

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE QUISTE ASOCIADOS AL
CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L., EN LOS MUNICIPIOS DE TECPÁN
GUATEMALA, SAN JOSÉ POAQUIL Y SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

SERGIO ARMANDO COLO MUCHUCH

En el acto de investidura como,

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Ariel Abderraman Ortíz López
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Elmer Antonio Álvarez Castillo
VOCAL QUINTO	Miriam Eugenia Espinoza Padilla

Guatemala de la Asunción, noviembre del 2005

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

DETERMINACION DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE QUISTE ASOCIADOS AL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L., EN LOS MUNICIPIOS DE TECPÁN GUATEMALA, SAN JOSÉ POAQUIL Y SANTA APOLONIA CHIMALTENANGO.

Presentándola como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo tenga vuestra aprobación, quedo de antemano con ustedes muy agradecido,

Atentamente,

Sergio Armando Coló Muchuch

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Por guiarme en todo momento de mi vida y por permitirme hacer realidad mis sueños.
- MI PADRE** Isaías Coló Esquit, solo quiero decirte papá, que he cumplido mi sueño y te doy gracias por todo lo que me enseñaste y el apoyo que has brindado, que Dios te bendiga, ojala estés orgulloso de mi.
- MI MADRE** Eufemia Muchuch Cutzal de Coló, gracias por todo el amor y apoyo incondicional que me has dado, por ayudarme a culminar este logro, por ser ejemplo de vida, alegría y perseverancia.
- MIS ABUELITOS** Eduardo y Gavina **Q.E.P.D.**, a ti abuelo Eduardo por darnos el ejemplo ser un hombre trabajador y luchador. A ti abuelita Gavina en especial te doy gracias por haber criado una madre con mucha sabiduría en crearnos a nosotros.
Jorge, por ser un hombre de paz lleno de vida.
Francisca **Q.E.P.D.**, me hubiera gustado conocerte.
- MIS HERMANOS** Elda, Arnulfo, Lesbia y Lilia gracias por el apoyo todos los momentos compartidos y por esa hermandad que tanto nos une, ojala no se pierda.
- MIS TIOS** Vitalino, Amalia, Mary, Gregorio, Aura, Juan y Pedro **Q.E.P.D.**. Gracias por el apoyo que me dieron para alcanzar mis metas.
- MIS PRIMOS** Ana, Jacqueline, Amarilis, Elmer, Carlos por la alegría en compartir con ustedes, y que este ejemplo les sirva para alcanzar sus metas.

MIS AMIGOS

Pablo Ceto, Erlin Miranda, Rodolfo Patzan, Francisco Javier Por la amistad que me han dado, por los momentos de alegría y tristeza compartidos durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A:

El Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela, asesor de este trabajo de investigación. Sepa usted lo agradecido que estoy por el apoyo brindado para que completara mi formación académica.

Los evaluadores de esta investigación, Ing. Agr. Guillermo Santos, Ing. Agr. Filadelfo Guevara y Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Dr. David Monterroso y Dr. Ariel Ortiz, por cada uno de los aportes brindados para que esta investigación sea presentada con la calidad necesaria.

El laboratorio de Fitopatología de la Universidad de San Carlos, en especial a Pedro, Don Julio y a Teresa Guerra.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE GRAFICAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1- MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1- Origen del cultivo de la papa, <i>Solanum sp</i>	3
3.1.2- Descripción de la papa, <i>Solanum tuberosum</i> L.	3
3.1.2.1- Descripción Botánica	3
3.1.3.2- Clasificación Taxonómica de la papa	4
3.1.3.- Valor Nutritivo	4
3.1.4.- Principales zonas de producción	4
3.1.5.- Principales municipios de producción en Chimaltenango	5
3.1.6.- Principales variedades cultivadas	6
3.1.7.- Situación Actual del Cultivo de la papa en Guatemala	6
3.1.8.- Características de los Nematodos Fitoparasíticos	7
3.1.8.1.- Características Morfológicas y Anatómicas	7
3.1.8.2.- Ciclo de Vida y Biología	7
3.1.8.3.- Ecología y Distribución	8
3.1.8.4.- Población y Patrón de Distribución de los Nematodos	8
3.1.8.5.- Síntomas y Daños Causados por los Nematodos	9
3.1.8.6.- Familia <i>Heteroderidae</i>	10
A. Hembras	10
B. Machos	10
C. Segundo estado juvenil	11
3.1.8.6.1.- Sub-familia <i>Heteroderinae</i>	11
A. <i>Afenestrata</i> Baldwin y Bell, 1985	13

B. <i>Cactodera</i> Krall' & Krall', 1978	13
C. <i>Dolichodera</i> Mulvey & Ebsry, 1980	14
D. <i>Punctodera</i> Mulvey & Stone, 1976	14
E. <i>Heterodera</i> A. Schmidt, 1871	14
F. <i>Globodera</i> Skarbilovich, 1959	16
3.1.8.7.- Nematodos del quiste de la papa, <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber) Behrens y <i>G. Pallida</i> (Stone) Behrens	17
3.1.8.8.- Identificación	18
3.1.8.9.- Biología	19
3.1.8.10.- Patogenicidad y magnitud del daño	21
3.1.8.11.- Dinámica Poblacional y Difusión de los Nematodos	23
3.1.8.12.- Muestreo	23
3.1.5.13.- Confirmación	24
3.2.- MARCO REFERENCIAL	24
3.2.1.- Localización	24
3.2.2.- Colindancias	25
3.2.3.- Zona de Vida	26
3.2.4.- Condición Climática	26
3.2.5.- Topografía	26
3.2.6.- Suelos	26
3.2.7.- Estudios sobre Nematodos de Quiste en Guatemala	26
4. OBJETIVOS	28
4.1.- General	28
4.2.- Específicos	28
5. HIPÓTESIS	29
6. METODOLOGIA	30
6.1.- Áreas de producción de papa en los municipios de Tecpan G. San José Poaquil y Santa Apolonia	30
6.2.- Planificación de muestreo	30
6.3.- Fase de Campo	31
6.3.1.- Selección de Parcelas a Muestrearse	31
6.3.2.- Toma de Muestra	31
6.3.3.- Manejo de Muestras	32

6.4.- Fase de Laboratorio	32
6.4.1.- Extracción y Aislamiento de Quistes	32
6.4.2.- Determinación	33
6.4.3.- Preparación de Montajes Fenestralias de Quistes	34
7. RESULTADOS	35
7.1.- Ubicación de las unidades de muestreo de suelos	35
7.2.- Determinación de los géneros de nematodos de quiste encontrados en las áreas muestreadas	36
7.3.- Determinación de los géneros de nematodos formadores de quistes	37
7.3.1- Género <i>Cactodera</i>	37
7.3.2.- Género <i>Punctodera</i>	38
7.3.3.- Género <i>Heterodera</i>	39
7.4.- Distribución e Incidencia de los géneros encontrados en Tecpan Guatemala	
San José Poaquil, Santa Apolonia	40
7.4.1.- Género <i>Cactodera</i>	42
7.4.2.- Género <i>Punctodera</i>	43
7.4.3.- Género <i>Heterodera</i>	44
8. CONCLUSIONES	46
9. RECOMENDACIONES	47
10. BIBLIOGRAFIA	48
11. APENDICES	51

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la papa	5
Cuadro 2. Municipios con cultivo de papa en Chimaltenango	5
Cuadro 3. Principales diferencias entre <i>G. Rostochiensis</i> y <i>G. Pallida</i>	18
Cuadro 4. Aldeas pertenecientes a Tecpan G. que siembran papa	35
Cuadro 5. Aldeas pertenecientes a San Jose Poaquil donde cultivan papa	36
Cuadro 6. Resumen de las muestras trabajadas Tecpan, Poaquil, Santa Apolonia	37
Cuadro 7. Incidencia poblacional de los géneros encontrados en Tecpan G, San José Poaquil y Santa Apolonia	40
Cuadro 8. Distribución de géneros por localidad en Tecpan G.	41
Cuadro 9. Distribución de géneros por localidad en Poaquil y Santa Apolonia	41
Cuadro 10. Resumen de áreas localizadas con quiste del género <i>Cactodera</i> , ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Poaquil y Santa Apolonia	42
Cuadro 11. Resumen de áreas localizadas con quiste del género <i>Cactodera</i> , ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpan	43
Cuadro 12. Resumen de áreas localizadas con quiste del género <i>Punctodera</i> , ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpan	43
Cuadro 13. Resumen de áreas localizadas con quiste del género <i>Punctodera</i> , ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Poaquil y Santa Apolonia	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de nematodos formadores de quiste	12
Figura 2. Hembras blancas y quistes del nematodo enquistador de la papa adheridos a la raíz	12
Figura 3. Cortes perineales de quistes de <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i>	19
Figura 4. Raíces de papa infectadas con <i>G. rostochiensis</i>	20
Figura 5. Porción de un tubérculo de papa fuertemente afectado por <i>G. pallida</i>	21
Figura 6. Sección transversal de una raíz de papa con hembra de <i>G. rostochiensis</i> y sincitio multinucleado alrededor de la cabeza del nematodo	22
Figura 7. Mapa ubicación de Chimaltenango	25
Figura 8. Quiste de <i>cactodera</i>	38
Figura 9. Corte perineal de <i>Cactodera</i>	38
Figura 10. Quiste de <i>Puntodera</i>	38
Figura 11. Corte perineal de <i>Punctodera</i>	38
Figura 12. Quiste de <i>Heterodera</i>	39
Figura 13. Corte perineal de <i>Heterodera</i>	39

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Gráfica comparativa de muestras trabajadas en Tecpán Guatemala, San José Poaquil Santa Apolonia	37
Grafica 2. Incidencia poblacional de los géneros encontrados en San José Poaquil y Santa Apolonia	40

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE QUISTE ASOCIADOS AL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L. EN LOS MUNICIPIOS DE TECPAN GUATEMALA, SAN JOSE POAQUIL Y SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO

DETERMINATION OF CYST NEMATODES PRESENCE ASSOCIATED TO POTATO CROP *Solanum tuberosum* L. IN TECPAN GUATEMALA, SAN JOSE POAQUIL AND SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO

RESUMEN

La producción de hortalizas en el altiplano guatemalteco es de importancia para los pequeños y medianos agricultores que entre otros se dedican al cultivo de la papa, debido a que es una fuente de trabajo e ingresos. El cultivo de la papa es afectado por varias plagas entre las que se encuentran los nematodos causando pérdidas en el rendimiento y calidad del producto. Un grupo de nematodos importante para el cultivo a nivel mundial son los de la subfamilia *Heteroderinae* (formadores de quiste), en esta subfamilia se encuentra el género *Globodera* y dos especies cuarentenadas y que a nivel nacional no hay información ni registro, estos son: *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* que provocan serios daños en el cultivo.

En Octubre del 2001, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras y El Salvador prohibió el acceso temporal de papa procedente de Guatemala, debido a la posible presencia del nematodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens, lo que afecta la economía de los productores, exportadores y del país en general al colocarlo en la lista de países con presencia de *G. Rostochiensis* (Woll) Behrens. Para evitar que esto suceda y verificar lo publicado en los diarios nacionales en los meses de Diciembre del 2001 y Abril del 2002, se planeó la presente investigación, en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, a fin de obtener información sobre la presencia de esta especie y de los demás géneros de la sub-familia *Heteroderinae* en el área, para favorecer así la comercialización de la papa de estos dos municipios.

El estudio consistió en la toma de muestras de suelo de áreas cultivadas con papa en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia pertenecientes al

departamento de Chimaltenango, georeferenciándose un total de 121 puntos de muestreo con el fin de representar los sitios muestreados en mapas, las muestras obtenidas fueron procesadas en el Centro de Diagnostico Parasitológico de la Facultad de Agronomía, donde se realizó la extracción y aislamiento de los quistes con el método Fenwick modificado con la flotación en acetona, los quistes colectados fueron determinados en base a parámetros básicos de su anatomía y morfología como la forma, color, presencia y forma del cono vulval.

Los géneros de nematodos determinados de la subfamilia *Heteroderinae* fueron: *Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*. De un total 70 muestras con quiste, el género que mayor distribución y densidad obtuvo en ambos municipios fue *Punctodera* con un 88.57 % en Tecpan Guatemala y 0 % en San José Poaquil y Santa Apolonia, seguido por *Cactodera* con un 10 % en Tecpan Guatemala y 0 % en San José Poaquil y Santa Apolonia, y el género *Heterodera* con un 1 % en Tecpan Guatemala y 0 % en las otras áreas. No encontrándose ningún espécimen del género *Globodera*, por lo que se descarta la presencia de este en los municipios bajo estudio.

1. INTRODUCCION

El cultivo de la papa, *Solanum tuberosum* L., es una actividad a la cual pequeños y medianos agricultores del país se han dedicado hace años; adquiriendo importancia como una hortaliza de consumo para la industria. Se han determinado más de 70 especies de nematodos en el cultivo de la papa, *S. tuberosum* L., entre estos se encuentran los nematodos de quiste. Algunas especies son importantes por los daños que causan a la producción y la calidad de los tubérculos para semilla o para consumo, una de ellas y la más importante es el nematodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens, debido a las pérdidas que produce en el cultivo. En el 2,001 los servicios agrosanitarios de Honduras hicieron suponer que la papa procedente de Guatemala está infectada con el “nematodo dorado” *Globodera rostochiensis* W., por lo que cerraron temporalmente las fronteras a la exportación este cultivo, mientras que El Salvador y Nicaragua reciben el producto bajo estrictas medidas sanitarias (27, 33), lo que trae como consecuencia que los productores nacionales tengan pérdidas económicas.

La presente investigación estuvo comprendida por tres fases, la de gabinete, donde se planificó el muestreo con un 92 % en nivel de confiabilidad. La segunda de campo que se realizó en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, muestreando 30 localidades respectivamente, las cuales tenían áreas cultivadas con papa, haciendo un total de 613 hectáreas, siendo cada una de ellas georeferenciada. Y la tercera fase se llevo a cabo en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), donde se hicieron las extracciones de quistes de las muestras de suelo mediante el método de Fenwick modificado con flotación en acetona, y la determinación de géneros de los quistes colectados. Se tomaron parámetros básicos de su anatomía y morfología auxiliándome con la clave que describe Siddiqi 2 ed., Decaer, y Kyr'yamura; los géneros encontrados en el área de estudio fueron: ***Punctodera*, *Heterodera* y *Cactodera***.

No se detectaron especímenes del género *Globodera*, por lo que según el presente estudio se descarta su presencia en dichos municipios.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

El cultivo de la papa, *Solanum tuberosum* L., constituye uno de los principales generadores de divisas gracias a la exportación, y que a la vez tiene bastante importancia en el mercado interno como fuente de alimento y trabajo, ya que se cosecha 9,520 hectáreas con una producción promedio de 203.21 tm (43). Este cultivo es afectado por diversos parásitos y entre estos los nematodos juegan un papel muy importante. Sin embargo, los nematodos formadores de quistes, *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens y *G. pallida* (Stone) Behrens, son considerados los más dañinos, produciendo un debilitamiento de la planta, provocando enanismo, amarillamiento y una disminución en la producción, teniendo incluso repercusión en la calidad comercial, debido a las pérdidas económicas que generan éstos nematodos, los países que no tienen reportada esta plaga adopta medidas de protección internacional así como medidas cuarentenarias estrictas hacia países afectados por la presencia de la plaga y van dirigidas especialmente a productos y sub-productos de plantas hospederas de tal nematodo.

En Octubre del 2,001, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras y El Salvador prohibió el acceso temporal de papa procedente de suelo Guatemalteco, debido a la posible presencia del nematodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens. Lo cual afecta la economía de los productores, exportadores y del país en general al colocarlo en la lista de países con *G. rostochiensis* (Woll) Behrens. Por lo que se establece un estudio a nivel nacional promovido por la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), en el que se busca declarar como áreas libres del nematodo dorado todas las regiones cultivadas con papa del país; Siendo el estudio presente parte de este proyecto y el cual afirma que las áreas de los municipios de Tecpán Guatemala, San Jose Poaquil y Santa Apolonia están libres del nematodo dorado *G. rostochiensis* (Woll) Behrens.

