

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

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA HETERODERINAE ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA PAPA *Solanum tuberosum* L. EN SALAMA, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA



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

LUIS FERNANDO ORELLANA LEAL

En el acto de investidura como,

INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
7(2165)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL CUARTO:	Prof. Juvencio Chom Canil
VOCAL QUINTO:	Prof. Bayron Geovany González Chavajay

Guatemala, marzo de 2005

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

Señores Miembros:


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

**“DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUBFAMILIA  
HETERODERINAE ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA PAPA *Solanum tuberosum* L.  
EN SALAMA, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA”**

Presentándola como requisito previo para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que la misma tenga vuestra aprobación, quedo de ustedes,

Atentamente,



LUIS FERNANDO GRELLANA LEAL

## TESIS QUE DEDICO

A:

Los productores de papa de mi país.

La Facultad de Agronomía

## ACTO QUE DEDICO

A:

Mis padres Alvaro Orellana y Gilda Leal y mis hermanos Alvaro Antonio y Roxana Carolina que éste sea un homenaje al esfuerzo de toda su vida, de penas y preocupaciones. Gracias por sus consejos, e incondicional apoyo.

## AGRADECIMIENTOS

A:

MI ASESOR DE TESIS:

Ing. Agr. Gustavo Alvarez

Por la asesoría y supervisión, en la ejecución de esta investigación.

MIS COMPAÑEROS DEL PROYECTO NACIONAL DE LA PAPA: Ing. Carlos Ramírez, Luis Blanco, Marcos Salguero. Por su apoyo valioso en el desarrollo de esta Investigación.

Los Ing. Rafael Galván, Chomo López, Lilo Jordán, Carlos Ramírez, Jeffone del Cid, Luis Blanco, Pablo Cordon, Marcos Salguero, Ronald Paez, Canche Berganza, Sergio Domínguez, Acxel de Leon y Edwin Argueta Por el tiempo que compartimos juntos en esta casa de estudios y que nuestra amistad siga así.

## CONTENIDO GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Origen del cultivo de papa( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	3
3.1.2 Descripción de la papa( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	3
3.1.2.1 Descripción Botánica	3
3.1.2.2 Clasificación taxonómica de la papa	3
3.1.3 Zonas de producción	4
3.1.4 Variedades Cultivadas en Guatemala	7
3.1.4.1 Loman	7
3.1.4.2 Atzimba	7
3.1.4.3 Tollocan	7
3.1.4.4 Atlantic	7
3.1.5 Situación actual e importancia del cultivo de la papa en Guatemala	7
3.1.6 Nematodos fitoparasíticos asociados a la papa	8
3.1.6.1 Características morfológicas y anatómicas	8
3.1.6.2 Biología y ciclo de vida	9
3.1.6.3 Ecología y distribución	10
3.1.6.4 Condiciones para ser parásitos los nematodos	10
3.1.6.5 Forma en que afectan los nemátodos a las plantas	10
3.1.6.6 Población y patrón de distribución de los nematodos	11
3.1.7 Nematodos, sub-familia Heteroderinae	12
3.1.7.1 Clasificación taxonómica y géneros presentes	12
3.1.7.2 Descripción de la sub-familia Heteroderinae	12
3.1.8 Nematodo del quiste de la papa <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. Pallida</i>	12
3.1.8.1 Identificación	13
3.1.8.2 Biología	14
3.1.8.3 Patogenicidad y magnitud del daño	17
3.1.8.4 Dinámica poblacional y difusión del los nematodos	18
3.1.9 Muestreo	19
3.1.9.1 Modelos de muestreo	19
3.1.10 Estudios recientes sobre nematodos de quistes en Guatemala	20
3.1.11 Aspectos legales para la fitozoosanidad en Guatemala	20

3.2 MARCO REFERENCIAL	22
3.2.1 Localización, extensión y accesos	22
3.2.2 Clima	22
3.2.3 Zona de Vida	22
3.2.4 Suelos	22
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GENERAL	23
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	23
5. HIPÓTESIS	23
6. METODOLOGÍA	24
6.1 Delimitación de las áreas de muestreo	24
6.2 Planificación de muestreo	25
6.2.1 Toma de muestras	25
6.2.2 Manejo de las muestras	26
6.2.2.1 Identificación y clasificación	26
6.2.2.2 Secado y preparación para su procesamiento	26
6.3 Fase de laboratorio	26
6.3.1 Extracción y aislamiento de nematodos	26
6.3.1.1 Procedimiento de extracción: Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona	26
6.3.2 Determinación	27
6.3.2.1 Preparación de montajes de Fenestralias de quistes	28
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
7.1 Determinación de los distintos géneros de nematodos de quiste encontrados en Salamá	29
7.2 Distribución e incidencia de los distintos géneros en las áreas muestreadas	29
7.2.1 Aldea Chilascó	30
7.2.2 Aldea Niño Perdido	30
7.2.3 Aldea Unión Barrios	30
7.3 Descripción de los géneros de nematodos de quiste localizados en el área productora de Salamá	30
7.3.1 Punctodera	31
7.3.2 Heterodera	31
7.3.3 Cactodera	32
8. CONCLUSIONES	33
9. RECOMENDACIONES	34
10. BIBLIOGRAFÍA	35
11. APÉNDICE	39



## ÍNDICE DE CUADROS

			Pag.
CUADRO	1	Areas de producción, hectareaje cultivado y época de cosecha del cultivo de la papa en Guatemala	5
CUADRO	2	Producción y comercialización de la papa en Guatemala	8
CUADRO	3	Principales diferencias ente <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>Globodera pallida</i>	15
CUADRO	4	Ubicación de las unidades de muestreo de suelos en el municipio de Salamá, Baja Verapaz.	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pag.	
FIGURA	1	Areas óptimas para el cultivo de la papa <i>Solanum tuberosum</i>	4
FIGURA	2	Cortes perineales de quistes de <i>Globodera pallida</i> (izquierda) y <i>G. rostochiensis</i> (derecha)	14
FIGURA	3	Raíces de papa infectadas con <i>G. rostochiensis</i> A) hembras; B) quistes	16
FIGURA	4	Ubicación geográfica de la aldea Chilascó	24
FIGURA	5	Ubicación geográfica de la aldea Niño Perdido	24
FIGURA	6	Ubicación geográfica de la aldea Unión Barrios	25
FIGURA	7	Equipo utilizado para la preparación de montajes de fenestralias de quistes	28
FIGURA	8	Gráfica comparativa de áreas con quistes en la zona productora de papa de Salamá, Baja Verapaz	29
FIGURA	9	Géneros de nematodos de quiste encontrados en los 120 sitios de muestreo en las áreas productoras de papa del municipio de Salamá	29

<b>FIGURA 10</b>	Corte de fenestralia de quiste(40x) del género <i>Punctodera</i> localizado En el municipio de Salamá, Baja Verapaz.	31
<b>FIGURA 11</b>	Corte de fenestralia de quiste de género <i>Heterodera</i> , localizado en el municipio de Salamá, Baja Verapaz (40x)	31
<b>FIGURA 12</b>	Corte de fenestralia de quistes del género <i>Cactodera</i> , localizado en el municipio de Salamá, Baja Verapaz (40x)	32
<b>FIGURA 13</b>	Fase de extracción de quistes por el método fenwick	39
<b>FIGURA 14</b>	Material orgánico y quistes obtenidos de la extracción	39
<b>FIGURA 15</b>	Quistes y materia orgánica obtenidos de la flotación en acetona	39
<b>FIGURA 16</b>	Extracción, separación y determinación de quistes	40
<b>FIGURA 17</b>	Ubicación geográfica de Salamá, Baja Verapaz	44

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA  
HETERODERINAE ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA PAPA *Solanum tuberosum* L.  
EN SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA**

**PRESENCE DETERMINATION OF HETERODERINAE NEMATODES SUBFAMILY IN  
POTATO ZONE PRODUCTION *Solanum tuberosum* L. IN SALAMA, BAJA  
VERAPAZ, GUATEMALA.**

La producción del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el municipio de Salamá, representa una fuente de ingresos económicos y de empleo a sus pobladores.

A finales del año 2001 el gobierno de Honduras a través del Ministerio de Agricultura ordenó el cierre de sus fronteras para el ingreso y comercialización de papa proveniente de Guatemala, debido a la sospecha de la presencia de quistes del nematodo dorado, según detecciones y las cuales no fueron confirmadas por Honduras.

La investigación consistió en un muestreo de suelo de las 120 ha cultivadas de papa. En cada sitio muestreado se registró las coordenadas referenciales con un sistema de localización global vía satélite (GPS), con el fin de representar los sitios muestreados en mapas cartográficos.

En el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía se realizó la extracción y aislamiento de los nematodos de quiste utilizando la técnica de flotación de quistes de Fenwick modificado con flotación en acetona. Los géneros de quistes colectados fueron determinados sobre la base de características de su anatomía y morfología como la forma, color, presencia y forma del cono vulval y datos biométricos que se obtuvieron de montajes de fenestralias de los quistes.

Se observaron géneros de la subfamilia *Heteroderinae* de los cuales se determinó *Punctodera* con 35% de incidencia poblacional, el cual tiene un rango de hospederos en gramíneas únicamente; *Heterodera* con 31% de incidencia poblacional el cual tiene un amplio rango de hospederos como hortalizas y cereales; *Cactodera* con 27% de incidencia poblacional.

## I. INTRODUCCION

En Guatemala el cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. es una actividad a la cual pequeños y medianos agricultores del país se han dedicado. Esta hortaliza es de mucha importancia tanto para consumo como para la agroindustria guatemalteca.

Las áreas de cultivo de papa en el municipio de Salamá se han mantenido en los últimos 5 años. La producción ha aumentado ligeramente y así también los volúmenes de exportación hacia países como Honduras, Nicaragua y El Salvador. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), reporta un área cultivada de 120 ha con un rendimiento de 97,605 kg/ha para el año 2001.

En el mes de marzo de 2002, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras, y las autoridades de El Salvador, prohibieron el ingreso temporal de papa procedente de Guatemala por la sospecha de la presencia del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* Woll (26).

Las detecciones realizadas en Honduras y El Salvador de nematodos de quiste, o confirman del todo la presencia de *Globodera rostochiensis* en Guatemala, pero sí confirma la presencia de especies de la subfamilia Heteroderinae, de las cuales no existen estudios de los géneros presentes en el país y sus huéspedes, así como su importancia como parásitos y daños económicos que pudieran estar causando.

En la presente investigación se realizó muestreo de suelo procesamiento de muestras y análisis para determinación de nematodos de quiste recolectados con el método de flotación de Fenwick en la fase de laboratorio, determinándose la presencia de los géneros de la subfamilia Heteroderinae *Punctodera*, *Heterodera* y *Cactodera* en las áreas cultivadas con papa en el municipio de Salamá.

## II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. es muy susceptible al ataque de nematodos, los cuales en ocasiones causan considerables pérdidas económicas en la cosecha. Dentro de los nematodos que afectan la papa los Heteroderidos son un grupo muy importante y poco estudiado en Guatemala.

Las especies *Globodera rostochiensis* Woll y *Globodera pallida* están incluidas dentro de ese grupo; la importancia de estos géneros se deriva a su alto grado de virulencia y daño que causan en las plantaciones de papa, siendo su erradicación casi imposible (14).

Descartar la presencia de *Globodera rostochiensis* Woll en el área de Salamá, Baja Verapaz es de mucha importancia, pues éste municipio produce 5,324 toneladas/ciclo de siembra, dando paso a declararla como área libre de nematodo dorado de la papa, permitiendo exportar sin problemas hacia Centro América y otros países.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Origen del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L.

Su origen se sitúa en la región andina de Sudamérica, en las altas mesetas de la cordillera de los Andes (18). Según Henkes y Duna (1,981) las primeras siembras estuvieron cercanas a las orillas del lago Titicaca, entre las fronteras de Perú y Bolivia.

A partir de Sudamérica se diseminó la siembra a casi todo el mundo; en Europa se introdujo esta, hacia el año de 1,570 donde en esa época no fue muy bien aceptada (18). Actualmente su consumo se ha popularizado y forma parte de la dieta de varios países alrededor del mundo (19).

