

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
CARRERA DE AGRONOMIA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA- CIAL, OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO.

VELVETH MAGALY ESCOBAR NELSON

QUETZALTENANGO, 2014

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA**



DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTACIAL, OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de
San Carlos de Guatemala.

Por:

VELVETH MAGALY ESCOBAR NELSON

Previo a conferírsele el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

En el grado académico de:

LICENCIADA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

QUETZALTENANGO, OCTUBRE DE 2014

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

AUTORIDADES

Rector Magnífico:	Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo
Secretario General:	Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC:	Licda. María del Rosario Paz. C.
Secretario Administrativo:	Lic. César Haroldo Milián R.

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Ing. Edelman Monzón

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis Ángel Estrada García
Br. Edson Vitelio Amézquita Cutz

REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS

Dr. Emilio Búcaro

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. William Villatoro Palacios

EXAMINADORES

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez
Ing. Agr. MSc. Carlos Enrique Gutiérrez L.

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Carlos Enrique Gutiérrez L.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y Artículo 13 de la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, octubre de 2014

**HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO
HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN**

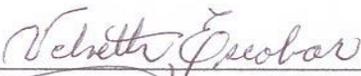
De conformidad con las normas que establece la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y del Reglamento General de Evaluación y Promoción del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y del Normativo de Evaluación y Promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente.

Tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

“DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA- CIAL, OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO”.

Como requisito para optar al título de Ingeniera Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada en Ciencias Agrícolas.

Atentamente me despido de vosotros ilustres miembros, con muestras de mi consideración y respeto,


Velveth Magaly Escobar Nelson

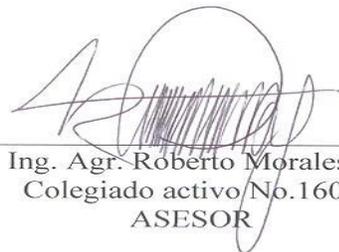
Quetzaltenango, 07 de octubre de 2014

Ingeniero:
Héctor Alvarado
Director de la División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente
Ciudad

Ingeniero Alvarado:

Por este medio yo: Roberto Antonio Morales Lima, Ingeniero Agrónomo, colegiado activo No. 1602, hago de su conocimiento que tuve a bien asesorar el trabajo de investigación de la estudiante Velveth Magaly Escobar Nelson No. De carné 7805277, por lo que doy el visto bueno y sugiero la PUBLICACIÓN del trabajo de investigación titulado “DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE DE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA- CIAL, OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO”, puesto que aportará valiosa información al sector papero de la región.

Atentamente,


Ing. Agr. Roberto Morales L
Colegiado activo No.1602
ASESOR



Quetzaltenango, 16 de Octubre de 2,014.

A:
Ingr. Agr. MSc. Héctor Alvarado Q.
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente CUNOC
Edificio.

Respetable Ing. Alvarado:

Atentamente me dirijo a Usted, para informarle que a la fecha he finalizado la **REVISIÓN** del trabajo de investigación de la estudiante **VELVETH MAGALY ESCOBAR NELSON**, cuyo título:

“DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA- CIAL, OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO.”.

Al respecto, me permito manifestarle que dicha investigación es un valioso aporte para el sector agrícola de nuestro país y cumple con los requerimientos de investigación establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Carrera de Agronomía, por lo que **RECOMIENDO SU PUBLICACIÓN.**

Sin otro particular.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. MSc. Juan Alfredo Bolaños González
REVISOR
Colegiado Activo 2777

Juan A. Bolaños González
INGENIERO AGRÓNOMO
Colegiado No. 2777

Calle Rodolfo Robles 29-99 zona 1, Quetzaltenango Guatemala.

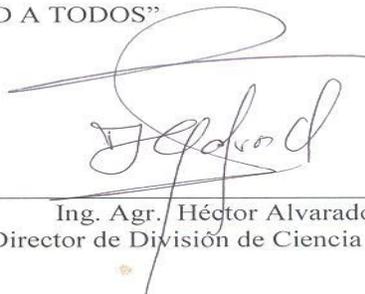
*Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 012-AGR-2014 de fecha veinticuatro de octubre del año dos mil catorce del (la) estudiante: **VELVETH MAGALY ESCOBAR NELSON** con Carné No 7805277 emitida por el Coordinador de la Carrera de **AGRONOMIA**, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp.*) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA-CIAL, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.”.

Quetzaltenango, 24 de octubre de 2014.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

Quien recorrió conmigo, paso a paso este sendero; impulsándome, animándome, regocijándose junto a mí en los triunfos, enjugándome las lágrimas en algún tropiezo, y con quien hoy juntos celebramos este éxito profesional, y de quien seguiré de la mano en el camino de la vida.

A MIS PADRES:

Federico Guillermo Escobar Palmieri

Bertha Graciela Nelson de Escobar

(Que en paz descansen). Por la formación y valores que me inculcaron.

A MIS HIJOS:

y

A MIS NIETOS:

Astrid Magaly

Astrid Margarita

Jose Miguel

José Luis

Pablo Guillermo

karin Michelle

Gracias por existir y ser el motor que mueve mis deseos de superación.

A MI HERMANO:

José Herrera Nelson

Por su apoyo y cariño.

A MI FAMILIA DE SANGRE Y EN LA FE:

Por sus muestras de solidaridad y cariño.

A MIS DOCENTES:

Por sus enseñanzas y amistad.

A MI ASESOR:

Ing. Roberto Morales Lima, por su invaluable labor de asesoría y apoyo para le realización de este trabajo, y por ser un auténtico tutor y amigo

A MIS COMPAÑERAS:

Por tantos recuerdos y momentos compartidos, en especial a Marisol, Betty, Mayra, Sandra, Montserrat, Marielos, etc, etc.

A MI PAÍS GUATEMALA

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma influyeron en mi formación profesional y en la realización de este sueño.

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RESISTENCIA DE TRES VARIEDADES DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) FRENTE A LAS INFECCIONES CON
NEMÁTODOS DEL QUISTE (*Globodera Spp*), BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS DE LABORATORIO, LABOR OVALLE, ICTA- CIAL,
OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO.**

INDICE GENERAL		Pág.
Resumen		1
1. Introducción		2
1.1. Hipótesis		4
1.2. Objetivos		5
1.2.1. General		5
1.2.2. Específicos		5
2. Marco teórico		6
2.1. Origen de las infecciones de nemátodos en la papa (<i>solanum tuberosum</i> l)		6
2.2. Importancia del cultivo de la papa en Guatemala		6
2.3. Descripción de la papa (<i>solanum tuberosum</i> l)		6
2.3.1. Descripción botánica		6
2.3.2. Clasificación taxonómica de la papa		7
2.3.3. Clima		8
2.3.4. Propagación		8
2.3.5. Valor nutritivo		8
2.3.6. Principales zonas de producción		8
2.3.7. Principales variedades cultivadas		9
2.3.8. Enfermedades e insectos del cultivo de la papa		9
2.4. El cultivo de la papa y los nemátodos del quiste		9
2.4.1. Características de los nemátodos del quiste de la papa		9
2.4.1.1. Morfología		9
2.4.1.2. Anatomía		10
2.4.1.3. Biología y ciclo de vida		12
2.4.1.4. Características parasíticas de los nemátodos		15
2.4.1.5. Síntomas y daños causados por los nemátodos		15
2.5. Resistencia		16
2.5.1. Naturaleza de la resistencia		17
2.5.2. Evaluación de la resistencia en papa a los nematodos del quiste, bajo condiciones controladas de laboratorio.		18
2.5.2.1. Prueba de macetas		18
2.5.2.2. Inóculo		19
3. Materiales y métodos		20
3.1. Marco referencial		20
3.2. Metodología		20
3.2.1. Descripción del trabajo de investigación.		20
3.2.2. Diseño experimental.		22
3.2.3. Descripción de los tratamientos.		22
3.2.4. Modelo estadístico.		23
3.2.5. Croquis del ensayo de campo		23
3.2.6. Unidad experimental		23
3.2.7. Variable de respuesta		24
3.2.8. Recursos		24
4. Análisis y discusión de resultados.		25

5. Conclusiones	33
6. Recomendaciones	34
7. Bibliografía	35
8. Anexos	37

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición química de la papa.	8
Cuadro 2. Características para identificar especies de nemátodos del quiste de la papa.	11
Cuadro 3. Arreglo combinatorio entre variedades y dosis de inóculo.	22
Cuadro 4. Presupuesto.	24
Cuadro 5. Recuento de quistes por tratamiento.	25
Cuadro 6. Medias de los tratamientos por variedad.	26
Cuadro 7. Análisis de varianza.	26
Cuadro 8. Prueba Tukey para las variedades	27
Cuadro 9. Prueba Tukey para las dosis de inóculo	28
Cuadro 10. Tasa de multiplicación de la población de nemátodos (TMPN)	29
Cuadro 11. Tasa de multiplicación de huevos/tratamiento	29

INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Dinámica poblacional de quistes según medias de reproducción en las tres variedades evaluadas.	27
Gráfica 2 Dinámica de multiplicación de quistes según dosis iniciales.	28
Gráfica 3 Comparación entre número de quistes iniciales y finales	30

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Anatomía de la boca del nemátodo	12
Fig. 2 Anatomía interna del nemátodos	13
Fig. 3 Ciclo de vida de los nemátodos del quiste	14
Fig. 4 Prueba del vaso (maceta)	18
Fig. 5 Hembras de <i>G. rostochiensis</i> sobre raíces de papa	19
Fig. 6 Croquis del ensayo de campo	23

INDICE DE FOTOGRAFÍAS		Pág.
Foto 1	Laboratorio de Protección vegetal ICTA Región VI	38
Foto 2	Acetona: medio de flotacion para quistes	38
Foto 3	Muestra de suelo etiquetada, infestada con quistes.	38
Foto 4	Materiales para la flotación de quistes.	38
Foto 5	Llenado de frascos con tierra y acetona para flotación de quistes	39
Foto 6	Flotación de quistes	39
Foto 7	Quistes de nemátodo dorado colectados en la flotación	39
Foto 8	Observación y selección de quistes para inóculo	39
Foto 9	Quistes seleccionados	39
Foto 10	Colecta de quistes seleccionados	39
Foto 11	Maceracion de quistes	40
Foto 12	Dilución de material macerado en agua	40
Foto 13	Conteo de huevos	40
Foto 14	Siembra de semilla de papa e inóculo en suelo estéril	40
Foto 15	Distribucion de las unidades experimentales	41
Foto 16	Distribucion de las unidades experimentales	41
Foto 17	Identificacion de variedades de papa	41
Foto 18	Etiquetado de unidades experimentales	41
Foto 19	Brotación de raíces	42
Foto 20	Supervisión de desarrollo y crecimiento de las plantas	42
Foto 21	Defoliación de matas	42
Foto 22	Vaciado de recipientes y secado del suelo	42
Foto 23	Separación de raíces y mullido del suelo	42
Foto 24	Raspado de residuos de suelo	42
Foto 25	Colecta de residuos	43
Foto 26	Proceso de flotación de quistes finales por unidad experimental	43
Foto 27	Colecta de quistes finales	43
Foto 28	Almacenamiento de quistes por unidad experimental	44
Foto 29	Almacenamiento de quistes totales	44
	Cosecha de tubérculos por variedad	44
Foto 30	Loman	44
Foto 31	Día 71	44
Foto 32	Tollocan	44

INDICE DE MAPAS		Pág.
Mapa 1.	Palestina de Los Altos, Quetzaltenango	45
Mapa 2.	Localización de instalaciones de ICTA región IV	46

RESUMEN

El presente documento contiene la investigación determinación del grado de resistencia/susceptibilidad a las infecciones con nemátodos del quiste *Globodera Spp.*, realizada a tres variedades de papa (*Solanum tuberosum l*) Loman, Día 71 y Tollocan, siendo estas las más cultivadas por los agricultores del altiplano guatemalteco.

