )	4
3	Solarizado+ ( <i>Trichoderma sp</i> )	4
4	( <i>Trichoderma sp</i> )	4
5	Testigo absoluto	4

## 5.3 Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 40 posturas, en 04 surcos de 3 m de longitud, con distanciamientos de 0.3 m entre posturas y 0.90 m entre surcos.

## 5.4 Modelo estadístico

Para la investigación se planteó el modelo estadístico siguiente:

[13]

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = es la  $ij$ -ésima variable

$u$  = es la media general del experimento

$T_i$  = Efecto debido al  $i$  ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto debido al  $j$  ésimo bloque

$e_j$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

$$Y_{ijk} = u + L_i + B_{j(i)} + T_k + LT_{ik} + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = es la observación del tratamiento  $K$ , en el bloque  $j$ , en la localidad  $i$

$\mu$  = es la media general

$L_i$  = efecto debido a la  $i$ -ésima localidad

$B_{j(i)}$  = es el efecto de  $j$ -ésimo bloque en la  $i$ -ésima localidad

$T_k$  = es el efecto de  $k$ -ésimo tratamiento

$e_{ijk}$  = es el error experimental.

## 5.5 Variables de respuesta

$P_i$  = cálculo de la población inicial de quistes, huevecillos y larvas.

$P_f$  = cálculo de la población final de quistes, huevecillos y larvas por parcela después de la cosecha. El análisis se hizo a 300 g de suelo seco.

Rendimiento de la parcela neta

## 5.6 Análisis de la información

Análisis de varianza  
Pruebas de medias (Tukey)

## 5.7 Manejo del experimento

El manejo inició con la preparación del suelo infectado (figura 5), seguido de la instalación del experimento (figuras 7 y 8). Se incorporaron al suelo los tratamientos: solarizado, bio fumigación, (*Trichoderma* sp). Para la bio fumigación se utilizaron 5.0 kg por m<sup>2</sup> de material orgánico (50% hojas verdes de (*Brassica*) *rapa* 50% de ovinaza), en Paquix. En Laureles 1 se utilizó gallinaza, y en Laureles 2 se utilizó broza (figura 8). En el caso de (*Trichoderma* sp), se fumigó el suelo con una solución de  $6 \times 10^9$  UFC (figura 11). Este trabajo se efectuó el 04/05/17, 1/05/17, 24/05/17 y 31/05/17 respectivamente y al momento de la siembra, las cuales fueron 13/06/17, 20/06/17, 23/06/17 y 27/06/17 (Figura 11). Se incorporaron al fondo del surco 544 kg/mz de 15-15-15 más 260 kg/mz de 10-50-0 y 92 bolsas/Ha de abono orgánico. Se aplicaron controles químicos al follaje, cuando fueron necesarios. Las variedades usadas fueron ICTA Tollocan/77 y DIA 71, respectivamente.

Después de trazar los ensayos fueron tomadas las muestras de suelo necesarias para hacer las cuantificaciones de las poblaciones iniciales; a los 40 días después de la siembra (dds) se tomaron los datos de altura de planta. Cuando finalizó el ciclo del cultivo, se hizo la segunda toma de muestras del suelo para cuantificar las poblaciones finales (figura 13). El rendimiento fue expresado en toneladas por manzana (figura 13).

## 6. RESULTADOS y DISCUSIÓN

### 6.1 Población inicial de quistes, larvas y huevos de nematodo del quiste

Los análisis poblacionales de los propágulos del nematodo del quiste, revelaron, que los suelos han alcanzados elevadas infecciones, entre 236 a 400 quistes en 300 cc de suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quistes	20	0.54	0.27	23.19

#### 6.1.1 Población inicial de quistes (Pi). Localidad Paquix

Los flotados de quistes realizados a las muestras de suelo tomadas por tratamiento, revelaron que el suelo seleccionado para ejecutar el ensayo efectivamente está inoculado con infecciones de nematodos del quiste. El conteo realizado a las muestras determinó que no hay diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones de quistes (cuadro 2).

**Tabla 2 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pi). Localidad Paquix**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	112272.50	7	16038.93	1.98	0.1418
Controlador	80148.70	4	20037.18	2.48	0.1001 NS
Bloque	32123.80	3	10707.93	1.32	0.3120 NS
Error	96977.70	12	8081.48		

Total	209250.20	19
-------	-----------	----

NS= diferencia no significativa

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	20	0.62	0.40	18.09

### 6.1.2 Población inicial de larvas (Pi). Localidad Paquix

Posteriormente al recuento de los quistes, se trituraron el número de quistes de acuerdo a la tabla propuesta por (Huesjman, 1975, citado por Franco, 1993). No se determinaron diferencias estadísticas entre las medias del conteo de juvenil uno (cuadro 3).

