

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

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA  
HETERODERINAE, EN EL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L. EN LA ZONA  
PRODUCTORA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.**

TESIS

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

POR

**CARLOS RENE RAMÍREZ ROSAS**

En el acto de investidura como,

**INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

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

**GUATEMALA, OCTUBRE DEL 2,004.**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(2234)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO  
VOCAL PRIMERO  
VOCAL SEGUNDO  
VOCAL TERCERO  
VOCAL CUARTO  
VOCAL QUINTO  
SECRETARIO

DR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ  
ING. AGR. ALFREDO ITZEP MANUEL  
ING. AGR. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE  
ING. AGR. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ  
MEP. JUVENCIO CHOM CANIL  
MEP. BYRON GEOVANY GONZALEZ CHAVAJAY  
ING. AGR. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, octubre de 2004

Guatemala de la Asunción, octubre del 2,004

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:

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA  
HETERODERINAE, EN EL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L. EN LA ZONA  
PRODUCTORA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.**

presentándola como requisito previo a optar el 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,



Carlos René Ramírez Rosas.

## AGRADECIMIENTO

A:

Mis padres por su total apoyo tanto moral como económico a lo largo de mis estudios y tesis.

Mi asesor de tesis Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela por la oportunidad de trabajar junto a usted esta investigación, agradeciendo siempre su total apoyo.

A los Ingenieros Agrónomos Luis Estuardo Blanco Pineda, Marcos Leonel Salguero, así como a Luis Fernando Orellana Leal, por su valiosa aportación a la realización de esta investigación.

COAGRO,S.A., en especial al Ingeniero Agrónomo Sergio Natzul Oliva.

El laboratorio de Fitopatología de la Subárea de Protección de Plantas de la FAUSAC por proveer el equipo y material necesario para la realización de la investigación

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	pags
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1. Origen del cultivo de la 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	4
3.1.3. Zonas de producción nacional	4
3.1.4. Variedades cultivadas	7
3.1.5. Situación actual e importancia del cultivo de la papa en Guatemala	7
3.1.6. Características de los nematodos fitoparasíticos	8
3.1.6.1. Características morfológicas y anatómicas	8
3.1.6.2. Biología y ciclo de vida	8
3.1.6.3. Población y patrón de distribución de los nematodos	9
3.1.7. Familia <b>HETERODERIDAE</b> Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941	10
3.1.7.1. Subfamilia <b>HETERODERINAE</b> Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941	11
A. Género <i>Afenestrata</i> Baldwin & Bell, 1985	12
B. Género <i>Cactodera</i> Krall' & Krall', 1978	13
C. Género <i>Punctodera</i> Mulvey & Stone, 1976	14
D. Género <i>Heterodera</i> A. Schmidt, 1871	15
E. Género <i>Globodera</i> Skarbilovich, 1959	16

3.1.8. Nematodos del quiste de la papa, <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber) Behrens y <i>G. pallida</i> (Stone) Behrens	17
3.1.8.1. Identificación	18
3.1.8.2. Biología	19
3.1.8.3. Patogenicidad y magnitud del daño	22
3.1.8.4. Dinámica poblacional y difusión de los nematodos	24
3.2. MARCO REFERENCIAL	25
3.2.1. Localización.	25
3.2.2. Clima y Zona de vida	25
3.2.3. Suelos	25
3.2.4. Estudios realizados sobre el nematodo dorado y blanco de la papa	26
4. OBJETIVOS	28
4.1. Objetivo General	28
4.2. Objetivos específicos	28
5. HIPÓTESIS	29
6. METODOLOGÍA	30
6.1. Área de producción de papa en el municipio de San José Pinula	30
6.2. Planificación de muestreo	30
6.2.1. Tipo de parcelas seleccionadas para el muestreo	31
6.3. Fase de campo	32
6.3.1. Toma de muestras	32
6.3.2. Manejo de muestras	32
6.4. Fase de laboratorio	35
6.4.1. Extracción y aislamiento de nematodos	35
6.4.1.1. Procedimiento de extracción: Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona	35
6.4.2. Determinación	38
6.4.2.1. Preparación de montajes de fenestralias de quistes	38
6.4.3. Estudio de patogenicidad	39
7. RESULTADOS	41
7.1. Determinación de los géneros de nematodos formadores de quiste localizados en plantaciones de papa en los sitios de muestreo	41

7.2. Distribución e incidencia de los géneros localizados en las áreas muestreadas	41
7.3. Descripción de los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae encontrados en áreas cultivadas con papa en San José Pinula	45
7.3.1 Heterodera	45
7.3.2 Punctodera	46
7.3.3 Cactodera	46
7.4. Resultado de Bioensayo	47
8. CONCLUSIONES	48
9. RECOMENDACIONES	49
10. BIBLIOGRAFÍA	50
11. ANEXOS	54