3. MARCO TEORICO

3.1- MARCO CONCEPTUAL

3.1.1- Origen del cultivo de la papa, *Solanum sp.* (23)

El cultivo de la papa se originó en la cordillera andina, donde esta planta evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, presentando una gran variabilidad.

La papa llega a Europa en el siglo XVI por dos vías diferentes: una fue España hacia 1570, y otra fue por las Islas Británicas entre 1588 y 1593, desde donde se expandió por toda Europa.

Realmente el desarrollo de su cultivo comienza en el siglo XVIII, a partir de producciones marginales y progresivamente va adquiriendo cierta importancia transcurridos 200 años.

3.1.2- Descripción de la papa, *Solanum tuberosum L.* (23)

3.1.2.1- 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.

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 antociámicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo.

c) Rizomas: son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas 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, imparpinnadas y con foliolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo.

f) Inflorescencias: son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autógena, siendo si androesterilidad muy frecuente, a causa del

aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc.

g) Frutos: en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm. de diámetro, que se tornan amarillos al madurar.

3.1.3.2- Clasificación Taxonómica de la papa (23)

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolipsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

3.1.3.- Valor nutritivo (7)

La papa está constituida por tres partes de agua y una cuarta parte de sólidos (glúcidos, prótidos y lípidos). Es un alimento relativamente equilibrado, aunque deficiente en calcio y fibras (ver cuadro 1).

3.1.4.- Principales zonas 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 (26).

Cuadro 1. Composición química de la papa (7)

Componente	gr./100 gr. de peso fresco
Agua	77.4
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

3.1.5.- Principales municipios de producción en Chimaltenango

Según el MAGA (cuadro 2), para el mes de Febrero del 2,002 se reporta un área de 613 ha. sembradas con papa teniendo una producción de 5,937 tm en el municipio de Tecpan G, para el municipio de San José Poaquil reporta un área de 100 ha. con una producción de 2,748 tm. Y Santa Apolonia reporta un área de 190 ha. Con una producción de 3,490 tm

Cuadro 2. Municipios con cultivo de papa en Chimaltenango

Departamento de Chimaltenango								
No.	Nombre del rubro:	Municipio:	Nombre del propietario/empresa	Dirección:	Área:	Capacidad productiva del ciclo:	Destino de la producción:	Mano de obra utilizada:
1	Papa	Comalapa	Varios productores	s/d	335 ha	6,231,150 Kg.	nacional	3,015 personas
2	Papa	Santa Apolonia	Varios productores	s/d	190 ha	3,493,530 Kg.	nacional	1,340 personas
3	Papa	Tecpán Guatemala	Varios productores	s/d	323 ha	5,939,001 Kg.	nacional	2,907 personas
4	Papa	Patzún	Varios productores	s/d	168 ha	3,127,152 Kg.	nacional	1,320 personas
5	Papa	Santa Cruz Balanyá	Varios productores	s/d	176 ha	3,276,064 Kg.	nacional	1,056 personas
6	Papa	Zaragoza	Varios productores	s/d	155 ha	2,849,985 Kg.	nacional	875 personas
7	Papa	Patzicia	Varios productores	s/d	343 ha	6,306,741 Kg.	nacional	2,401 personas
8	papa	San José Poaquil	Varios productores	s/d	100 ha.	2,750,123 kg.	nacional	825 personas

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

3.1.6.- Principales variedades cultivadas

Según Campos citado por Gudiel (18), las variedades de papa que más se cultivan en Guatemala son: Loman, Atzimba y Tollocan.

3.1.7.- Situación actual del cultivo de la papa en Guatemala

En Guatemala, el cultivo de la papa se realiza en áreas con temperaturas templadas, preferentemente menores de 20°C. En este tipo de clima la papa se desarrolla adecuadamente y se obtiene la mejor productividad, hay poca dificultad con plagas y enfermedades y los tubérculos se desarrollan bien fisiológicamente. Se cuenta con la ventaja que Guatemala posee 17 microclimas que permiten cultivar papa a lo largo de todo el año (20).

En el ciclo del cultivo en Guatemala, oscila entre los 70 – 100 días y las principales variedades sembradas son la Loman, la Tollocan y la Atzimba. La variedad Loman se caracteriza por tener una forma alargada y es de color blanco, mientras que las variedades Tollocan y Atzimba tienen forma redonda y también son de color blanco (20).

Según diferentes estudios, la calidad de la papa queda definida por su forma y tamaño (uniforme y sin defectos físicos), limpieza (libre de enfermedades y virus) y textura. De acuerdo con un estudio realizado por el ICTA, los principales problemas que ha presentado el cultivo de papa durante los últimos años son: la enfermedad conocida como pudrición bacteriana; las plagas del suelo; insectos como las chicharritas, la mosca minadora, la polilla y pulguilla de la papa; enfermedades como el tizón tardío y la marchitez bacteriana; y afecciones viróticas como el mosaico de la hoja (virus X), el mosaico rugoso (virus Y) y el enrollamiento de la hoja (virus PLRV) (20).

Económicamente, la contribución del cultivo de la papa fresca al PIB del país fue de 0.41% durante 1997. Por el lado de las exportaciones, los productos de papa exportables, fresca y procesada, representaron, en 1998, únicamente el 0.37% del total de las exportaciones agrícolas. A pesar de la poca importancia que las exportaciones de papa tienen, Guatemala se ha posicionado como el principal exportador centroamericano de papa fresca, manteniendo una tendencia creciente cercana al 14% anual durante los últimos 10 años. El cultivo de la papa generó, en 1998, aproximadamente 9,400 empleos directos permanentes en el componente de producción agrícola y aunque no se tienen registros del empleo exacto que genera la comercialización y en la transformación industrial, el hecho de que el 93.5% de la población rural y

el 97.2% de la población urbana compra la papa que consumen, presupone un aumento en cantidad de empleos indirectos (20).

3.1.8.- Características de los Nematodos Fitoparasíticos

3.1.8.1.- Características morfológicas y anatómicas

Su largo oscila entre los 300 a 1,000 μm por 15 a 35 μm de ancho. Tienen generalmente forma de anguila con cuerpos lisos no segmentados, sin apéndices. Algunas hembras se hinchan en la madurez con forma de pera o cuerpos esferoides (1).

Son más o menos transparentes, con una cutícula incolora, que a menudo poseen estrías u otros detalles, esta despliega la muda a través de sus distintas etapas larvarias (1).

Poseen un sistema digestivo que esta formado por un tubo hueco que se extiende desde la boca pasando por el esófago hasta el intestino, recto y ano, Por lo regular existen seis labios que rodean la boca. Los nematodos fitoparasíticos poseen un estilete hueco o lanza que utilizan para perforar las células vegetales (1).

El sistema reproductor se ha desarrollado, las hembras poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en la vulva. El macho posee un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino; existe un par de espículas copulatorias que sobresalen (1).

3.1.8.2.- Ciclo de vida y biología

La primera muda del primer estado juvenil ocurre dentro del huevo y se desarrolla al segundo estadio juvenil (J2) el cual es el infectivo (Figura 1). Eclosiona del huevo el J2 y comienza generalmente después de recibir el estímulo de los exudados de raíz a parasitar al huésped. El J2 penetra la raíz cerca al punto de crecimiento, se mueve dentro de la raíz cortando las paredes de células con su estilete y eventualmente permanece en un lugar para alimentarse de las células cercanas al tejido vascular de raíz. El estilete perfora las células y la saliva de las glándulas del esófago es inyectada. Los componentes de la saliva del nematodo inducen el crecimiento de las células, el rompimiento de las paredes de las células, y la formación de una célula grande llamada sincitium. El crecimiento interno de las paredes celulares facilita la transferencia de alimento nutritivo al parásito. El juvenil permanece en un sitio donde se alimenta y se transforma en sedentario, experimenta tres mudas adicionales antes de alcanzar el estado adulto. Un grado alto de dimorfismo sexual existe. Los machos adultos salen de las raíces y sobreviven por cerca de 10

días en el suelo. La hembra adulta sedentaria se hincha e incrementa de tamaño, rompiendo la corteza de la raíz, exponiendo el cuerpo al suelo (Figura 2). Atrayentes químicos atraen los males vermiformes hacia las hembras (34).

Los huevos embrionados se desarrollan dentro del cuerpo de la hembra. La mayoría son retenidos dentro del cuerpo, pero algunos son expulsados a través de la vulva en una matriz gelatinosa. En estos huevos se ha observado una eclosión de los J2, más rápida que los que se retienen dentro de la hembra y a menudo contribuyen a que ocurra una invasión temprana y a tener generaciones adicionales en el mismo ciclo agrícola. La temperatura en el suelo afecta el tiempo de desarrollo como es el caso de *H. glycines*, la que puede completar varias generaciones en un ciclo de cultivo. Cuando los huevos desarrollan, la hembra muere y su pared del cuerpo se engruesa y se taniniza para formar un quiste protector duro. Ocasionalmente, una capa blanca, conocida como la capa subcristalina, puede estar presente cubriendo parcialmente al quiste. Eventualmente los quistes se desprenden del sistema de raíz senescente y llegan a ser liberados en el suelo, o permanecen adheridos a la raíz hasta que los J2 son estimulados para salir del huevo por la acción de los exudados de la raíz del huésped. En la ausencia de un huésped, algunos (o aún la mayoría) de los J2 se mantienen dentro de los quistes y algunos mueren cada año. En algunas especies, sin embargo, los quistes pueden retener los J2 viables hasta por 20 años (Ej. El nematodo de quiste de la papa) (34).

3.1.8.3.- Ecología y distribución

La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo. Su mayor abundancia esta entre los 0 a 15 cm. de profundidad (1).

La distribución en el suelo, de los nematodos esta regida por su propia capacidad. No logra recorrer más de un metro de distancia, con mayor rapidez en películas delgadas de agua. A través del equipo agrícola, la irrigación, el drenaje de agua, patas de animales, semillas infectadas, plantas de viveros, etc., es como logra dispersarse a través de grandes distancias (1).

3.1.8.4.- Población y patrón de distribución de los nematodos

El limite superior de la población para cualquier especie de nematodo parásito de plantas depende de su potencia reproductora, de la especie de planta huésped y del tiempo en estar en condiciones adecuadas para su reproducción. Los endoparásitos especializados y parásitos superficiales tienen una mayor potencia de reproducción que los ectoparásitos (6). La disposición

de una población, es la forma en que sus individuos se ubican en el espacio, y se refiere al patrón de distribución espacial. Este patrón es un elemento básico que permite explicar muchos de los comportamientos de los individuos.

Los patrones de disposición espacial son tres (45):

- 1) Patrón al azar: cuando cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar habitado por un individuo.
- 2) Patrón agregado o contagioso: cuando la presencia de un individuo en un sitio aumenta la probabilidad de encontrar otros en su vecindad.
- 3) Patrón uniforme o regular: cuando la presencia de un individuo disminuye la probabilidad de encontrar otros allí.

La distribución típica sigue un patrón agregado o contagioso. Factores como el tipo de deposición de huevos, patogenicidad relativa, distribución de raíces, respuesta al microclima y la interacción entre enemigos naturales contribuyen al proceso de agregación.

3.1.8.5.- Síntomas y daños causados por los nematodos

Producen síntomas tanto en las raíces como en los órganos aéreos de las plantas. Los síntomas de la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones en ella, ramificación excesiva de la raíz, puntas dañadas de esta última y pudriciones de la raíz cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias y hongos saprofitos o fitopatógenos. Estos síntomas con frecuencia van acompañados por síntomas no característicos en los órganos aéreos de las plantas y que aparecen principalmente en forma de un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como el amarillamiento del follaje, el marchitamiento excesivo en clima cálido o seco, una menor producción de las plantas y una baja calidad de sus productos (1).

La mayoría de los daños causados por los nematodos parecen ser ocasionados por una secreción de saliva que el nematodo 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 (1).

La alimentación de los nematodos, provoca que las células reaccionen causando la muerte o el debilitamiento de las yemas y puntas de la raíz, la formación de lesiones y la degradación de los tejidos, hinchamientos y agallas de varias clases, tallos y follaje retorcido y deformado. Estos síntomas pueden deberse tanto a la disolución de los tejidos como infectados por las enzimas, lo que produce la muerte de células y su desintegración de los tejidos o el alargamiento anormal de

las células (hipertrofia), cese de la división celular o la estimulación de ella que se efectúa en una forma controlada, dando como resultado la formación de agallas o de una gran cantidad de raíces laterales en o cerca de los puntos de infección (1).

En algunos casos, son las interacciones bioquímicas entre la planta y el nematodo las que afectan negativamente la fisiología total de las plantas y la función de los nematodos de proporcionar los puntos de entrada para otros patógenos (1).

3.1.8.6.- Familia *Heteroderidae*

Tylenchoidea. Dimorfismo sexual marcado, cuerpo vermiforme con un segundo estado juvenil delgado, machos robustos y hembras hinchadas. Estructura cefálica bien desarrollada y reducida en las hembras. Estilete robusto; el ancho del cuerpo a la altura de los nódulos basales es un cuarto del largo total del estilete. Abertura de la glándula esofágica dorsal hacia la base del estilete. Bulbo medio usualmente largo, con válvula fuerte. Glándula esofágica sobrepuesta ventral al intestino y un poco lateral (3).

A. Hembras: Las hembras maduras son globosas e esféricas, sub-esféricas o en forma de limón, debido a que el enorme desarrollo de los ovarios y a la producción y alojamiento de los huevos dentro de la cavidad del cuerpo. En algunos géneros, juveniles del segundo estado se forman dentro de los huevos dentro del cuerpo de las hembras y en otros se forma un saco de huevos fuera del cuerpo. La cutícula de las hembras maduras en los géneros que no forman quistes puede ser anillada, y en los géneros que si forman quiste la anulación es restringida a la región de la cabeza. El estilete y el esófago están bien desarrollados, con prominente bulbo medio, el que se encuentra en la región del cuello. El poro excretor se localiza en la base del cuello. La vulva en la mayoría de los géneros de la familia *Heteroderidae* se localiza en la parte terminal del cuerpo (con excepción de *Meloidodera*). La abertura de la vulva es una hendidura localizada transversalmente (34).

Los quistes se forman por la tanización de la cutícula de la hembra y se mantiene la misma forma del cuerpo. La superficie del quiste esta cubierta por un patrón de líneas, derivados de la cutícula de la hembra. La delgada cutícula alrededor de la vulva puede ser perdida, formándose una ventana que se conoce como fenestra. La fenestración presente o ausente y su forma es utilizada en la diagnosis de los géneros (34).

B. Machos: Los machos son vermiformes con la región labial hemisférica y separada del cuerpo por una constricción. La cola es una característica de la familia: es corta (cerca de $\frac{1}{4}$ máximo el ancho del cuerpo), es redondeada y carece de bursa. Posterior de ser muertos el

cuerpo se turce 90° en el eje longitudinal y cerca de 2/3 posterior a la cabeza. La cutícula es anillada y el campo lateral termina antes del término de la cola, frecuentemente continua alrededor de la cola (34).

La morfología del extremo anterior es similar al segundo estado juvenil, pero el bulbo esofágico (metacarpus) es mas alargado y ocupa menos ancho del diámetro del cuerpo que los J2. El testículo se extiende de 1/3 a 2/3 la longitud del cuerpo y no tiene dobleces. El par de espículas son ligeramente curvadas y unidas constituyendo un tubo; el término tiene forma de punta o es bifida (34).

C. Segundo estado juvenil: El segundo estado juvenil (J2) es vermiforme, con la cabeza ligeramente separada del cuerpo y con cola cónica terminada en punta o redondeada. Posteriormente de ser muertos, el cuerpo toma la forma ligeramente de C, con la vista ventral hacia la parte cóncava. La cutícula es regularmente anillada, con el campo lateral formado con cuatro incisuras que corren de cerca de la cabeza hasta la cola; la reducción en número de las incisuras se presenta al inicio al término del cuerpo (34).