##### 3.1.2 Descripción de la papa *Solanum tuberosum* L.

###### 3.1.2.1 Descripción botánica

Es una planta anual herbácea, con hojas alternas, simples, sin estípulas; inflorescencia cimosa, con flores bisexuales, actinomorfas; cáliz de 5 sépalos unidos, persistente; corola de 5 pétalos unidos, rotados; Androceo de 5 estambres, insertos en el tubo de la corola y alternos con sus lóbulos; Gineceo constituido por un pistilo compuesto de 2 carpelos, con 2 lóbulos, óvulos numerosos, placentación axilar, ovario supero, estilo terminal (21). El fruto es una baya, semillas con un embrión curvo o recto dentro de un espermo, de sabor desagradable y probablemente venenosa, con semillas fértiles, pero que no se emplean para la propagación, excepto cuando se desea obtener nuevas variedades. Debajo del suelo, a partir del extremo de un estolón se forman los tubérculos cargados de almidón (21).

###### 3.1.2.2 Clasificación taxonómica de la papa

De acuerdo a la clasificación taxonómica, la papa se clasifica de la forma siguiente (21):

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

### 3.1.3 Zonas de Producción

Los departamentos con las condiciones óptimas para el cultivo de la papa se muestran en la Figura 1.

**Figura 1. Áreas óptimas para el cultivo de la papa. *Solanum tuberosum* L.** Fuente: MAGA/ESPRED.07-11-01. Sistema de vigilancia fitosanitaria.



Las áreas óptimas para el cultivo de la papa, se determinaron con base en las condiciones bioclimaticas de las regiones, atendiendo las necesidades del cultivo. Estas regiones involucran a los siguientes departamentos (24).

- a) Huehuetenango
- b) San Marcos
- c) Quetzaltenango
- d) Sololá
- e) Chimaltenango
- f) Sacatepequez
- g) Quiché
- h) Totonicapán
- i) Guatemala
- j) Alta Verapaz
- k) Baja Verapaz
- l) Jalapa



los implementos agrícolas, zapatos y patas de los animales, puede contener quistes, favoreciendo la diseminación de los nemátodos 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 (7).

### **3.1.9 Muestreo**

En la mayoría de estudios dada la imposibilidad económica, física y práctica de hacer cuantificaciones por enumeración total, los trabajos de evaluación de poblaciones se hacen en una inmensa mayoría de casos a través de procedimientos de muestreos, con el objeto de estimar el valor de los parámetros que nos interesa conocer de la población (38).

#### **3.1.9.1 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 (38).

##### **b) Muestreo estratificado**

Es un caso particular de muestreo preferencial, empleado en áreas heterogéneas extensas. Ante todo se debe estratificar o subdividir el área de acuerdo a un criterio (especies dominantes, fisionomía, geográfico, topográfico, etc.), luego se muestreó separadamente cada estrato (38).

##### **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 (38).

##### **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 porque permite detectar variaciones, sino también por su aplicación más sencilla en el campo (38).

### 3.1.10 Estudios recientes sobre nematodos de quistes en Guatemala

En el año de 1,979 en Guatemala se realizó un trabajo exploratorio que permitió reconocer los grupos de nemátodos de quiste y determinar la presencia y su distribución en los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán, el trabajo de muestreo se realizó en las áreas de injerencia del ICTA.

Luego de los muestreos se realizó el procedimiento de quistes con el método de flotación de Fenwick, descrito por Spears y Campos Vela. Los quistes obtenidos se colocaron en laminillas de vidrio para realizarles cortes ecuatoriales y laterales, y luego de procesar los cortes se montaron en glicerina o bálsamo de Canadá. Luego se procedió a observar caracteres taxonómicos como las estructuras vulvo-anal y las estrías y por último se hizo un estudio microfotográfico y un bioensayo utilizando plantas de tomate.

En el estudio a nivel exploratorio se concluyó que existen nematodos de quiste en Guatemala de los subgéneros **Globodera** y **Heterodera**, el mas generalizado fue el de **Globodera** con un 88.29% de 94 muestras.

Se identificaron dentro de **Globodera** a los grupos **Globodera Puncheda** asociado con gramíneas, **Globodera virginiae** asociado con el cultivo papa, no se encontró el nematodo dorado de la papa en éste estudio realizado por Miriam García Martínez (8).

Por otra parte Salguero, M. (29) realizó un estudio sobre detección de quistes en el área de producción de papa de Chimaltenango, determinado los géneros siguientes: **Globodera**, **Heterodera**, **Punctodera** y **Afenestra**. Concluyendo además que no existe el nematodo dorado **G. rostochiensis** en dicha zona y también que los géneros aislados no son fitopatógenos de la papa, de acuerdo a resultados obtenidos por medio de un bioensayo. En Palencia, Guatemala, Blanco Pineda, L. (2004) determinó la presencia de los géneros siguientes: **Heterodera**, **Globodera**, **Cactodera** y **Punctodera** descartó por igual la presencia del nematodo dorado en plantaciones de papa.

### 3.1.11 Aspectos legales para la fitozoosanidad en Guatemala

En Guatemala a través de la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), se vela por el buen manejo de los recursos y producción agrícola y pecuaria en el aspecto fitozoosanitario; para ello se creó la Ley de Sanidad Vegetal y Animal, Decreto No. 36-98 del Congreso de la República y de su Reglamento, Acuerdo Gubernativo No.745-99.

Con la vigencia de ambos instrumentos legales se particularizan los compromisos adquiridos por Guatemala ante la Organización Mundial del Comercio, especialmente lo concerniente al Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, acordes con las directrices emanadas de la Oficina Internacional de Epizootias - OIE - , Convención Internacional de Protección Fitosanitaria - IPPC - y Codex Alimentarius.

La Ley presenta innovaciones de carácter técnico y administrativo, tal es el caso del Análisis de evaluación de Riesgos de Plagas y Enfermedades, Delegación de Servicios de Sanidad Vegetal y Regencia Profesional. El Reglamento presenta y refleja la integración funcional de aspectos vinculados entre sí, como lo son la vigilancia Epidemiológica Fitozoosanitaria, Cuarentena Vegetal y Animal y el Registro y Control de Insumo Agrícola y en Animales, entre otros (25).

En ambos documentos se dan a conocer artículos relacionados con la imposición de cuarentenas, esto como resultado de estudios profundos de monitoreo, incidencia, diagnósticos y evaluaciones a nivel de laboratorio de patogenicidad que arrojen evidencias científicas confiables de la presencia de plagas exóticas que perjudicarían a las zonas agrícolas y pecuarias del país (artículos 3, 6, 10, 17 y 53 del reglamento). Las medidas de protección fitosanitaria comprenden acciones técnicas, administrativas y legales que se ejecuten con la finalidad de erradicar, evitar la introducción, establecimiento, diseminación y dispersión de plagas o enfermedades de los vegetales (25).

La información técnica es indispensable para establecer y mantener actualizados el inventario de plagas y enfermedades, su incidencia, prevalencia, dinámica poblacional y distribución geográfica; así como los indicadores y parámetros que fundamenten las medidas para la prevención y control de daños en la producción agropecuaria del país, y así evitar el establecimiento y dispersión de plagas y enfermedades, por medio de la implementación de puestos de cuarentena interna, inspección, muestreo y diagnóstico en campo y laboratorio.

El periodo de cuarentena de vegetales, animales, sus productos y subproductos es determinado por el MAGA, con bases técnicas, científicas y tomando en cuenta los periodos de incubación, transmisibilidad, infecciosidad, confiabilidad de las pruebas de laboratorio y estado fitosanitario del país del cual procede.

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Localización, extensión y accesos**

El municipio de Salamá, pertenece al departamento de Baja Verapaz. Forma parte de la Sierra de las Minas. Tiene forma alargada de Este a Oeste, al norte colinda con el Río Cachil, con las montañas Santa Rosa y Quisis. Por el este desde la montaña Quisis hasta la cabecera del municipio de San Jerónimo. Por el Sur, desde la cabecera de San Jerónimo a la aldea Rincón Grande y por el lado Oeste desde al Aldea Rincón Grande, hasta el río Cachil. Ver figura 17 A. Este valle es atravesado por varios ríos entre ellos, San Jerónimo, La Estancia, Parque y Salamá (15). Es cruzado por las carreteras departamentales Baja Verapaz 12 y 2, así como por las rutas nacionales 5 y 17. Esta ubicado a 144 Kms de la Ciudad Capital de Guatemala (17).

### **3.2.2 Clima**

La temperatura máxima anual es de 29.53 °C y la mínima de 16.82 °C, que corresponde a 24 años de registro. La humedad relativa media anual es de 74.73% correspondiente a 24 años de registro, la insolación total en horas y decimos es de 1231.64 horas al año (15).

### **3.2.3 Zona de Vida**

Según de la Cruz, J.R., el área de estudio se encuentra dentro de la zona de vida: me-S (t), Monte espinoso subtropical (34).

### **3.2.4 Suelos**

Según Simmons, et al. (28) son suelos pertenecientes a la serie Salamá y Chicaj. Los de la serie Salamá, son suelos bien drenados, se han desarrollado sobre ceniza volcánica blanca y porosa que fue depositada en terrazas a lo largo de los ríos y en valles. Los suelos de la serie Chicaj, comprenden la mayoría de suelos del valle, son mal drenados, sobre cenizas volcánicas muy poco permeables, se encuentran en relieve casi plano.

Las características químicas de estos suelos según resultados de análisis de laboratorio realizados por agricultores son suelos ligeramente ácidos debido al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, el fósforo disponible es adecuado, potasio y micronutrientes deficientes (34).

Aproximadamente 800 ha son irrigadas en el Valle Central de Salamá, por la unidad de riego de San Jerónimo entre los municipios de San Jerónimo y Salamá, ésta unidad de riego provee el recurso hídrico durante todo el año, lo que favorece la producción hortícola en cualquier época del año.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

- 4.1.1 Determinar la presencia de nematodos formadores de quiste (Subfamilia Heteroderinae) en áreas de cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el Salamá, Baja Verapaz.

### 4.2 ESPECÍFICO

- 4.2.2 Determinar los géneros de nematodos de la Subfamilia Heteroderinae presentes en el área de Salamá, Baja Verapaz.
- 4.2.3 Determinar si los nematodos de quiste, que estén presentes, son parásitos de la papa.

## 5. HIPÓTESIS

- 5.1 Existen nematodos pertenecientes a la Subfamilia Heteroderinae en el municipio de Salamá, Baja Verapaz, asociados al cultivo de la papa.
- 5.2 Si existen nematodos de la Subfamilia Heteroderinae, que se encuentren presentes en la región de Salamá, éstos no son parásitos del cultivo de la papa.