**ÍNDICE DE CUADROS**

CUADRO 1: Área de producción, hectáreas cultivadas y producción del cultivo de la papa en Guatemala	5
CUADRO 2: Producción y comercialización de la papa en Guatemala (1,995 – 2,001)	7
CUADRO 3: Características diferenciales entre <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i>	21
CUADRO 4: Ubicación de las unidades de muestreo de suelos en el municipio de San José Pinula	33
CUADRO 5: Distribución de géneros de nematodos de quiste por aldeas En el municipio de San José Pinula	42
CUADRO 6: Densidad poblacional y ubicación de los géneros de nematodos Encontrados en las muestras de suelo de los sitios analizados En San José Pinula	44
CUADRO 7: Resultado de bioensayos realizados en macetas con plantas de Papa inoculadas con los géneros de nematodos de quistes Localizados en el municipio de San José Pinula	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Áreas óptimas para el cultivo de papa <i>Solanum tuberosum</i> L.	4
FIGURA 2: Cortes perineales de quistes de <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. Pallida</i> .	20
FIGURA 3: Raíces de papa infectada con <i>Globodera rostochiensis</i> .	20
FIGURA 4: Porción de tubérculos de papa fuertemente afectado por <i>Globodera pallida</i> .	22
FIGURA 5: Sección transversal de una raíz de papa con hembra de <i>Globodera rostochiensis</i> y sincitio multinucleado alrededor de la cabeza del nematodo	23
FIGURA 6: Secado de muestras a temperatura ambiente	34
FIGURA 7: Sistema embudo – matríz.	35
FIGURA 8: Materia orgánica y quistes obtenidos dentro del tamiz de 60 mesh.	36
FIGURA 9: Flotación de quistes en acetona	37
FIGURA 10: Quistes y materia orgánica obtenidos en la flotación en acetona.	37
FIGURA 11: Equipo utilizado para la preparación de montajes de fenestralias De quistes	39
FIGURA 12: Gráfica comparativa de áreas con quistes en la zona de San José Pinula	41
FIGURA 13: Géneros de nematodos de quistes encontrados en los 111 Sitios de muestreo en las áreas productoras de papa De San José Pinula.	42

<b>FIGURA 14: Distribución de géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae encontrados en San José Pinula</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 15: Cortes de fenestras de quistes y quistes en formas de Ovoide y limón del género Heterodera</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 16: Corte de fenestra de quiste y quistes del género Punctodera localizados en San José Pinula</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 17: Corte de fenestra de quiste y quistes del género Cactodera localizados en San José Pinula.</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 18: Puntos de muestreos realizados en Aldea El Carmen</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 19: Puntos de muestreos realizados en Aldea El Colorado</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 20: Puntos de muestreos realizados en Aldea El Socorro</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 21: Puntos de muestreos realizados en La Joya de los Cedros</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 22: Puntos de muestreos realizados en la Aldea Las Nubes</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 23: Puntos de muestreos realizados en la Aldea Río Frío</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 24: Puntos de muestreos realizados en la Aldea San Xim</b>	<b>62</b>

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUB-FAMILIA  
HETERODERINAE, EN EL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum* L. EN LA ZONA  
PRODUCTORA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.**

**DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NEMATODES SUB – FAMILY HETERODERINAE,  
IN POTATO *Solanum tuberosum* L. IN SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.**

**RESUMEN**

Una de las zonas de producción de hortalizas en la región del altiplano central es el municipio de San José Pinula, en el cual se cultiva papa en grandes extensiones.

Así como otros cultivos, la papa es afectada por distintas plagas, unas de ellas son los nematodos que se encuentran en el suelo, los cuales disminuyen el rendimiento y la calidad de la papa cosechada. A principios del año 2,002 autoridades fitosanitarias de Honduras prohibieron el ingreso de papa proveniente de Guatemala por la sospecha de poseer presente la plaga cuarentenada del nematodo dorado *Globodera rostochiensis* Woll., dato que nunca fue confirmado.

Esta situación trajo consigo consecuencias negativas a los productores y comercializadores de papa Guatemalteca pues impidió el libre comercio de esta, a este y otros países centroamericanos, provocando por ende pérdidas económicas, es debido a ello que se realizó la presente investigación para determinar si existe la presencia de géneros de la subfamilia Heteroderinae en las zonas productoras de papa y si existe o no el nematodo dorado *G. rostochiensis* Woll. en el municipio de San José Pinula.

La investigación consistió en la toma de muestras de suelo de áreas cultivadas con papa en el municipio en estudio, utilizando un muestreo simple aleatorio, tomándose 111 muestras de suelo, siendo cada punto de muestreo georeferenciado.