El esqueleto cefálico, el estilete y el esófago están bien desarrollados y ocupan el primer tercio del cuerpo. El bulbo medio es redondeado con válvula prominente. Las glándulas esofágicas se sobrepone al intestino ventral o subventralmente y ocupan el ancho del cuerpo o no; el núcleo de la glándula dorsal es más prominente que el de las glándulas subventrales. El poro excretor es visible, localizado en la parte ventral a la altura de las glándulas esofágicas y con el hemizonidio anterior a este. El ano es una pequeña abertura en la cutícula y la cola tiene una porción hialina. Los fasmidios son visibles, en algunas especies son pequeños puntos refractivos, localizados lateralmente en el área de la cola, usualmente entre las incisuras del campo lateral. En algunos géneros no formadores de quistes, los fasmidios tienen forma de lente debajo de la superficie de la cutícula, lo que hace que el fasmidio sea prominente (34).

3.1.8.6.1.- Sub-familia *Heteroderinae*

Hembras maduras con forma esférica, de pera o parecido a limón con un cuello corto, que se tornan duras, fuertes, amarillentas, formando quistes de color claro a un café oscuro o negro. Los quistes contienen huevos y estados juveniles, algunos huevos se encuentran inmersos en una matriz gelatinosa. La superficie de la cutícula posee un patrón en zig-zag o parecido a un encaje. La vulva y ano se encuentran cerca uno de otro, casi en la parte terminal, en un relieve vulval cónico o en uno plano o cóncavo. Presente una fenestra vulval clara; únicamente en *Punctodera* se encuentra una fenestra anal. Los machos se desarrollan a través de metamorfosis, poseen una

región cefálica anillada, cuatro incisuras en la región lateral y una cola semi-esférica muy corta, raramente la cola esta ausente. Bursa ausente. Los géneros más importantes son: *Afenestrata*, *Dolichodera*, *Globodera*, *Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera* (44).

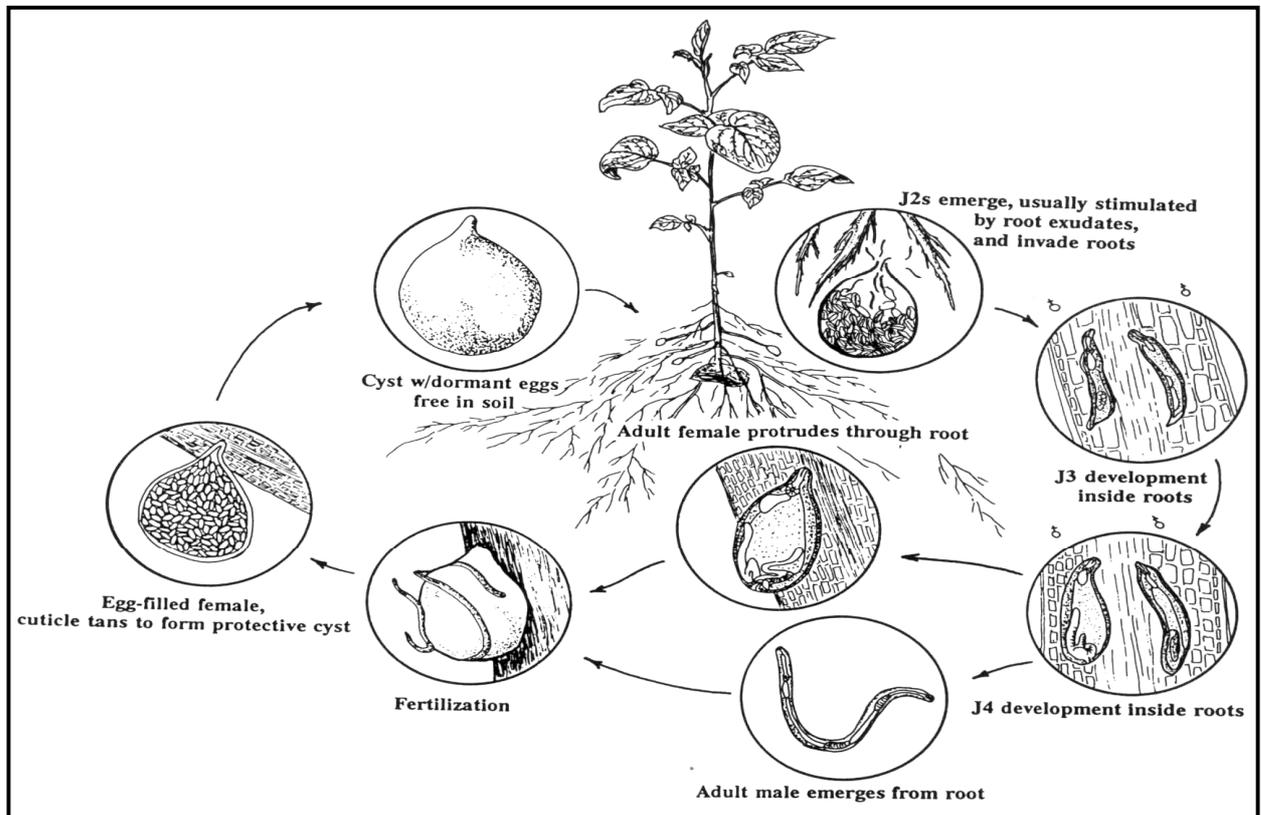


Figura 1. Ciclo de vida de nematodos formadores de quiste (34)



Figura 2. Hembras blancas y quistes del nematodo enquistador de la papa adheridos a la raíz (34)

A. *Afenestrata* Baldwin y Bell, 1985

Cuerpo globoso con cuello muy corto y con pronunciado cono vulval, labios vulvares atrofiados. Cutícula delgada y con anulación en el cuello en forma irregular y gruesa, y con patrón cuticular en forma de red en el resto del cuerpo. Vulva terminal, labios vulvares y apertura vulvar hundidos, fenestra ausente en la vulva y el ano. Ano subterminal. Machos con tubo cloacal bien desarrollado. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

Especie tipo: ***Afenestrata africana*** (Luc, Germani & Netscher, 1973) Baldwin & Bell, 1985

Otras Especies: *A. axonopi* Souza, 1996
A. bamboosi (Koushal & Swarup, 1989) Wouts & Baldwin, 1998
A. koreana Vovlas, Lamberti & Choo, 1992
A. orientalis Kazachenko, 1989
A. sacchari Koushal & Swarup, 1989

B. *Cactodera* Krall' & Krall', 1978

Cuerpo globoso, con cuello corto y con cono vulval presente. Cutícula gruesa, con estrías irregulares interrumpidas. Vulva terminal, fenestra de tipo circumfenestra; abertura vulvar >20 µm; ano sin fenestra. Macho sin tubo cloacal. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

Especie tipo: ***Cactodera cacti*** (Filip'ev & Schuurmans S tekhoven, 1941) Krall' & Krall', 1978

Otras especies: *C. Acnidae* Wouts, 1985
C. amaranthi Krall' & Krall', 1978
C. aquatica Krall' & Krall', 1978
C. betulae Krall' & Krall', 1978
C. eremica Baldwin & Bell, 1985
C. estonica Krall' & Krall', 1978
C. thornei Krall' & Krall', 1978
C. weissii Krall' & Krall', 1978
C. evansi Cid del Prado V. & Rowe, 2001
C. milleri Graney & Bird, 1990
C. salina Baldwin, Mundo-Ocampo & McClure, 1997

C. *Dolichodera* Mulvey & Ebsry, 1980

Cuerpo elongado a ovoide, con cuello largo y sin cono vulval terminal. Cutícula medianamente gruesa, con finas estrías. Vulva subterminal, con fenestra de tipo circumfenestra, bullae presente. Ano sin fenestra. Machos desconocidos. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

Especie única: *Dolichodera fluvialis* Mulvey & Ebsary, 1980

D. *Punctodera* Mulvey & Stone, 1976

Cuerpo globoso, esférico o en forma de pera, con cuello corto y sin cono vulvar presente. Cutícula gruesa con patrón reticulado, subcutícula con puntuaciones. Vulva terminal, abertura de la vulva <5 µm, con circumfenestra vulval y anal casi de igual tamaño. Machos sin tubo cloacal. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

Especie tipo: *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey & Stone, 1976

Otras especies: *P. Chalcoensis* Stone, Sosa Moss & Mulvey, 1976

P. matadorensis Mulvey & Stone, 1976

P. stonei Brzeski, 1998

E. *Heterodera* A. Schmidt, 1871

Cuerpo globoso, en forma de limón con cuello corto y cono vulval presente. Cutícula gruesa con patrón cuticular en forma de red. Vulva terminal, abertura vulval de variable longitud, labios vulvares no proyectados. Fenestra de tipo ambi o bifenestrada. Sin fenestra anal. Macho sin tubo cloacal. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

Especie tipo: *Heterodera schachtii* A. schmidt, 1871

Otras especies: *H. amygdalia* Kirjanova & Ivanova, 1975

H. arenaria Cooper, 1955

H. aucklandica Wouts & Sturhan, 1995

H. avenae Wollenweber, 1924

H. bifenestra Cooper, 1955

H. bergeniae Maqbool & Shahina, 1988

H. cajani Koshy, 1967 (syn. *H. vigni*)
H. canadensis Mulvey, 1979
H. cardiolata Kirjanova & Ivanova, 1969
H. carotae Jones, 1950
H. ciceri Vovlas, Greco & di Vito, 1985
H. cruciferae Franklin, 1945
H. cyanodontis Shahina & Maqbool, 1989
H. cyperi Golden, Rau & Cobb, 1962
H. daverti Wouts & Sturhan, 1979
H. delvii Jairajpuri, Khan, Setty & Govindu, 1979
H. elachista Ohshima, 1974
H. fici Kirjanova, 1954
H. filipjevi (Madzhidov, 1981), Siddiqi, 1985
H. gambiensis Merny & Netscher, 1976
H. glycines Ichinohe, 1952
H. glycyrrhizae Narbaev, 1987
H. goettingiana Liebscher, 1892
H. graduni Kirjanova in Kirjanova & Krall, 1971
H. graminis Golden & Birchfield, 1972
H. graminophila Golden & Birchfield, 1976
H. hordecalis Andersson, 1975 (syn. *Bidera hordecalis*)
H. humuli Filipjev, 1934
H. iri Mathews, 1971 syn *B. iri*
H. kirjanovae Narbaev, 1988
H. latipons Franklin, 1969
H. lepedezae Golden & Cobb, 1963
H. leuceilyma Di Edwardo & Perry, 1964
H. limonii Cooper, 1955
H. longicolla Golden & Dickerson, 1973
H. mani Mathews, 1971 (possible syn. *H. avenae*).
H. medicaginis Kirjanova in Kirjanova & Krall, 1971
H. mediterranea Vovlas, Inserra & Stone, 1981
H. menthae Kirjanova & Narbaev, 1977

- H. methwoldensis* Cooper, 1955
H. mothi Khan & Hussain, 1965
H. oryzae Luc & Burdon Brizuela, 1978
H. oryzicola Rao & Jayaprakash, 1978
H. oxiana Kirjanova, 1962
H. pakistanensis Maqbool & Shahina, 1986
H. phragmitidis Kazachendo, 1986
H. plantaginis Narbaev & Sidikov, 1987
H. raskii Basnet & Jayaprakash, 1984
H. riparia Subbotin, Sturhan, Waeyenberge & Moens, 1997
H. rosii Duggan & Brennan, 1966
H. sacchari Luc & Merny, 1963
H. salixophila Kirjanova, 1969
H. sinensis Chen Pin Sang, Zheng Jing Wu & Deliang, 1994
H. skohensis Koushal, Sharma & Singh, 2000
H. sonchopila Kirjaonva in Krall & Krall, 1976
H. sorghi Jain, Sethi, Swarup & Srivastava, 1982
H. spinicauda Wouts, Shoemaker, Sturhan & Burrows, 1995 *H. swarupi*
 Sharma, Siddiqi, Rahaman, Ali & Ansari, 1999
H. tadshikistanica Kirjanova & Ivanova, 1966
H. trifolii Goffart, 1932
H. turangae, Narbaev, 1988
H. turcomanica Kirjanova & Shagalina, 1965
H. urticae Cooper, 1955
H. uzbekistanica Narbaev, 1980
H. zaeae Koshy, Swarup & Sethi, 1971

F. *Globodera* Skarbilovich, 1959

Cuerpo globoso, esférico, con cuello corto y sin cono terminal. Cutícula delgada con patrón cuticular en forma de red. Vulva terminal, fenestra de tipo circumfenestra, con pequeños tuberculos cerca de la vulva. Sin fenestra anal. Vulva y ano localizados en el área conocida como "vulval basin". Macho sin tubo cloacal. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro (34).

- Especie tipo: ***Globodera rostochiensis*** (Wollemweber, 1923) Behrens, 1975
- Otras especies: *G. achilleae* (Golden & Klindic, 1971) Behrens, 1975
G. artemisiae (Eroshenko & Kasachenko, 1972) Behrens, 1975
G. bravoae Franco & Cid del Prado, V., 2001
G. chaubattia (Gupta & Edward, 1973) Wouts, 1984
G. hypolysi Ogawa, Ohshima & Ichinohe, 1983
G. leptonepia (Cobb & Taylor, 1953) Behrens, 1975
G. millefolii (Kirjanova & Krall, 1965) Behrens, 1975
G. mirabilis (Kirjanova, 1971) Mulvey & Stone, 1976
G. pallida Stone, 1973
G. tabacum (Lownsberry & Lownsberry, 1954) Behrens, 1975
G. zelandica Wouts, 1984

3.1.8.7.- Nematodos del quiste de la papa, ***Globodera rostochiensis*** (Wollenweber) Behrens y ***G. Pallida*** (Stone) Behrens

Los nematodos del quiste de la papa son considerados como la plaga mas importante de este cultivo, en las áreas de clima frío y templado. (Smith et al, 1997). Setenta especies de nematodos han sido señaladas en el cultivo de la papa (22). Sin embargo, los formadores de quistes, ***Globodera rostochiensis*** (Wollenweber) Behrens y ***G. pallida*** (Stone) Behrens, son considerados los más dañinos y afectan el rendimiento de este cultivo en la mayoría de las zonas paperas del mundo (12). Debido a la coloración amarilla de las hembras, ***G. rostochiensis*** es conocido también como el nematodo dorado de la papa.

Se considera que estos nematodos son originarios de los países andinos, especialmente Perú y Bolivia. Sin embargo, estudios recientes de ADN ribosomal, hacen pensar que el centro de origen sea más bien México (10). Es importante señalar, que ***Heterodera (=Globodera) rostochiensis*** Wollenweber, fue detectado por primera vez en Alemania en el año 1881 y descrito en 1923 por Wollenweber, a partir de una población colectada en Rostok. En 1973, Stone, observó la existencia de poblaciones del nematodo cuyas hembras no presentaban la coloración amarilla y, basándose en características morfométricas de los estados juveniles y la cromogénesis de las hembras, describió a estas poblaciones como ***Heterodera (=Globodera) pallida***, nueva especie de nematodo quiste de la papa (40). Posteriormente, los nematodos formadores de quistes fueron agrupados en seis géneros incluyendo en el género ***Globodera***, a las especies con quistes esféricos como eran ***H. rostochiensis*** y ***H. pallida***. Desde Alemania el nematodo se dispersó a

los otros países europeos y a otros continentes, incluyendo América Latina, probablemente con el comercio de tubérculos de papa para semilla.

3.1.8.8.- Identificación

Aún cuando la coloración amarilla de las hembras indica claramente la presencia de *G. rostochiensis*, la ausencia de hembras con esta coloración en las raíces no garantiza que se trate de *G. pallida*, a menos que se observe el desarrollo del nematodo a lo largo de su ciclo biológico. La preparación de los cortes perineales de los quistes, colectados en las raíces de la planta de papa, y el conteo de las estrías cuticulares presentes entre el ano y la vulva, constituyen una manera simple de diferenciar las dos especies.