**Tabla 3 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Paquix.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	39258.05	7	5608.29	2.82	0.055
Controlador	16072.3	4	4018.08	2.02	0.1551 ns
Bloque	23185.75	3	7728.58	3.89	0.0374 *
Error	23836.5	12	1986.38		
Total	63094.55	19			

ns = diferencia no significativa \* = diferencia significativa

### 6.1.3 Población inicial de huevos (Pi). Localidad Paquix

De acuerdo con la metodología (Huesjman, 1975, citado por Franco 1993), se efectuó el conteo de huevos para conocer la densidad del inóculo donde se evaluaría la integración de métodos (cuadro 4).

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	20	0.51	0.23	25.38

**Tabla 4 Análisis de varianza (SC tipo III) para huevos (Pi). Localidad Paquix.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34586.15	7	4940.88	1.79	0.1790
Controlador	18219.20	4	4554.80	1.65	0.2254 NS
Bloque	16366.95	3	5455.65	1.98	0.1712 NS
Error	33106.80	12	2758.90		
Total	67692.95	19			

NS= diferencia no significativa

### 6.1.4 Población inicial de quistes (Pi). Laureles 1

Para conocer la densidad poblacional de quistes y verificar el efecto de los tratamientos, se decantaron los quistes por medio del método de Fenwick, 1951. En el cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de varianza.

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quiestes	20	0.29	0.00	25.21

**Tabla 5 Análisis de varianza (SC tipo III) para quiestes (Pi). Localidad Laureles 1.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23231.85	7	3318.84	0.68	0.6845
Bloque	4344.55	3	1448.18	0.3	0.826 ns
Controlador	18887.3	4	4721.83	0.97	0.458 ns
Error	58264.7	12	4855.39		
Total	81496.55	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.1.5 Población inicial de larvas (Pi). Laureles 1

Se hizo seguimiento, propuesto para determinar las densidades de larvas, se trituraron los quiestes, posteriormente se computaron las larvas. Los resultados del análisis de varianza se muestran en el cuadro 6.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	20	0.31	0.00	21.96

**Tabla 6 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Laureles 1.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12402.05	7	1771.72	0.75	0.6351
Controlador	9376.7	4	2344.18	1.00	0.4468 ns
Bloque	3025.35	3	1008.45	0.43	0.7363 ns
Error	28240.9	12	2353.41		
Total	40642.95	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.1.6 Población inicial de huevos (Pi). Laureles 1

Los quiestes se trituraron de acuerdo a la metodología propuesta por Huijsman (Huijsman, 1974; citado por Franco, 1993) para conocer el número de huevos contenidos en estas estructuras de resistencia. Los resultados del análisis de varianza se presentan en el cuadro 7.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	20	0.19	0.00	25.55

**Tabla 7 Análisis de varianza (SC Tipo III) para huevos (PI). Localidad Laureles 1.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5495.65	7	785.09	0.4	0.8824
Controlador	826.3	4	206.58	0.11	0.9781 ns
Bloque	4669.35	3	1556.45	0.8	0.5175 ns
Error	23350.9	12	1945.91		
Total	28846.55	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.1.7 población inicial de quistes (Pi). Laureles 2

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quistes	20	0.45	0.13	30.81

En rastreo de las oportunidades de determinar la efectividad de los controladores propuestos, se cuantificó el inóculo existente en esta localidad, y los resultados han determinado que no hay diferencia estadística entre los conteos realizados al sorteo de los tratamientos propuestos. Los resultados del análisis de varianza para el número de quistes se presentan en el cuadro 8.

**Tabla 8 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pi). Localidad Laureles 2.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	54372.65	7	7767.52	1.42	0.2832
Bloque	17834.95	3	5944.98	1.09	0.3920 ns
Controlador	36537.7	4	9134.43	1.67	0.2212 ns
Error	65658.3	12	5471.53		
Total	120030.95	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.1.8 Población inicial de larvas (Pi). Laureles 2

Para verificar los niveles de propágulos, se trituraron los quistes. Los resultados del análisis de varianza para el número de larvas se presentan en el cuadro 9.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	20	0.46	0.15	28.41

**Tabla 9 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para larvas (Pi). Localidad Laureles 2.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	39126.2	7	5589.46	1.48	0.2613
Controlador	25625	4	6406.25	1.7	0.2142 ns
Bloque	13501.2	3	4500.4	1.19	0.3532 ns
Error	45193.8	12	3766.15		
Total	84320	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.1.9 Población inicial de huevos (Pi). Laureles 2