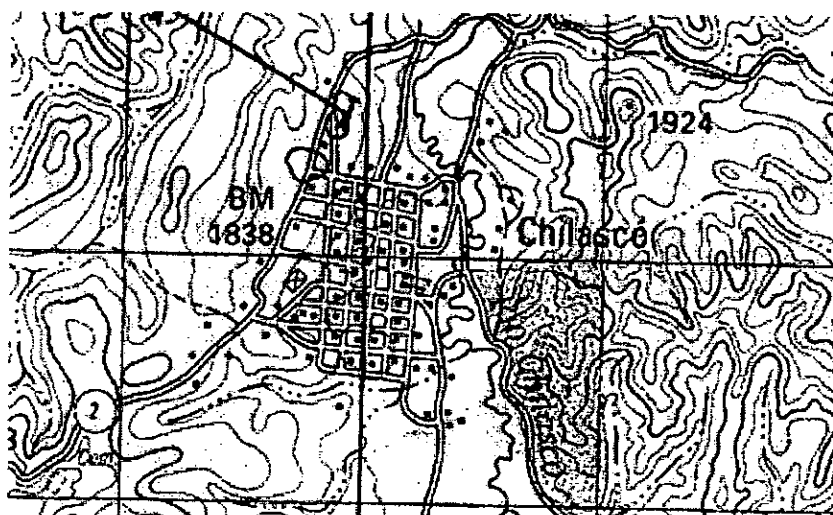
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## 6. METODOLOGÍA

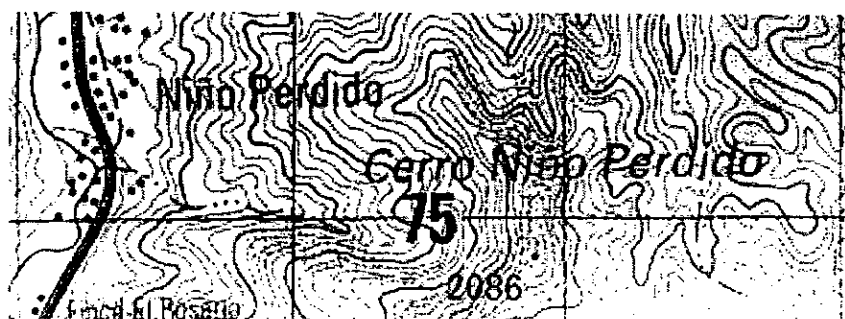
### 6.1 Delimitación de las áreas de muestreo

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA- (24), a través del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria, la Unidad de Operaciones Rurales y las Coordinaciones Departamentales, el municipio de Salamá posee un área reportada de 120 ha cultivadas con papa, con una producción de 97,605 kg/ha. Según la municipalidad de Salamá las aldeas productoras son las siguientes: Chilascó, Niño Perdido y Unión Barrios. En las figuras 4, 5 y 6 se muestra la ubicación de las aldeas muestreadas.

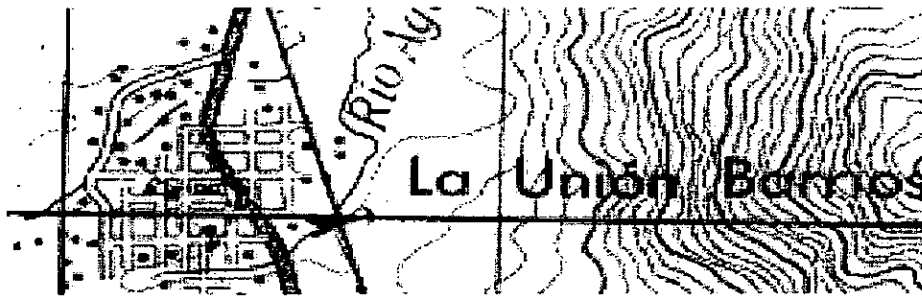
**Figura 4. Ubicación geográfica de la aldea Chilascó (Fuente: Hoja "Baja Verapaz". Mapa Cartográfico Esc. 1:50000)**



**Figura 5. Ubicación geográfica de la aldea Niño Perdido (Fuente: Hoja "Baja Verapaz". Mapa Cartográfico Esc. 1:50000)**



**Figura 6. Ubicación geográfica de la aldea Unión Barrios (Fuente: Hoja "Baja Verapaz". Mapa Cartográfico Esc. 1:50000).**



## **6.2 Planificación de muestreo**

En la presente investigación se utilizó como base las 120 ha reportadas para el año 2001 por el Ministerio de Agricultura. Por medio del Alcalde municipal de Salamá, se pudo coordinar el muestreo en las aldeas Chilascó, Niño Perdido y Unión Barrios (ver figuras 4, 5 y 6) en conjunto con los alcaldes auxiliares.

### **6.2.1 Toma de muestras**

El criterio de toma de muestra se hizo de acuerdo al historial de siembra del cultivo. Como mínimo debió haberse cultivado papa por más de cinco años y donde se había cultivado con anterioridad según el criterio que los quistes permanecen viables en el suelo entre 5 y 20 años (3, 35) y que fuese mayor o igual a una hectarea. El muestreo se realizó durante el mes de diciembre de 2002.

Se realizaron los caminamientos de submuestreo del terreno, utilizando la técnica de zig-zag a manera de cubrir todo el terreno. Según Zuckerman (39) de 20 a 100 puntos de submuestreo de suelo pueden ser tomados en campos de cultivo de más de 2 hectáreas, para este caso se tomaron 20 submuestras por hectárea.

Para la obtención del suelo en los puntos de submuestreo se utilizó un barreno de aproximadamente 0.025 metros de diámetro y se tomó lo que se obtuvo de los primeros 0.20 metros de profundidad, siendo una porción equivalente a 100 g, colocándose esta dentro de una cubeta o bolsa plástica. El suelo obtenido de las submuestras se mezcló para obtener una muestra compleja de 2 kg.

En total se analizaron 120 muestras de suelo en toda el área productora de papa del municipio de Salamá. Al coleccionar 50 kg de suelo se tiene el 99 % de oportunidad de encontrar uno o más quistes en el suelo (40).

## **6.3 Manejo de las muestras**

### **6.3.1 Identificación y clasificación**

Posteriormente a la toma de cada muestra de suelo se localizaron las coordenadas (utm) de sitio usando un GPS (Global Positioning System) que es un sistema de localización global vía satélite; ver cuadro 4. Estas coordenadas fueron útiles en la realización de mapas con el programa Arc View GIS 3.2 donde se muestra la distribución de los distintos géneros de nematodos de quiste.

Se colocaron dos etiquetas, una dentro de la bolsa y otra fuera de la bolsa.

### **6.3.2 Secado y preparación para su procesamiento**

Las muestras fueron transportadas en bolsas plásticas hacia el lugar donde se secaron las muestras. Cada muestra se colocó sobre papel periódico en un lugar cubierto a secar a temperatura ambiente por aproximadamente 8 días, al estar completamente seca la muestra se introdujo a una bolsa para su traslado a laboratorio.

## **6.4 Fase de laboratorio**

### **6.4.1 Extracción y aislamiento de nematodos**

La técnica utilizada fue la de flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona, (ver figura 13 A); método que se ha generalizado para estudios de este tipo (6) (39).

#### **6.4.1.1 Procedimiento de extracción: flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona**

- a) Se construyó un sistema embudo-matraz –EM- de aproximadamente 9,100 cc de capacidad, de lamina galvanizada. El sistema embudo-matraz comprende las siguientes partes: tamiz, embudo galvanizado, soporte de hierro para el tamiz, matraz galvanizado con rampa de reflote y tamiz de 60 mesh (Ver figura 13 A).
- b) Haciendo uso de un beaker de 1,000 cc, se tomó un volumen de agua de 500c., a este volumen se le agregó suelo de uno de los sitios de muestreo hasta que el nivel de agua fuera de 800 cc, con esto se estarían analizando 300 cc, de la muestra. Luego esta mezcla se vació dentro del tamiz de 20 mesh que se encontraba acoplado al embudo del sistema EM.



- c) Se hizo pasar una corriente de agua a presión, para que se diera el arrastre del suelo hacia el fondo del matraz. En el fondo se acumularon las partículas más pesadas y por la parte superior, "la rampa" del matraz, salió debido a su menor densidad material orgánica del suelo y quistes, que se recolectaron en el tamiz de 60 mesh.
- d) Luego se filtró haciendo uso de un embudo y papel filtro (papel filtro de percolador), colectándose la mezcla de materia orgánica y quistes. El agua fue descartada.
- e) Se seco el papel filtro a temperatura ambiente (ver figura 14 Q), y todo el material que estaba dentro del papel filtro se vació dentro de un earlenmeyer de boca angosta, (ver figura 15<sup>a</sup>).
- f) Se agregó acetona (grado industrial), hasta la mitad del earlenmeyer, se agitó fuertemente y se terminó de llenar con acetona hasta la orilla de la boca del recipiente.
- g) Se dejó reposar un tiempo de 30 a 60 segundos.
- h) La mezcla de materia orgánica y quistes que flotaba en la orilla del earlenmeyer se colectó con pincel y se colocó dentro de cajas metálicas.
- i) Finalmente se procedió a observar y separar los quistes con la ayuda de un estereoscopio (ver figura 16 A).

#### 6.4.2 Determinación

Para la determinación de los géneros de nematodos de quiste colectados se tomaron tres características morfológicas que son (39):

- a. Forma de quiste
- b. Forma de cono vulval, y
- c. Constante de Granek's (distancia año menestra / diámetro menestra )

Los quistes extraídos se procesaron en montajes, se observaron y compararon con los gráficos que se presentan en las claves de Tylenchida de Siddiqi et al. 2<sup>a</sup> (ed)., Decaer y Kyryamura; con la comparación en estos gráficos se tomaron los aspectos de forma del quiste y forma del cono vulval.

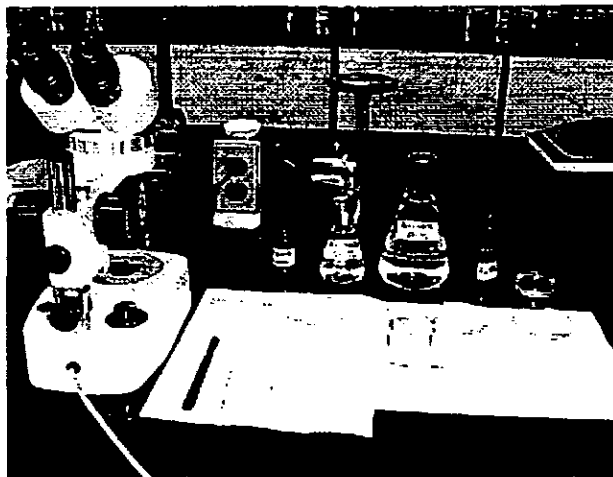
Para obtener la constante de Granek's se realizaron montajes de cortes de genestralias.

#### **6.4.2.1 Preparación de montajes de fenestralias de quistes**

Para la preparación de montajes de fenestralias de nematodos de quiste se realizó la siguiente metodología (ver figura 7).

- a) En un portaobjeto sobre una gota de agua se colocó el quiste, con el objeto de eliminar la suciedad.
- b) Con ayuda de una hoja de afeitar nueva se realizó un corte ecuatorial del quiste, conservando la mitad posterior del cuerpo.
- c) La parte posterior del cuerpo fue limpiada extrayendo los huevecillos con ayuda de agujas finas, luego se colocó sobre una gota de lacto fenol claro.
- d) Se realizaron otros cortes a manera de eliminar el exceso de tejido circundante a la fenestra del quiste.
- e) Se transfirieron los cortes a una gota de agua oxigenada por 2 o 3 minutos.
- f) Luego se trasladaron a soluciones de alcohol al 70 y 96 % sobre vidrios de reloj de 1 a 2 minutos en cada solución.
- g) Se montaron los cortes en gelatina glicerada.
- h) Se sellaron y se etiquetaron. Con ayuda de micrómetro se tomaron los datos de diámetro de fenestra y de la distancia de ano-fenestra, para ubicar la relación Granek's.

**Figura 7. Equipo utilizado para la preparación de montajes de fenestralias de quistes. Fuente: Autor**

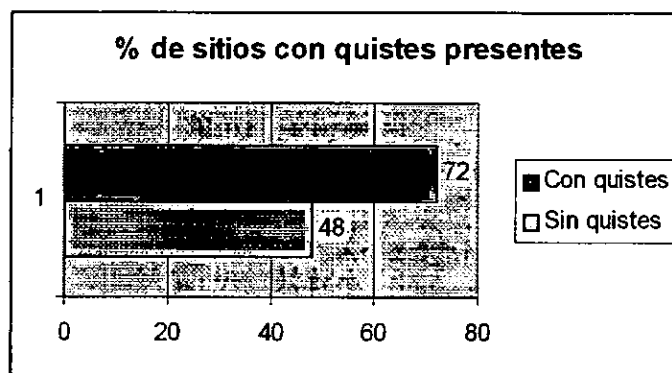


## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Determinación de los distintos géneros de nematodos de quiste encontrados en Salamá

De las 120 muestras colectadas de las áreas de cultivo en Salamá, en 72 de los sitios muestreados se detectó la presencia de Heteroderinidos, ver figura 8.