Dicho trabajo se realizó en el Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI, Labor Ovalle, Olinstepeque, Quetzaltenango, con el fin de determinar el grado de resistencia a la multiplicación de quistes de *Globodera Spp* o PQP (propágulos del quiste de la papa), con inóculo proveniente de la localidad de Nuevo Panorama, del municipio de Palestina de los Altos del departamento de Quetzaltenango, localizada a 3050 msnm; evaluando la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN), la cual se determinó con la densidad de población de quistes al final del ciclo del cultivo/densidad de población antes de la siembra; lo cual generalmente brindó un dato resultante > 1 que indica susceptibilidad y un valor < 1 que revela resistencia. (5).

Se realizó una prueba de resistencia con inóculo de las zonas de producción emplazadas por encima de los 3000 msnm en razón de que los rendimientos del tubérculo de papa han descendido por encima del 80% (de 69Ton/Ha a 3.5 Ton/Ha), motivo por el que algunos agricultores mejor han tomado de la decisión de abandonar el cultivo (6).

El bioensayo se dispuso en diseño bi-factorial 3*3, con una distribución completamente al azar, con 9 tratamientos y 10 repeticiones; la unidad experimental (UE) constó de una planta de papa alojada en un recipiente de 400 cc de capacidad, evaluándose el Factor "A" constituido por las variedades (Loman, Día 71 y Tollocan), y el Factor "B" constituido por los niveles de infección (15, 20 y 25 quistes/UE); la variable de respuesta a medir fue la tasa de multiplicación de la población de nematodos TMPN.

La determinación de resistencia se estableció al efectuar el cálculo de la TMPN, en donde los resultados obtenidos mostraron que para los tratamientos se presentó una media general de multiplicación de quistes de 35.40, lo cuales > 1 , determinándose en base al protocolo del Centro Internacional de la Papa (CIP), que: ninguna de las variedades evaluadas presentó resistencia a las infecciones con PQP, razón por la que se acepta como válida la hipótesis H_0 planteada la cual literalmente dice que "Ninguna de las tres variedades en evaluación presentará resistencia a las infecciones del suelo causadas por los propágulos del quiste de la papa", por lo que la estrategia de control de esta plaga consiste el cultivo bajo el enfoque de manejo integrado y agroecológico.

1. INTRODUCCION

Los nemátodos formadores del quiste, pertenecientes al género *Globodera* Spp., están ampliamente distribuidos en el mundo, su presencia afecta de forma negativa la comercialización internacional de tubérculos y sus derivados, por que imponen cuarentenas a los países infectados. Su tipología de daños es variada y causan pérdidas directas en rendimiento hasta de 2 Ton/Ha cuando la infestación se aumenta a 20 huevos/gramo de suelo, y cuando llegan a infectar un suelo, resulta muy difícil erradicarlos, (4).

Entre los métodos de control tenemos la rotación de cultivos, equivalente a no cultivar papa (*Solanum tuberosum* L), durante varios años en ese suelo ya que la población de nemátodos se reduce drásticamente al interrumpir su ciclo de vida; dicha reducción, puede llegar a ser mayor que cuando se rota con un cultivo no hospedero o que cuando se deja la tierra en descanso, se estima que sembrar variedades resistentes de papa es un método de control muy efectivo, y resulta menos costoso para el agricultor que otras medidas de control, no perjudica al ambiente, reduce la diseminación de los nemátodos, y mantiene los niveles de infestación dentro de un rango tolerable (4), y finalmente el control químico es costoso, peligroso y no tan efectivo. (5).

En Guatemala se cultivan alrededor de 39 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L), con diferentes formas, tamaños y colores del tubérculo, pero el comercio se ha inclinado hacia la variedad Loman por sus excelentes cualidades nutricionales y versatilidad de formas de preparación y aceptación en el mercado local y extranjero. En menor cantidad se cultiva la variedad Día 71 para bastones y Tollocan, que es apreciada por una minoría del mercado nacional; estas tres variedades propuestas en esta investigación, comparten características climatológicas lo que las hace comunes en el área de estudio, (6).

Según el artículo publicado en el periódico Prensa Libre de Guatemala, con fecha uno de noviembre de dos mil doce, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) negó la existencia de la plaga , luego de que se encontrara producto infectado con propágulos del nemátodo del quiste (PQP) en un camión de ruta Guatemala – Honduras; en tal sentido en Guatemala son muy pocos los intentos que se han hecho para diagnosticar el problema de la presencia de esta plaga; en estos estudios se ha encontrado que el principal clon de papa usado por el productor es Loman, el cual es cultivado por cerca del 80% de los agricultores, por lo que se realizó un estudio de patogenicidad y la respuesta de Loman fue la de restringir el incremento de las poblaciones de quistes. (6)

Esta restricción impidió hacer los estudios para determinar la presencia de enfermedades del quiste en este cultivo. Este dato es de vital importancia para la cadena productiva y de comercialización, pues con el resultado obtenido se cree que Loman es resistente, lo cual debe comprobarse con más experimentación (6).

El altiplano guatemalteco tiene condiciones agroecológicas aptas para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), pero igualmente en zonas emplazadas con elevaciones por encima de los 3000 msnm se da la aparición del ataque de nemátodos formadores del quiste, los que a menudo causan pérdidas económicas en diversas regiones hasta por encima del 80% en el rendimiento del cultivo. (6)

La forma de comprobar la resistencia en plantas de la variedad Loman es a través de ensayos que permitan someterla a altos niveles de infección con PQP y compararla con otras variedades utilizadas en la región (6), como las propuestas en este estudio, pues al documentar sus capacidades biológicas, servirá como base en futuros estudios de mejora genética que den como resultado variedades genéticamente resistentes, lo cual beneficiara a los agro productores de papa.

Ante el avance de una de las plagas que afectan severamente los rendimientos y el cultivo de las variedades usadas en la producción del tubérculo comercial de papa en el altiplano guatemalteco, se propuso el presente trabajo denominado “Determinación del grado de resistencia de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) frente a las infecciones con nemátodos del quiste (*Globodera Spp*), bajo condiciones controladas de laboratorio, labor Ovalle, ICTA-CIAL, Olinstepeque, Quetzaltenango”, esperando que sea un material de consulta y referencia que contribuya al desarrollo de tecnologías tendientes al mejoramiento agronómico y genético del cultivo de la papa en Guatemala.

Este bioensayo se dispuso en diseño Bi-factorial 3*3, con 9 tratamientos y 10 repeticiones; la unidad experimental (UE) constó de un recipiente de 400 cc de capacidad. El Factor “A” Variedades (Loman = C1, Día 71=C2 y Tollocan=C3), El Factor “B” niveles de infección (N1=15, N2=20 y N3=25 quistes). La variable de respuesta a medir fue la TMPN, (tasa de multiplicación de la población de nemátodos), la cual se obtuvo con el cociente resultante de dividir el número de quistes al final del ciclo del cultivo dentro del número de quistes existentes en el momento de la siembra (dosis de inóculo), para cada tratamiento; los resultados obtenidos demostraron que la media general de multiplicación de quistes fue de 35.40, lo cual es > 1 , determinándose en base al protocolo del CIP, que: ninguna de las variedades evaluadas presentó resistencia a las infecciones con PQP, ya que los tres niveles de infección de inóculo propiciaron la multiplicación de las poblaciones de nemátodos, y, se recomienda para futuras investigaciones utilizar dosis o niveles de inóculo superiores e inferiores a los manejados en este estudio, con el fin de obtener los umbrales máximos y mínimos locales, en la reproducción de los propágulos del quiste de la papa, PQP y así poder tomar medidas preventivas y de control que puedan mantener la plaga de nemátodo del quiste (*Globodera Spp*), en niveles tolerables o fuera de la zona peligrosa (entre 0.5 y 1.5 quistes/gr de suelo) para el cultivo.

1.1. HIPOTESIS:

H₀ 1 Ninguno de los tres niveles de infección de inóculo propiciará la multiplicación de las poblaciones de nemátodos entre la densidad poblacional inicial y la densidad poblacional al final del ciclo de cultivo en las tres variedades propuestas.

H₀ 2. Ninguna de las tres variedades en evaluación presentará resistencia a las infecciones del suelo causadas por los propágulos del quiste de la papa.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL

Generar conocimiento sobre el tema de infestación de suelos con nemátodos del quiste (*Globodera Spp*), en el cultivo de tubérculo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en Guatemala.

1.2.2. ESPECIFICOS

- Determinar la tasa de multiplicación de la población de nemátodos TMPN utilizando la densidad poblacional inicial (inóculo) y la densidad poblacional al final del ciclo del cultivo en las variedades Loman, Día 71 y Tollocan.
- Establecer el grado de resistencia de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*), a las infecciones del suelo causadas por los propágulos del quiste de la papa PQP, bajo condiciones de laboratorio.

2. MARCO TEORICO

2.1. Origen de las infecciones de nemátodos en la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Según Henkes y Dunn 1,981 las primeras siembras estuvieron cercanas a las orillas del lago Titicaca, entre las fronteras de Perú y de Bolivia. En Europa fue Introducida en el año de 1,570; actualmente su consumo se ha extendido, formando parte de la dieta alimenticia en varios países del mundo (12). El centro de origen de la papa *Solanum tuberosum* L. y sus parientes más afines se encuentra en América, y su distribución es desde el Sur-Oeste de Estados Unidos de Norteamérica hasta las islas mojadas de los Chonos (12). A lo largo de toda la cordillera andina se encuentra una gran variabilidad de especies y entre ellas 176 son silvestres, sólo siete cultivadas, encontrándose la mayor variabilidad de especies en los andes peruanos bolivianos, por lo que se dice que esta planta es originaria de estos lugares pero también existen centros secundarios en algunas áreas de Mesoamérica (México y Guatemala) (12).

2.2. Importancia del cultivo de papa en Guatemala

Según el documento, La Papa, un alimento con tradición nutrición y sabor publicado por la FAO 2012, el cultivo de la papa en Guatemala tiene gran relevancia porque genera empleo rural, especialmente para las familias rurales que se dedican a su producción, dinamiza la economía local, constituye un elemento importante de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), por lo que se le considera un tesoro en las áreas en donde se produce (4).