Los resultados del análisis de varianza para el número de huevos, se presentan en el cuadro 10.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	20	0.39	0.03	31.90

**Tabla 10 Análisis de varianza (SC tipo III) para huevos (Pi). Localidad Laureles 2.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27930.25	7	3990.04	1.08	0.4315
Controlador	16633.70	4	4158.43	113	0.3896 NS
Bloqueo	11296.55	3	3765.52	1.02	0.4181 NS
Error	44302.70	12	3691.89		
Total	72232.95	19			

NS= diferencia no significativa

### 6.1.10 Análisis combinado para población inicial (Pi) de quistes

En el cuadro 11 se muestran los resultados del análisis de varianza combinado, realizado al número de quistes en la población inicial de las áreas donde se condujo el experimento.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quiste	60	0.66	0.44	25.99

**Tabla 11 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado, para el número inicial de huevos en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	426657.23	23	18550.31	3.02	0.0014
Localidad	236780.23	2	118390.12	19.62	0.0005 **
Localidad>Repetición	54303.3	9	6033.7	0.98	0.4702 NS
Controlador	16961.43	4	4240.36	0.69	0.603 NS
Localidad*Tratamiento	118612.27	8	14826.53	2.42	0.0335 *
Error	220900.7	36	6136.13		
Total	647557.93	59			

\*\* = diferencia altamente significativa ns = diferencia no significativa \* diferencia significativa

Prueba de medias localidad por tratamiento, ha detectado que las poblaciones iniciales, en rangos superiores son detectados en la Aldea Paquix; con medias de 484, 400, 394, 376 y 286 y el rango ligeramente inferiores determinadas en los Laureles fueron de 331, 283, 271, 259, 255, 248, 242, 236, 164, quistes/300 cc suelo. Los niveles poblacionales en detección son capaces de reducir los rendimientos al 90 por ciento de 62,595.7 Kg/Ha a 6,259.5 Kg/Ha de tubérculos para consumo.

**Tabla 12 Prueba de medias para Pi localidad por tratamiento de Quistes**

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.					
Paquix	Trichoderma	484	4	39	A				
Paquix	Bifumigación+Solarización+..Tri	400	4	39	A	B			
Paquix	Testigo absoluto	394	4	39	A	B	C		
Paquix	Biofumigación+Trichoderma	376	4	39	A	B	C	D	
Laureles	Bifumigación+Solarización+..	331	4	39		B	C	D	E
Laurel	Testigo absoluto	294	4	39		B	C	D	E
Paquix	Solarización+Trichoderma	286	4	39			C	D	E
Laureles	Solarización+Trichoderma	283	4	39			C	D	E
Laureles	Biofumigación+Trichoderma	271	4	39				D	E F
Laurel	Biofumigación+Trichoderma	259	4	39					E F
Laureles	Testigo absoluto	255	4	39					E F
Laurel	Solarización+Trichoderma	248	4	39					E F
Laureles	Trichoderma	242	4	39					E F
Laurel	Trichoderma	236	4	39					E F
Laurel	Bifumigación+Solarización+..	164	4	39					F

### 6.1.11 Análisis combinado para población inicial (Pi) de larvas

Los resultados del análisis de varianza combinado, para la población inicial de larvas, se presentan en el cuadro 13.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	60	0.51	0.20	22.82

**Tabla 13 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado para la población inicial de larvas en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	101391.53	23	4408.33	1.63	0.0917
Localidad	10605.23	2	5302.62	1.2	0.3447 NS
Localidad>Repetición	39712.3	9	4412.48	1.63	0.1428 NS
Controlador	3951.9	4	987.98	0.37	0.8314 NS
Localidad*Controlador	47122.1	8	5890.26	2.18	0.0528 NS
Error	97271.2	36	2701.98		
Total	198662.73	59			

ns = diferencia no significativa

**Tabla 14 Medias de tratamientos combinados, poblaciones iniciales de larvas localidades Paquix, Laureles 1 y Laureles 2.**

Tratamientos	Medias	N
<i>Trichoderma</i>	211.42	12
Testigo absoluto	201.33	12
Solarización + <i>Trichoderma</i>	182.00	12
Biofumigación + <i>Trichoderma</i>	180.67	12
Bifumigación + Solarización + <i>Trichoderma</i>	174.67	12

### 6.1.12 Análisis combinado para población inicial (Pi) de huevos

Los resultados del análisis de varianza combinado, para la población inicial de huevos, se presentan en el cuadro 15.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	60	0.44	0.09	27.84