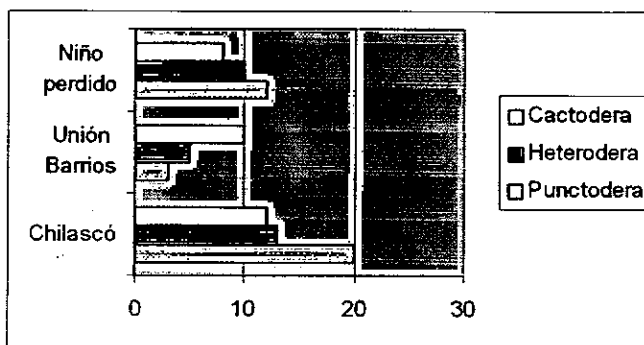
Figura 8: Gráfica comparativa de áreas con quiste en la zona productora de papa de Salamá, Baja Verapaz



### 7.2 Distribución e incidencia de los distintos géneros en las áreas muestreadas

De los 72 sitios en donde se detectaron quistes, en 42 se encontró el género *Punctodera*, en 37 se encontró *Cactodera* y en 34 *Heterodera*. La distribución territorial de los distintos géneros en las áreas cultivadas con papa en el municipio de Salamá se puede observar en la figura 9.

Figura 9. Géneros de nematodos de quiste encontrados en los 120 sitios de muestreo en las áreas productoras de papa del municipio de Salamá.



### 7.2.1 Aldea Chilascó

Se muestrearon 40 puntos de los cuales en 32 se encontraron quistes de los géneros *Punctodera* con 20% de incidencia, *Heterodera* con 13% de incidencia *Cactodera* con 12% de incidencia. Los cultivos predominantes en esta zona son: Papa, Brócoli, Zanahoria, Repollo, Minivegetales y maíz. Ver cuadro 4.

### 7.2.2 Aldea Niño Perdido

Se muestrearon 40 puntos de los cuales en 16 se encontraron quistes de los géneros *Punctodera* con 12% de incidencia, *Heterodera* con 8% de incidencia y *Cactodera* con 10% de incidencia. Los cultivos que predominan en el lugar son: Papa, brócoli, maíz y frijol. Ver cuadro 4.

### 7.2.3 Aldea Unión Barrios

Se muestrearon 40 puntos de los cuales en 24 se encontraron quistes de los géneros *Punctodera* con 3% de incidencia, *Heterodera* con 10% y *Cactodera* con 5%. Los cultivos que predominan en el lugar son: papa, brócoli, zanahoria, maíz y frijol. Ver cuadro 4.

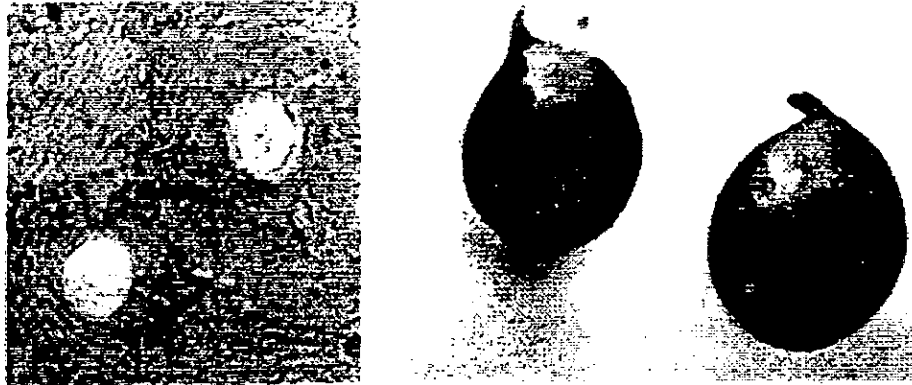
## 7.3 Descripción de los géneros de nematodos de quiste localizados en el área productora de papa de Salamá

Cada género localizado se determinó usando criterios morfológicos como la forma, el color o la presencia del cono vulval del quiste y comparaciones biométricas de fenestralias.

### 7.3.1 PUNCTODERA

Cuerpo con formas globosas, esféricas o de pera con cuello corto y sin cono terminal. La cutícula es gruesa, con un patrón reticular, posee vulva terminal. También se observó quistes de este género conteniendo huevos abundantes sin formar masas, la cutícula formada de líneas suaves bien marcadas y la coloración variaba del castaño claro al café. Parasita gramíneas (cebada, avena, pastos y trigo). Se cree que éste género se originó en Norteamérica (39).

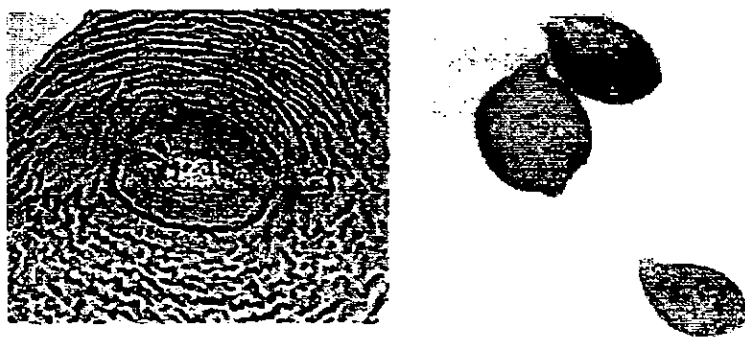
Figura 10. Corte de fenestralia de quiste (40x) del género *Punctodera* localizado en el municipio de Salamá, Baja Verapaz. Foto tomada en el laboratorio de fitopatología de la FAUSAC. Enero 2004.



### 7.3.2 HETERODERA

Estos quistes encontrados tenían formas ovoides y forma de limón como se muestra en las fotografías, de tamaño menor que el género mencionado anteriormente, la principal característica al observarlos era la presencia de un cono terminal en la que se encontraba la fenestra vulval y el ano en la parte dorsal subterminal cercano a la vulva, estas características correspondieron al género *Heterodera*, se realizaron cortes de fenestralias lográndose observar las corrugaciones simétricas que van recorriendo el cuerpo del quiste, la presencia del puente y la abertura de la vulva como se muestra en la figura. La coloración de los quistes variaba del castaño claro al marrón (35,36).

Figura 11. Corte de fenestralia de quiste del género *Heterodera* localizado en el municipio de Salama, Baja Verapaz. (40x). Foto tomada en el laboratorio de fitopatología de la FAUSAC. Enero de 2004.



### 7.3.3 CACTODERA

Este género presentó quistes en forma de esfera y de limón, el cono es pequeño, la vulva es terminal y trae una abertura en la circunfenestra del quiste. Las hembras maduras y quistes presentan forma esférica y forma de limón, con una pequeña protuberancia terminal (cono vulval) en las hembras maduras, las hembras presentan coloración amarilla, quistes café oscuro. La cutícula superficial presenta características particulares con rayas similares ásperas interrumpidas por rayas cortas verticales y oblicuas (3).

**Figura 12. Corte de fenestralia de quistes del género *Cactodera* localizado en el municipio de Salamá, Baja Verapaz. (40x). Foto: Autor. Tomada en el laboratorio de fitopatología de la FAUSAC, Enero de 2004.**



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 Los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en las áreas de cultivo de papa en el municipio de Salamá, Baja Verapaz son: Punctodera, Heterodera, Cactodera.
- 8.2 La densidad poblacional más alta observada fue para el género Punctodera con 35% seguido de Heterodera con 31% y Cactodera con 27%.
- 8.3 El área de mayor presencia de quistes fué: Chilascó (80%), seguido de Unión Barrios (60%) y Niño Perdido (40%).

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Realizar estudios para establecer el nivel de importancia de los géneros *Punctodera*, *Heterodera* y *Cactodera*, así como determinar a que cultivos afecta en las áreas hortícolas del municipio de Salamá.
- 9.2 Realizar monitoreos de los materiales de propagación (semilla) que sean destinados para cultivo, con el fin de garantizar la sanidad de los tubérculos-semilla.
- 9.3 Impulsar programas interinstitucionales que estén involucrados en la producción de papa con el fin de mantener áreas libres de plagas exóticas.
- 9.4 Coordinar e impulsar estudios interinstitucionales de monitoreo y control en plantaciones de papa, con el propósito de mantener áreas libres de nematodos de quiste.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1998 Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. 2 ed. México, Limusa. p. 734-741.
2. Burrows, PR. 1990. The rapid and sensitive detection of the plant parasitic nematode *Globodera pallida* using a bioinoculate DNA probe. *Revue Nematol.* 13:185-190.
3. CABI, UK. 1972. Descriptions of plant-parasitic nematodes. United King. 80 p.
4. Canto-Saenz, M; Mayer de Scumah, M. 1977. Races of the potato cyst nematode in the andean region and a new system of classification. *Nematologica* 23:340-349.
5. Christiansen, JA; Vargas Mechuca, R. 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA / PREDECODEPA. 50 p.
6. FAUSAC (Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, GT). 2001. Manual de prácticas de laboratorio: curso nematodos fitopatógenos. Guatemala. 40 p.
7. Ferris, VR; Miller, LI; Faghihi, J; Ferris, JM. 1995. Ribosomal DNA comparisons of *Globodera* from two continents. *J. Nematol.* 27:279-283.
8. García Martínez, M. 1980. Estudio analítico taxonómico de los nematodos del quiste (*Heterodera* spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
9. Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* 23:213-220.
10. Greco, N; Moreno, I. 1992. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sowed potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
11. Greco, N; Moreno, I. 1992. Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22:175-181.
12. 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.

13. Greco, N; Di Vito, M; Brondonisio, A, Giordano, L; De Marins, G. 1982. The effect of *Globodera pallida* and *Globodera rostochiensis* on potato yield. *Nematologica* 28:379-386.
14. Greco, N; Inserra, RN. Brandonisio, A; Tirro, A; De Marins, G. 1988. Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Namato. Medit.* 16:69-73.
15. ICTA (Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1994. Tarjeta de control meteorológico de la estación de San Jerónimo y clasificación de zonas de vida de los valles de Salamá. Baja Verapaz, Guatemala. 12 p. Sin publicar.
16. ICTA (Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT) 2002. Catálogo de variedades de papa. Guatemala. 22 p.
17. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1982. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 3.
18. Gudiel, VM. 1987. Manual agrícola Superb. 6 ed. Guatemala, Productos Superb. 256 p.
19. Henkes, R; Dunn, N. 1981. Aumenta el consumo de papa con nuevas variedades y nuevos métodos de producción, el cultivo de papa puede extenderse a un número mayor en regiones. *El Surco (MX)* no 3:1-12.
20. Jensen, AJ; Armstrong, J; Jatala, P. 1979. Annotated bibliography of nematode pest of potato. Lima, Peru, International Potato Center. 315 p.
21. Jones, SB. 1982. Sistemática vegetal. Trad. por María de Lourdes Hesca Tapia. 2 ed. México, OEA. 350 p.
22. Karssen, G; Hoenselaar Van, T; Verkekrk-Bakker, B; Janssen, R. 1995. Species identification of cyst and root-knot nematodes from potato by electrophoresis of individual females. *Electrophoresis* 16:105-109.
23. Kort, J; Ross, H; Rumpfenhorst, HJ; Stone, AR. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Nematologica* 23:333-339.

24. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2002. Sistema de vigilancia fitosanitaria. (Comunicación personal).
25. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Normas y Regulaciones, GT). 2000. Ley de sanidad vegetal y animal, documento 1, serie normativa. 2 ed. Guatemala. 45 p.
26. Medida hondureña no afecta al país. 2002. Prensa Libre, GT. Abril 3:4.
27. Mugnery, D. 1978. Vitesse de developpement, en fonction de la temperature de *Globodera rostochiensis* (nematodo: Heteroderidae). Revue Nematol. 1:3-12.
28. Niño de GL; Flores, M. 1994. Identificación de especies y patotipos de tres poblaciones del nematodo quiste de la papa (*Globodera* spp.) provenientes de los estados Mérida y Lara. In Congreso Venezolano de hortalizas (Maracay, Venezuela). Memorias. Venezuela. p. 45.
29. Salguero, M. 2003. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en le municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 83 p.
30. Schluter, K. 1976. The potato cyst eelworm *Heterodera rostochiensis* Woll. in Morocco: Its distribution and economic importance. Journal of Plant Disease and Plant Protection 83:401-405.
31. Shurtleff, MC; Averre, CW. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes. US, The American Phytopathological Society. 72 p.
32. 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.
33. 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.