G. rostochiensis posee un promedio de 21.6 estrías (41) y *G. pallida* 12 (40) (Figura 3). A veces, el número promedio puede ser de 15, lo cual causa confusión; en este caso, si es necesario identificar la especie, se deben medir otros parámetros, especialmente de hembras, quistes y segundos estadios juveniles y hacer comparaciones con los valores reportados en la literatura (Cuadro 3). La identificación con técnicas modernas y sofisticadas como son las basadas en reacciones serológicas (37), punto isoeléctrico (24), separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN (4), también es posible.

Cuadro 3. Principales diferencias entre *G. Rostochiensis* y *G. Pallida*

Característica	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
HEMBRA		
Largo del estilete (µm)	22,9	27,4
Diámetro zona vulvar (µm)	22,4	24,8
Largo vulva (µm)	9,2	11,5
Número de estrías cuticulares entre el ano y la vulva	21,6	12,5
Coloración	Amarillo	Crema
QUISTE		
Diámetro fenestra (µm)	18,8	24,5
Distancia ano-fenestra (µm)	66,5	49,9
Relación Granek's ⁽¹⁾	3,6	2,1
JUVENILES DE SEGUNDO ESTADO		
Largo del estilete (µm)	21,8	23,8
Forma de las protuberancias basales del estilete	Redondeadas y apuntando hacia atrás	en forma de ancla apuntando hacia delante
Distancia entre la válvula del bulbo medio y el poro excretor (µm)	31,3	39,9

(1) Distancia ano-fenestra / diámetro menestra. Fuentes: Schuter, K. (36) y Schots A. et al. (37)

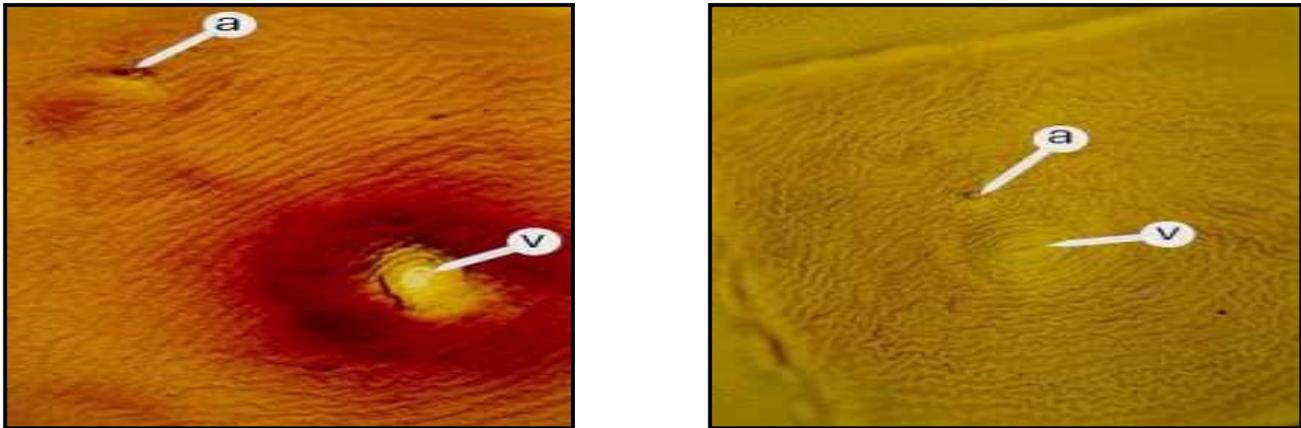


Figura 3. Cortes perineales de quistes de *Globodera rostochiensis* (izquierda) y *G. pallida* (derecha).
Nótese el número de estrías entre la vulva (v) y el ano (a): más de 20 en *G. rostochiensis* y menos de 12 en *G. pallida*.

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html>

3.1.8.9.- Biología

G. rostochiensis y *G. pallida* son nematodos endoparásitos sedentarios, que permanecen normalmente en el suelo por 5-6 años y a veces hasta por 20. Cada quiste joven contiene 200-500 huevos. Después de la siembra, las raíces de la planta huésped, papa en este caso, producen exudados que estimulan la eclosión de los huevos, de los cuales emergen los juveniles de segundo estado. Estos miden entre 470 y 500 μm de largo y entre 18 y 19 μm de ancho. Al salir del huevo, siendo el único estado infectivo, migra hacia el ápice radical por donde penetra. Después de recorrer algunos milímetros de la raíz, el juvenil se detiene y continúa su desarrollo como sedentario, pasando por tres estados juveniles (segundo, tercero y cuarto) antes de lograr el estado adulto (40).

En la familia *Heteroderidae*, a la cual pertenece el género *Globodera*, existe un dimorfismo sexual muy marcado. Mientras el segundo estado juvenil es móvil y vermiforme, el tercero y cuarto estado juvenil, así como las hembras adultas, son inmóviles y abultados. Las hembras son esféricas y miden 500-600 μm diámetro (Figura 4A). El tamaño es afectado por el huésped y por el nivel poblacional del nematodo, siendo más pequeñas cuando la población es elevada o el huésped se encuentra fuertemente dañado. El macho adulto es móvil y vermiforme y mide aproximadamente 1200 μm de largo y 28 μm de ancho; sin embargo, a veces se encuentran ejemplares que miden un poco más de la mitad del largo normal (41).

La hembra posee un aparato reproductivo muy desarrollado y después de ser fecundada produce gran cantidad de huevos (hasta 500) que retiene en el interior del cuerpo. Cada huevo mide aproximadamente 40 x 80 μm . En *G. rostochiensis* la hembra adulta adquiere una coloración

amarillenta, luego se transforma en quiste. En comparación con la hembra madura, el quiste tiene una cutícula más gruesa y de color castaño oscuro (Figura 4B) para proteger los huevos contenidos (12).

Los quistes no se alimentan y se desprenden fácilmente de las raíces o de los tubérculos. Los huevos, al final del desarrollo embrionario, aproximadamente después de 2-3 semanas, contienen juveniles de segundo estado. En países de clima templado, al final del ciclo de la papa (otoño) la mayoría de los huevos permanecen en estado de latencia y eclosionan en la primavera siguiente. En la región central de Chile y posiblemente en Venezuela, donde se cultiva papa durante todo el año y la temperatura es más elevada, los huevos no entran en estado de latencia (14).

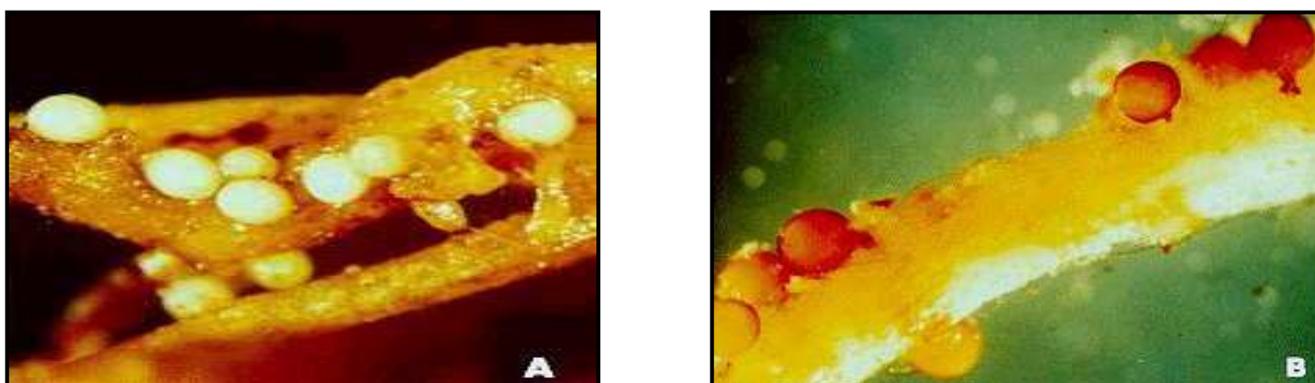


Figura 4. Raíces de papa infectadas con *G. rostochiensis*. A) hembras; B) quistes.

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html>

El período de tiempo que el nematodo necesita para cumplir una generación, desde la penetración del juvenil de segundo estado hasta la formación de quistes con huevos, es de 45-60 días, según las condiciones ambientales. Si se considera una temperatura de 10°C como la mínima a la cual el nematodo puede comenzar su desarrollo, puede cumplir una generación después de 400 grados-días. Las condiciones más favorables son una temperatura de 20-25 °C y una humedad del suelo con pH de 2.6-4. Sin embargo, para una población venezolana de *G. rostochiensis*, la temperatura óptima de reproducción fue de 26.8 °C (28). Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, como en casos de alta temperatura (28 °C) y secas, cuando la planta se aproxima al final del ciclo o bien las raíces están muy dañadas, las hembras se transforman temprano en quiste y el ciclo se acorta, mientras que, cuando la temperatura del suelo es menor de 20 °C, se alarga (28).

Estudios comparativos han demostrado que *G. pallida* se desarrolla mejor que *G. rostochiensis* a bajas temperaturas (29). Generalmente ocurre una sola generación por cada ciclo

de cultivo de la papa. Una segunda generación puede empezar, pero difícilmente es completada; sin embargo, existen datos de que sí es posible (17).

Algunas poblaciones de estos nematodos no atacan mucho a los tubérculos, mientras que otras infectan y se desarrollan muy bien sobre ellos (Figura 5), convirtiéndose, este medio de propagación, en un vehículo efectivo de diseminación del patógeno.

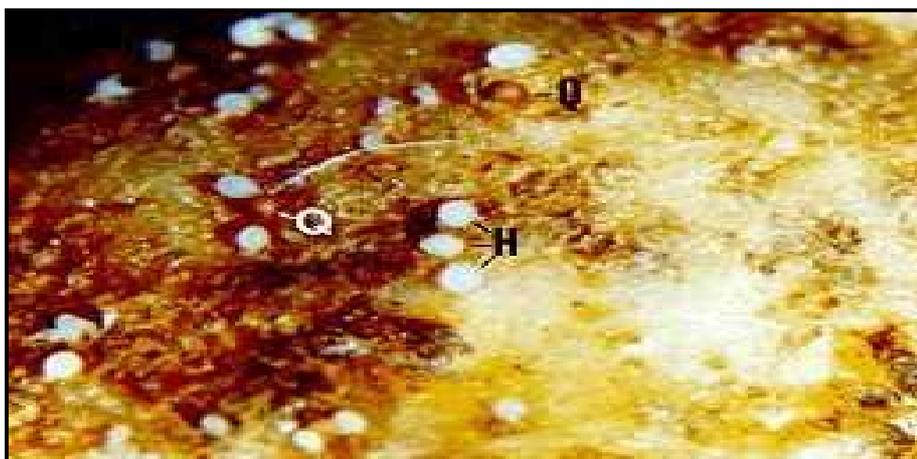


Figura 5. Porción de un tubérculo de papa fuertemente afectado por *G. pallida*. Nótese las hembras de color blanco (H) y los quistes de color marrón (Q).

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html>

G. rostochiensis y *G. pallida* tienen un rango de huéspedes muy reducido. Además de la papa, que es el huésped más susceptible, afectan tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, berenjena, *Solanum melongena* L. y alguna otra solanácea.

3.1.8.10.- Patogenicidad y magnitud del daño

A nivel histológico el daño es representado por necrosis de las células de las raíces atravesadas por los juveniles de segundo estado. Cuando éstos se detienen en el lugar definitivo de alimentación, las células alrededor de la cabeza del nematodo sufren una profunda transformación. De 3 a 10 células alrededor de la cabeza de cada nematodo se funden, la pared celular engrosa, el citoplasma se torna denso y se origina el sincitio multinucleado de alta actividad metabólica (Figura 6), el cual es indispensable para la alimentación del nematodo. La formación del sincitio ocasiona una interrupción de los vasos cribosos y leñosos limitando notablemente la funcionalidad de las raíces. Debido a esto, las plantas de papa atacadas por el nematodo presentan crecimiento y rendimiento reducidos, la senectud se anticipa y, a veces, en suelos muy infestados, el follaje presenta un ligero amarillamiento. Las reducciones de rendimiento dependen del nivel poblacional del nematodo al momento de la siembra (15).

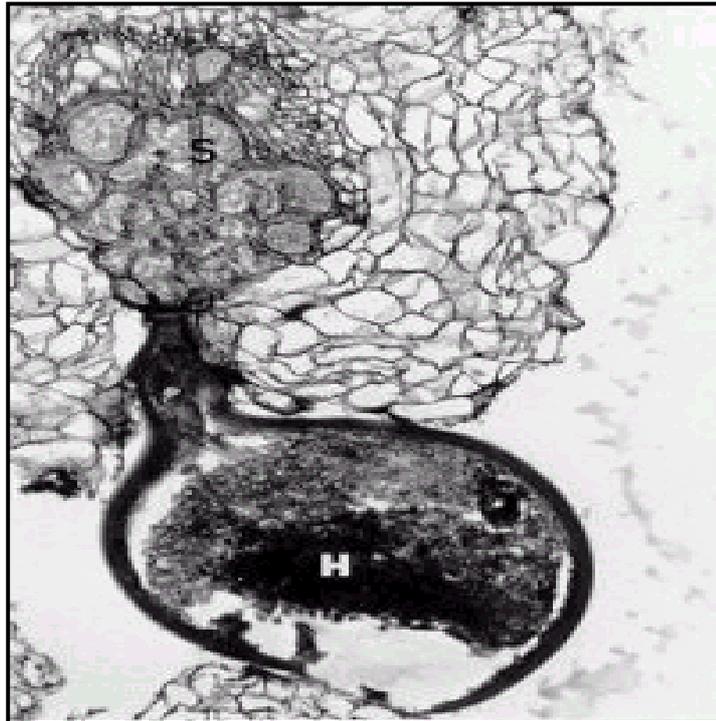


Figura 6. Sección transversal de una raíz de papa con hembra de *G. rostochiensis* (H) y sincitio multinucleado (S) alrededor de la cabeza del nematodo.

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html>

Ensayos realizados en Europa (16, 38) y Chile (13) han determinado que el límite de tolerancia de la papa a los nematodos formadores de quistes es de aproximadamente 1.9 huevos/g de suelo. El rendimiento de la papa puede ser reducido entre 20 y 50% cuando el nivel poblacional del nematodo en el suelo alcanza 16 y 32 huevos/g de suelo, respectivamente. El cultivo puede ser destruido completamente cuando la población inicial del nematodo es de 64 huevos/g de suelo. Con la excepción de un ensayo realizado en Italia a 650 msnm, estos datos se refieren a ensayos realizados cerca del nivel del mar.

La magnitud del daño ocasionado por estos patógenos también depende del patotipo. A nivel mundial han sido identificados cinco patotipos de *G. rostochiensis* (Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5) y seis de *G. pallida*: tres en Europa (Pa1, Pa2, Pa3) y tres en la zona andina (P4A, P5A, P6A). La identificación de los patotipos se hace basándose en la tasa de reproducción de las distintas poblaciones en una serie standard de clones de *Solanum* spp. (6, 25). Métodos basados en separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN, hasta ahora, no han dado resultados satisfactorios.

3.1.8.11.- Dinámica poblacional y difusión de los nematodos

En ausencia del cultivo de la papa, en zonas de clima templado, el nivel poblacional disminuye en un 50% cada año, mientras que en países con clima cálido, como Marruecos, puede ocurrir una reducción de casi 100% (13). En países con clima cálido, la superficie del suelo, en el verano, se calienta mucho y los nematodos que se encuentran en los primeros 5-10 cm. mueren naturalmente. Por lo tanto, araduras en esta época del año, reducen sensiblemente el nivel poblacional del parásito.

La época de siembra también afecta la dinámica de los nematodos. Generalmente, las siembras de primavera son las que favorecen más su tasa de reproducción (población final/población inicial), alcanzando valores de 40-65 por cada ciclo de cultivo. En climas cálidos, las siembras de verano y las que se realizan hacia finales de otoño, ocasionan una menor tasa de reproducción (13, 14), reduciéndose, por lo tanto, el efecto negativo sobre el próximo ciclo de cultivo (13). Cuando la cosecha se realiza al final del ciclo biológico de la papa, todos los nematodos que han penetrado en las raíces alcanzan el estado de quiste, logrando un nivel poblacional muy alto. No ocurre así cuando se cosecha temprano la papa, de esta forma muchos nematodos se encuentran todavía en los estados juveniles y el nivel poblacional en el suelo permanece bajo.