**Tabla 15 Análisis de varianza (SC tipo III) combinado para la población inicial de huevos, en las localidades de Paquix, Laureles 1 y Laureles 2**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79782.58	23	3468.8	1.24	0.2758
Localidad	11770.53	2	5885.3	1.64	0.2473 NS
Localidad>Repetición	32332.85	9	3592.5	1.28	0.2793 NS
Controlador	11680.07	4	2920	1.04	0.3985 NS
Localidad*Tratamiento	23999.13	8	2999.9	1.07	0.4041 NS
Error	100760.4	36	2798.9		
Total	180543	59			

NS= diferencia no significativa

## 6.2 Población final de quistes, larvas y huevos de nematodo del quiste

Luego de finalizado el cultivo, se tomaron muestras en cada una de las unidades experimentales, para contabilizar el número de quistes, larvas y huevos presentes en cada uno de los tratamientos

### 6.2.1 Población final de quistes (Pf). Localidad de Paquix

Los resultados del análisis microbiológico, post cosecha, verifica la situación de la densidad poblacional y la persistencia de los propagulos de Nematodo del quiste, al complejo trabajo de producción.

Los resultados en seguida, a la cosecha, señala diferencias estadísticas, se comprobaron que en la localidad, según, el cuadro de análisis de la varianza, para las fuentes de variación tratamientos, la F calculada es superior, a la F de tablas y el p-valor está en los rangos, que permiten aseverar, que alguno de los tratamientos en evaluación es superiores.

En las variables analizadas: huevos y larvas, no se lograron obtener diferencias significativas, sí aritméticas. Como tendencia del comportamiento, el control comporta con los niveles propagulos superiores.

Análisis de la varianza ( $P_f$ ) para el número de quistes. Localidad de Paquix.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quistes	20	0.69	0.51	46.02

**Tabla 16 Análisis de varianza (SC tipo III) para quistes (Pf). Localidad Paquix**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	37261.45	7	5323.06	3.85	0.0198
Bloque	636.95	3	212.32	0.15	0.9253 ns
Tratamientos	36624.5	4	9156.13	6.63	0.0047 **
Error	16570.3	12	1380.86		
Total	53831.75	19			

ns = diferencia no significativa \*\* = diferencia altamente significativa

La prueba de Tukey determinó que el tratamiento No. 1 Bio fumigación + Solarización + (*Trichoderma sp*), supero al testigo absoluto de la prueba, al realizar reducción de quistes en el orden del 90%, si se toman en cuenta que la  $P_i$ , oscilaron (484, 400, 394, 376, y 286) Cuadro 13, y la  $P_f$  fue 45.25 quistes/300 cc suelo. En otro orden de ideas, la prueba de Tasa de multiplicación de poblaciones de nematodos determino  $< 1$  indica resistencia, que para el caso de ésta evaluación se ha interpretado como efecto positivo en el control de NQP, criterios que validan la reducción de quistes, y consecuentemente, bajo éstas condiciones finales, la respuesta del hospedero ICTA Tollocan, fue igualmente positiva, al ser discriminado el tratamiento 1 con el rendimiento superior de 37,870.41 Kg/Ha (Cuadro 17, Grafica 1).

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=83.75303**

Error: 1380.8583 gl: 12

Tratamientos	Media	n	E.E		
Testigo absoluto	162.00	4	18.58	A	
( <i>Trichoderma sp</i> )	84.50	4	18.58	A	B
Biofumigación+( <i>Trichoderma</i> )	61.25	4	18.58		B
Solarización+( <i>Trichoderma</i> )	50.75	4	18.58		B
<u>Bifumigación+Solarización+..T</u>	45.25	4	18.58		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p >$

## 6.2.2 Rendimiento de tubérculos. Localidad Paquix

El análisis de varianza para esta variable, en la localidad de Paquix, se presenta en el cuadro 16.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	20	0.70	0.53	15.12

**Tabla 17 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento de tubérculos, en la localidad de Paquix.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1368291404.87	7	195470200.70	4.02	0.0171
Tratamiento	882951012.25	4	220737753.06	4.54	0.5957 *
Bloque	485340392.62	3	161780130.87	3.33	0.0339
Error	58365719.45	12	48638099.62		
Total	1951948600.33	19			

\* = diferencia significativa

La prueba de Tukey formó dos grupos estadísticos, bio fumigación + solarización + *Trichoderma* pertenece a un grupo diferente que el testigo absoluto, los otros tres restantes tienen valores en común entre ellos. Este resultado confirma la utilidad del tratamiento No. 1 que, por tercer año consecutivo de evaluación, muestra la consistencia, superar al comparador y a las demás pruebas. Es de acotar que, estos resultados hasta hoy en día se han obtenido, al ejecutar el cultivo de papa, sobre el hospedero ICTA Tollocan.[14]