34. Simmons, C; Tarano, JH; Pinto JM. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de Guatemala. Ed. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
35. Stone, AR. 1973. *Heterodera pallida*: descriptions of plant parasitic nematodes, set 2, N 16. UK, CABI. 2 p.
36. Stone, AR. 1973. *Heterodera pallida*: descriptions of plant parasitic nematodes, set 2, N 17. UK, CABI. 4 p.
37. Trudgill, DL. 1985 Potato cyst nematodes: a critical review of the current pathotyping scheme. EPPO Bulletin 15:273-279.
38. Noling, JW. 2001. Nematodes and their management. US, University of Florida. 240 p.
39. Zuckerman, BM; Mai, WF; Rohde, RA. 1981. Plant parasitic nematodes. New York, US, Academic Press. v.1, 345 p.
40. Zuckerman, BM; Mai, WF; Harrison MB. 1985. Plant nematology: laboratory manual. US, The University of Massachusetts, Agricultural Experiment Station. 300 p.



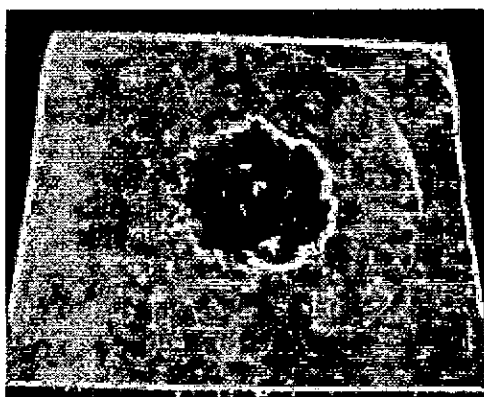
Rolando Barrios

## 10. APÉNDICE

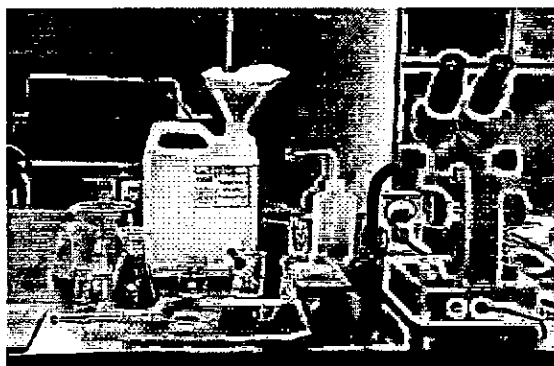
**Figura 13. Fase de extracción de quistes por el método Fenwick.  
Foto tomada en el laboratorio de fitopatología, USAC.**



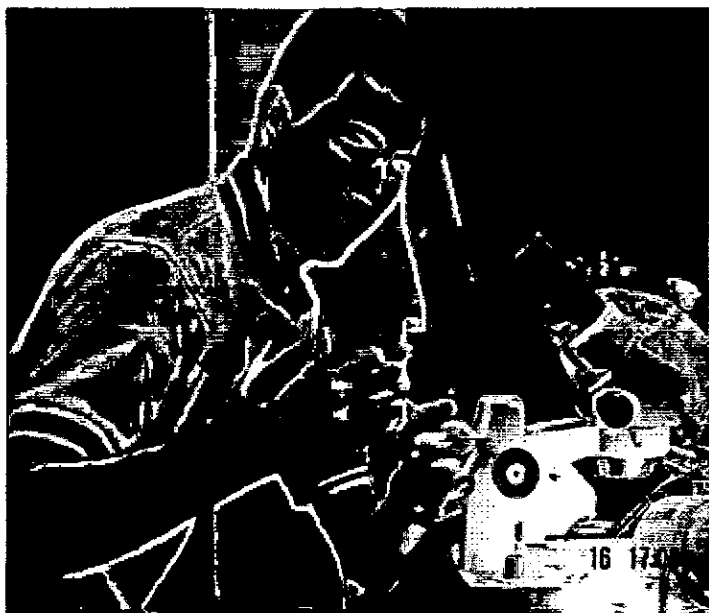
**Figura 14: Material orgánico y quistes obtenidos de la extracción.  
Foto tomada en el laboratorio de fitopatología,USAC.**



**Figura 15: Quistes y materia orgánica obtenidos de la flotación en acetona.**



**Figura 16 : Extracción, separación y determinación de quistes.**  
Foto tomada en el laboratorio de fitopatología, USAC.



**Cuadro 4. Ubicación de las unidades de muestreo de suelos en el municipio de Salamá**

Niño Perdido								
Punto	Código	msm	Coordenadas		utm	H	P	C
1	Niñor	1629	N15° 8' 25.4"	W90° 10' 23.4"	1674579	0	3	0
2	Niñor	1678	N15° 8' 23.8"	W90° 10' 22.7"	1674656	1	2	25
3	Niñor	1687	N15° 8' 26"	W90° 10' 24.7"	1674667	0	0	5
4	Niñor	1588	N15° 8' 29.2"	W90° 10' 30.6"	1674556	0	0	0
5	Niñor	1584	N15° 8' 29.7"	W90° 10' 29.04"	1674401	0	0	0
6	Niñor	1579	N15° 8' 32"	W90° 10' 29.4"	1674318	0	0	0
7	Niñor	1587	N15° 8' 27.6"	W90° 10' 28.7"	1674169	0	0	0
8	Niñor	1606	N15° 8' 32.4"	W90° 10' 27.4"	1674309	0	8	0
9	Niñor	1584	N15° 8' 33.5"	W90° 10' 28.7"	1674353	1	3	0
10	Niñor	1581	N25° 8' 32.5"	W90° 10' 32.2"	1674455	0	11	5
11	Niñor	1622	N15° 8' 35.9"	W90° 10' 33.2"	1674612	4	17	9
12	Niñor	1622	N15° 8' 36.1"	W90° 10' 30.7"	1674760	0	14	2
13	Niñor	1635	N15° 8' 37.7"	W90° 10' 30.2"	1674832	0	10	6
14	Niñor	1643	N15° 8' 39.2"	W90° 10' 30.1"	1674693	0	5	0
15	Niñor	1653	N15° 8' 42.3"	W90° 10' 26.4"	1674667	0	0	3
16	Niñor	1573	N15° 8' 34.2"	W90° 10' 26.2"	1674762	2	0	0
17	Niñor	1585	N15° 8' 31.4"	W90° 10' 25.7"	1674802	0	7	0
18	Niñor	1608	N15° 8' 32.1"	W90° 10' 23.1"	1674794	5	3	0
19	Niñor	1618	N15° 8' 33.2"	W90° 10' 21.8"	1674837	0	0	0
20	Niñor	1622	N15° 8' 35.2"	W90° 10' 19.8"	1674947	0	0	0
21	Niñor	1576	N15° 8' 39.9"	W90° 10' 59"	1675042	0	0	0
22	Niñor	1540	N15° 8' 45.8"	W90° 10' 58.4"	1675072	0	11	0
23	Niñor	1550	N15° 8' 43.7"	W90° 10' 56"	1675118	0	6	0
24	Niñor	1598	N15° 8' 45"	W90° 10' 53.9"	1675159	0	0	4
25	Niñor	1573	N15° 8' 47.8"	W90° 10' 55.2"	1675273	3	0	1
26	Niñor	1573	N15° 8' 44.8"	W90° 10' 31.5"	1674924	0	0	0
27	Niñor	1567	N15° 8' 47.6"	W90° 10' 52"	1675015	0	0	0
28	Niñor	1573	N15° 8' 37.7"	W90° 10' 57.8"	1675073	0	0	0
29	Niñor	1549	N15° 8' 32.4"	W90° 10' 53.9"	1675160	0	0	0
30	Niñor	1556	N15° 8' 30.9"	W90° 10' 32.2"	1674924	0	0	0
31	Niñor	1576	N15° 8' 30.3"	W90° 10' 54.8"	1674813	0	0	0
32	Niñor	1574	N15° 8' 31.7"	W90° 10' 56.4"	1674707	13	5	0
33	Niñor	1576	N15° 8' 32.4"	W90° 10' 55"	1674726	0	0	0
34	Niñor	1575	N15° 8' 36.3"	W90° 10' 48.1"	1674628	0	0	0
35	Niñor	1572	N15° 8' 46.1"	W90° 10' 48.3"	1674540	0	12	0
36	Niñor	1559	N15° 8' 46.8"	W90° 10' 48.8"	1674398	4	9	0
37	Niñor	1548	N15° 8' 47.2"	W90° 10' 49.9"	1674337	2	0	3
38	Niñor	1583	N15° 8' 43.5"	W90° 10' 50.3"	1674160	0	11	2
39	Niñor	1589	N15° 8' 42.5"	W90° 10' 50.3"	1674218	0	14	3
40	Niñor	1582	N15° 8' 39.2"	W90° 10' 49.6"	1674241	1	8	1

H= Heterodera

P= Punctodera

C= Cactodera

Aldea		Unión Barrios							
Punto	Código	msm	Coordenadas		utm	H	P	C	
1	UBOR	1651	N15° 10' 28.6"	W90° 12' 12.7"	1674602	0	3	0	
2	UBOR	1653	N15° 10' 24.5"	W90° 12' 13.1"	1674553	2	11	0	
3	UBOR	1653	N15° 10' 24.0"	W90° 12' 18.3"	1674620	5	0	0	
4	UBOR	1656	N15° 10' 27.9"	W90° 12' 19.1"	1674716	0	0	0	
5	UBOR	1649	N15° 10' 30.2"	W90° 12' 21.3"	1674732	0	2	0	
6	UBOR	1663	N15° 10' 29.7"	W90° 12' 28.8"	1674803	0	7	0	
7	UBOR	1665	N15° 10' 29.6"	W90° 12' 31.5"	1674668	0	13	4	
8	UBOR	1663	N15° 10' 30.7"	W90° 12' 32.8"	1674816	0	0	0	
9	UBOR	1655	N15° 10' 32"	W90° 12' 28.5"	1674849	0	0	0	
10	UBOR	1659	N15° 10' 27.6"	W90° 12' 27.0"	1674817	0	0	0	
11	UBOR	1697	N15° 10' 20.1"	W90° 12' 27.1"	1674921	0	0	0	
12	UBOR	1665	N15° 10' 21.4"	W90° 12' 25.5"	1674929	0	0	0	
13	UBOR	1676	N15° 10' 20"	W90° 12' 23.2"	1674978	0	0	0	
14	UBOR	1689	N15° 10' 18.8"	W90° 12' 26.5"	1675024	0	0	0	
15	UBOR	1688	N15° 10' 18.1"	W90° 12' 29.1"	1675121	0	0	0	
16	UBOR	1690	N15° 10' 16.2"	W90° 12' 30.8"	1674872	0	0	0	
17	UBOR	1696	N15° 10' 16.8"	W90° 12' 31.3"	1674786	1	0	0	
18	UBOR	1678	N15° 10' 16.4"	W90° 12' 28.7"	1674811	0	0	0	
19	UBOR	1662	N15° 10' 17.2"	W90° 12' 25.4"	1674843	0	0	0	
20	UBOR	1679	N15° 10' 17.8"	W90° 12' 22.1"	1674905	7	9	0	
21	UBOR	1648	N15° 10' 19.9"	W90° 12' 20.8"	1675034	0	0	0	
22	UBOR	1664	N15° 10' 15.3"	W90° 12' 22.6"	1675216	0	0	0	
23	UBOR	1666	N15° 10' 14.2"	W90° 12' 23.8"	1675152	0	0	0	
24	UBOR	1672	N15° 10' 13.7"	W90° 12' 26.5"	1675255	0	15	3	
25	UBOR	1668	N15° 10' 13.8"	W90° 12' 20.8"	1675279	0	17	0	
26	UBOR	1646	N15° 10' 43.5"	W90° 12' 10.5"	1675196	0	5	0	
27	UBOR	1647	N15° 10' 48.2"	W90° 12' 10.9"	1675274	0	0	0	
28	UBOR	1644	N15° 10' 50.7"	W90° 12' 09.7"	1674967	0	0	0	
29	UBOR	1651	N15° 10' 57.4"	W90° 12' 5.7"	1674806	1	8	0	
30	UBOR	1646	N15° 10' 57.2"	W90° 12' 03.5"	1674760	0	10	0	
31	UBOR	1638	N15° 10' 57.7"	W90° 12' 1.9"	1674741	2	0	1	
32	UBOR	1637	N15° 10' 58.4"	W90° 12' 0.8"	1674783	0	0	0	
33	UBOR	1631	N15° 10' 57.1"	W90° 11' 59.7"	1674805	0	0	0	
34	UBOR	1636	N15° 10' 55.5"	W90° 12' 0.1"	1674928	0	0	0	
35	UBOR	1633	N15° 10' 52.7"	W90° 12' 0.7"	1675229	0	0	0	
36	UBOR	1642	N15° 10' 53.8"	W90° 12' 3.7"	1675251	0	0	0	
37	UBOR	1664	N15° 11' 16.2"	W90° 12' 25.2"	1675263	0	0	0	
38	UBOR	1682	N15° 11' 28.3"	W90° 12' 30.6"	1675151	0	0	0	
39	UBOR	1686	N15° 11' 18.6"	W90° 12' 31.8"	1675118	0	0	0	
40	UBOR	1692	N15° 11' 19"	W90° 12' 34.4"	1675017	0	12	3	