En un campo, el primer foco de infección se manifiesta en una pequeña área circular que luego se agranda hasta afectar toda la superficie. El nematodo, por acción propia, puede moverse 1-2 m/año; sin embargo, el movimiento pasivo es más rápido. El suelo adherido a los implementos agrícolas, zapatos y patas de los animales, puede contener quistes, favoreciendo la diseminación de los nematodos dentro de la misma unidad de producción o a otras unidades. Todo sistema de riego que favorezca la escorrentía del agua, así como las inundaciones pueden ser importantes. Sin embargo, el comercio de la papa, y especialmente los tubérculos utilizados como semilla, son la forma más eficaz de diseminar los quistes entre estados, países y continentes. La limpieza de la maquinaria agrícola, zapatos, uso de tubérculos-semilla sanos y medidas cuarentenarias son muy eficaces para evitar la diseminación de los nematodos.

3.1.8.12.- Muestreo

Debido a la imposibilidad económica, física y práctica de hacer cuantificaciones por enumeración total, los trabajos de evaluación de poblaciones en la mayoría de casos se hace a través de procedimientos de muestreo, con el objeto de estimar el valor de los parámetros que nos interesa conocer de la población. Se describen los siguientes modelos de muestreo:

- a) Muestreo Preferencial: las muestras o las unidades muestrales se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas sobre la base de criterios subjetivos.
- b) Muestreo Estratificado: es un caso particular de muestreo preferencial, empleado en área heterogéneas extensas. Ante todo se debe estratificar o subdividir el área de acuerdo a un criterio vegetacional (especies dominantes, fisonomías, etc.), geográfico, topográfico, etc. luego se muestrea separadamente cada estrato.
- c) Muestreo Aleatorio: consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales al azar. En este caso particular, cada unidad de población tiene igual probabilidad de formar parte de la muestra, lo que resulta óptimamente representativa.
- d) Muestreo Sistemático: consiste en distribuir las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio, esto permite detectar variaciones espaciales en la comunidad vegetal. Este modelo es preferido no solo por que permite detectar variaciones, sino por su aplicación más sencilla en el campo (26).

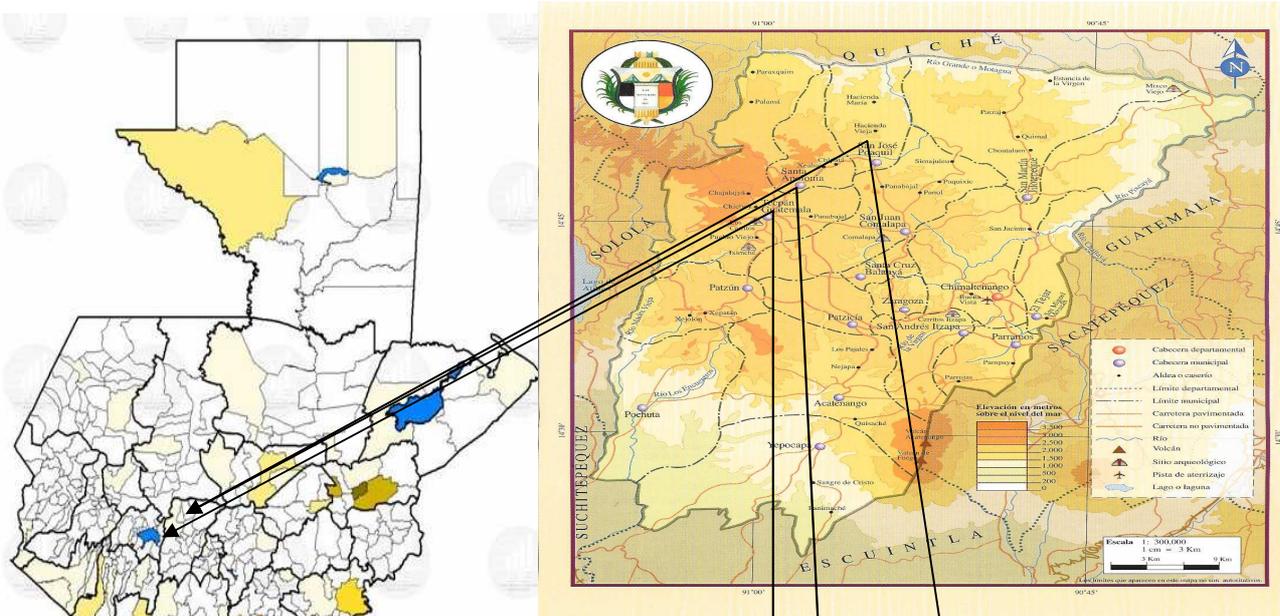
3.1.5.13.- Confirmación

Para propósitos cuarentenarios, los quistes pueden ser detectados extrayendo suelo mediante prospecciones sistemáticas con alguno de los sistemas de muestreo descritos anteriormente y por métodos de laboratorio. Los mas sencillos y comunes de utilizar son los métodos de flotación, como el embudo de Fenwick y el de la botella; este ultimo, puede ser utilizado en forma simple para pequeñas cantidades de suelo, provenientes de material de importación de plantas tales como bulbos, tubérculos, material de propagación enraizado, etcétera (9).

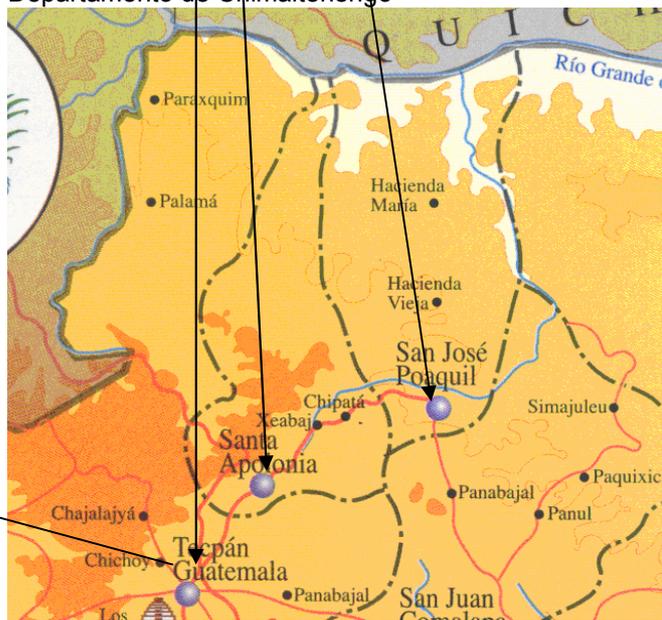
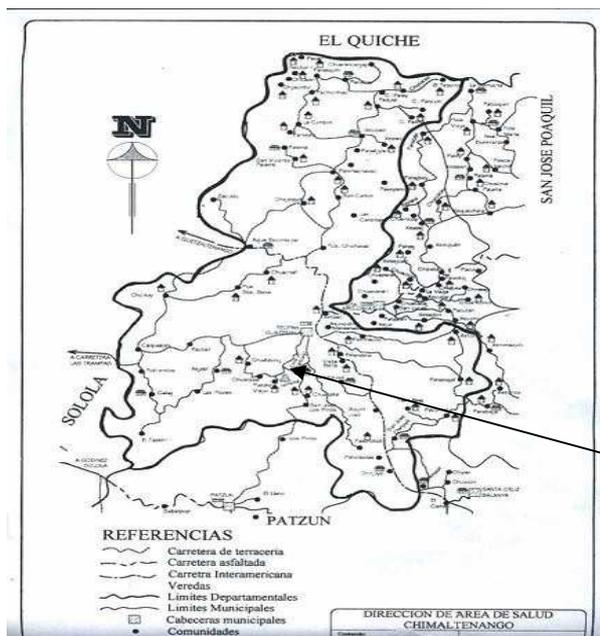
3.2.- MARCO REFERENCIAL

3.2.1.- Localización

Los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia pertenecen al departamento de Chimaltenango con una extensión territorial de 273 Km², sobre la ruta nacional 1 en la carretera interamericana (CA-1) dista a 34,55 y 40 kilómetros, respectivamente, de la cabecera departamental (figura 7).



Departamento de Chimaltenango



Municipio de Tecpán G.

TECPAN G. SAN JOSE POAQUIL , SANTA APOLONIA

Figura 7. Mapa ubicación de Chimaltenango
Fuente: www.inforpressca.com/municipal

Según el INE (21) el municipio de Tecpán Guatemala se divide en 34 aldeas, están Panabajal Tecpán, Panimacoc, Vista bella, Xenimajuyú, Chirijuyú, San José Chirijuyu, Cruz Santiago, Pueblo Viejo, Paxorotot, Chivaraval, El tablón, Chuatunuj, Caliaj, Chuachali, Kakichajay, Chichoy, Xezac, Chuachali, Agua Escondida, San Vicente, Saculeu, Chajalajya, Palama, Xepac, Pamesul, Xecoxol Parxquin, La Cumbre, Pachichiac, El Tesoro, Paquip el municipio de San José Poaquil : 10 aldeas y sus caseríos Saquitacaj, Ojecaibal, Hacienda Vieja, Hacienda María, Caserío Centro, Paley, La Garrucha, Palamá, Panimasiguan y Paneyá.

Los caseríos son: Quisayá, Chuatacaj, Paruxuché, Chiquisayá, Sarajmac, Xequichelaj, Cruacruz Palamá, Paxcabalché, Chimixayá, Nueva Esperanza, Panimasaj, Parexchej, Chiraxaj, Patio Bolas, Patiatzan, Xejuyu, Pacul, Patoquer, Xebacin y Centro Hacienda María. Y el municipio de Santa Apolonia las aldeas: Chuantonio, La Vega, Chiqex, Cuacacy, Xeabaj, La Mejorana, Xepanil, Xecoil, Xesac

3.2.2.- Colindancias

Tecpan Guatemalase ubica geográficamente a 14°45'37'' latitud Norte y 90°59'30'' longitud Oeste, San José Poaquil a 14°48'38'' latitud Norte y 90°59'24'' longitud Oeste; y Santa Apolonia latitud norte 14°47'24'' longitud Oeste 90°58'24'' **Tecpan Guatemala**. Colinda al Norte de Joyabaj (Quiché), al Este con Santa Apolonia y Comalapa (Chimaltenango), al Sur con Santa Cruz Balanza y Patzún (Chimaltenango), al Oeste con Chichicastenango (Quiché), y San Andrés Semetabaj y San Antonio Palopó (Solola), **San José Poaquil**. Colinda al Norte con los municipios de Joyabaj y Chiche del departamento de Quiché, al sur con el municipio de San Juan Comalapa; al oriente con el municipio de San Martín Jilotepeque y al poniente con los municipios de Santa Apolonia y Tecpán Guatemala y **Santa Apolonia** al norte colinda con Joyabaj el Quiché por el sur con Tecpán Guatemala al este con San José Poaquil y Comalapa y al oeste con Tecpan Guatemala.

3.2.3.- Zona de vida

Según Holdridge (19), ambos municipios pertenecen a la zona de vida correspondiente Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-tropical (bm-MB).

3.2.4.- Condición climática

Ambos municipios presentan una precipitación media anual esta en el rango de 1,050 a 1,600 mm. La temperatura promedio anual es de 16 °C, la temperatura máxima absoluta es de 28 °C y la mínima absoluta es de -2 °C. La humedad relativa media anual es de 7 % (8).

3.2.5.- Topografía

Los municipios tienen inclinaciones que varían de 10 a 15 por ciento de pendiente y las elevaciones varían de 1,500 a 2,000 msnm (8).

3.2.6.- Suelos

Según Simmons (39), ambos municipios corresponden al grupo de suelos de la altiplanicie central de Guatemala; los cuales, son profundos, con buen drenaje, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, específicamente corresponden a la serie de suelos Tecpan y Guatemala. Esta serie de suelos se caracteriza por poseer material madre constituido por ceniza volcánica pomacea de color claro y con relieve fuertemente ondulado. El suelo superficial es café muy oscuro, textura franca, consistente friable y espesor aproximado de 20 a 40 cm., el subsuelo es café amarillo oscuro, consistente friable, textura franco arcillosa y espesor aproximado de 60 a 75 cm.

3.2.7.- Estudios sobre Nematodos de Quiste en Guatemala

García, M. (11), en 1,979 realizó un estudio exploratorio sobre la presencia de los nematodos de quiste en los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán, el cual tomó para muestreo las áreas de ingerencia del ICTA. La autora de este estudio concluyó que si existen nematodos de quiste en Guatemala de los subgéneros para ese tiempo *Globodera* y *Heterodera*, el más generalizado fue el de *Globodera* con un 88.29 % de 94 muestras. Dentro de *Globodera* encontró los grupos *G. punctata* asociado con gramíneas, *G. virginiae* asociado con el cultivo de tomate, así como *H. (G) pallida* los cuales provenían de terrenos donde antes se había cultivado papa; sin embargo no encontró el nematodo dorado de la papa, *G. rostochiensis*.

Salguero, M. (35), mas recientemente realizó un estudio denominado “Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el municipio de Patzicia, Chimaltenango”, donde los géneros encontrados fueron: *Punctodera* con incidencia de 31.5 %, *Heterodera* con incidencia de 28.6 %, *Globodera* con incidencia de 4 % y *Afenestrata* con 3 %. Realizó un bioensayo en el cual inoculó quistes de los cuatro géneros encontrados en macetas sembradas con papa y, concluyó que dichos géneros no provocan patogenicidad ni daño en las plantas de papa. Y para descartar la presencia de *G. rostochiensis* realizó la determinación de la constante de Granek’s, la cual indicó que los especímenes encontrados perteneciente al género *Globodera* tienen tendencia a las especies que comprenden el complejo *G. tabacum*, *G. solanacearum* y *G. virginiae* como subespecies.

Blanco, L. (3), realizó una investigación denominada “Determinación de la presencia del nematodo dorado *Globodera rostochiensis* Woll. y otros nematodos de quiste de la sub-familia *Heteroderinae*, en las áreas de producción de papa *Solanum tuberosum* L. de Palencia, Guatemala”, en el cual determino la presencia de los géneros *Globodera*, *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera*. Y con el fin de observar si los géneros encontrados eran parásitos en el cultivo de papa, procedió a realizar un estudio de patogenicidad con quistes, el cual indicó que los géneros *Heterodera*, *Cactodera* y *Puntodera* no son parásitos en el cultivo con excepción del género *Globodera* por lo que tuvo que volver a inocular macetas sembradas con papa, donde observo gran cantidad de quistes adheridos a las raíces y a el tubérculo-semilla. Al determinar la constante de Granek’s encontró que los valores obtenidos eran semejantes a los datos dados por Schosts A. et al. (36) y Schluter K. (37) a la especie *Globodera pallida*, por lo que decidió enviar quistes procedentes del estudio de patogenicidad al Dr. John J. Chitambar, nematólogo, en base a los patrones perineales realizados por él, logró encontrar varios especímenes similares al género *Globodera*, lo cual lo llevo a obtener segundos estados juveniles para obtener valores de largo de estilete y largo del cuerpo dentro del rango que Stone (40) brinda sobre una población tipo de *G. pallida*; así también observó las proyecciones de los nódulos basales con forma de ancla, dirigidas hacia la cabeza del nematodo, siendo ésta otra característica de la especie *G. pallida*, por lo que concluyó que sí esta presente el nematodo blanco de la papa *Globodera pallida* (Stone) Behrens y no el nematodo dorado de la papa *G. rostochiensis* (Woll.) Behrens.

Los estudios anteriores y el presente son de mucha importancia, ya que al declarar las zonas productoras de papa como áreas libres de la presencia del nematodo *G. rostochiensis*, facilitan la comercialización y la exportación sin ningún obstáculo, al mismo tiempo evitan que Guatemala se coloque en el listado de países con vigilancia cuarentenaria mundial.

4. OBJETIVOS

4.1.- General

Determinar la presencia de géneros de nematodos formadores de quiste de la sub-familia *Heteroderinae* asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, departamento de Chimaltenango.