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=15718.61453

Error: 48638099.6212 gl: 12

**Tabla 18 Prueba de medias para rendimiento de papa en la localidad de Paquix.**

Tratamientos	Medias [15]Kg/Ha*	n	E.E.		
Testigo absoluto	37857.39	4	3487.05	A	
( <i>Trichoderma</i> )	39725.48	4	3487.05	A	B
Solarización + ( <i>Trichoderma</i> )	45822.05	4	3487.05	A	B
Biofumigación + ( <i>Trichoderma</i> )	53578.05	4	3487.05		B
Biofumigación + Solarización+ ( <i>Trichoderma</i> )	53594.35	4	3487.05		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 6.2.3 Población final de quistes (Pf). Localidad de Laureles 1

En la localidad Laureles, se establecieron dos ensayos. El análisis de varianza para el número de quistes al final del cultivo se presenta en el cuadro 19.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quistes	20	0.66	0.46	17.40

**Tabla 19 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para quistes (Pf). Localidad Laureles 1**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14612	7	2087.43	3.34	0.0323
Bloque	1867.8	3	622.6	1	0.4277 ns
Tratamiento	12744.2	4	3186.05	5.1	0.0123 *
Error	7498.2	12	624.85		
Total	22110.2	19			

ns = diferencia no significativa \* = diferencia significativa

Con base en los resultados anteriores, se procedió a realizar la prueba de medias tukey para los tratamientos evaluados (cuadro 20)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=56.33961

Error: 624.8500 gl: 12

**Tabla 20 Prueba de medias para población final de quistes. Localidad Laureles 1.**

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Testigo absoluto	167.25	4	12.5	A	
Solarización + <i>Trichoderma</i>	165.75	4	12.5	A	
<i>Trichoderma</i>	156.5	4	12.5	A	B
Biofumigación + <i>Trichoderma</i>	126.25	4	12.5	A	B
Bifumigación + Solarización + <i>Trichoderma</i>	102.75	4	12.5		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Al incluir un mayor número de prácticas la tendencia es a que se encontraron menos quistes.

#### 6.2.4 Población final de huevos (Pf). Localidad de Laureles 1

En el cuadro 21 se muestra el análisis de varianza para número de huevos cuantificados al final del cultivo.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	20	0.47	0.16	22.44

**Tabla 21 Análisis de varianza para huevos (Pf). Localidad Laureles 1.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31931.5	7	4561.64	1.52	0.2495
Bloque	31356	3	10452	3.49	0.0502 ns
Tratamiento	575.5	4	143.88	0.05	0.9951 ns
Error	35980.5	12	2998.38		
Total	67912	19			

ns = Diferencia no significativa

Los resultados muestran que no existió diferencia significativa en la variable número de huevos (población final) entre los tratamientos evaluados

#### 6.2.5 Población final de larvas (Pf). Localidad de Laureles 1

En el cuadro 22 se presenta el análisis de varianza para el número de larvas (población final).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	20	0.55	0.28	26.49

**Tabla 22 Análisis de varianza (SC tipo III) para larvas. Localidad Laureles 1.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	48858.85	7	6979.84	2.06	0.1289
Bloque	40326.15	3	13442.05	3.98	0.0352 *
Tratamiento	8532.7	4	2133.18	0.63	0.6497 ns
Error	40562.1	12	3380.18		
Total	89420.95	19			

\* = diferencia significativa    ns = diferencia no significativa

Con base en el análisis de varianza, no hubo diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos evaluados, con respecto al número de larvas. Esto se atribuye en parte al uso intenso de glaucidas para el control del tizón tardío.

### 6.2.6 Rendimiento de tubérculo. Localidad Laureles 1

Los resultados de esta localidad contrastan con los obtenidos en la localidad Laureles 1, en el sentido de que son consistentemente negativos; tanto en los propágulos como en el rendimiento no se determinaron diferencias significativas. En el cuadro 23 se presenta el análisis de varianza para el rendimiento.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	20	0.45	0.13	8.57

**Tabla 23 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento. Localidad Laureles 1**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	275809984	7	39401426	1.21	0.3684
Tratamiento	99842335.4	4	24960584	0.77	0.5676
Bloque	175967648	3	58655883	1.8	0.2009
Error	391176605	12	32598050		
Total	666986589	19			

ns = diferencia no significativa

### 6.2.7 Población final de quistes. Laureles 2

Los resultados del análisis de varianza, para los conteos finales de las poblaciones de quistes se muestran en el cuadro 24.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Quiste	20	0.23	0.00	33.57

**Tabla 24 Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la población final de quistes.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	39795.35	7	5685.05	0.5	0.8166
Bloque	20502.55	3	6834.18	0.6	0.6256 ns
Tratamientos	19292.8	4	4823.2	0.43	0.7876 ns
Error	136063.2	12	11338.6		
Total	175858.55	19			

ns = diferencia no significativa

Los resultados están en concordancia con los obtenidos en el rendimiento, en ambas variables no hubo diferencias estadísticas significativas.