H= Heterodera

P= Punctodera

C= Cactodera

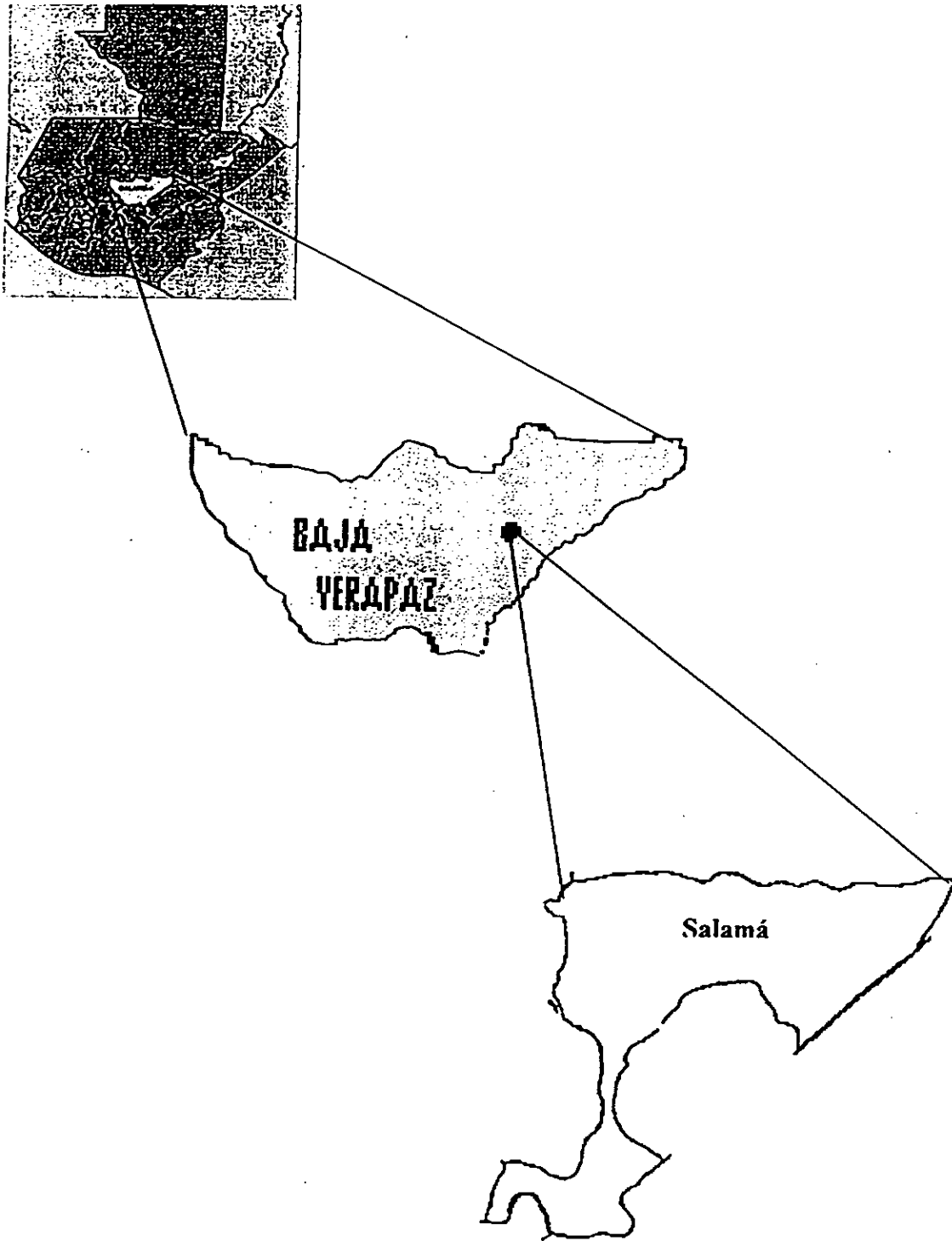


Aldea Chilascó								
Punto	Código	msm	Coordenadas		utm	H	P	C
1	CHOR	1893	N15° 7' 46.1"	W90° 7' 2.2"	1674579	0	0	0
2	CHOR	1895	N15° 7' 48.1"	W90° 7' 2.6"	1674656	0	15	0
3	CHOR	1896	N15° 7' 49"	W90° 7' 5.1"	1674667	0	51	0
4	CHOR	1891	N15° 7' 45.4"	W90° 7' 5.2"	1674556	2	10	0
5	CHOR	1887	N15° 7' 40.4"	W90° 7' 8.2"	1674401	0	0	1
6	CHOR	1903	N15° 7' 37.7"	W90° 7' 9.8"	1674318	0	9	0
7	CHOR	1902	N15° 7' 32.9"	W90° 7' 11.3"	1674169	0	11	0
8	CHOR	1904	N15° 7' 37.3"	W90° 7' 15.3"	1674309	0	0	0
9	CHOR	1900	N15° 7' 38.9"	W90° 7' 14.0"	1674353	0	12	0
10	CHOR	1890	N15° 7' 42.2"	W90° 7' 12.1"	1674455	2	8	0
11	CHOR	1901	N15° 7' 47.3"	W90° 7' 11.7"	1674612	5	22	0
12	CHOR	1890	N15° 7' 52.1"	W90° 7' 10.5"	1674760	8	14	2
13	CHOR	1880	N15° 7' 54.4"	W90° 7' 7.6"	1674832	5	25	0
14	CHOR	1902	N15° 7' 49.8"	W90° 7' 00.7"	1674693	0	5	0
15	CHOR	1909	N15° 7' 48.9"	W90° 06' 57.6"	1674667	0	0	0
16	CHOR	1890	N15° 7' 52"	W90° 6' 57.5"	1674762	0	18	5
17	CHOR	1900	N15° 7' 53.3"	W90° 6' 58.4"	1674802	0	0	0
18	CHOR	1905	N15° 7' 53.1"	W90° 7' 01.6"	1674794	8	6	0
19	CHOR	1897	N15° 7' 54.5"	W90° 7' 03.4"	1674837	0	56	0
20	CHOR	1903	N15° 7' 58.1"	W90° 7' 04.6"	1674947	0	0	0
21	CHOR	1904	N15° 8' 01.2"	W90° 7' 5.6"	1675042	0	10	4
22	CHOR	1905	N15° 8' 02.2"	W90° 7' 6.7"	1675072	0	0	3
23	CHOR	1914	N15° 8' 03.7"	W90° 7' 8.4"	1675118	7	1	5
24	CHOR	1910	N15° 8' 3"	W90° 7' 5.6"	1675159	11	0	0
25	CHOR	1905	N15° 8' 3.9"	W90° 7' 3.9"	1675283	0	24	15
26	CHOR	1916	N15° 7' 57.3"	W90° 7' 1"	1674924	0	17	0
27	CHOR	1887	N15° 8' 0.2"	W90° 6' 57.2"	1675015	0	0	0
28	CHOR	1890	N15° 8' 2.1"	W90° 6' 57.5"	1675073	4	11	18
29	CHOR	1893	N15° 8' 4.9"	W90° 06' 55.7"	1675160	1	0	3
30	CHOR	1868	N15° 7' 57.2"	W90° 6' 53.6"	1674924	0	16	0
31	CHOR	1875	N15° 7' 53.6"	W90° 6' 48.9"	1674813	0	0	0
32	CHOR	1877	N15° 7' 50.1"	W90° 6' 48.9"	1674707	0	0	0
33	CHOR	1867	N15° 7' 50.7"	W90° 6' 47.5"	1674726	0	7	2
34	CHOR	1887	N15° 7' 47.6"	W90° 6' 55.3"	1674628	18	21	15
35	CHOR	1903	N15° 7' 44.8"	W90° 7' 0.3"	1674540	9	0	0
36	CHOR	1915	N15° 7' 40.2"	W90° 7' 1.3"	1674398	0	0	16
37	CHOR	1919	N15° 7' 38.2"	W90° 7' 01.5"	1674337	5	12	6
38	CHOR	1629	N15° 7' 32.5"	W90° 7' 2.8"	1674160	1	0	3
39	CHOR	1909	N15° 7' 34.4"	W90° 7' 4.6"	1674218	2	0	5
40	CHOR	1916	N15° 7' 35.1"	W90° 7' 2.2"	1674241	7	21	8

H= Heterodera  
P= Punctodera  
C= Cactodera

PROPIEDAD DE LA UNIDAD DE SERVICIOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

Figura 17 A. Ubicación geográfica de Salamá, Baja Verapaz.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



REF. Sem. 08/2005

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

"DETERMINACION DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA HETERODERINAE ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA PAPA *Solanum tuberosum* L. EN SALAMA, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE :

LUIS FERNANDO ORELLANA LEAL

CARNE:

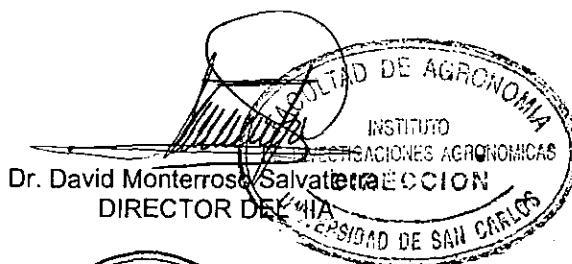
94.10229

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES :

Dr. Edin Francisco Orozco Miranda  
Ing. Agr. William Roberto Escobar López  
Ing. Agr. Luis Valerio Macz López

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela  
A S E S O R



IMPRIMASE  
  
Dr. Ariel Abderraman Ortiz López  
D E C A N O



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DMS/nm  
c.c. Archivo  
IIA  
Control Académico