La papa es un alimento que posee diversas ventajas y virtudes, entre ellas, su valor nutritivo, la diversidad de formas de consumo, la diversidad de variedades criollas y mejoradas que se cultivan, su alto rendimiento por unidad de área y fácil manejo, además este cultivo es una oportuna alternativa de alimento ante la crisis alimentaria (4).

2.3. Descripción de la papa *Solanum tuberosum* L. (7)

2.3.1. Descripción botánica

Es una planta herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos, con hojas alternas, simples, sin estípulas; con flores bisexuales, actinomorfas, el fruto es una baya, a partir del extremo de un estolón se forman los tubérculos cargados de almidón (7).

- a) **Raíces: son fibrosas**, muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.
- b) **Tallos:** son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yerma del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociánicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo.
- c) **Rizomas:** son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias y producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo éstos ovales o redondeados.
- d) **Tubérculos:** son los órganos comestibles de la patata. Están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.
- e) **Hojas:** son compuestas, imparipinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada.
- f) **Inflorescencias:** son cimosas, situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral.
- g) **Frutos:** en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm. de diámetro, que se tornan amarillos al madurar (7).

2.3.2. Clasificación taxonómica de la papa (10).

Reino: Vegetal
 División: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida
 Subclase: Asteridae
 Orden: Solanales
 Familia: Solanaceae
 Género: Solanum
 Especie: *tuberosum* L.
 Variedades: Loman, Día 71 y Tollocan. (7)

2.3.3. Clima

La papa se produce en climas templados y fríos adaptándose bien a alturas comprendidas entre los 1,000 a 2,400 msnm, con temperaturas óptimas para un buen desarrollo de 16 a 24 °C hasta un mínimo de 12 °C (12).

2.3.4. Propagación.

Su propagación es típicamente asexual, por medio de tubérculos o fragmentos (yemas rudimentarias) (12).

2.3.5. Valor nutritivo.

Se considera un alimento energético ya que es fuente de carbohidratos, proteínas de buena calidad, vitamina y minerales, en 100 gr. de papa se encuentran los siguientes nutrientes:

Cuadro 1.

Composición química de la papa (*Solanum tuberosum*)

Componente fresco		gr./100 gr. de peso	
Carbohidratos totales	17.4	Proteína	2.7
Grasas	0.1	Calcio (mg./100g)	14.7
Fósforo (mg./100g)	89.0	Hierro (mcg/100g)	0.8
Tiamina (mcg/100g)	52.6	Niacina (mg/100g)	1.4
Fibra cruda	0.6	Riboflavina (mcg/100g)	33.7
Sólidos totales	22.6	Cenizas (g)	0.9
Vitamina C	19.5	Agua	77.4

Fuente: Christiansen, J.A. Vargas Machuga, "La papa su utilización" (2)

La composición química puede variar de acuerdo al clima, fertilidad del suelo y algunas otras condiciones que favorezcan a la formación de un buen tubérculo (2); y una papa de tamaño mediano (aproximadamente 70 gr.) contiene alrededor de la mitad de los requerimientos diarios de vitamina C para una persona adulta (4).

2.3.6. Principales áreas de producción.

De acuerdo a las condiciones bioclimáticas de las regiones, dentro de las áreas óptimas para el cultivo de la papa se encuentran los siguientes departamentos: Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Totonicapán, Guatemala, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Jutiapa y Jalapa (10).

2.3.7. Principales variedades cultivadas

Las variedades de papa que más se cultivan en Guatemala son: Loman Atzimba, Tollocan y Atlantic (10).

2.3.8. Enfermedades e insectos del cultivo de la papa

A los cultivares de papa los atacan diversas enfermedades provocadas por distintas causas entre las que se puede citar: Enfermedades bacterianas, fungosas, virales, fitoplasmas, enfermedades causadas por ambiente adverso, insectos. (12).

2.4. El cultivo de la papa y los nemátodos del quiste

Los nemátodos del quiste, *Globodera rostochiensis* y *G. Pallida* son animales microscópicos que parasitan la raíz, por muchos años han coevolucionado con este cultivo y se encuentran distribuidos casi en todo el mundo (12).

Centroamérica estuvo libre de la presencia del nemátodo dorado hasta finales del año de 1,967; en el año de 1,980 se realizó un estudio en Guatemala y no se encontró la presencia de dicho nemátodo, pero en el año 2,001, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras prohibió el ingreso temporal de papa procedente de Guatemala, por sospecharse que el nemátodo dorado de la papa se encontraba presente en este país (12).

Debido a las pérdidas económicas que provoca este nemátodo en el cultivo de la papa, en algunos países en donde no se reporta esta plaga adoptan medidas de protección cuarentenarias hacia los países afectados por la plaga, y van dirigidas especialmente a productos y sub-productos de plantas hospederas como el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), berenjena (*Solanum melongena*) (12).

Siendo que los nemátodos fitoparásitos representan una de las plagas más importantes en la agricultura, su amplia distribución y su condición de microorganismos polífagos, representa un factor negativo sobre la economía agrícola, afectando la calidad de los productos de consumo como la papa (12).

A esto, el nemátodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens, es la especie considerada como una de las más importantes por sus características patogénicas y epifíticas, estando ampliamente distribuida en el mundo (12).

2.4.1. Características de los nemátodos del quiste de la papa

2.4.1.1. Morfología:

Los nemátodos son gusanos filiformes del grupo de los nematelmintos, con el cuerpo sin segmentar, revestidos de una piel dura (cutícula) y con simetría bilateral. Son organismos microscópicos de 300 a 1000 μm , siendo algunos mayores a 4 μm de longitud por 15 a 35 μm , de ancho (1).

Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas u otros apéndices, sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides (1).

2.4.1.2. Anatomía:

El cuerpo de un nemátodo es más o menos transparente, cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles, esta cutícula presenta la muda cuando los nemátodos pasan a través de sus etapas larvarias sucesivas, dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales (1).

Estos músculos permiten que el nemátodo pueda moverse; en la boca y a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados (12).

La cavidad del cuerpo contiene un líquido a través del cual se efectúa la circulación y la respiración del nemátodo, el sistema digestivo es un tubo hueco que se extiende desde la boca, pasando por el esófago hasta el intestino, el recto y el ano, por lo regular existen seis labios que rodean a la boca (12).

Todos los nemátodos poseen un estilete hueco o lanza que utilizan para perforar las células vegetales, tienen un sistema reproductor bien desarrollado. Las hembras poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común en el intestino. En el macho hay un par de espículas copulatorias sobresalientes (12).

Los nemátodos del quiste de la papa pertenecen a la clase *Nematoda*, recientemente fueron asignados al género *Globodera* debido a la forma redonda, globular, de sus quistes (antes pertenecían al género *Heterodera* cuyos quistes tienen la forma característica de limón); once son las especies de *Globodera* que afectan a plantas de diversas familias (12). A la papa la atacan 2 especies: *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*; ambas especies se conocen comúnmente

con el nombre de “nemátodo dorado de la papa”, anguílulas de las raíces de la papa, o nemátodos del quiste de la papa (5).

La diferencia más obvia entre ambas especies es el color de las hembras inmaduras, la *G. rostochiensis* son amarillas o doradas y de allí su nombre de nemátodo dorado; y las de *G. pallida* son de color blanco o crema; con la característica que ambas especies forman quistes de color marrón (5).

Cuadro 2.

Características utilizadas para identificar especies de nemátodos del quiste

Color: (Hembras)	Amarillo dorado	Blanco o crema
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 < 19	Generalmente >19
	19.4±2.4µ	25.7±2.8µ
Quistes:		
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	2.1±0.9µ
	Generalmente > 3	Generalmente <3
Macho:		
Longitud de la espícula	36±2µ	40±2µ
Segundo Estado Juvenil		
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±00.2µ	5.22±0.4µ
Forma del nódulo del estilete	Dirigido hacia atrás	Proyectado hacia delante
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

Fuente: Franco, J. Nematólogo CIP.

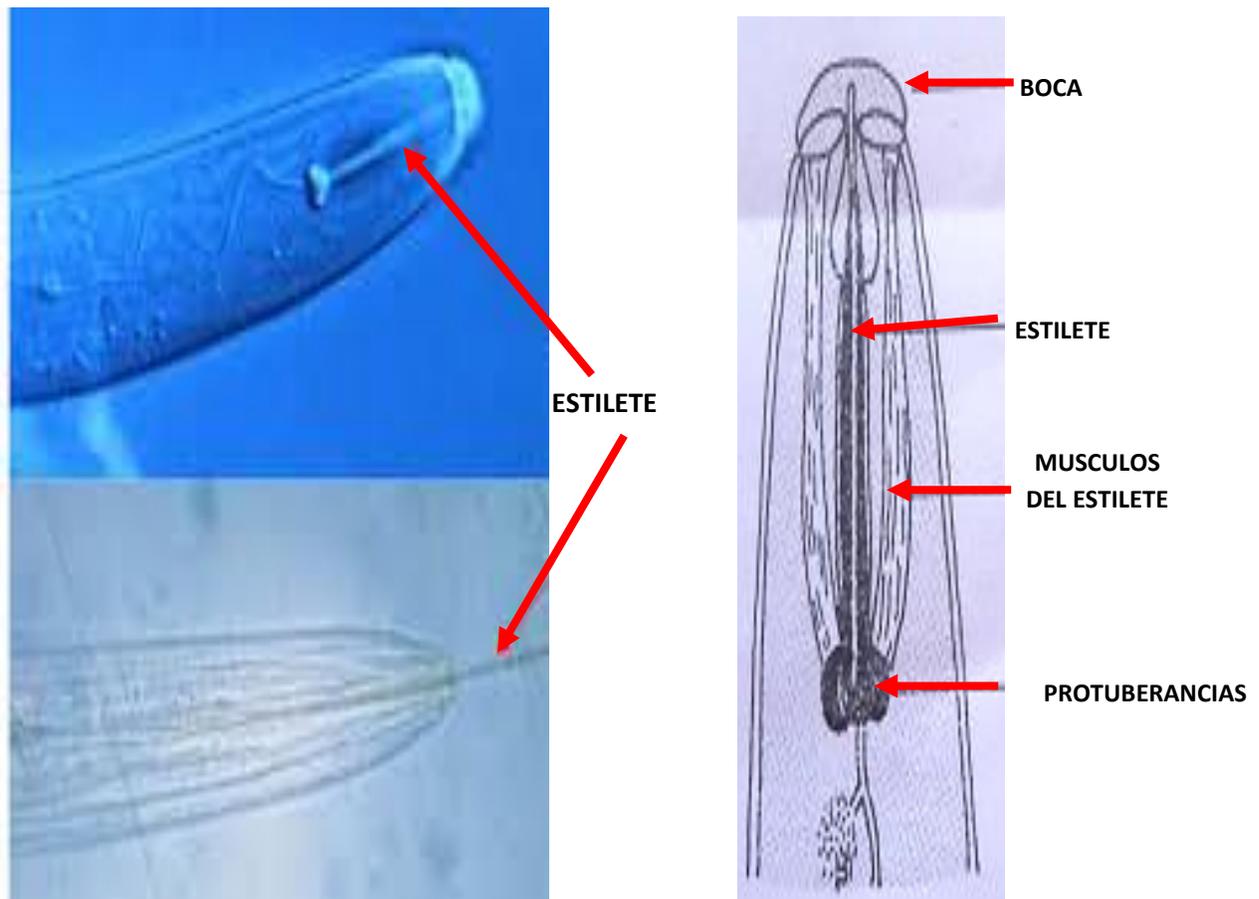
2.4.1.3. Biología y ciclo de vida:

El ciclo de vida de la mayoría de los nemátodos fitoparásitos, por lo general es bastante semejante, los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los s adultos. Las larvas aumentan de tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda (12).