Se procesaron las muestras en el Centro de Diagnostico Parasitológico de la Facultad de Agronomía realizando extracción y aislamiento de quistes usando la técnica de flotación "Fenwick" modificado con flotación en acetona. Con base a características morfológicas y anatómicas tales

como color, forma, presencia y forma de cono vulval, se determinaron los géneros de quistes: ***Heterodera***, ***Cactodera*** y ***Punctodera***.

Se determinó que el género ***Heterodera*** tuvo un 9 % de incidencia poblacional con una mayor distribución en los sitios de muestreo, este género se reporta en un amplio rango de hospederos, tales como hortalizas y cereales; seguido por el género ***Punctodera*** con un 6.3% de incidencia poblacional, el cual es hospedero en las gramíneas; y el género ***Cactodera*** con 1.8% de incidencia poblacional; en contraste un 83% de los sitios sin presencia de quistes.

Se realizó un estudio de patogenicidad en el cual se inocularon quistes de los géneros determinados en suelo esterilizado en macetas con semilla pre-germinada de papa susceptible al ataque del nematodo dorado; obteniendo como resultado que ninguno de los especímenes determinados es patógeno de la papa.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Pequeños y medianos productores Guatemaltecos se han dedicado al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), que ha llegado a tomar importancia tanto para el consumo como para la industria.

San José Pinula es una zona dedicada a la producción de hortalizas, entre las cuales la papa es una de las más importantes, ya que según reporta el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, en este municipio existe un área cultivada con este cultivo de 224 has, con rendimiento de 105,875 kg/ha (28).

Debido a la limitación impuesta por el gobierno Hondureño para el ingreso de papa Guatemalteca, en marzo del 2002 y dada la sospecha de la presencia del nematodo dorado *Globodera rostochiensis* Woll. (30), se realizó el presente estudio en la zona productora de papa de San José Pinula para poder confirmar o descartar la presencia de este nematodo, así como la presencia de otros géneros de nematodos de la misma subfamilia asociados a este cultivo.

Esta investigación consistió en el muestreo de suelo en sitios cultivados con papa, proseguido con el procesamiento de las muestras y análisis para posterior determinación de nematodos de quiste, haciendo uso del método de flotación de quistes "Fenwick", en la fase de laboratorio; se finalizó con un estudio de patogenicidad en plántulas de papa susceptibles al ataque de este nematodo.

Los géneros de la subfamilia Heteroderinae encontrados fueron los siguientes: *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera*, los cuales en base al estudio de patogenicidad no provocan daño a las plántulas de papa bajo condiciones controladas.

## 2.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La papa es afectada al igual que otros cultivos por plagas del suelo, entre ellas los nematodos, que causan daños y pérdidas económicas a los productores debido a la reducción del rendimiento por área sembrada. Dentro de los nematodos que dañan a la papa, los pertenecientes a la subfamilia Heteroderinae son un grupo de importancia y poco investigado en Guatemala, ya que las especies *Globodera rostochiensis* Woll. y *G. pallida* Stone están incluidas en este grupo; considerando su alto grado de virulencia así como el daño que causan a las plantaciones de papa y su difícil erradicación (15), por lo que en varios países lo tienen en categoría de cuarentenado.

En Diciembre del año 2,001 y Abril del 2,002 se da a conocer por parte de autoridades gubernamentales de Honduras, el cierre de las fronteras de este país para el ingreso de papa proveniente de Guatemala, por la posible presencia de nematodo dorado *G. rostochiensis*, detectado, pero no confirmado (30, 35). Esto provocó una pérdida para los productores y comerciantes de papa de nuestro país, ya que al no existir un sistema de vigilancia adecuado no es posible tener la certeza de que las áreas cultivadas de este municipio estén libres de la presencia de este nematodo.

Descartar su presencia en el municipio de San José Pinula es de mucha importancia, pues en este se produce un promedio de 10,780 ton/ciclo de siembra de papa, de la cual un buen porcentaje es dedicado a la exportación del producto para consumo o bien como tubérculo-semilla.

### 3.- MARCO TEÓRICO

#### 3.1.- MARCO CONCEPTUAL

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

Según Henkes y Dunn (23) las primeras siembras estuvieron cercanas a las orillas del lago Titicaca, entre las fronteras de Perú y Bolivia, siendo su origen la región andina de Sudamérica, en las altas mesetas de la cordillera de los Andes.

A partir de Sudamérica se diseminó la siembra a casi todo el mundo; en Europa se introdujo hacia el año de 1570, donde en esa época no fue muy bien aceptada. Actualmente su consumo se ha popularizado y forma parte de la dieta de varios países alrededor del mundo (23).

##### 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 cinco sépalos unidos, persistente; corola de cinco pétalos unidos, rotados; androceo de cinco estambres, insertos en el tubo de la corola y alternos con sus lóbulos; gineceo constituido por un pistilo compuesto de dos carpelos, con dos lóculos, óvulos numerosos, placentación axilar, ovario súpero, estilo terminal. Su fruto es una baya, que posee semillas con un embrión curvo o recto dentro de un espermo, de sabor desagradable y probablemente venenosas, 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 (3, 7).