### 6.2.8 Población final de huevos. Laureles 2

El análisis de varianza se presenta en el cuadro 25.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Huevos	20	0.36	0.00	31.93

**Tabla 25 Análisis de varianza (SC tipo III) para población final de huevos**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	81768.5	7	11681.21	0.95	0.5037
Bloque	47747.8	3	15915.93	1.3	0.3199
Tratamientos	34020.7	4	8505.18	0.69	0.6103 NS
Error	147045.7	12	12253.81		
Total	228814.2	19			

NS= no significativo

El conteo de huevos extraídos de los quistes que se formaron durante el cultivo de papa, posterior al tratamiento del suelo con los tratamientos para el control de nematodos, están en concordancia con los resultados obtenidos para quistes y rendimiento; no se observaron diferencias significativas.

### 6.2.9 Población final de larvas. Laureles 2

El análisis de varianza para esta variable se presenta en el cuadro 26.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Larvas	20	0.27	0.00	25.49

**Tabla 26 Análisis de varianza (SC tipo III) para población final de larvas.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28942.55	7	4134.65	0.64	0.7185
Bloque	8449.75	3	2816.58	0.43	0.7327 ns
Tratamientos	20492.8	4	5123.2	0.79	0.5542 ns
Error	77918	12	6493.17		
Total	106860.55	19			

ns = diferencia no significativa

El conteo de larvas maceradas, determinó que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

El cuadro 27 condensa los resultados del análisis de varianza, ejecutado sobre los datos de rendimiento obtenidos en la localidad Laureles 2. No se logró detectar diferencias significativas entre los tratamientos, este fenómeno fue atribuido al número de aspersiones de plaguicidas con propiedades fungicidas que se debieron realizar, las cuales estuvieron en función de las condiciones climáticas que influyeron en la presencia de síntomas de tizón tardío en el follaje, y las que probablemente afectaran la acción de los tratamientos integrados, principalmente sobre (*Trichoderma sp.*).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	20	0.28	0.00	18.56

**Tabla 27 Análisis de varianza (SC tipo III) para rendimiento. Localidad Laureles**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	352378937	7	50339848	0.66	0.7038
Controlador	71598611.4	4	17899653	0.23	0.9141
Bloque	280780326	3	93593442	1.22	0.3443
Error	919400992	12	76616749		
Total	1271779929	19			

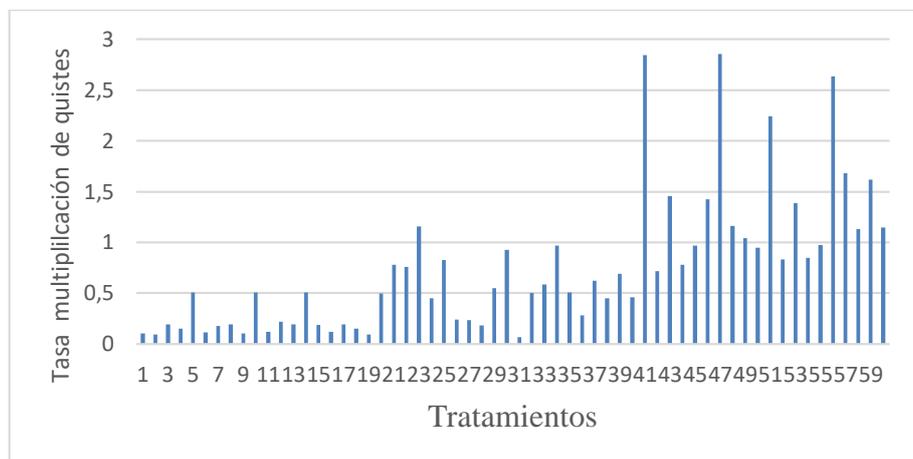
### Tasa de multiplicación de la población de nematodos

El control se interpreta como la reducción de las poblaciones de nematodos. Según el grado de control de un método, el cual puede contribuir a la multiplicación o a su disminución. El control está determinado por la relación entre la densidad de población de los nematodos antes de la siembra y su densidad de población al final de la temporada de cultivo. Esta relación permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN).