El segundo estado juvenil es característico para la morfología de los nematodos, pues en este estado es semejante a un gusano redondo y elongado; el canal digestivo consta de boca, esófago, intestino, recto y ano (5).

Es característico un estilete dentro de la boca, el cual consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento el cual pasa al tubo esofágico que contiene el bulbo medio (5).

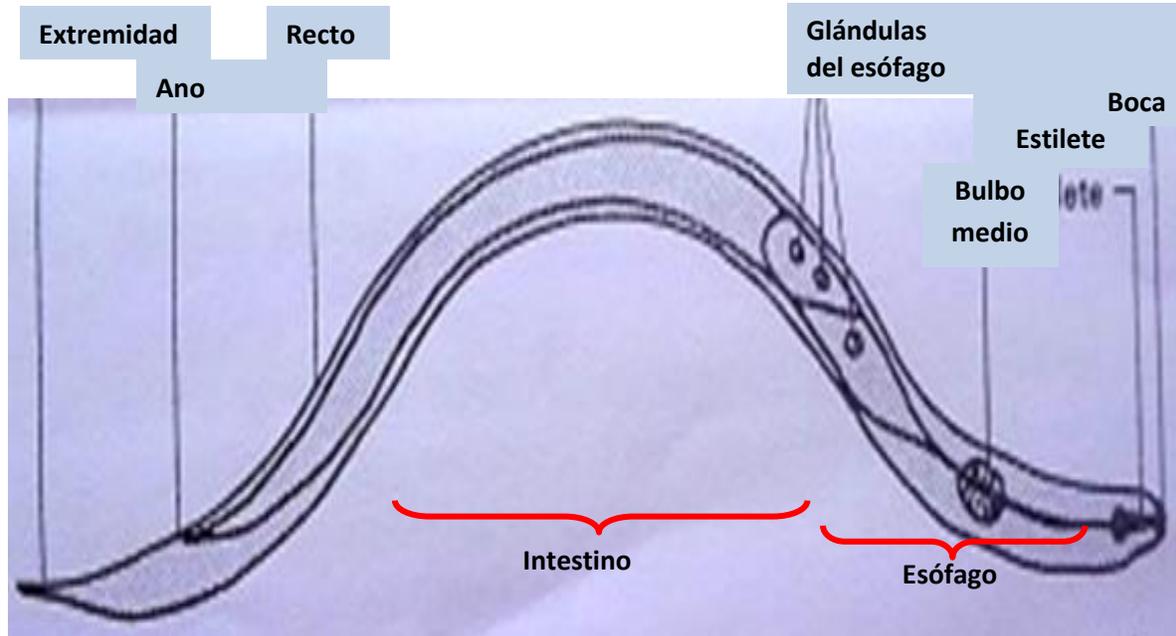
Figura No. 1. Anatomía de la boca del nematodo.



El intestino es un órgano de almacenamiento, normalmente lleno de glóbulos de una sustancia grasosa. El intestino se estrecha para formar el recto y termina en el ano. Con ayuda de músculos y una válvula, el bulbo medio funciona como

una estación de bombeo que impulsa el alimento hacia el intestino. Después del bulbo medio hay 3 glándulas del esófago que forman un bulbo terminal (5).

Figura 2. Anatomía interna del nematodo.



Los machos conservan su forma de gusano redondo y elongado. Cuando han madurado miden aproximadamente 1 mm de longitud, (5).

El cuerpo de la hembra, al madurar, se ensancha y después de su muerte se convierte en un quiste duro, de la consistencia del cuero (2).

Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0.5 y 1mm de diámetro, presentan una pequeña prominencia que corresponde a lo que era la cabeza, la cual estaba adherida a las raíces (5).

La ausencia de hospedantes apropiados ocasiona la muerte de todos los individuos de ciertas especies de nemátodos al cabo de unos cuantos meses, pero en otras especies las etapas larvarias pueden desecarse y permanecer en reposo en el suelo durante años (12).

A diferencia de los insectos, las "larvas" de los nemátodos pasan por sus diferentes etapas de desarrollo sin presentar cambios en su aspecto exterior, por lo cual a estas fases se les llama *estados juveniles*. (5)

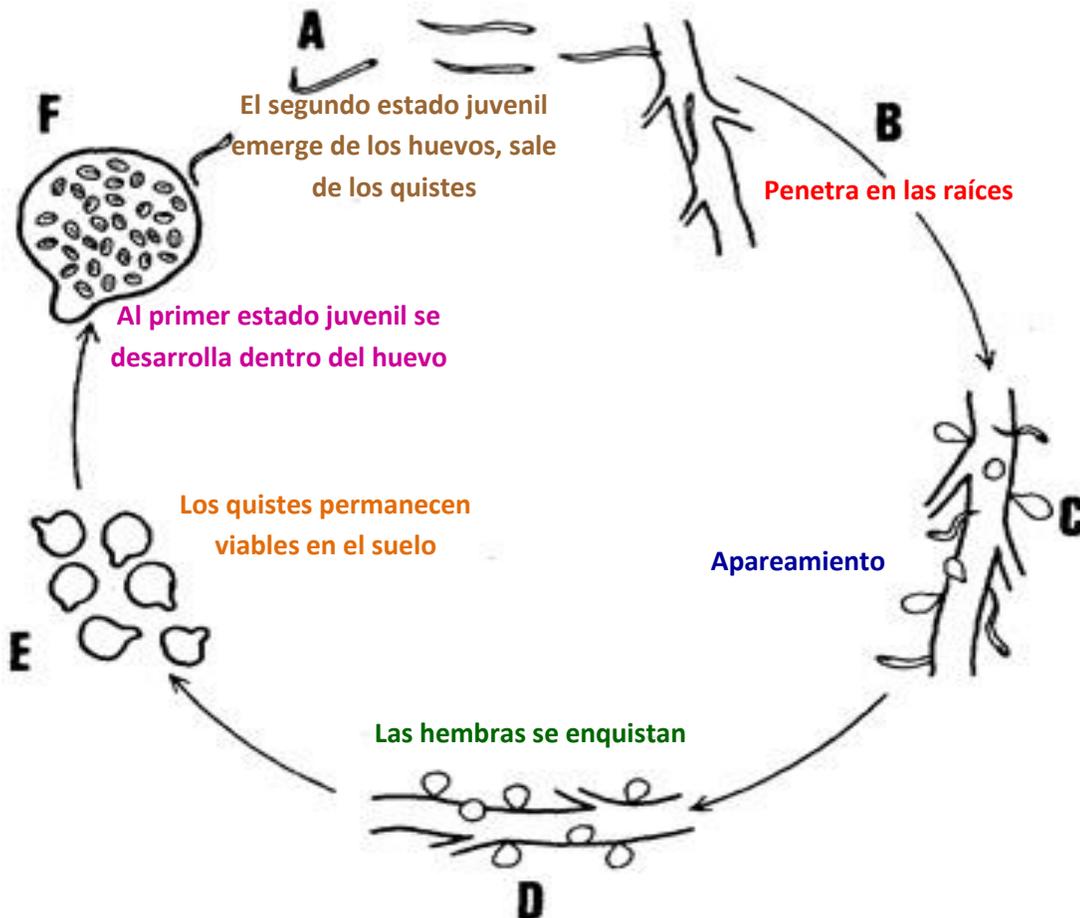
El ciclo de vida empieza cuando los nemátodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos por el estímulo de una sustancia que exudan las raíces en crecimiento. Algunos huevos permanecen en el quiste y emergen en la siguiente temporada. (5)

Atraídos por los exudados, los nemátodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetran en ellas y allí viven y se alimentan durante dos mudas o cambios adicionales (5).

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 esta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido (5).

Los machos conservan su forma elongada como de gusano y abandonan la raíz, localizan a las hembras y se aparean con ellas (5).

Fig. 3. Ciclo de los nemátodos del quiste o Globodera Spp



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 (5). 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 cuando quiera que se siembre papa y se produzca el estímulo del exudado de la raíz y este seguro el alimento (5).

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 a la hembra alimento permanente. Los sincitos son necesarios para el desarrollo de los nemátodos. Por otro lado, el desarrollo y sustento de los sincitos compite con el crecimiento de la planta (5).

2.4.1.4. Características parasíticas de los nemátodos

Un nemátodo para que pueda ser considerado parásito debe de cumplir con ciertas características:

- a. Que esté morfológicamente adaptado al parasitismo de las plantas (presencia de estomatoestilete, odontoestilete u onchoestilete) y el tipo de esófago por su actividad enzimática.
- b. Que el nemátodo se alimente de las plantas con una acción continua de su estilete, ya que puede alimentarse ocasionalmente y no ser parásito de plantas.
- c. Que el nemátodo se reproduzca en la planta o en su rizósfera, está es la condición más importante (12).

2.4.1.5. Síntomas y daños causados por los nemátodos

a. Síntomas aéreos

Los nemátodos del quiste de la papa no ocasionan inmediatamente síntomas aéreos, y pueden permanecer por años en el suelo sin que se detecte su presencia. (12)

El primer síntoma es un crecimiento retardado de la planta, en uno o más puntos del campo, los cuales se agrandan cada vez que se siembre papa en este campo, 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 (12).

El follaje se vuelve amarillento, hay achaparramiento de la planta, pero estos síntomas no pueden servir para el diagnóstico. Un examen cuidadoso de las raíces puede revelar la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden 0.5 a 1 mm de diámetro y tiene color blanco, amarillo o marrón. El color depende de

la especie de nemátodo y del grado de madurez de las hembras que forman los quistes que se desprenden fácilmente de las raíces (12).

b. Síntomas en las raíces

La mayoría de los daños causados por los nemátodos parecen ser ocasionados por una secreción de saliva que el inyecta a la planta al alimentarse, la rapidez de la alimentación es apreciable en algunas especies, en algunas otras la alimentación es más lenta y pueden permanecer por horas o días en la misma posición; estas especies así como las hembras que se establecen dentro o sobre las raíces, son las que causan mayores daños (12).

El desarrollo y el sustento que proporcionan los sincitos a las hembras de nemátodo, compiten con el crecimiento de la planta, además; los nemátodos causan estrés hídrico y disturban el metabolismo de los nutrientes (5).

La relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste está definida por:

- b.1. La resistencia que posea la variedad de papa,
- b.2. La tolerancia que posea la variedad de papa,
- b.3. La patogenicidad del nematodo.

Esta relación puede ser afectada por factores ambientales tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento (5).