4.2.- Específicos

4.2.1.- Establecer los géneros de nematodos de la subfamilia *Heteroderinae* que están presentes en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, del departamento de Chimaltenango en parcelas donde se siembra papa.

4.2.2.- Generar información confiable que sirva como referencia para estudios a realizarse en un futuro y para el movimiento comercial de la papa.

5. HIPÓTESIS

5.1.- Existen nematodos de la subfamilia *Heteroderinae* en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, Chimaltenango, asociados al cultivo de la papa.

5.2.- Si existen nematodos de la subfamilia *Heteroderinae* en Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia, éstos no son parásitos del cultivo de la papa.

6. METODOLOGÍA

6.1.- Áreas de producción de papa en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (ver cuadro 2), para el mes de Febrero del 2,002 se reporta un área de de 613 ha. sembradas con papa teniendo una producción de 5,937 tm en el municipio de Tecpan Guatemala, para el municipio de San José Poaquil reporta un área de 100 ha. con una producción de 2,748 tm. Y Santa Apolonia reporta un área de 190 ha. Con una producción de 3,490 tm.

6.2.- Planificación de muestreo

Para la realización del muestreo en un área de siembra pudo ser un campo con o sin cultivo en el cual podría haber existido síntomas definidos o no, sembrados con o sin papa, estar sembrados por más de cinco años y que fuesen áreas mayores o iguales a una hectárea. En la cual se tomo como base las 613 has. que hacían en conjunto los dos municipios en estudio, a partir de este hectareaje reportado por el MAGA en el 2002, se obtuvo una muestra útil, confiable y precisa, utilizando un nivel de confianza 92 % y una precisión del 8 %.

Según Álvarez (2), la precisión es el alejamiento máximo que el investigador está dispuesto a permitir entre el estimador y el parámetro correspondiente, la confiabilidad es el grado de seguridad de que la precisión se cumpla, que se mide en términos de probabilidad.

Para tomar un número de muestras en el campo se utilizó un muestreo simple aleatorio, con la ayuda de la fórmula de proporción de un tamaño de muestra de población finita (2):

$$n = \frac{p * q}{(d/z)^2 + (p*q/N)} \quad (2)$$

Donde:

n = Número de hectáreas a muestrear

N = Total de hectáreas reportadas cubiertas por el cultivo

p = Proporción de elementos con la característica de interés

q = Proporción de elementos sin la característica de interés

d = Precisión (8 %)

Z = Valor tabular de z al 8 % de significancia de dos colas (1.96)

Al sustituir los valores dentro de la anterior fórmula se obtuvo,
Tecpan Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia

$$n = \frac{0.5 * 0.5}{(0.08/1.96)^2 + (0.5*0.5/613)}$$

$$n = 120.6 \approx 121 .$$

Con lo anterior se obtuvo un tamaño de muestra de 121 hectáreas del total área reportada con producción de papa en los municipios de Tecpan Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia

6.3.- Fase de campo

Luego de la planificación del número de muestras a tomar, se procedió a la visita de lugares que tenían áreas sembradas con papa o que habían sido cultivadas con papa, ya que existe un criterio que los quistes permanecen viables en el suelo entre los 5 y 20 años (9, 40).

6.3.1.- Selección de parcelas a muestrearse

- a) Se tomo como base el área reportado por el MAGA.
- b) Se hicieron entrevistas con autoridades locales para la localización de áreas con papa.
- c) Se tomaron en cuenta todas aquellas áreas que sean igual o mayor de una hectárea de cultivo.

6.3.2.- Toma de muestra

. Según lo planificado, del área calculada se tomaron un total de 121 muestras de suelo, un a muestra compuesta de suelo de 2kg/ha.

Para la obtención del suelo de los puntos de sub-muestreo se realizaron caminamientos en zig-zag dentro de cada terreno, tratando de cubrir la mayor parte del terreno, obteniendo una porción equivalente 0.2 de Kg. Colocando la submuestra dentro de una cubeta o bolsa plástica. Según Zuckerman et al. (45), de 20 a 100 puntos de muestreo de suelo pueden ser tomados en campos de cultivo de más de dos 2 hectáreas; por cada hectárea se obtuvieron 25 sub-muestras. El suelo obtenido de las sub-muestras se mezcló obteniendo una mezcla compuesta de 2 kg. Utilizándose en algunos casos un barreno de acero de aproximadamente 0.037 m de diámetro, y en otros caso debido a lo dificultoso de trabajar con este barreno se utilizó una pala o machete. La profundidad de muestreo fue de 0.20m.

En total se colectaron 242Kg aproximadamente de suelo de toda el área productora de papa de los municipio de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia. Según Jones, citado por Zuckermann et al. (45), al colectar 50 Kg de suelo se tiene el 99% de oportunidad de encontrar uno o más quiste en el suelo.

6.3.3.- Manejo de Muestras

- a) Cada muestra completa fue identificada de la siguiente manera:
 - a. Fecha de muestreo
 - b. Lugar de colecta
 - c. Número de muestra
 - d. Coordenadas UTM
- b) Las muestras se transportaron hacia un lugar donde se procedió a secar cada una.
- c) Se coloco cada muestra sobre papel periódico en un lugar cubierto y ventilado, por 10 días.
- d) Una vez seca las muestras, se trasladaron hacia el laboratorio de Fitopatología de la FAUSAC dentro de su respectiva bolsa identificada.

6.4.- Fase de Laboratorio

6.4.1.- Extracción y Aislamiento de Quistes

- a) Se realizó a través de la técnica de flotación de quistes, por el método de FENWICK modificado con flotación en acetona, el cual es un método sencillo y rápido.
- b) Se introdujo un embudo con su parte tubular lo más larga posible, dentro de 1 matraz de 2 litros de capacidad, para formar el sistema embudo matraz (E.M.).
- c) Se colocaron 300 cc de la muestra dentro de un tamiz de 20 mesh y se acopló al sistema E.M.
- d) Se hizo pasar una corriente de agua a presión para el arrastre del suelo hasta el fondo del matraz. En el fondo se acumulo el suelo y por la parte superior del matraz fue saliendo por su menor densidad materia orgánica del suelo y los quistes, y estos fueron cayendo a un tamiz de 100 mesh.
- e) Luego haciendo uso de una piseta se trasladaron hacia un embudo con papel filtro en donde existieron partículas de suelo, arcillas, materia orgánica y quistes, y luego se descarto el agua.
- f) Se seco a temperatura ambiente, y todo el material que quedó dentro del papel filtro se vació dentro de un earlenmeyer de boca angosta.
- g) Se agregó acetona, hasta la mitad del earlenmeyer, se agitó fuertemente, se terminó de llenar con acetona hasta la orilla de la boca del recipiente.
- h) Se dejó reposar por un tiempo de 30 a 60 segundos.
- i) Los quistes flotaron en la orilla del earlenmeyer y se colectarón con pincel para luego ser colocados dentro de una caja de petri con agua.
- j) Se observaron con estereoscopio para separar los quistes de la materia orgánica que aún se encuentren.

6.4.2.- Determinación

- a) Para la determinación de los quistes colectados se tomaron dos aspectos:
 - a. Forma del quiste
 - b. Forma del cono vulval
- b) Los quistes encontrados se compararon con los gráficos que se presentan en las claves de Tylenchida de Siddiqi et al. 2 ed., Decker, y Kyr'yamura, con la comparación en estos

gráficos se tomaron los aspectos de forma del quiste y forma del cono vulval, la clave utilizada se describe a continuación:

- | | | |
|----|---|--------------------|
| 1. | Fenestra vulval ausente..... | Afenestrata |
| | Fenestra vulval presente..... | 2 |
| 2. | Cuerpo con cono terminal..... | 3 |
| | Cuerpo sin cono terminal..... | 4 |
| 3. | Superficie cuticular con arrugas paralelas; denticuladas vulvales presentes; circumfenestrado..... | Cactodera |
| | Superficie cuticular con arrugas en forma de encaje o zig-zag; denticulas vulvales generalmente ausentes, raramente circumfenestrado..... | Heterodera |
| 4. | Región anal con fenestra..... | Punctodera |
| | Región anal sin fenestra..... | 5 |
| 5. | Hembras maduras y quistes esferoides; tubérculos perineales presentes, Bullae usualmente ausente..... | Globodera |
| | Hembras maduras y quistes oval-elongados, tubérculos perineales ausentes, Bullae presente..... | Dolichodera |

6.4.3.- Preparación de Montajes Fenestralias de Quistes

- a) En un porta objeto sobre una gota de agua se colocó el quiste.
- b) Con un bisturí se hizo un corte ecuatorial del quiste, conservando la mitad posterior del cuerpo.
- c) Se limpiaron los huevecillos con ayuda de una aguja o pincel.
- d) Se realizaron otros cortes a manera de eliminar el exceso de tejido.
- e) Se transfirieron los cortes a una gota de agua oxigenada por 2 o 3 minutos.
- f) Luego a soluciones de alcohol al 70 y 96% de uno a dos minutos en cada solución.
- g) Se transfirieron a una gota de aceite de clavo por 5 o más minutos.
- h) Se colocaron sobre bálsamo de Canadá, gelatina glicerada u otro medio de montaje permanente. De 5 a 6 cortes.
- i) Se sellaron y etiquetaron.

7. RESULTADOS

7.1.- Ubicación de las unidades de muestreo de suelos

Según la municipalidad de Tecpán Guatemala en 17 aldeas, cultivan papa y 17 las cuales no cultivan papa (cuadro 4), cada uno de ellos se encuentran de 2 km. Hasta 15 km. Del municipio si cultivan la papa, por lo que se muestrearon dichas aldeas en forma aleatoria, las cantidades de muestreo no fue el mismo en todas las aldeas, ya que habían algunas que tenían poca área y otras no la cultivan durante el periodo de verano (época en que se visitaron las aldeas) para ello se solicitó la ayuda de auxiliares de la municipalidad (Representantes de aldeas) que indicarán cuales eran las áreas que se siembra.

Cuadro 4. Aldeas pertenecientes a Tecpán Guatemala que siembran papa

Panabajal T.	pachali
Panimacoc	Kaquixajay
El tablon	Potrerio
Xepac	Chichoy
Xecoxol	Xezac
La cumbre	Quexajay
Chajajya	chivarabal
Chichavac	
Pueblo viejo	
chivarabal	

Según el IGN (21), San José Poaquil 5 aldeas, (ver cuadro 6) de las cuales cultivan papa. Se visitó la municipalidad de dicho municipio, donde informaron de estas comunidades que se dedican a la producción de papa, en base con esto se tomaron en cuenta para cumplir con el número de muestras a tomar (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Aldeas pertenecientes a San José Poaquil donde cultivan papa

Aldea
Oger Kaibal
chiraxaj
Saquitakax
Sarajmac
Poaquil

Cuadro 6 aldeas perteneciente a Santa Apolonia

Xecoil
Xecubal
chantonio
mejorana
chipata
chiquex
Santa Apolonia

7.2.- Determinación de los especies de nematodos de quiste encontrados en las áreas muestreadas

Se muestrearon un total de 121 hectáreas procedentes de los municipios de Tecpán Guatemala, San Jose Poaquil y Santa Apolonia, de las cuales se determinaron los géneros de nematodos formadores de quiste a través de las características morfológicas comparándolos con las claves taxonómicas y gráficos de *Tylenchida de Siddiqi et al. 2 ed., Crop Compendium Cab Internacional* y del *C:I:H: descriptions of plant parasitic nematodos* de Stone.

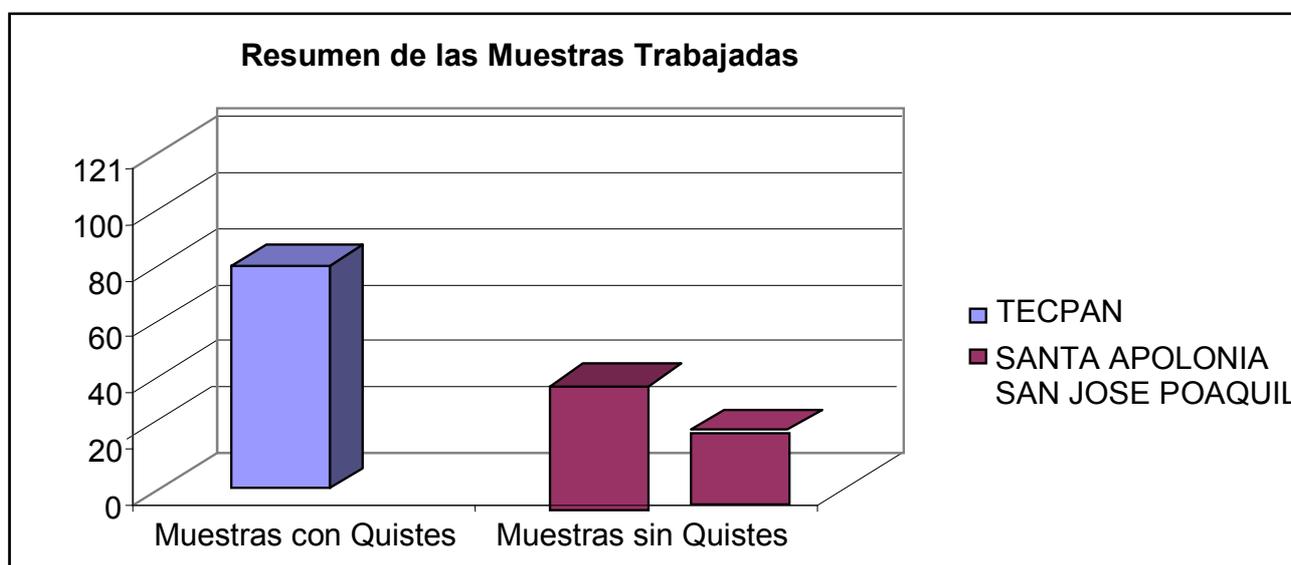
En el cuadro 6 y grafica 1 se observa que hubo un total de 70 muestras que presentaron quistes, estas están distribuidas en 70 muestras de Tecpán Guatemala y 51 de San José Poaquil y Santa Apolonia, no presentaron quistes. Y del total de muestras procesadas y analizadas se determino la presencia de tres géneros de nematodos formadores de quistes pertenecientes a la subfamilia *Heteroderinae*, estos son:

- a) *Heterodera*
- b) *Punctodera* y
- c) *Cactodera*

Según Salguero (35) y Blanco (3), mediante pruebas de bioensayos que realizaron para determinar la patogenicidad de los géneros encontrados, determinaron que los géneros de *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera* no son parásitos del cultivo de la papa.

Cuadro 6. Resumen de las muestras trabajadas en Tecpán Guatemala, Santa Apolonia y San José Poaquil

	Muestras con Quistes	Muestras sin Quistes	Total
Tecpán Guatemala	70	0	70
San José poaquil	0	20	20
Santa Apolonia total	0	31	31
			121



Grafica 1. Grafica comparativa de muestras trabajadas

7.3.- Determinación de los géneros de nematodos formadores de quistes

7.3.1.- Género *Cactodera*

La determinación morfológica de este género se observa en la figura 8, que tiene como característica el cuerpo globoso, presenta un cono vulval pequeña, una proyección cefálica corta y que tiene una coloración marrón claro. En la figura 9, las características que se observan en el patrón perineal es que presenta una cutícula gruesa con estrías irregulares interrumpidas, una fenestra vulval circunfenestrada con una abertura vulval pequeña y que el ano se encuentra distante de la vulva y no presenta fenestra.