La TMPN es adaptada de los sistemas de mejoramiento genético del CIP (CIP, 1983; citada por Escobar, 2015). La localidad Paquix, donde se encontraron las poblaciones iniciales mayores y las finales menores, las ha expresado el análisis de tasa de multiplicación de quistes, se determinó que los tratamientos registraron relaciones por debajo de uno y los testigos absolutos muestran tasa que se alejan del uno, por lo tanto, hubo reducción de las poblaciones; situación inversa ha ocurrido en los ensayos conducidos en los Laureles, en las últimas 40 columnas de la figura 1, se observa que los resultados de la tasa de multiplicación se distancian del uno. Este hecho explica que los tratamientos probados no produjeron reducción de poblaciones, sino que los suelos se mantuvieron invariablemente igual antes y después de la aplicación de los tratamientos. Índices

han sido el fundamento, para explicar porque en Paquix los rendimientos del tratamiento 1, han sido superiores, por la acción de control en contra de la estructura de resistencia y en Los Laureles no hubo diferencia, porque no hubo reducción en la formación de quistes.

Las diferencias significativas entre localidades se deben a la variedad en uso, los productores de los Cuchumatanes hacen uso de variedades que requiere menor uso de plaguicidas para el control del tizón tardío, mientras que los productores de Palestina de Los Altos hacen uso de Día, variedad que demanda tres aplicaciones de plaguicidas semanales. Si se toma en cuenta que *Trichoderma* es un hongo imperfecto, y para el control del tizón tardío, producido por *Phytophthora infestans* se aplicó Amistar, el cual probablemente haya inhibido la acción nematocida de *Trichoderma*.



**Grafica 2 Tasa de multiplicación de quistes**

## 7. CONCLUSIONES:

- Se acepta la H<sub>1</sub> los métodos de solarización, bio fumigación y *Trichoderma sp* controlaron el 90% de las poblaciones iniciales de propagulos del quiste de la papa cuando se hace uso mínimo de cocteles de plaguicidas para el control de las plagas del follaje de la papa.
- Se acepta la H<sub>1</sub> La exposición de poblaciones de suelos infectado con propagulos de la papa a la solarización, bio fumigación e inoculación con  $9.0 \times 10^6$  de UFM, superan los rendimientos de tubérculos de papa para consumo en 53594.35 Kg/Ha, datos que se encuentran por encima de la media nacional de rendimiento de papa.
- No se acepta la H<sub>1</sub> cuando se expone la integración solarización, Biofumigación y (*Trichoderma sp*) con variedades susceptibles a (*Phytophthora infestans*) no hay control sobre los propagulos del quiste, al permanecer invariables los conteos iniciales en proporción a los finales.
- No se acepta la H<sub>1</sub> en términos de rendimiento, la integración de los métodos físicos y biológicos asociados a variedades susceptibles a tizones foliares los resultados son inespecíficos.
- No se logró determinar significancia a nivel de tratamiento en las variables larvas y huevecillos de NQP tanto con variedades susceptibles como altamente resistentes a necrosis foliares.
- El índice de tasa de multiplicación de poblaciones de nematodos homólogo las aseveraciones en la eficiencia de la integración de métodos físicos y biológicos e ineficiencias asociadas a la susceptibilidad y /o resistencia a enfermedades foliares de la variedad en uso.

## 8. RECOMENDACIONES

- Estudiar la sensibilidad de (*Trichoderma* sp) a los ingredientes activos usados en el control de (*Phytophthora infestans*).
- Evaluar los tratamientos diseñados en este protocolo, con el uso de variedades de papa tolerantes al nematodo del quiste.
- Evaluar los tratamientos diseñados en este protocolo, con el uso de variedades de papa tolerantes a *Phytophthora infestans*.
- Hacer la transferencia de los procesos desarrollados en este protocolo, para validar éstos resultados con productores del municipio de Chiantla.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, GN. (1998). Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
- Bello, L. (2001). Desinfección de suelos biología y epidemiología. Editorial Fedd, Guanajuato, México pp. 14-22
- Christie, J. (1979). Nemátodos de los vegetales su ecología y control. Editorial Limusa. México.
- Calderón, M. (2016). (1 de septiembre de 2016). Entrevista con el señor Marcelo Calderón acerca de los problemas que atraviesa la producción del cultivo de papa en su finca.
- Candanedo, E. (2005). Informe Consultoría en el problema de NQP en Guatemala. IDIAP.
- Chávez, G. (2015). Manual para la producción de semilla certificada de papa. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala.
- Evans, K.; Rowe, J.A. (1998). Distribution and economic importance. In Plant Nematology. Ed (a) Perry R.N.; Moens M. UK. CABI 2006. pp. 92-93.
- FAO. (2010). La Papa un alimento con tradición, nutrición y sabor. (En línea) Consultado Abril. 2012., disponible en [http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/recetario\\_papa\\_guatemala.pdf](http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/recetario_papa_guatemala.pdf).
- Franco, J. (1986). Nemátodos del quiste de la papa; *Globodera* spp. Boletín de Información Técnica 9. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 21 pp.
- Franco, J. 1993. Manejo Integrado del Nematodo Quiste de la papa (*Globodera* spp). Centro Internacional de la Papa (CIP). Apartado 5969, Lima Perú. Programa de Investigación de la Papa (PROINPA)
- Gamliel, A., y Stapleton, J.J. (1993). Characterization of antifungal volatile compound deseolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83: 899-905.
- De Ichoceha (1980). Compendio de Enfermedades. Traducción del Compendium of potato diseases, W.J. Hooker, editor. CIP.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (2013). Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal.
- Jones, S.B. (s.f.) Sistemática vegetal. Trad. María de Hiescas. 2ed. México, McGraw-Hill. 536 p.
- Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAGA). (2008). Programa de apoyo a los agronegocios, papa (*Solanum tuberosum*)
- Maldonado M., J. (2012). Identificación de nemátodos de quiste en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en seis localidades de la parte sur del municipio de Palestina de los Altos, del departamento de Quetzaltenango, Guatemala.