2.5. 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 (5). Según su grado de resistencia una planta de papa puede contribuir a la multiplicación de los nemátodos o a su disminución.

La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nemátodos 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 nemátodos (TMPN) expresándose de la siguiente forma:

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

Donde generalmente $TMPN > 1$ indica susceptibilidad
 $TMPN < 1$ indica resistencia

La resistencia conduce a una reducción de la población de nemátodos. La resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes (5).

Existen 2 tipos de resistencia:

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

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 nemátodos (16).

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 nemátodos y a mantener la infestación dentro de niveles tolerables (16).

2.5.1. Naturaleza de la resistencia:

Bajo el estímulo de un exudado de la raíz, el Segundo estado juvenil de los nemátodos 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 (16).

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 nemátodos del quiste; es independiente de la resistencia. Las variedades de plantas tolerantes, tienen la capacidad de recuperarse del daño ocasionado por nemátodos, pero no ayuda a disminuir la población de los mismos (5).

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 (5).

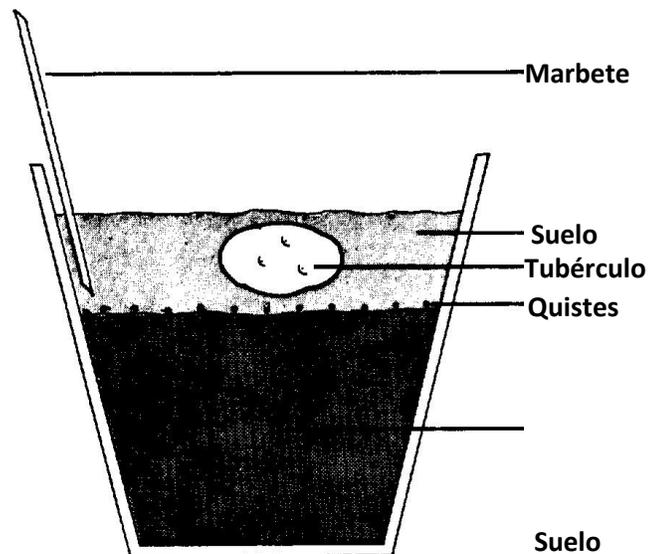
2.5.2. Evaluación de la resistencia en papa a los nemátodos del quiste, bajo condiciones de laboratorio

2.5.2.1. Prueba de macetas

Un programa de evaluación puede emplear la prueba de macetas, que requiere materiales e instalaciones especiales para el trabajo nematológico, esta prueba (proveniente de tubérculos o de semillas botánicas) sembradas en macetas y bajo condiciones controladas o de laboratorio, se somete a una cantidad estandarizada de inóculo (16).

Esta prueba es más confiable que la de campo, requiere pocas plantas y permite evaluar mayor número de variedades. Para hacerla se necesita cierto entrenamiento, instalaciones, y materiales tales como inóculo, macetas, tubérculos o plántulas y suelo estéril lo cual no resultó difícil de realizar y conseguir para este trabajo (16).

Fig. 4. Prueba del vaso (maceta)



2.5.2.2. Inóculo

El inóculo consiste en quistes viables, estos se obtienen de campos infestados naturalmente o de macetas infestadas artificialmente, en las cuales se haya sembrado plantas de papa susceptibles. La infestación del suelo tanto en campo como en macetas se estima observando la presencia de hembras maduras sobre la raíces de variedades reconocidas como susceptibles (16).

Fig.5. Hembras de *G.Rostochiensis* sobre raíces de papa



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Marco referencial

La investigación se realizó en el Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI, Labor Ovalle, Olinstepeque, Quetzaltenango, cuya ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas 14⁰ 32' 10" Latitud Norte y 91⁰ 31' 52" Longitud Oeste con una altitud de 2,390 msnm, a la altura del kilómetro 3.5 de la carretera que conduce al municipio de Olinstepeque, Quetzaltenango.

3.2. Metodología

3.2.1. Descripción del trabajo de investigación

Se estableció un bioensayo en macetas de 400 cc de capacidad, el cual permitió evaluar la respuesta de tres variedades de papa a tres niveles distintos de inóculo de quistes de nemátodo dorado de la papa (*Globodera Spp*) o PQP.

Obtención del inóculo y semilla

El inóculo utilizado en la investigación, se obtuvo de muestras de suelo provenientes de la localidad Nuevo Panorama, del municipio de Palestina de los Altos, del departamento de Quetzaltenango, con las coordenadas. 14⁰ 56'30.8" Latitud Norte y 91⁰38'28.6" Longitud Oeste, con una altitud de 3,050 msnm.

Los "tubérculos-semilla de papa", fueron obtenidos de los agricultores de la zona de Palestina de los Altos; se incluyó la variedad Loman por los antecedentes obtenidos en un ensayo anterior en el cual no hubo multiplicación de PQP (6).

Separación de quistes

La extracción de los quistes de *Globodera Spp* de las muestras de suelo seco fue realizada por flotación por medio del método de "Fenwick". Los quistes se homogenizaron, clasificándolos por su forma esférica, tamaño aproximado de 0.5mm de diámetro y color dorado-marrón característico de los mismos. (fotografía 9).

Preparación del inóculo

- a) Se tomaron 50 quistes, los cuales fueron sometidos a maceración (fotografía 11), con el objeto de realizar conteo de huevos y así obtener el dato del contenido promedio de un quiste y la viabilidad de los mismos, (dato inicial), esto, para posteriormente realizar el cálculo de tasa de multiplicación de los mismos.

b) Se prepararon las dosis (15, 20 y 25 quistes), en sacos fabricados con papel servilleta estéril; 10 repeticiones de cada tratamiento para un total de 90 dosificaciones.

Preparación de la semilla

Se seleccionaron 30 unidades de tubérculos-semilla, de cada una de las tres variedades con uniformidad de tamaño y número de brotes.

Preparación de macetas

Se procedió a llenar las 90 macetas con turba estéril humedecida con agua, hasta dos tercios de su capacidad.

Siembra

- a) Se sembró un tubérculo por maceta, colocándose junto a estos los sacos o bolsas de papel servilleta estéril, conteniendo los niveles indicados de cuerpos infecciosos (fotografía 14).
- b) Se identificó cada maceta con la variedad de papa, nivel de infección y número de repetición (fotografía 18).
- c) Se cubrieron tanto los tubérculos-semilla, como los sacos conteniendo el inóculo con más turba estéril humedecida y se ubicaron las macetas según el croquis de campo. El contenido total de turba por maceta fue de 300gr.
- d) Se suministró agua por medio de riego con pipeta tres veces por semana y cuando así lo requirieron, esto para mantener la humedad del sustrato a su capacidad de campo y considerando el estado hídrico de las plantas (apreciación visual).
- e) El ensayo fue establecido en un ambiente de cuarto de laboratorio donde las fluctuaciones de las temperaturas variaron de $20^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{ C}$ y una humedad relativa que osciló alrededor del 40 y 65%.

Conteo de quistes finales

Una vez finalizado el tiempo requerido para el desarrollo fisiológico de las plantas, se procedió de la siguiente manera:

- a) A los noventa días después de la siembra (dds), se realizó la defoliación de las variedades Loman y Tollocan, procediéndose a extraer individualmente el suelo de cada maceta y colocándolo a secar en bandejas separadas

- b) debidamente etiquetadas. El suelo (turba) se secó al ambiente, (fotografías 21 y 22).
- b) A los ciento veinte días (dds), se realizó la defoliación de la variedad DIA 71 procediéndose de la misma forma que con las otras variedades.
- c) Una vez seco y mullido el suelo, a través del método de flotación de “Fenwick” se procedió a la separación de los quistes del suelo, una unidad experimental a la vez; realizando el conteo de los quistes finales de estas con la ayuda de un estereoscopio (Olympus) y un contador manual (fotografías 26-27). Se realizó la anotación de los resultados y se almacenaron los quistes debidamente etiquetados. (fotografías 28-29).
- d) Se determinó la población final de quistes promedio por cada tratamiento, se procedió a la anotación de los datos.
- e) Se realizó el cálculo de tasa de multiplicación de quistes por cada tratamiento, según el protocolo del CIP, con los datos obtenidos, Cuadro 4.

3.2.2. Diseño Experimental

El modelo matemático del experimento fue un Bi-factorial 3*3 con distribución completamente al azar, 9 tratamientos y 10 repeticiones.

3.2.3. Descripción de los tratamientos

Cuadro 3. Arreglo combinatorio entre variedades y dosis de inóculo

Variedades Inoculo	Tratamientos = 9		
	N1 15 quistes	N2 20 quistes	N3 25 quistes
C1 Var. Loman	C1N1	C1N2	C1N3
C2 Var. Día 71	C2N1	C2N2	C2N3
C3 Var. Tollocan	C3N1	C3N2	C3N3

Fuente: CIP

Factor A: Variedades

C₁ = Variedad Loman

C₂ = Variedad Día 71

C₃ = Variedad Tollocan

Factor B: Niveles de infección

N₁ = 15 quistes

N₂ = 20 quistes

N₃ = 25 quistes

3.2.4. Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = es el k-ésimo elemento perteneciente al j-ésimo nivel del factor B (niveles de infección) y al i-ésimo tratamiento del nivel del factor A (variedades).

μ = es la media general de los efectos.

A_i = es el efecto debido al i-ésimo efecto del factor A = variedades

B_j = es el efecto debido al j-ésimo nivel del factor B = niveles de infección de quistes

$(AB)_{ij}$ = es el efecto de la interacción entre i-ésimo nivel del factor B = niveles infecciones de quistes y el j-ésimo factor A = variedades de papa.

e_{ijk} = es el error experimental (14).

3.2.5. Croquis del ensayo de campo

Fig. 6. Croquis de campo

	REPETICIONES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C1N1 15 Quistes										
C1N2 20 Quistes										
C1N3 25 Quistes										
C2N1 15 Quistes										
C2N2 20 Quistes										
C2N3 25 Quistes										
C3N1 15 Quistes										
C3N2 20 Quistes										
C3N3 25 Quistes										

3.2.6. Unidad Experimental

Maceta plástica de 400 cc de capacidad.

3.2.7. Variable de respuesta

Tasa de multiplicación de la población de nemátodos = TMPN

La resistencia-susceptibilidad se determinó con la relación entre la densidad de población de quistes de nemátodos en el momento de la siembra, y su densidad de población al final de la temporada de cultivo, se realizó según la metodología propuesta por J. Franco en el protocolo del CIP (Centro Internacional de la Papa), esta relación permitió calcular la tasa de multiplicación de la población de nemátodos (TMPN); expresándose de la siguiente manera.

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}} < 1 = \text{resistente (R)}$$
$$> 1 = \text{susceptible (S)}$$

(Los niveles que se inocularon)

3.2.8. Recursos

Humanos:

- Investigador, asesor de la investigación, coordinación y supervisión Centro Universitario de Occidente carrera de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Físicos:

- Instalación del Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI, Labor Ovalle, Olinstepeque, Quetzaltenango.
- Equipo de laboratorio (cristalería e instrumentos).
- Materiales necesarios.