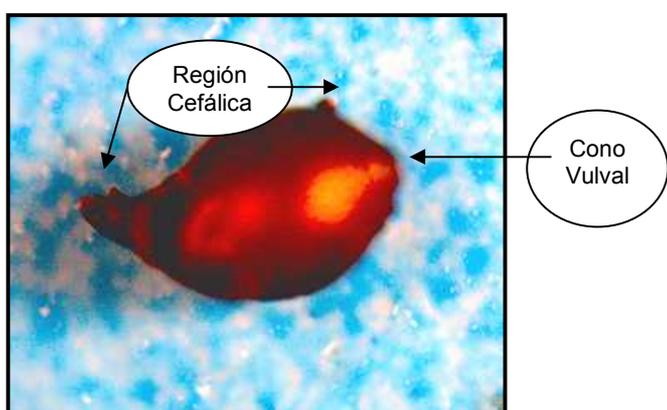


Figura 8. Quiste de *Heterodera*
Fuente Autor

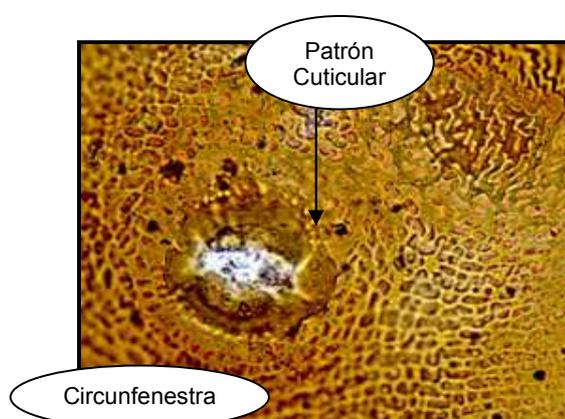


figura 9 corte perineal de *Cactodera*
fuente autor

Este género tiene origen en México y está ampliamente distribuido en Centro América, la parte sur de Norteamérica y las zonas áridas del norte y la parte central de Sudamérica. Este género causa ciertos daños en los cultivos de cactus utilizados como alimento en México y también en cactus de uso ornamental. Este género posee un amplio rango de familias hospedadoras aparte de las Cactáceas, tales como ornamentales bajo invernadero así como en algunas gramíneas (44).

7.3.2.- Género *Punctodera*

Dentro de las características macroscópicas que presenta este género es la forma del cuerpo que es muy similar a la de una pera, poseen un cuello corto y no presenta un cono vulval,

estos quistes tienen una coloración que va de castaño claro a café oscuro (figura 10). En algunos casos se pueden observar en los quistes el ano y la vulva con un estereoscopio.

En los montajes de fenestras (figura 11) la característica principal es la presencia de dos fenestras circulares una que corresponde a la vulva y otra al ano, dichas fenestras son de aspecto similar y tamaño, presentan una cutícula gruesa con un patrón reticulado y una subcutícula con puntuaciones.

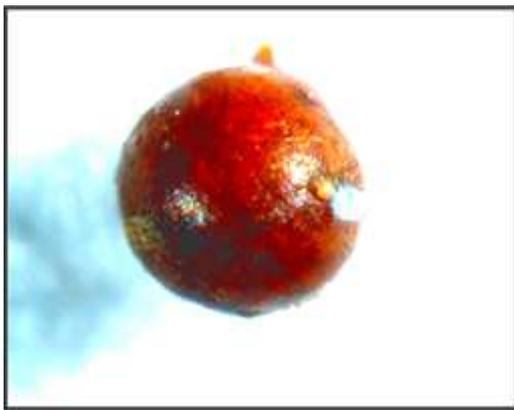


Figura 10. Quiste de *Puntodera*
Fuente: Autor

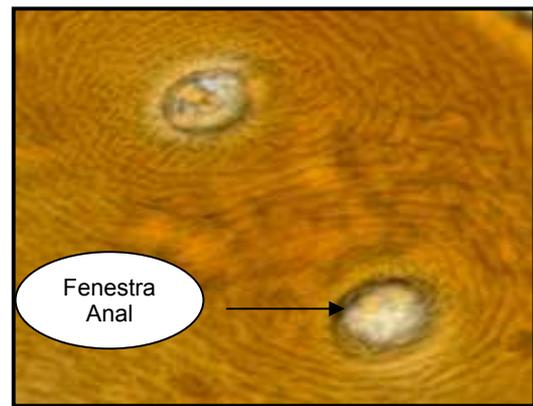


Figura 11. Corte perineal de *Punctodera*
Fuente: Autor

Según Williams (44) y Rowe (34), creen que el origen de este género se dio en Norte América. Mencionan que el género *Punctodera* es parásito de un gran número de gramíneas. Por ejemplo en Europa es representado por la especie *P. punctata*, uno de los principales atacantes de la avena y es también uno de los parásitos más importantes del maíz en México, algunas veces causando el 100 % de pérdidas en el cultivo, también esta la especie *P. stonei*, que se encuentra comúnmente en raíces de pastos donde abunda la humedad, este causa un daño pequeño.

7.3.3.- Género *Heterodera*

En la figura 12 se observa que estos quistes presentaron formas ovoides y una forma muy similar al de un limón, una extensión de la región cefálica corta y un cono terminal no pronunciado, y un tamaño menor en comparación a los otros géneros, en los cortes perineales como en la figura 13 su principal característica es la presencia de una ambifenestra, con una porción de tejido hialino central conocido como puente vulval, y no presenta una fenestra anal.



Figura 12. Quiste de *Heterodera*
Fuente: Autor



Figura 13. Corte perineal de *Heterodera*
Fuente: Autor

Este género tiene un gran espectro de hospederos, tales como cereales *H. avenae*, en soya *H. glycines*, en remolachas, crucíferas y espinacas como *H. schactii*, en tabaco se reporta *H. tabacum*. Altas poblaciones de *H. trifolii* pueden causar manchones cloróticos en el campo y reducir significativamente la producción de trébol forrajero, produce una proliferación de raíces y formación de sistemas radiculares poco profundos (34, 44).

7.4.- Distribución e Incidencia de los distintos géneros en las áreas muestreadas

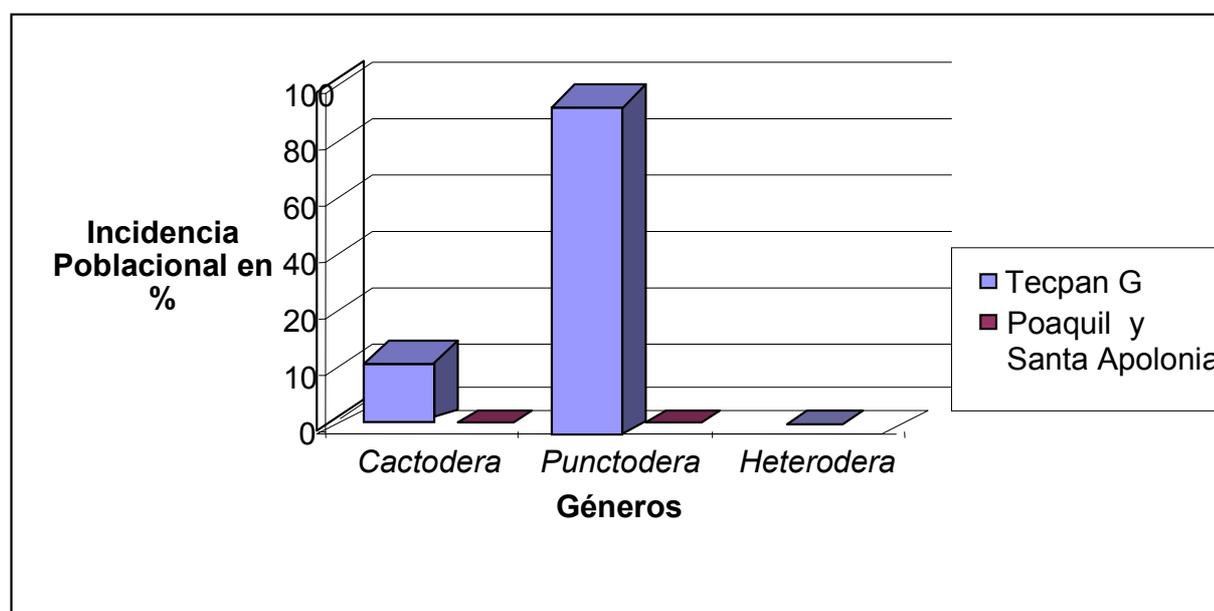
Los municipios de de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia fueron divididos según las áreas ya sean cultivadas o que fueron en algún momento cultivadas (no mayor de 5 años) con papa las cuales fueron localizadas con la ayuda de los auxiliares de las municipalidades de cada municipio. De las 121 hectáreas muestreadas 70 fueron distribuidas en el municipio de Tecpan G y 51 en el municipio de San José Poaquil y Santa Apolonia (ver cuadro 6)

Los géneros encontrados en los dos municipios fueron: *Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*. En el cuadro 7 y grafica 2 se puede observar que el género *Pucntodera* se encontró un 88.57 % en Tecpan G y 0 % en San José Poaquil y Santa Apolonia, en tanto que el género *Cactodera* se encontró un 10 % en Tecpan G. y 0 % en Santa Apolonia y Poaquil el género predominante en los municipios es pucntodera y, el género de *Heterodera* tuvo un 1.0 % y 0 % en San Jose Poaquil y Santa Apolonia respectivamente.

Cuadro 7. Porcentaje de incidencia poblacional de los géneros encontrados en Tecpán Guatemala, San José poaquil y Santa Apolonia

	<i>Cactodera</i>	<i>Punctodera</i>	<i>Heterodera</i>
Tecpan G.	10	88.57	1.0
Poaquil y Santa Apolonia	0	0	0

Grafica 2. Incidencia poblacional de los géneros encontrados en Tecpan Guatemala y San José Poaquil y Santa Apolonia



en el cuadro 8 se puede observar que cada localidad muestreada en el municipio de Tecpán Guatemala. se agrupo a ciertos géneros, como por ejemplo la localidad Panabajal se encontraron dos géneros (*Punctodera* y *Heterodera*), al igual que Panimacoc solo se encontraron dos géneros (*Cactodera* y *Punctodera*), el resto de las localidades se encontraron tres géneros (*Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*).

Cuadro 8. Distribución de géneros por localidad en Tecpan Guatemala

	<i>Cactodera</i>	<i>Punctodera</i>	<i>Heterodera</i>	Sin Quistes
panabajal	0	6	0	0
panimacoc	2	5	1	0
El tablon	0	4	0	0
Xepac	1	2	1	0
Xecoxol	0	3	0	0
La cumbre	4	4	0	0
chajalajya	1	4	1	0
chichabac	1	4	0	0
Pueblo viejo	1	3	2	0
Chivarabal	0	8	0	0
kaichajay	0	2	1	0
Potrerio	2	6	2	0
Chichoy	0	4	1	0
xezac	0	3	2	0
Quexajay	1	7	1	0
cuadunuj	0	2	2	0
pachali	0	0	0	1

En el municipio de San José Poaquil, como se observa en el (cuadro 9) todas las localidades no presentaron nematodos formadores de quiste (*Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*).

Cuadro 9. Distribución de géneros por localidad en San José Poaquil y Santa Apolonia

	<i>Cactodera</i>	<i>Punctodera</i>	<i>Heterodera</i>	Sin Quistes
Oger Kaibal	0	0	0	4
chiraxaj	0	0	0	7
Saquitakax	0	0	0	8
Sarajmak	0	0	0	3
Xecoil	0	0	0	5
Xecubal	0	0	0	8
Chuantonio	0	0	0	6
Mejorana	0	0	0	5
Chipata	0	0	0	4
Chiquex	0	0	0	3
Santa Apolonia	0	0	0	5
poaquil	0	0	0	2

7.4.1- Género *Cactodera*

En los cuadros 10 y 11 se pueden apreciar las densidades poblacionales de este género en el municipio de Tecpán Guatemala. fluctuaron de 1 a 7 quistes por 300 cc de suelo, y en el municipio de San José Poaquil y Santa Apolonia es de quistes por muestra de suelo.

Cuadro 10. Resumen de áreas localizadas con quiste del género *Puctodera*, ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpán Guatemala.

	# de muestra	Densidad Poblacional**
Panabajal	5	4
Panimacoc	7	7
El tablon	3	2
Xepac	6	5
Xecoxol	4	2
La cumbre	3	2
Chajalajya	4	2
Chichavac	7	1
Pueblo Viejo	2	3
Chivaraval	5	2
Pachali	2	3
Kaquixajay	3	2
Potrerio	5	4
Xezac	4	6
Quexajay	2	3
Chuadunuj	5	1
Chichoy	8	4

* Ver Apéndice 2

** Densidad Poblacional más alta

Cuadro 11. Resumen de áreas localizadas con quiste del género *Cactodera*, ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpán Guatemala

	# de muestra	Densidad Poblacional**
Panabajal	5	1
panimacoc	7	0
El tablon	3	0
xepac	6	0
xecoxol	4	2
La cumbre	3	2
Chajalajya	4	2
Chichavac	7	1
Pueblo Viejo	2	3
chivaraval	5	2
pachali	2	3
kaquixajay	3	2
potrerio	5	4
xezac	4	2

quexajay	2	3
chuadunuj	5	1
chichoy	8	4

* Ver Apéndice 1

** Densidad poblacional más alta

7.4.2.- Género *Punctodera*

Para el género *Punctodera*, en el municipio de Tecpán Guatemala. hubieron 60 muestras que presentaron quistes siendo la densidad poblacional mas alta de 17 quistes en 300 cc de suelo, y en el municipio de San José Poaquil y Santa Apolonia no se presento en 51 puntos de muestreo siendo la densidad mas de este género es el que no tuvo presencia obtuvo durante el presente estudio.

Al observar los cuadros 12 se concluye que el género que predomina en los municipios en estudio es *Punctodera*, esto se puede deber a que en estos municipios rotan los cultivos, y debido a esto se encuentra este género que es un parásito de un gran número de gramíneas.

Cuadro 12. Resumen de áreas localizadas con quiste del género *Punctodera*, ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpan Guatemala

	# de muestra	Densidad Poblacional**
Panabajal	5	10
panimacoc	7	8
El tablon	3	17
xepac	6	9
xecoxol	4	8
La cumbre	3	6
Chajalajya	4	11
Chichavac	7	10
Pueblo Viejo	2	3
chivaraval	5	12
pachali	2	3
kaquixajay	3	2
potrerio	5	4
xezac	4	12
quexajay	2	13
chuadunuj	5	14
chichoy	8	4

** Densidad Poblacional más alta

7.4.3.- Género *Heterodera*

En los cuadros 14 y 15 nos indican que el género *Heterodera* se encontró presente en 56 puntos de muestreo en el municipio de Tecpán Guatemala. teniendo 7 quistes como mayor frecuencia, y en el municipio de San José Poaquil y Santa Apolonia no presento quistes en 300 cc de suelo y fue localizado en 51 puntos de muestreo, siendo este género el segundo lugar en presencia dentro de este estudio.

Cuadro 13. Resumen de áreas localizadas con quiste del género *Heterodera*, ubicación y densidad poblacional perteneciente al municipio de Tecpán Guatemala

	# de muestra	Densidad Poblacional**
Panabajal	5	1
Panimacoc	7	0
El tablon	3	0
Xepac	6	0
Xecoxol	4	0
La cumbre	3	0
Chajalajya	4	0
Chichavac	7	0
Pueblo Viejo	2	0
Chivaraval	5	0
Pachali	2	0
Kaquixajay	3	2
Potrerio	5	0
Xezac	4	0
Quexajay	2	0
Chuadunuj	5	1
Chichoy	8	0

8. CONCLUSIONES

- 8.1.- En ninguna de las áreas bajo muestreo se detectó la presencia de nematodos del género *Globodera*.
- 8.2.- Los géneros de nematodos de la subfamilia *Heteroderinae* presentes en las áreas de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los municipios de Tecpan Guatemala, San Jose Poaquil y Santa Apolonia son *Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*.
- 8.3.- El porcentaje de incidencia más alto por género determinado por total de sitios con presencia de quistes fue para el género *Punctodera* con 88.57 % en Tecpan G. y 0 % en San Jose Poaquil y Santa Apolonia, seguido por *Cactodera* con 10 % en Tecpan G. y 0 % en San José Poaquil y Santa Apolonia y por ultimo al género *Heterodera* con una incidencia de 1 % en Tecpan G y 0 % en San José Poaquil y Santa Apolonia

9. RECOMENDACIONES

- 9.1.- Realizar estudios para establecer el nivel de importancia y determinar a que cultivos afectan los tres géneros encontrados (*Punctodera*, *Cactodera* y *Heterodera*), en las áreas hortícolas de los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia.
- 9.2.- Impulsar actividades de producción de semilla de papa a nivel local en los municipios de Tecpán Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia con el fin de que no se tenga que traer semillas infectadas con diferentes tipos de nematodos o de cualquier plaga que pueda afectar al cultivo.
- 9.3.- Promover estrategias de cuarentena interna para el traslado de semilla de papa en todo el país con el fin de evitar la dispersión de los nematodos presentes a diferentes áreas de cultivo de la nación.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Agrios, GN. 1988. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Alvarez, VM. 1988. Tamaño de muestra: procedimientos usuales para su determinación. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 161 p.
3. Blanco, L. 2004. Determinación de la presencia del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll). y otros nematodos de quiste de la sub-familia Heteroderinae, en las áreas de producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) de Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
4. Burrows, PR. 1990. The rapid and sensitive detection of the plant parasitic nematode *Globodera pallida* using a biotinylated DNA probe. *Revue Nématol.* 13:185-190.
5. CAB Internacional, UK. 2001. Crop protection compendium (disco compacto). United Kingdom. 1 CD.
6. Canto-Saenz, M; Mayer de Scurrah, M. 1977. Races of the potato cyst nematode in the andean region and a new system of classification. *Nematologica* 23:340-349.
7. Christiansen, JA; Vargas Machuca, R. 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA / PREDECODEPA. 50 p.
8. Cruz, JR De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EU); CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux International, UK). 1997. Quarantine pest for Europe. *Globodera rostochiensis* data sheets on quarantine pest. 2 ed. UK. p. 601-606.