**Cuadro 1.- Localidades, área cultivada, producción y épocas de cosecha del cultivo de la papa en Guatemala (22)**

Departamento	Municipio	Aldea	Área Cultivada Ha	Producción qq	Época de Cosecha	Riego	
						Si	No
Huehuetenango	Todos Santos Cuchumatán	Saciagua, Pajón, Tres Cruces, Tzunul, Villa Alicia, Tuipt, Batzalo, Los Ramírez	30	18.8	marzo-abril	x	
		Buena Vista, Chicham, Tuicoy, Chermal, Tuisoch, El Rancho, La Ventosa, Chiabal, Tuiboch	109	95.9	Sept-nov.		x
	Chiantla	San Antonio, El Pino, Río Escondido, El Rancho, Patio Bolas, Chochal	15	7.5	marzo-abril	x	
		Agua Alegre, Paquix, Chancol, Nueva Esperanza, Potrerito, San Nicolás, Capellanía, Siete Pinos, Sibilá, El Rosario, Tunimá.	73	44.9	Sept-nov.		x
	San Juan Ixcoy	Chermal, Bacú, Jojoles, Tojquiá, Tunimá Y Chanchocal I, II y III	188	144.7	agosto-octubre		x
El Quiché	Cuneen	Chutuj, Xetzac, Batzulá, Las Vegas, Chiul	2	286	junio-jul y nov-dic		x
	Chichicastenango	Las Trampas, Chicué I, Agua Escondida	1	200	junio-jul, ag-sept. Y nov-dic.		x
	Nebaj	Palop, Vicalamá, Quejchip y Xexucap	1	178	junio-jul y nov-dic.		x
Quetzaltenango	Quetzaltenango		24	10.5	jun-jul y sept-oct.		
	Olintepeque		9	3.0	jun-jul y sept-oct.		
	San Carlos Sija		11	3.5	agosto-septiembre		
	Sibilia		108	37.0	agosto-septiembre		
	San Miguel Sigüilá		26	11.0	jun-jul y sept-oct.		
	San Juan Ostuncalco		77	30.0	jun-jul y sept-oct.		
	San Mateo		70	23.0	jun-jul y sept-oct.		
	Concepción Chiquirichapa		150	58.0	jun-ag y sept-oct.		
	San Martín Sacatepéquez		70	24.0	jun-ag y sept-oct.		
	Almolonga		15	6.8	jun-ag y sept-oct.		
	Cantel		4	1.1	jun-jul y sept-oct.		
	Huitán		4	1.2	agosto-septiembre		
	Zunil		3	1.0	agosto-septiembre		
	Alta Verapaz	Tactic	San Juan, Aguacatillo, Pasmolón, Cuyquel, La Esperanza, Chacalté, Río Frio, Challi, Tampo, Chisac, Chamaoj, Platero	73	36.7	febrero-mayo	
Santa Cruz Verapaz		Santa Elena, Chitúl, Chijou, Panquijou, Chisacsi, Chixajau, La Isla, San Rafael-Chilocom, Río Frio, Valparaíso, Parrochoch, A-	81	40.9	febrero-mayo		
		Aldea	Área Cultivada	Producción	Época de Cosecha	Riego	

Departamento	Municipio		Ha	qq		Si	No
		canal, Panbach					
	Cobán	Tomtem	41	20.8	febrero-mayo		
San Marcos	San Vicente Pacava		18	520	feb-may y sept-dic		
Sololá	Sololá		500	204.4	feb-jun y sept-cct.	x	
	San José Chacavá		35	13.6	feb-abr. Y may-jun	x	
	San Andrés Semetabaj		52	14.5	ag-sept.		x
	Concepción		5	1.7	ag-sept.		x
	Santa Lucía Utatlán		17	4.2	ag-sept		x
	Santa Catarina Ixtahuacán		12	3.1	mar-abr.	x	
	San Antonio Palopó		12	3.9	jul-ag.		x
	Santa Cruz La Laguna		5	1.3	jul-ag.		x
	Nahualá		4	1.0	mar-abr.	x	
	Santa María Visitación		3	792	jul-ag.		x
	Guatemala	San José Pinula	San Xin, Socorro, La Joya, El Carmen, Rio Frío, Cruz Alta, El Colorado, Las Nubes	224	107.8	en-feb, junio-jul y dic.	x
Palencia		Pie del Cerro, Plan Grande, San Guayabaj, La Joya y Concepción	805	373.8	en-feb, may-junio y dic.	x	
Chimaltenango	Santa Apolonia		190	50.2	julio y diciembre		
	Tecpán Guatemala		323	130.8	julio y diciembre		
	Patzún		168	68.0	julio y diciembre		
	Patzicía		343	139.9	julio y diciembre		
	Zaragoza		155	62.7	julio y diciembre		
Totonicapán	Totonicapán	Panquix, Pacapox, Rancho de Teja, Pachoc, Nimasac	8	2.6	mar-jun y jun-oct		x
	San Cristobal Totonicapán	La Ciénaga y Pacanac	3	1.3	mar-jun y jun-oct		x
	Momostenango	Xequemeyá San José Siguilá	4	1.7	mar-jun y jun-oct		x
	San Andrés Xecul	Palomora	2	900	mar-jun y jun-oct		x
	Santa María Chiquimula	El Rancho, Xesaná, Xebé, Casa Blanca, Carrillo, Xejurunjá	4	1.3	mayo-agosto		x
	Santa Lucía La Reforma	Arroyo Sacasiguán y San Luis Sibilá	3	4.1	feb-may y may-ag.		x
Baja Verapaz	Salamá		120	53.2	enero-abril		
	Rabinal		42	18.7	mayo-sept.		
	Purulhá		235	102.6	feb-marzo y agosto		
Jalapa	Jalapa		1.600	960.0	septiembre-febrero		
	Mataquescuintla		700	420.0	septiembre-febrero		

Observación: Los departamentos restantes, no tienen áreas significativas de producción.

Fuente: MAGA/ESPRED. 07-11-01. Sistema de vigilancia fitosanitaria.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

### **3.1.4 Variedades cultivadas en Guatemala**

Las variedades de papa más cultivadas en el territorio nacional, de acuerdo a registros del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) son las siguientes:

#### **3.1.4.1 Loman**

Esta variedad se adapta bien a altitudes de 1700 a 2500 msnm. La planta alcanza alturas de 0.60 a 0.70 metros, con tallos erectos que al madurar toman el hábito rastrero. Su follaje es verde oscuro y por lo regular no florea. Tubérculos alargados y ligeramente aplanados, con ápices terminados en punta, de color amarillo crema en su exterior y crema interiormente. Ciclo vegetativo de 90 a 100 días. Susceptible al tizón tardío y un rendimiento por manzana de 640 a 930 quintales por hectárea (16).

#### **3.1.4.2 Atzimba**

Se adapta bien a altitudes de 1800 a 2900 msnm. Es una planta de 0.70 a 0.80 metros de altura, con tallos erectos fuertes, color verde pálido, flores blancas y tubérculos redondos o redondos alargados. Ciclo vegetativo de 100 a 120 días, con moderada susceptibilidad al tizón tardío. Rendimientos de 640 a 930 quintales por hectárea (16).

#### **3.1.4.3 Tollocan**

Variedad que parece ser una buena alternativa, por su resistencia a enfermedades, alto rendimiento y aceptación. Rendimientos comerciales de 570 quintales por hectárea. Plantas con una altura de 0.70 a 0.80 metros, flores blancas, tubérculos redondos y planos, con ojos poco profundos, piel de color amarillo crema y su interior amarillo intenso. Ciclo vegetativo de 100 a 110 días (16).

#### **3.1.4.4 Atlantic**

Variedad que se presenta como nueva alternativa. Color de la piel crema, color de la pulpa blanca. Plantas con una altura de 0.40 a 0.50 metros. Flores de color lila pálido. Tubérculos de forma oblongo, con rendimientos de 600 quintales por hectárea. Ciclo vegetativo de 90 a 100 días, con moderada susceptibilidad al tizón tardío (16).

### **3.1.5 Situación actual e importancia del cultivo de la papa en Guatemala**

Según datos estimados del Banco de Guatemala y la Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación –USPADA–, la producción y comercialización de la papa en el territorio nacional ha mantenido los siguientes valores en los últimos 7 años, los cuales se describen en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Producción y comercialización de la papa en Guatemala (1995-2001)**

Año*	Área cosechada (miles de manzanas)	Producción** (miles de quintales)	Rendimiento (quintales por manzanas)	Importación 1/		Exportación 1/		Precio Medio \$/qq
				Miles de Quintales	Miles de US dólares	Miles de Quintales	Miles de US dólares	
1995	13,2	4.158,0	315,0	3,2	212,3	534,6	1.378,5	2,6
1996	13,2	4.210,8	319,0	2,5	268,0	671,0	1.251,6	1,9
1997	13,3	4.295,0	322,9	6,6	215,3	687,2	2.155,2	3,1
1998	13,5	4.380,9	324,5	7,6	174,9	602,1	2.598,3	4,3
1999	13,5	4.424,7	327,8	8,1	b/ 207,5	676,9	3.561,9	5,3
2000 A/	13,5	4.420,0	327,4	7,9	a/ 203,6	691,7	3804,35	5,5
2001 A/	13,6	4450,0	335,4	7,70	a/ 200	710,1	4047,57	5,7

1/ Partida SAC 07-01-90-00.

A/ Cifras estimadas.

B/ Cifras a noviembre.

2000

FUENTE: Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación -USPADA- (1984 - 1992) y Banco de Guatemala. (20)

\* Se incluye hasta 30/06/01

\*\* No es posible dividir Producto para Semilla y para Consumo en Fresco.

Como puede apreciarse el cuadro 2, las exportaciones han aumentado rápidamente, generando un estimado de 4057,57 miles de US dólares al país, con áreas de producción que han variado levemente en el transcurso de los años. Se puede observar que el precio medio estimado del quintal de papa ha aumentado levemente, en los últimos 3 años reportados (24).

### 3.1.6 Características de los nematodos fitoparasíticos

#### 3.1.6.1 Características morfológicas y anatómicas

Los nematodos fitoparasíticos son pequeños organismos que viven en el suelo, atacan y se alimentan de la raíz de varias plantas. El problema que causan los nemátodos en las cosechas, generalmente se presenta como una disfunción de las raíces, una reducción del volumen de estas y de la parte aérea de la planta, la disminución de la absorción eficiente de agua y nutrientes (6).

Su largo oscila entre los 300 a 1,000 mm, algunos mayores de 4 mm por 15 a 35 mm 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. Esta cutícula se produce en la hipodermis que consta de células vivas que se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales, que permiten el movimiento del nemátodo (1).

A través de la cavidad del cuerpo fluye un líquido por el cual se efectúa la circulación y respiración del nemátodo. El sistema digestivo 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 (3).

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

### **3.1.6.2 Biología y ciclo de vida**

Muchas especies de nematodos fitoparasíticos poseen un simple ciclo de vida, que consiste en huevo, cuatro juveniles (usualmente se refiere a ellos como JI, JII, JIII y JIV) y el estado adulto. Con pocas excepciones el estado juvenil JII de los nemátodos fitoparasíticos, es el estado infectivo. El desarrollo del primer estado juvenil ocurre dentro del huevo, cuando la primera muda ocurre. En el segundo estado juvenil sale del huevo para buscar e infectar las raíces de las plantas, alimentándose de los fluidos de las células y en algunos casos del tejido foliar, en este estado juvenil pocas especies causan daños severos. La búsqueda de hospederos o su movimiento en el suelo ocurre aun con una pequeña lamina de agua sobre las partículas de suelo o que este sobre la superficie de las raíces (1).

Dependiendo de la especie, la alimentación ocurre a lo largo de toda la superficie de la raíz o como en otras especies que forman agallas, los estados juveniles jóvenes invaden el tejido de la raíz, estableciéndose dentro permanentemente alimentándose de los sitios de alrededor. A partir del segundo estado juvenil mudara tres veces, hasta ser un adulto (6).

En varias especies de nematodos, la hembra produce de 50 a 100 huevos, y en otros casos como los nemátodos formadores de agallas, más de 2000 huevos son capaces de producir. Bajo las mejores condiciones del ambiente, los huevos eclosionan y un nuevo



nemátodo emerge para completar su ciclo de vida de 4 a 8 semanas dependiendo de la temperatura. Generalmente existe un mayor desarrollo de los nematodos a temperaturas optimas del suelo en un rango de 21 a 27 ° C (1).

### **3.1.6.3 Ecología y distribución**

La mayor parte de los nematodos viven en el suelo, alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas. La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nemátodos en el suelo. Su mayor abundancia esta entre los 0 a 15 cm de profundidad. Una concentración alta de nematodos en las raíces se debe a la reproducción rápida cuando el alimento es abundante y a las sustancias liberadas en la rizósfera. El efecto del factor de incubación de las sustancias originadas en la raíz y que se difunden alrededor del suelo, estimulan la incubación de huevos de ciertas especies (3).

La distribución en el suelo, de los nemátodos 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 agua inundada o de drenaje, patas de animales, semillas infectadas, plantas de viveros, etc., es como logra dispersarse a través de grandes distancias los nemátodos (3).