Económicos:

La investigación fue financiada por el instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola ICTA y estudiante de EPS. El presupuesto se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Presupuesto

Cantidad	Concepto	Monto
1	Materiales de bioensayo	Q. 1000.00
2	Depreciación del edificio, equipo y cristalería	Q. 2,000.00
3	Combustible	Q. 250.00
	Total	Q. 13,250.00

4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los conteos de quistes correspondientes a cada unidad experimental se iniciaron a partir de la culminación del ciclo vegetativo de cada variedad, proseguido de la defoliación (manual) y el trabajo de separación de los quistes por el método de flotación de Fenwick en las variedades de papa. En el Cuadro 5, se muestra los resultados.

Cuadro 5. Recuento de quistes por tratamiento, repetición y los promedios por tratamiento

Trat.	Repeticiones										$\Sigma \rightarrow$	MEDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
C1N1 (15)	480	390	292	382	462	401	455	414	351	297	3924	392.40
C1N2 (20)	608	473	571	515	760	423	867	374	634	752	5977	597.70
C1N3 (25)	1122	784	1138	604	875	930	1182	499	876	1023	9033	903.30
C2N1 (15)	86	497	489	379	396	568	446	448	721	486	4614	461.40
C2N2 (20)	482	518	952	691	749	616	759	732	960	898	7357	735.70
C2N3 (25)	898	953	1024	1017	947	722	978	745	1114	1143	9541	954.10
C3N1 (15)	653	817	677	679	392	699	880	462	886	572	6717	671.70
C3N2 (20)	669	750	937	635	587	564	583	938	698	738	7099	709.90
C3N3 (25)	988	1054	873	492	1073	1019	1292	1061	899	1281	10032	1003.20
										$\Sigma \downarrow$	64,294	714.38

Fuente: Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI

Total de quistes iniciales = 1,800

Total de quistes finales = 64,294

Los recuentos propuestos, en el cuadro anterior dan como resultado las medias de conteo de quistes de la región radicular de los tres hospederos evaluados.

En el Cuadro 6 se expone que la variedad con el menor rango de conteo fue Loman; Tollocan con el rango superior y en el intermedio Día 71. Se muestra que a medida que se aumenta el nivel de (N₁, N₂ Y N₃), aumenta también la multiplicación de quistes.

Cuadro 6. Medias de los tratamientos por variedad

Variedad		N1=15	N2=20	N3=25	\bar{X}
Loman	C1	392.40	597.70	903.30	631.13
Día 71	C2	461.40	735.70	954.10	717.06
Tollocan	C3	671.70	709.90	1003.20	794.93
	Σ	508.50	681.10	953.53	714.38

Fuente: Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI

Se realizó análisis de varianza a las medias de conteos, de donde se despliega el Cuadro 7 que revela que no existe diferencia estadística en las medias de conteo de quistes en la interacción con los tres gradientes de inóculo. Esto respecto al comportamiento patogénico en hospederos de gran importancia socioeconómica de la región del altiplano guatemalteco, al registrar medias muy elevadas producidas por cada hospedero.

Cuadro 7. Análisis de Varianza de las medias de conteo de quistes de la región radicular de los tres hospederos evaluados

Fuente de variación al 5%	GL	SC	CM	F	P>F	Significancia
Factor A	2	402468.36	201234.18	7.220.0013		**
Factor B	2	3061218.96	1530609.48	54.920.0001		**
AxB	4	188288.58	47072.14	1.6900	0.1605	*NS
ERROR	81	2257398.60	27869.12			
TOTAL	89	5909374.49				

C.V= 23.40%

*NS = No significativa,

** = Significativo al 1%

El coeficiente de variación es considerado aceptable para este estudio, al tomar en cuenta que la variación provino del inóculo y semilla del campo.

Prueba de Tukey

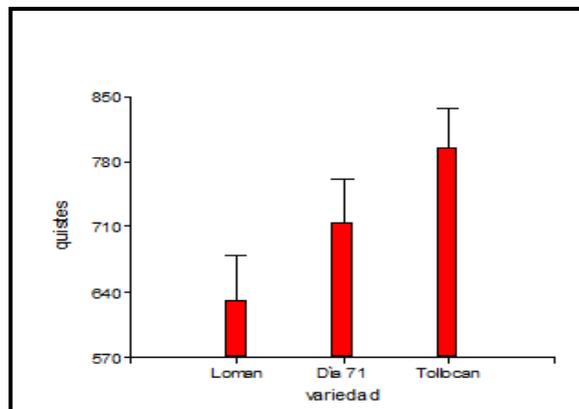
En relación con las variedades evaluadas (Loman, Día71 y Tollocan), se realizó la prueba de Tukey al 0.05. Los datos obtenidos exteriorizan que ninguna de las variedades evaluadas, presentó resistencia a la reproducción de PQP; sin embargo, se puede observar que entre las 3 variedades, Loman revela resultados más bajos de reproducción de quistes, seguido por Día 71, dejando con mayor susceptibilidad a la variedad Tollocan.

Cuadro 8 Prueba Tukey para las variedades

Variedad	Medias	n		
Loman	631.13	30	A	
Día 71	713.80	30	A	B
Tollocan	794.93	30		B

Comparador Tukey =102.91246

Se aprecia en el anterior cuadro que la multiplicación de quistes es similar entre Loman y Día 71 y lo mismo entre Día 71 y Tollocan; entre las variedades Loman y Tollocan se puede apreciar una diferencia significativa, entendiéndose con esto que existe más probabilidad de encontrar mayor número de quistes en Tollocan que en Loman. *Globodera Spp.* generalmente tienen una generación al año, aunque en algunas condiciones pueden completar una segunda generación, dependiendo de que la variedad de papa cultivada sea precoz o tardía (13). En esta oportunidad, las tres variedades evaluadas entran en el rango de variedades precoces, pero Loman y Tollocan son de ciclo más corto, 90 días, en comparación con la variedad Día 71 que es de 120 días.



Gráfica 1. Dinámica poblacional de quistes según medias de reproducción en las 3 variedades evaluadas

Para la fuente de variación “dosis de inóculo” (Factor B), se puede observar, que al aumentar la dosis se activó el incremento de reproducción de quistes, teniendo en cuenta que inicialmente se tenía un promedio de 207 huevos por quiste. En el campo, según Ruiz-Berdejo M. (15), la población de quistes en el suelo aumenta cada año cuando se establece un cultivo de papa en el terreno.

La proporción en la que aumentan, depende del nivel de infestación inicial del mismo, produciéndose los mayores aumentos cuando hay entre 0,5 y 1,5 quistes/gramo de suelo. Fuera de este intervalo, al que se denomina “zona peligrosa”, tanto por encima como por debajo del mismo, el aumento es menor debido a la competencia que se produce por alimento y espacio (15).

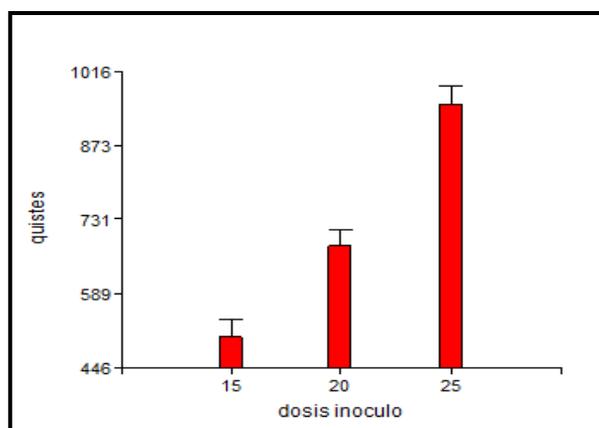
En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la comparación de medias entre las tres dosis que son 15, 20, y 25 quistes evaluados, por medio de la prueba de Tukey al 0.05.

Cuadro 9 Prueba Tukey para las dosis de inóculo

Dosis de inóculo	Medias	n	
15	505.23	30	A
20	681.10	30	B
25	953.53	30	C

Comparador Tukey = 102.91246

En la gráfica 2, se observa que la relación es prácticamente lineal, para los promedios presentados en el cuadro anterior.



Gráfica 2. Dinámica de multiplicación de quistes según dosis iniciales

TMPN:

De acuerdo con los resultados obtenidos en el conteo de quistes finales, se realizó el cálculo de la TMPN, tanto para quistes como para huevos, con el protocolo propuesto por Franco (5). Con este método se determinó que las medias de reproducción obtenidas son > 1 , por lo tanto, no hay indicios de que las variedades de papa para la producción de tubérculos comerciales en el altiplano guatemalteco que se evaluaron en este estudio, dieran muestras de resistencia a las infecciones de PQP.

En el Cuadro 10 y 11 se demuestran los resultados del cálculo de la tasa de multiplicación de la población de nemátodos y de huevos, comprobando en ambos la inexistencia de resistencia en los clones evaluados, C_1 = Loman, C_2 = Día 71 y C_3 = Tollocan; en general todos los clones mostraron susceptibilidad a PQP.

Cuadro 10. Tasa de multiplicación población de nemátodos (TMPN)

Tratamientos	Q_i	Q_f	Q_f/Q_i	TMPN	S
C1N1	15	392.40	392.40/15	26.16	S
C1N2	20	597.70	597.70/20	29.88	S
C1N3	25	903.30	903.30/25	36.13	S
C2N1	15	461.40	461.40/15	30.10	S
C2N2	20	735.70	735.70/20	37.78	S
C2N3	25	954.10	954.10/25	38.16	S
C3N1	15	671.70	671.70/15	44.78	S
C3N2	20	709.90	709.90/20	35.49	S
C3N3	25	1003.20	1003.20/25	40.13	S
				35.40	\bar{X}