Martínez, B.; Reyes, Y.; Infante, D.; González, E.; Baños, H. y Cruz, A. (2008). Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. *Rev Protección Veg.* 23(2):118-125.

Milla, T., A.; Krausz, B., C. (2004). Detección de resistencia al nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agro sur*, jun. 2004, vol.32, no.1, p.28-34. ISSN 0304-8802.

Perea SJM, García ERS, Allende MT, Carrillo FJA, León FJ, Valdez TB y López SFSM. (2001). Identificación de razas y biovares de *Ralstonia solanacearum*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29:98-108.

Roldan S. (2005). Estudio de los nemátodos formadores de quistes en papa (*Solanum tuberosum* L.), para descartar la presencia del nemátodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa.

Ruano H., B. (1999). Evolución de las poblaciones de nemátodos (*Globodera* spp) en patata en Mallorca. Consejería de Economía, Agricultura, Comercio e Industria, Palma de Mallorca. (en línea). Consultado 22/04/14. Disponible en [www.caib.es/govern/archivo.do?id=37765](http://www.caib.es/govern/archivo.do?id=37765)

Ruesga, J. et al. (2005). Libro de Experimentación Agrícola. Centro Universitario Vladimir, L Lenin. Las Tunas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Editorial Universitaria, calle 23 No.667, e/ D y E, El Vedado, ciudad de la Habana, Cuba. 114 p.

Ruiz-Berdejo, M. (1987). Plaga del dorado de la patata. Plan para su control en zonas infestadas. M.A.P.A. Hoja divulgadora 15/87. 19 pp.

Scurrah, M. Mayer de 1981. Evaluación de la resistencia en papa a los nemátodos del quiste. *Boletín de Información Técnica* 10. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 16 p.

Stapleton, De Vay. 1986. La solarización del suelo.

## 10: ANEXO



Figura 5. Síntomas de enfermedades del nematodo del quiste.



Figura 6. Obtención y traslado de la *Brassica rapa*



Figura 7. Instalación de los ensayos.



Figura 8. Instalación de los ensayos.



Figura 9. Finalización de la instalación con la solarización



Figura 10. Desarrollo vegetativo de los ensayos



Figura 11. Siembra e inoculación de *Trichoderma* sp



Figura 12. Desarrollo vegetativo de los ensayos.



Figura 13. Cosecha y toma de muestras

Cuadro 29. Fechas dosis y agroquímicos usados para el control de plagas y enfermedades foliares del cultivo de papa.

Fecha	Dosis	Producto
07/08/2017	50 cc/ 16 lt de agua	<i>Promocarp fenamidone</i>
21/08/2017	25 cc/ 16 lt de agua	<i>Piretroide permetrina</i>
04/09/2017	25 cc/ 16 lt de agua	NPK (11-8-6) + elementos menores
18/09/017	25 cc/ 16 lt de agua	Agroajo
02/10/2017	25 cc/ 16 lt de agua	NPK (11-8-6) + elementos menores
14/08/2017	50 cc/ 16 lt de agua	<i>2 4 s ametrina + 128 2 4 D</i>
28/08/2017	25 cc/ 16 lt de agua	<i>Propineb</i>
11/09/017	25 cc/ 16 lt de agua	<i>Profenofos cipermetrina</i>
25/09/017	25 cc/ 16 lt de agua	Agroajo
09/10/2017	25 cc/ 16 lt de agua <sup>[16]</sup>	NPK (11-8-6) + elementos menores



**CRIA**

*Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria*