### **3.1.6.4 Condiciones para ser parásitos los nematodos**

Un nematodo para ser considerado parásito debe reunir ciertas condiciones (1):

1. Que este morfológicamente adaptado al parasitismo de plantas (presencia de estomatoestilete, odontoestilete u onchioestilete y el tipo de esófago por su actividad enzimático).
2. Que el nematodo se alimente de la plantas con una acción continua de su estilete, ya que puede alimentarse ocasionalmente y no ser parásito de plantas.
3. Que el nematodo se reproduzca en la planta o en su rizósfera, esta es la condición más importante.

### **3.1.6.5 Forma en que afectan los nematodos a las plantas**

El daño a la planta es leve a través de los daños mecánicos directos que se producen al momento de alimentarse. La mayoría de los daños parece ser ocasionados por una secreción de saliva que el nemátodo inyecta en la planta al alimentarse. La rapidez de la alimentación es apreciable en algunas especies. En otras especies la alimentación es más lenta, y en ocasiones permanecen 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, provocan que las células reaccionen causando 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 infectados por las enzimas, produciendo la muerte de células y se desintegren los tejidos o bien al alargamiento anormal de las células (hipertrofia), cese de división celular o la estimulación para la formación de gran cantidad de raíces laterales en o cerca al punto 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 permiten a los nemátodos proporcionar los puntos de entrada para otros patógenos (1).

### **3.1.6.6 Población y patrón de distribución de los nematodos**

El límite superior de la población para cualquier especie de nemátodo 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 (1).

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 (7).

Los patrones de disposición espacial son tres:

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.

### 3.1.7 Nematodos, subfamilia Heteroderinae

#### 3.1.7.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del grupo de los nematodos de quiste se describe de la siguiente manera (3).

Phyllum:	Nematodo
Clase:	Secernentea
Subclase:	Diplogasteria
Orden:	Tylenchida
Suborden:	Tylenchina
Súper familia:	Heteroderoidea
Familia:	Heteroderidae
Sub- familia:	Heteroderinae
Géneros:	<b><i>Cactodera sp.</i></b> <b><i>Heterodera sp., Punctodera sp.</i></b>

#### 3.1.7.2 Descripción de la subfamilia Heteroderinae

Hembras maduras con forma esférica, de pera o con aspecto de limón con un cuello corto, que se toman duras, fuertes, amarillentas, formando quistes de color claro a un café oscuro o negro, que 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. Presenta una menestra vulval clara; solo en *Punctodera* se encuentra presente una menestra anal.

Los machos se desarrollan a través de metamorfosis, poseen una región cefálica anillada, cuatro incisuras en la región lateral y una cola semiesférica muy corta, raramente la cola esta ausente (38).

### 3.1.8 Nematodo del quiste de la papa *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*

Entre los parásitos que atacan a la papa (*Solanum tuberosum* L.), los nematodos juegan un papel muy importante en muchos países. Setenta especies de nematodos han sido señaladas en el cultivo de la papa (16). Sin embargo, los formadores de quistes, *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens y *Globodera pallida* (Stone) Behrens, son considerados los mas dañinos y afectan el rendimiento de este

cultivo en la mayoría de las zonas paperas del mundo (10). Debido a la coloración amarilla de las hembras, *Globodera rostochiensis* Woll se conoce 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 mas bien México (7). Es importante señalar, que *Globodera rostochiensis* Woll fue detectado por primera vez en Alemania en el año 1881 y descrito en 1923 por Wollenweber, a partir de una población colectada en Rostov. En 1973, Stone, observo la existencia de poblaciones nematodo cuyas hembras no presentaban la coloración amarilla y, basándose en características morfométricas de los estados juveniles y la cromo génesis de las hembras, describió a estas poblaciones como *Heterodera (=Globodera) pallida*, nueva especie de nemátodo quiste de la papa (29). Posteriormente, los nematodos formadores de quistes fueron agrupados en seis géneros incluyendo en el género *Globodera*, a las especies con quistes esféricos como eran *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*. Desde Alemania el nematodo se disperso a los otros países europeos y a otros continentes, incluyendo América Latina, probablemente con el comercio de tubérculos de papa para semilla (28).

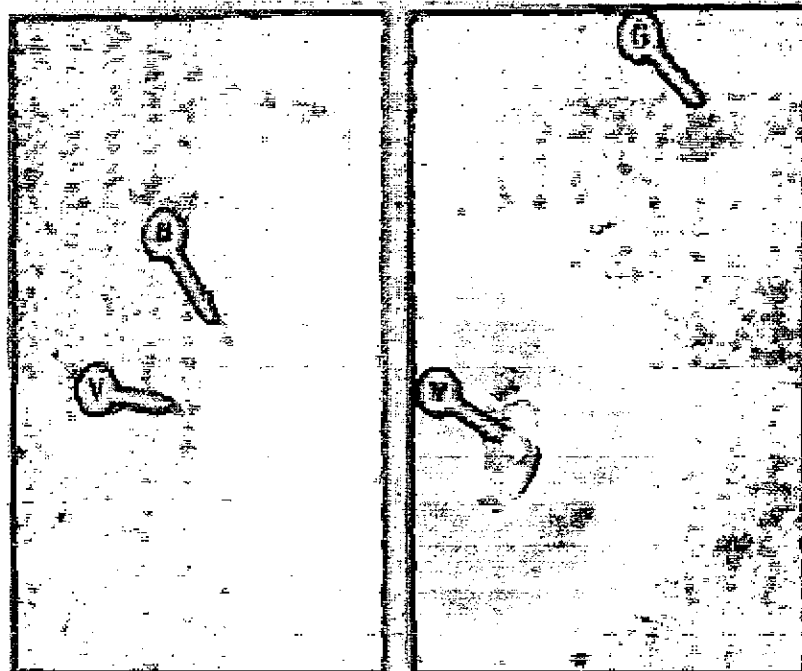
### 3.1.8.1 Identificación

Aun cuando la coloración amarilla de las hembras indica claramente la presencia de *Globodera rostochiensis*, la ausencia de hembras con esta coloración en las raíces no garantiza que se trate de *Globodera pallida*, a menos que se observe el desarrollo del nematodo a lo largo de su ciclo biológico(13). La preparación de los cortes perineales de los quistes, colectados en las raíces de la planta de papa, y el conteo de las estrias cuniculares presentes entre el ano y la vulva, constituyen una manera simple de diferenciar las dos especies. *Globodera rostochiensis* posee un promedio de 21.6 estrias (30) y *Globodera pallida* 12 (30) (Fig. 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 otras características, especialmente de hembras, quistes y segundos estados juveniles y hacer comparaciones con los valores reportados en la literatura (Cuadro 4). La identificación con técnicas modernas y sofisticadas como son las basadas en reacciones serológicas (22), punto izo eléctrico (23), separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN (2), también es posible.

### 3.1.8.2 Biología

*Globodera rostochiensis* y *Globodera 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 radicales que estimulan la eclosión de los huevos, de los cuales emergen los juveniles de segundo estado (11). Estos miden entre 470 y 500  $\mu$ m de largo y entre 18 y 19  $\mu$ m de ancho. Al salir del huevo, siendo el único estado infectivo, migra hacia el ápice radical por donde penetra. Después de recorrer milímetros de la raíz, el juvenil se detiene y continúa subdesarrollo como sedentario, pasando por tres estados juveniles (segundo, tercero y cuarto) antes de lograr el estado adulto (12).

**Figura 2** Cortes perineales de quistes de *Globodera pallida* (izquierda) y *Globodera rostochiensis* (derecha). Nótese el número de estrías entre vulva (v) y el ano (a): más de 20 en *Globodera rostochiensis* menos de 12 de *Globodera pallida*.  
[www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html](http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html)



**Cuadro 3 Principales diferencias entre *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*.**

Característica	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Hembra		
Largo del estilete (mm)	22.9	27.4
Diámetro zona vulvar (mm)	22.4	24.8
Largo vulva (mm)	9.2	11.5
Número de estriás cuticulares entre el ano y la vulva	21.6	12.5
Coloración	Amarillo	Crema
Quiste		
Diámetro fenestra (mm)	18.8	24.5
Distancia ano-fenestra (mm)	66.5	49.9
Relación Granek's(1)	3.6	2.1
Juveniles de segundo estado		
Largo del estilete (mm)	21.8	23.8
Forma de las protuberancias basales del estilete	Redondeadas y apuntando hacia atrás	En forma de ancia apuntando hacia delante
Distancia entre la válvula del bulbo medio y el poro excretor (mm)	31.3	39.9

**Distancia ano-fenestra/diámetro fenestra.**

**Fuentes: Schuleter, K. (1,976) y Schots A. et al. (1,987)**

En la familia Heteroderidae, al 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 mm diámetro (Fig. 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 mm de largo y 28 mm de ancho; sin embargo, a veces se encuentran ejemplares que miden un poco más de la mitad del largo normal. Su capacidad patogénica no ha sido demostrada. 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 mm. En *Globodera 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 (Fig. 3) para proteger los huevos contenidos. Los quistes no se alimentan, 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 (27).

Figura 3. Raíces de papa infectadas con *Globodera rostochiensis*. A) Hembras; B) Quistes.



Fuente: [www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html](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 al cual el nematodo puede comenzar su desarrollo, puede cumplir una generación después de 400 grados días. Las condiciones más favorables son un a temperatura de 20-25° C y una humedad del suelo con pF de 2.6-4 (27) Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, como en casos de alta temperatura (28° C) y sequías, 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 corta, mientras que cuando la temperatura del suelo es menor de 20° C, se alarga. Estudios comparativos han demostrado que *Globodera pallida* se desarrolla mejor que *Globodera rostochiensis* a bajas temperaturas (33). 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 si es posible (13).

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

*Globodera rostochiensis* y *Globodera 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 Solanacea.

### 3.1.8.3 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 estos se detienen en el lugar definitivo de alimentación, las células alrededor de la cabeza del nematodo sufren una profunda transformación (37). De 3 a 10 células alrededor de la cabeza de cada nemátodo se funden, la pared celular engrosa, el citoplasma se torna denso y da origen al sincitio multinucleado de alta actividad metabólica (Fig. 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 (38). Ensayos realizados en Europa (14, 27) y Chile (10,11) 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.

La magnitud del daño ocasionado por estos patógenos también depende del patotipo. A nivel mundial han sido identificados cinco patotipos de *Globodera 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.* (2, 32). Métodos basados en separaciones de proteínas, enzimas y pruebas de ADN, hasta ahora, no han dado resultados satisfactorios. De todas formas, mientras la mayoría de los investigadores coinciden en señalar como patotipos a Ro1 y Pa1, existen fuertes dudas en relación a considerar el resto como tales (31). Por lo tanto, muchos especialistas prefieren hablar de poblaciones que se reproducen en uno y otro clon de *Solanum* con genes de resistencia a uno de los nematodos, antes de hablar de verdaderos patotipos (32).



#### 3.1.8.4 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% (25). En países con clima cálido, la superficie del suelo, en le verano, se calienta mucho y los nemátodos 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 nemátodos. 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 (entre 8 y 9), reduciéndose, por lo tanto, el efecto negativo sobre el próximo ciclo de cultivo (9). 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 el nivel poblacional en le suelo permanece bajo.

El cultivar de papa juega un papel importante sobre la dinámica de *Globodera spp.* Se conocen cultivares susceptibles a ambas especies y cultivares resistentes o parcialmente resistentes a una sola de ellas, que afectan la tasa de reproducción de los nematodos. En presencia de cultivares resistentes los juveniles de segundo estado salen del quiste, penetran en las raíces, pero no se desarrollan. A veces, la reducción poblacional, utilizando un cultivar resistente, puede ser mayor que utilizando un cultivo no huésped o dejando el suelo en barbecho (4). El uso de cultivares resistentes ofrece una presión selectiva sobre el nematodo, debido al hecho que no existen cultivares resistentes a ambas especies o a todos los patotipos de la misma especie. Por otro lado, ambas especies o diferentes patotipos de ellas pueden encontrarse en el mismo campo, de manera que el uso de un cultivar resistente puede reducir la incidencia de una especie o patotipo, pero favorece el desarrollo de la otra especie o de otro patotipo. Se ha determinado que el uso continuo de un mismo cultivar resistente ocasiona la selección de patotipos que antes no eran importantes (20).

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