Fuente: Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI

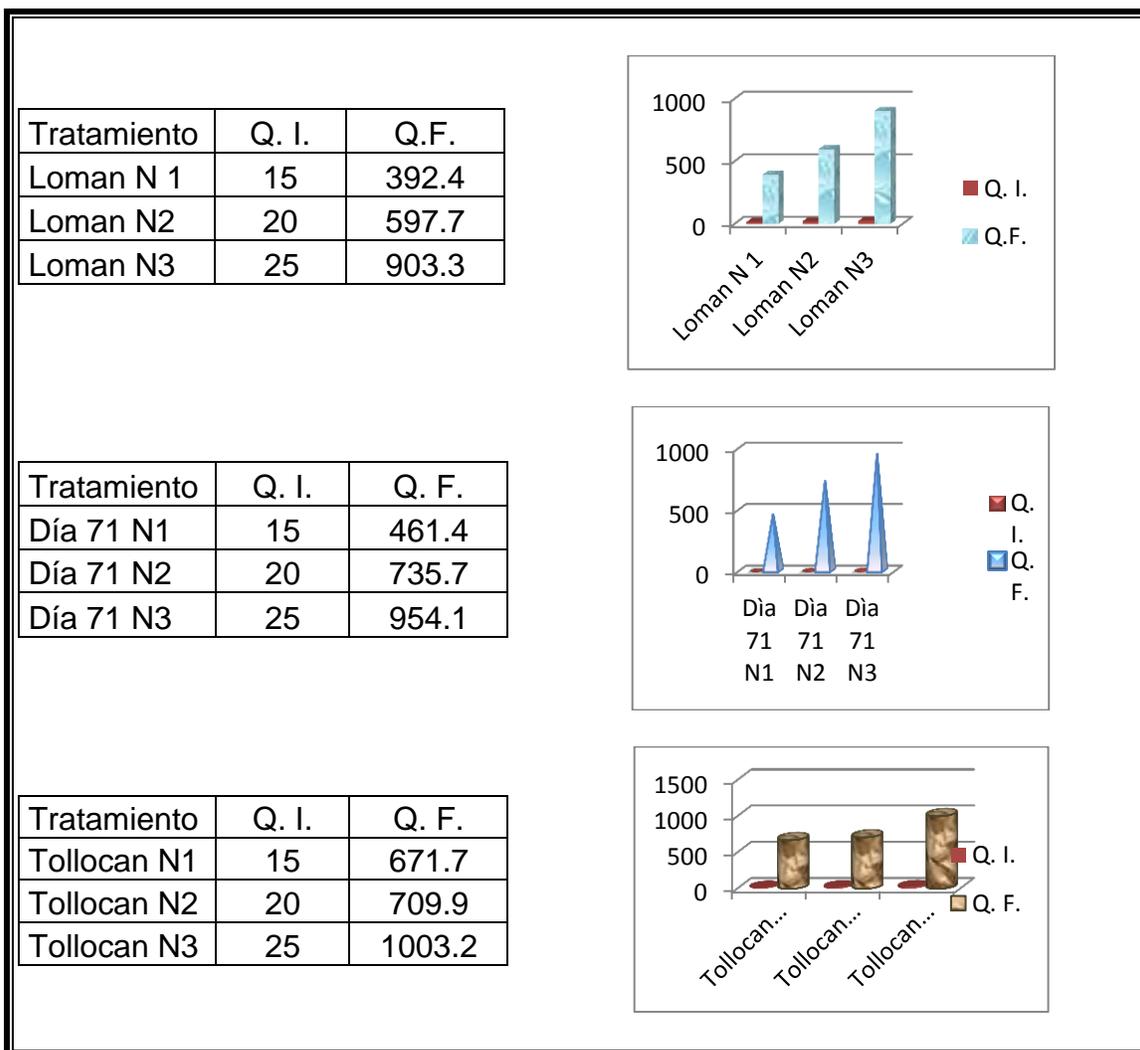
Cuadro 11. Tasa de multiplicación de huevos/tratamiento

Tratamientos	$H_i/Q= 207$	Q_f	$H/Q_f= 264$	$H_f/H_i =TMPH$	S
C1N1 (15)	3,105	392.40	103,488	33.33	S
C1N2 (20)	4,140	597.70	157,872	38.13	S
C1N3 (25)	5,175	903.30	23,832	46.06	S
C2N1 (15)	3,105	461.40	121,704	39.20	S
C2N2 (20)	4,140	735.70	194,304	46.93	S
C2N3 (25)	5,175	954.10	251,856	48.67	S
C3N1 (15)	3,105	671.70	177,408	57.14	S
C3N2 (20)	4,140	709.90	187,440	45.27	S
C3N3 (25)	5,175	1003.20	264.792	51.17	S
				45.10	\bar{X}

Fuente: Laboratorio de Protección Vegetal ICTA Región VI

S= Susceptibilidad

Gráficamente lo podemos observar de la siguiente manera:



Grafica 3. Comparación entre número de quistes iniciales y finales

En relación con los datos obtenidos, se observa, que ninguna variedad de papa de las evaluadas presentó una tasa de multiplicación de población de nemátodos < 1 ; la media de multiplicación fue de 35.40 por cada quiste. Esto significa que se obtuvo alta multiplicación de nemátodos sobre los hospederos evaluados.

No obstante, y como dato adicional al estudio, se puede resaltar que la variedad de papa Loman reveló el mejor comportamiento en lo concerniente a vigor de la planta durante su crecimiento, mostrando al finalizar su ciclo de desarrollo un mejor rendimiento en cuanto al número y tamaño uniforme de tubérculos (166 tubérculos en total, con un peso de 0.30 kg), seguido por Día 71, quien si mostró daños aéreos visibles como clorosis del follaje y marchitez en el

tallo; su rendimiento fue de (58 tubérculos en total, con un peso de 0.16 kg), en controversia con Tollocan quien a pesar de que en su parte aérea no mostró mayores síntomas, su rendimiento en tubérculos fue casi nulo (7 tubérculos en total, con un peso de 0.01 kg), lo que la hace en este ensayo, sumamente susceptible e intolerante a PQP. La variedad Loman mostró características de tolerancia (capacidad de la planta para producir no obstante encontrarse en suelos infestados con nemátodo), más no así características de resistencia. Según información del CIP, esto puede ocurrir tanto en variedades resistentes como en variedades susceptibles, ya que la tolerancia es independiente de la resistencia.

Según reportes de investigaciones realizadas con anterioridad en el país de Chile, en el documento denominado, "Detección de resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno de papa (Milla, T; Krausz, B. (9), se obtuvo un porcentaje relativamente bajo de resistencia 18% de 49 accesiones evaluadas, utilizando un rango de dosis de entre 14- 25 quistes por unidad experimental (maceta de 400 cc de capacidad).

Se tomó como base dichas dosis y las recomendaciones dadas por Scurrah, M. Mayer (16) del CIP para las evaluaciones en maceta, para la disposición de las dosis a ser utilizadas en las variedades de papa de interés en esta investigación (Loman, Día 71 y Tollocan); sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios a nuestros intereses, ya que como se indicó anteriormente en el análisis de varianza no hubo significancia, y ninguna de ellas mostró tasa de multiplicación < 1 , por lo que se concluye que las 3 variedades evaluadas no son resistentes a PQP.

En consideración a los resultados de la prueba de patogenicidad realizada a Loman, en donde esta restringió el incremento en las poblaciones de nemátodos, se debe tomar en cuenta de que existen varios patotipos o razas de papa a los que se les denomina "Loman" por lo que es recomendable realizar más investigación con el fin de encontrar el patotipo que presenta la resistencia deseada e importante para el cultivo de este tubérculo tan apreciado por los consumidores nacionales como también extranjeros.

Respecto al objetivo general de la investigación "Contribuir con el aumento en el conocimiento sobre el tema de infestación con nematodos del quiste en el cultivo de la papa en Guatemala", se considera importante y necesario realizar muestreos de suelo y desarrollar o adoptar el protocolo propuesto por el CIP para calcular las tasas de multiplicación de las poblaciones de nemátodos en las especies de interés para futuros proyectos de siembra de papa en las distintas zonas de producción guatemaltecas, especialmente en el municipio de Palestina de los Altos Quetzaltenango, en donde según Maldonado Mota (8), se encontró *Globodera Spp* en el 66.67% de 30 localidades muestreadas.

Según Ruiz-Berdejo M. (15), la población de quistes en el suelo aumenta cada año cuando se establece un cultivo de papa en el terreno. La proporción en la que aumenta el número de quistes depende del nivel de infestación inicial del mismo, produciéndose los mayores aumentos cuando hay entre 0,5 y 1,5 quistes/gramo de suelo; fuera de este intervalo, al que se denomina “zona peligrosa”, ya sea por encima o por debajo de este intervalo, la reproducción disminuye debido a la competencia que se genera por el alimento y el espacio.

En el presente experimento se colocó un promedio de 0.06 quistes/gramo de suelo y se obtuvo 2.10 quistes/gramo de suelo para Loman, 2.38 quistes/gramo de suelo para Día 71 y 2.65 quistes/gramos de suelo para Tollocan, lo que sugiere la importancia de realizar más estudios de muestreo en las zonas productoras de papa del departamento de Quetzaltenango, e implementar con urgencia medidas preventivas y de control que puedan mantener a la plaga en niveles tolerables para el cultivo; como realizar saneamiento del tubérculo antes de trasladarlo del campo pues esto ayudaría a evitar la dispersión del inóculo en el suelo que queda adherido al tubérculo en el momento de la cosecha, llegando así hacia zonas no contaminadas.

Realizar volteo del suelo a una profundidad que cubra la zona radicular del cultivar cosechado, arrancar las plantas voluntarias de papa entre los 35 a 40 días después del día de cosecha, para evitar una segunda generación de la plaga al interrumpir su ciclo de vida, el cual está en un rango entre los 45 y 60 días; lavar y desinfectar las herramientas y aperos de labranza antes de abandonar el área contaminada y si posible posteriormente, realizar acciones de solarizado del suelo antes de la nueva jornada de siembra.

5. CONCLUSIONES.

- 5.1. Los tres niveles de infección de inóculo propiciaron la multiplicación de las poblaciones de nemátodos entre la densidad poblacional inicial y la densidad poblacional al final del ciclo del cultivo en las tres variedades propuestas, al presentar tasas de multiplicación >1 por lo que se rechaza la H_01 , que literalmente apunta que “Ninguno de los tres niveles de infección de inóculo propiciará la multiplicación de las poblaciones de nemátodos entre la densidad poblacional inicial y la densidad poblacional al final del ciclo de cultivo en las tres variedades propuestas”.
- 5.2. Ninguna de las tres variedades evaluadas presentó resistencia a las infecciones con PQP, ya que los tres niveles de infección de inóculo presentaron $TMPN >1$, razón por la que se acepta como válida la hipótesis H_02 , que literalmente establece que “Ninguna de las tres variedades en evaluación presentará resistencia a las infecciones del suelo causadas por los propágulos del quiste de la papa”.
- 5.3. El clon de papa Loman evaluado, mostró características de tolerancia ante la infestación del suelo con PQP, al haber producido tubérculos en una cantidad aceptable bajo condiciones de alta infestación con esta plaga.
- 5.4. Debido al incontrolado flujo de semillas de las áreas de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), hacia otras localidades, el sector papero se encuentran en grave peligro de infestación con este patógeno.