10. Ferris, VR; Miller, LI; Faghihi, J; Ferris, JM. 1995. Ribosomal DNA comparisons of *Globodera* from two continents. *J. Nematol.* 27:273-283.
11. García, M. 1980. Estudio analítico taxonómico de los nematodos de quiste (*Heterodera* spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
12. Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* 23:213-220.
13. Greco, N; Moreno, IL. 1992a. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sown potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
14. _____. 1992b. Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22:175-181.
15. Greco, N; D'addabbo, T; Brandonisio, A; Elia, F. 1993. Damage to italian crops caused by cyst-forming nematodes. *J. Nematol.* 25(4S):836-842.
16. Greco, N; Di Vito, M; Brandonisio, A; Giordano, I; De Marinis, G. 1982. The effect of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* on potato yield. *Nematologica* 28:379-386.
17. Greco, N; Inserra, RN; Brandonisio, A; Tirro, A; De Marinis, G. 1988. Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. Medit.* 16:69-73.
18. Gudiel, VM. 1987. Manual agrícola superb. 6 ed. Guatemala, Productos Superb. 393 p.
19. Holdridge, LR. 1982. Ecología, basado en zona de vida. Trad. Humberto Jiménez. San José, Costa Rica, IICA. 215 p.
20. IDC (Inversiones y Desarrollo de Centroamérica, GT). 1999. Diagnostico del sector de la papa en Guatemala. Guatemala, s.e. 54 p.
21. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Características generales de población según departamento, municipio y lugar de poblado (hoja de Excel). Guatemala.
22. Jensen, AJ; Armastrong, J; Jatala, P. 1979. Annotated bibliography of nematode pest of potato. Perú, International Potato Center. 315 p.
23. Jones, SB. s.f. Sistemática vegetal. Trad. Maria de Huescas. 2 ed. México, McGraw-Hill. 536 p.
24. Karssen, G; Hoenselaar, T; Verkerk-Bakker, B; Janssen, R. 1995. Species identification of cyst and root-knot nematodes from potato by electrophoresis of individual females. *Electrophoresis* 16:105-109.
25. Kort, J; Ross, H; Rumpfenhorst, HJ; Stone, AR. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23:333-339.

26. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2002. Unidad de normas y regulaciones: sistema de vigilancia fitosanitaria. 2 ed. Guatemala. 45 p. (Documento 1, Serie Normativa).
27. Medida hondureña no afecta al país. 2002. Prensa Libre, GT, Abr. 3:4.
28. Ministerio de Agricultura y Cría, VE. 1991. Anuario estadístico agropecuario. Caracas, Venezuela. 450 p.
29. Mugnery, D. 1978. Vitesse de développement, en fonction de la température de *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* (Nematoda: Heteroderidae). *Revue Nématol.* 1:3-12.
30. Municipalidad de Patzún, GT. s.f. Monografía del municipio de Patzún, Guatemala. 7 p. Sin publicar.
31. OIRSA, GT. 2002. Descripción del proceso de análisis de riesgo de plagas. Guatemala. 13 p.
32. _____. 2002. La epidemiología como auxiliar técnico en un proceso productivo. Guatemala. 20 p.
33. Países centroamericanos cierran mercados de papa. 2001. Diario al Dia, Guatemala, GT, Dic. 5:7.
34. Rowe, JA; Evans, K. 2002. Morfología de la familia *Heteroderinae*, Nematodos formadores de quistes: taxonomía, biología y control. Montecillo, México, Universidad de Chapingo. 54 p.
35. Salguero, M. 2003. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.
36. Schluter, K. 1976. The potato cyst elworm *Heterodera rostochiensis* Woll. In Morocco: it's distribution and economic importance. *Journal of Plant Disease and Plant Protection* 83:401-405.
37. Schots, A; Bakker, J; Gommers, FJ; Bouwman-Smits, L; Egberts, E. 1987. Serological differentiation of the potato cyst nematodes *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*: partial purification of species-specific proteins. *Parasitology* 95:421-428.
38. Seinhorst, JW. 1982. The relationship in field experiments between population density of *Globodera rostochiensis* before potato and yield of potato tubers. *Nematologica* 28:277-284 p.
39. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. Trad. Pedro Tirano Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.

40. Stone, AR. 1973. *Heterodera pallida* C.I.H. descriptions of plant parasitic nematodes. Farnham Royal , UK, CAB. 2 p. (Set 2, N 17).
41. _____. 1973. *Heterodera rostochiensis* C.I.H. descriptions of plant parasitic nematodes. Farnham Royal, UK, CAB. 4 p. (Set 2, N 16).
42. Tarte, R. 1968. First record or the occurrence of *Heterodera rostochiensis* in Panamá. Plant Disease Reporter 58(8):587.
43. USPADA (Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación, GT); BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2001. Producción y comercialización de la papa en Guatemala. Guatemala. 3 p. (Partida SAC 07-01-90-00).
44. Williams, TD; Siddiqui, MR. 1977. C.I.H. description of plant parasitic nematodes. Willingford, UK, CAB International. s.p.
45. Zuckerman, BM; Mai, WF; Rodhe, RA. 1981. Plant parasitic nematodes. New York, US, Academic Press. v. 1, 354 p.

11. APENDICES

Zonas muestreadas de Tecpan Guatemala, San José Poaquil y Santa Apolonia

Pto. No	código	Aldea	zona	Coordenadas UTM		ALTURA		
				X	Y			
1	XT	Xepac	15p	1643375	0719547	2175		
2	xt	Xepac	15p	1643663	0719558	2132		
3	xt	Xepac	15p	1643103	0719352	2196		
4	xt	Xepac	15p	1642812	0718641	2212		
5	xt	Xepac	15p	1642917	0788610	2206		
6	xt	Xepac	15p	1643255	0717364	2194		
7	xt	Xepac	15p	1643735	0717364	2222		
8	xxt	Xecoxol	15p	1643327	0708755	2276		
9	xxt	Xecoxol	15p	1643531	0716942	2270		
10	xxt	Xecoxol	15p	1643726	0716945	2296		
11	xxt	Xecoxox	15p	1643946	0716867	2314		
12	ct	Cumbre	15p	1644508	0716751	2373		
13	ct	Cumbre	15p	1644978	0716232	2420		
14	Ct	Cumbre	15p	1645259	0716562	2465		
15	ct	Cumbre	15p	1645392	0758191	2480		
16	ct	Cumbre	15p	1645964	0715289	2440		
17	ct	Cumbre	15p	1646939	0715210	2414		
18	cyt	Chajaya	15p	1640753	0715235	2425		
19	cyt	Chajaya	15p	1640534	0715161	2361		
20	cyt	Chajaya	15p	1640250	0715209	2379		
21	cct	Chichabac	15p	1639943	0715659	2393		
22	cct	Chichabac	15p	1639090	0715976	2460		
23	cct	Chichaac	15p	1639090	0715976	2460		
24	zt	Xetzac	15p	1633633	0716761	2321		
25	zt	Xetzac	15p	1633896	0716320	2321		
26	zt	Xetzac	15p	1634049	0716395	2522		
27	zt	Xetxac	15p	1634533	0716584	2324		
28	zt	Xetxac	15p	1635105	0717031	3331		

29	zt	Xetzac	15p	1635319	0717328	2321		
30	pt	Panimacoc	15p	1634722	0719402	2317		
31	pt	Panimacoc	15p	1634713	0719799	2318		
32	pt	Panimacoc	15p	1634115	0719630	2316		
33	pt	Panimacoc	15p	1634094	0719231	2318		
35	pt	Panimacoc	15p	1633945	0719096	2318		
36	pt	Panimacoc	15p	1633655	0719153	2311		
37	pt	Panimacoc	15p	1633440	0719228	2310		
38	pt	Panimacoc	15p	1633448	0718724	2312		
39	ppt	Panabajal	15p	1633118	0719945	2262		
40	ppt	Panabajal	15p	1633368	0720211	2265		
41	pxt	Xetonox	15p	1633396	0720734	2318		
42	pxt	Xetonox	15p	1633819	0721106	2318		
43	pppt	Pueblo viejo	15p	1631084	0715275	2218		
45	pppt	Pueblo viejo	15p	1630470	0713845	2234		
46	pppt	Pueblo viejo	15p	1630207	0713391	2298		
47	cvt	Chivarabal	15p	1630037	0713094	2285		
48	cvt	Chivarabal	15p	1629310	0712103	2212		
49	cvt	Chivarabal	15p	1629069	0711782	2208		
50	cvt	Chivarabal	15p	1629079	0711300	2213		
51	cvt	Chivarabal	15p	1628752	0710794	2192		
52	ttt	Tablon	15p	1629193	0708637	2186		
53	ttt	Tablon	15p	1629815	0708934	2000		
54	ttt	Tablon	15p	1629576	0708632	2034		
55	xat	Xejavi	15p	1629775	0708617	2179		
56	xat	Xejavi	15p	1630036	0708765	2211		
57	xat	Xejavi	15p	1630621	0708710	2209		
58	xat	Xejavi	15p	1631128	0708921	2250		
59	pat	Pachali	15p	1632293	0700015	2319		
60	pat	Pachali	15p	1632105	0709216	2291		
61	pat	Pachali	15p	1631894	0709044	2292		
62	Pat	Pachali	15p	1631850	0708807	2279		
63	kat	Kaquixajay	15p	1632713	0709364	2304		
64	kat	Kaquixajay	15p	1632920	0709161	2293		
65	Kqt	Quexajay	15p	1634002	0709076	2316		
67	Kqt	Quexajay	15p	1634154	0708312	2322		
68	kqt	Quexajay	15p	1634343	0708105	2330		
69	kqt	Quexajay	15p	1634591	0708127	2309		
70	Pot	Potrero	15p	1635047	0708185	3337		
71	pot	Potrero	15p	1635219	0708335	2338		
72	pot	potrero	15p	1635379	0708329	2332		
73	pot	potrero	15p	1635578	0708396	2368		
74	cht	chichoy	15p	1633698	0709656	2662		
75	cht	chichoy	15p	1637049	0710395	2714		
76	cht	chichoy	15p	1638570	0711221	2524		
77	cht	chichoy	15p	1639344	0711675	2494		
78	sss	Santa polonia	15p	1634716	0717221	2255		
79	sss	Santa polonia	15p	1635707	0717796	2331		
80	sss	Santa polonia	15p	1636332	0718583	2329		
81	chi	Chiquex	15p	1637053	0719496	2240		
82	chi	Chiquex	15p	1637285	0719542	2260		
83	chi	Chiquex	15p	1637686	0720094	2216		
84	ch	chipata	15p	1638698	0721855	2146		
85	Me	mejorana	15p	1639568	0721774	2143		
86	xea	xeabaj	15p	1640536	0721751	2240		
87	xea	xeabaj	15p	1640582	0721995	2216		
88	jijj	Xesacbin	15p	1639940	0722374	2158		
89	jijj	xesacbin	15p	1640091	0722781	2098		
90	ccc	sarajmac	15p	1640041	0723406	2034		
91	ccc	sarajmac	15p	1640065	0723128	2052		
92	ccc	sarajmac	15p	1640144	0724124	2048		
93	sja	saquitacaj	15p	1646405	0724740	2107		
94	sja	saquitacaj	15p	1641036	0725327	2069		
95	sja	saquitacaj	15p	1641199	0726402	2021		

96	ooo	Oger kaibal	15p	1641289	0725884	2018		
97	Ooo	Oger kaibal	15p	1640653	0724544	2118		
98	Ooo	Oger kaibal	15p	1640524	0724228	2156		
99	pppp	Poquil	15p	1638614	0724345	2043		
100	xxxx	xecoil	15p	1634144	0721024	2325		
101	xxxx	xecoil	15p	1634574	0720792	2319		
102	yyyy	Chuantonio	15p	1635024	0720876	2359		
103	yyyy	Chuantonio	15p	1635768	0721281	2337		
104	yyyy	Chuantonio	15p	1635979	0721496	2348		
105	yyyy	Chuantonio	15p	1636195	0720940	2329		
106	rrrr	Xecubal	15p	1636396	0720445	2329		
107	rrrr	Xecubal	15p	1636418	0719719	2261		
108	ddd	Chiraxaj	15p	1636768	0721919	2231		
109	ddd	Chiraxaj	15p	1636328	0722357	2332		
110		Oger Kaibal	15p	1643726	0716945	2296		
111		poquil	15p	1643916	0716867	2314		
112		poquil	15p	1644598	0716751	2373		
113		poquil	15p	1644938	0716232	2420		
114		poquil	15p	1645159	0716562	2465		
115		poquil	15p	1645322	0758191	2480		
116		poquil	15p	1645164	0715289	2440		
117		poquil	15p	1646839	0715210	2414		
118		poquil	15p	1640703	0715235	2425		
119		poquil	15p	1640594	0715161	2361		
120		poquil	15p	1640210	0715209	2379		
121		poquil	15p	1639598	0721774	2143		

RESULTADO DEL MUESTREO

- 01 Punctodera
- 02 Punctodera
- 03 Punctodera
- 04 Punctodera Heterodera
- 05 Cactodera
- 06 Punctodera
- 07 Punctodera
- 08 Punctodera
- 09 Punctodera
- 10 Punctodera
- 11 Punctodera
- 12 Punctodera
- 13 Punctodera
- 14 Punctodera
- 15 Punctodera Heterodera
- 16 Cactodera
- 17 Punctodera
- 18 Punctodera
- 19 Punctodera
- 20 Punctodera
- 21 Punctodera
- 22 Punctodera

- 23 Heterodera
- 24 Cactodera punctodera
- 25 Punctodera
- 26 Punctodera
- 27 Punctodera
- 28 Punctodera
- 29 Punctodera
- 30 Punctodera
- 31 Punctodera
- 32 Punctodera
- 33 Punctodera
- 34 Punctodera
- 35 Punctodera
- 36 Punctodera
- 37 punctodera
- 41 Punctodera
- 42 Punctodera
- 43 Punctodera Heterodera
- 44 Cactodera
- 45 Punctodera
- 46 Punctodera
- 47 Punctodera
- 48 Punctodera
- 49 Punctodera
- 50 Punctodera
- 51 Punctodera
- 52 Punctodera
- 53 Punctodera
- 54 Punctodera
- 55 Cactodera
- 56 Punctodera
- 57 Punctodera
- 58 Punctodera
- 59 Punctodera
- 60 Punctodera
- 61 Punctodera
- 62 Heterodera
- 63 Cactodera punctodera
- 64 Punctodera
- 65 Punctodera
- 66 Punctodera
- 67 Punctodera
- 68 Punctodera
- 69 Punctodera
- 70 Punctodera
- 71 Np
- 72 Np hasta la 120 todas estan negativas.(No presentan)