6. RECOMENDACIONES.

- 6.1. En futuras investigaciones se pueden utilizar dosis de inóculo superiores e inferiores a los utilizados en este estudio, con el fin de obtener los umbrales máximos y mínimos locales en la reproducción de los nemátodos del quiste o PQP, así poder tomar medidas preventivas y de control integrado que sean inocuas para el medio ambiente y el hombre, lo cual incluye los componentes genéticos, culturales, químicos, biológicos y legales.
- 6.2. Por la severidad de infestación del patógeno, se exhorta a los investigadores para que realicen pruebas de tolerancia, resistencia y patogenicidad para diversos clones de Loman y otras variedades, con nemátodos procedentes de distintas zonas productivas, lo cual puede ayudar a paliar los efectos devastadores de la plaga, utilizando como comparadores las variedades evaluadas en este estudio.
- 6.3. Realizar muestreos de suelos de las zonas productoras de papa (*Solanum tuberosum* L), en Guatemala, con el fin de detectar focos o áreas contaminadas con PQP, documentar y publicar los resultados para poder orientar adecuadamente a los agricultores.
- 6.4. Implementar con urgencia medidas preventivas y de control que puedan mantener la plaga de nemátodo dorado (*Globodera* Spp), en niveles tolerables o fuera de la zona peligrosa (entre 0.5 y 1.5 quistes/gr. de suelo) para el cultivo.
- 6.5. Utilizar la información del presente trabajo como material de referencia para establecer líneas de investigación que contribuyan al desarrollo de tecnologías tendientes al mejoramiento agronómico y genético del cultivo de la papa en Guatemala.
- 6.6. Considerar de urgencia nacional la introducción y validación de semillas certificadas de nuevas variedades resistentes a las infecciones de PQP.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1998. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Christiansen, J.A., Vargas M.R. 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA
3. Evans, K.; Rowe, J.A. 1998. Distribution and economic importance. In Plant Nematology. Ed (a) Perry R.N.; Moens M. UK. CABI 2006. p. 92-93.
4. 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.
5. 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.
6. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2013 Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal.
7. Jones, S.B. s.f. Sistemática vegetal. Trad. María de Hiescas. 2 ed. México, McGraw-Hill. 536 p.
8. 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.
9. Milla T., A.; Krausz B., C. Detección de resistencia al nemátodo 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.
10. Revista Agro Negocios, “El mercado de la papa” Guatemala marzo 2009 pág. 2-11
11. Reyes C., P.1981. Diseño de Experimentos Aplicados a la Agricultura. Editorial Trillas. México Pps.
12. 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.

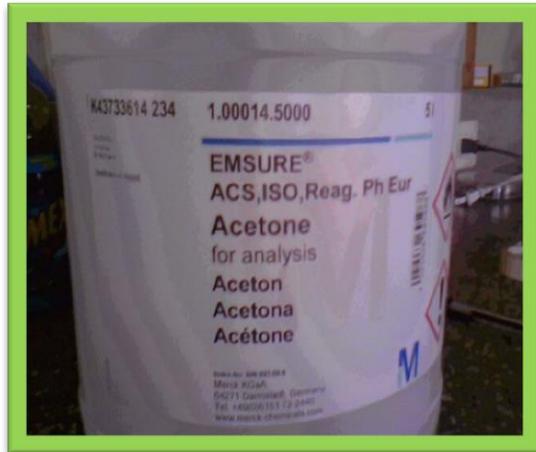
13. Ruano H., B.1999. Evolución de las poblaciones de nemátodos (*Globodera Spp*) en patata en Mallorca. Consejería de Economía, Agricultura, Comercio e Industria, Palma de Mallorca. (en línea). Consultado 22/04/14. Disponible en www.caib.es/govern/archivo.do?id=37765
14. Ruesga, J. et al. Libro de Experimentación Agrícola. Centro Universitario Vladimir, L Lenin. Las Tunas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Editorial Universitaria 2005, calle 23 No.667, e/ D y E, El Vedado, ciudad de la Habana, Cuba. 114 p.
15. 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.
16. 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 pp.

8. Anexos

INSTALACIONES, MATERIALES Y EQUIPO



Fotografía 1. Laboratorio de Protección vegetal ICTA Región VI



Fotografía 2. Acetona: medio de flotación para quistes



Fotografía 3. Muestra de suelo etiquetada, infestada con quistes.



Fotografía 4. Materiales para la flotación de quistes.

PREPARACIÓN DE DOSIS DE INÓCULO



Fotografía 5. Llenado de frascos con tierra y Acetona para flotación de quistes



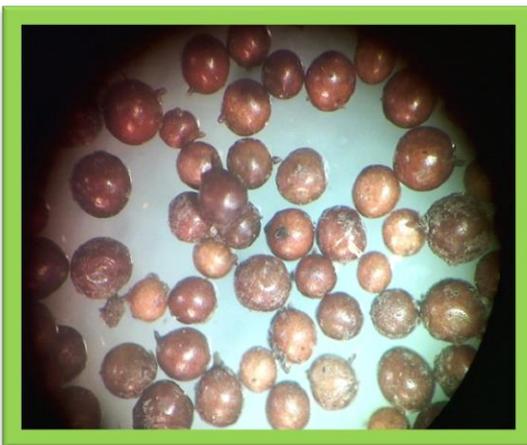
Fotografía 6. Flotación de quistes



Fotografía 7. Quistes de nemátodo del quiste



Fotografía 8. Observación y selección de quistes para inóculo



Fotografía 9. Quistes seleccionados



Fotografía 10. Colecta de quistes seleccionados

MACERACIÓN PARA CONTEO DE HUEVOS



Fotografía 11. Maceración de quistes



Fotografía 12. Dilución de material macerado en agua



Fotografía. 13. Conteo de huevos

SIEMBRA Y DOSIFICACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



Fotografía. 14. Siembra de semilla de papa e inóculo en turba estéril

DISTRIBUCIÓN Y ETIQUETADO DE LAS VARIEDADES



Fotografía 15.



Fotografía 16.

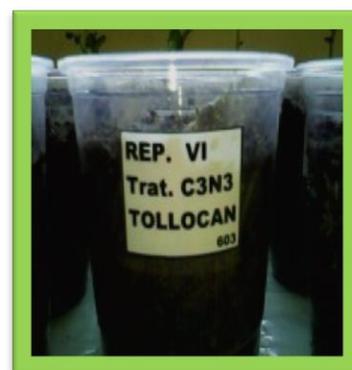
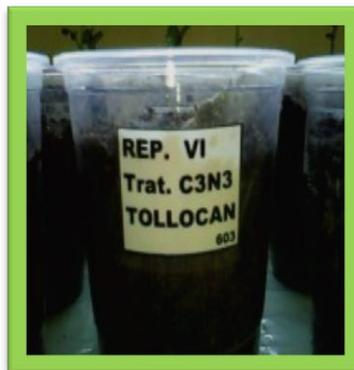
Distribucion de las Unidades Experimentales



Fotografía 17.

Identificación de variedades de papa

ETIQUETADO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



Fotografía.18.

ENRAIZADO Y CRECIMIENTO



Fotografía 19. Brotación de raíces



Fotografía 20. Supervisión del crecimiento y desarrollo de las plantas

DEFOLIACIÓN Y SECADO DEL SUELO



Fotografía 21. Defoliación de matas



Fotografía 22. Vaciado de macetas y secado del suelo



Fotografía 23. Separación de raíces y mullido del suelo



Fotografía 24. Raspado de residuos de suelo



Fotografía 25. Colecta de residuos

NUEVA FLOTACIÓN Y CONTEO DE QUISTES FINALES



Fotografía 26. Proceso de flotación de quistes finales por UE



Fotografía 27. Colecta de quistes finales

ALMACENAMIENTO DE QUISTES TOTALES /UE



Fotografía 28. Almacenamientos de quistes por unidad experimental



Fotografía. 29. Almacenamiento de quistes totales

COSECHA DE MINI TUBÉRCULOS/ VARIEDAD



Fotografía 30
LOMAN

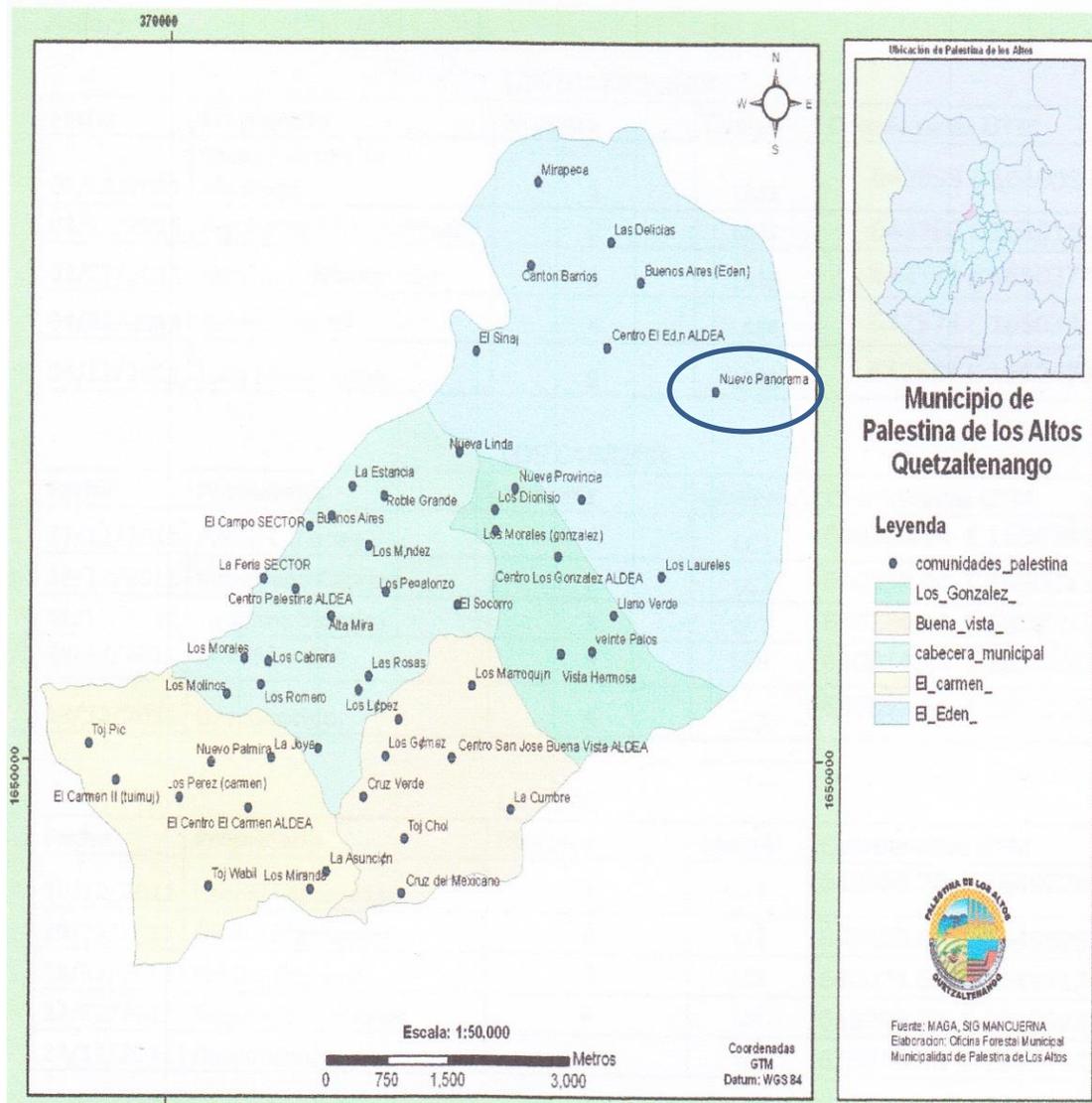


Fotografía 31
DÍA 71



Fotografía 32
TOLLOCAN

MAPA 1:
PALESTINA DE LOS ALTOS, QUETZALTENANGO
LUGAR DE DONDE PROVINO EL INÓCULO UTILIZADO EN ESTA
INVESTIGACIÓN



MAPA 2:
LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL ICTA.CIAL REGIÓN
VI QUETZALTENANGO