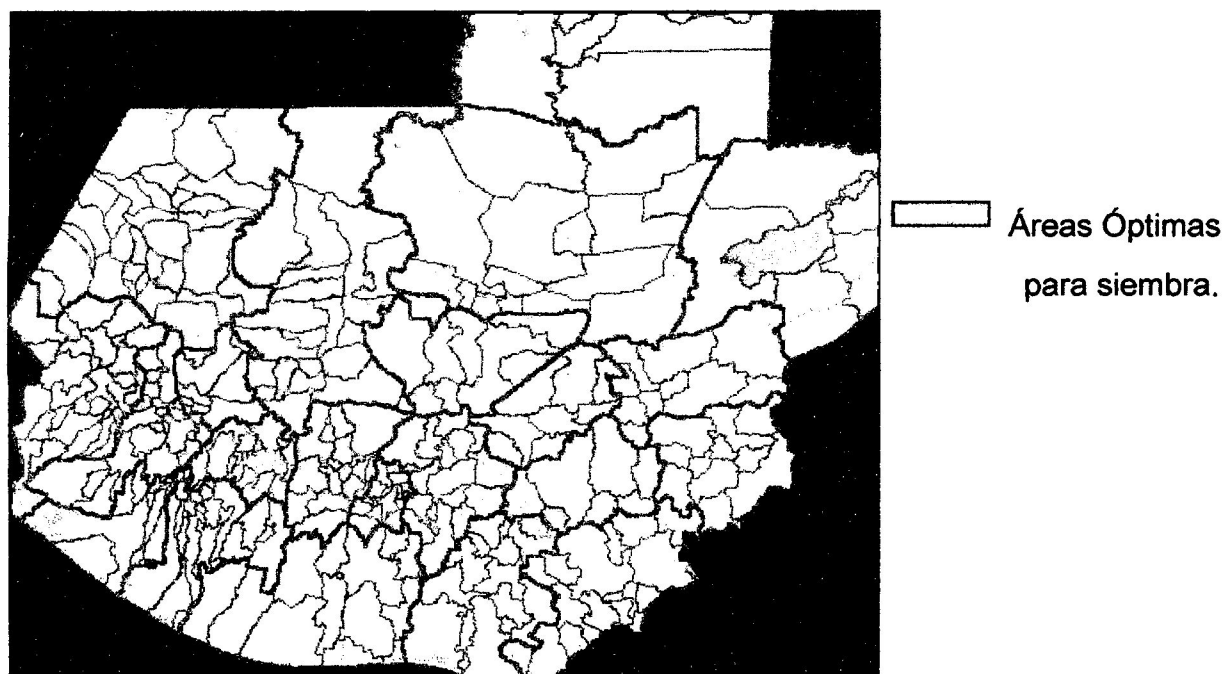
En cuanto al clima, la papa se produce en climas templados y fríos adaptándose bien a alturas comprendidas entre los 1,000 a 2,400 msnm, con temperaturas óptimas para un buen desarrollo de 16 a 24 °C hasta un mínimo de 12 °C. Su propagación es típicamente asexual, por medio de tubérculos o fragmentos que tengan ojos (yemas rudimentarias) (19).

### 3.1.2.2.- Clasificación taxonómica de la papa (7).

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

### 3.1.3.- Zonas de producción nacional

Las áreas óptimas para el cultivo de la papa, con base a las condiciones bioclimáticas del país son: Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Totonicapán, Guatemala, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Jalapa (Figura 1, Cuadro 1).



**Figura 1:** Áreas óptimas para el cultivo de papa *Solanum tuberosum L.*  
Fuente: Sistema de Vigilancia Fitosanitaria-UNR



**Cuadro 1.-** Áreas de producción, hectáreas cultivadas y producción del cultivo de la papa en Guatemala.

Departamento	Municipio	Aldea	Área Cultivada has.	Producción qq / ha
Huehuetenango	Todos Santos Cuchumatán	Saciagua, Pajón, Tres Cruces, Tzunul, Villa Alicia, Tuipt, Batzalo, Los Ramírez.	30	18.86
		Buena Vista, Chicham, Tuicoy, Chemal, Tuisoch, El Rancho, La Ventosa, Chiabal, Tuiboch,	109	95.92
	Chiantla	San Antonio, El Pino, Río Escondido, El Rancho, Patio Bolas, Chochal.	15	7.59
	San Juan Ixcoy	Agua Alegre, Paquix, Chancol, Nueva Esperanza, Potrerito, San Nicolás, Capellania, Siete Pinos, Sibila. El Rosario, Tunima	73	44.97
El Quiché	Cunén	Chutuj, Xetzac, Batzulá, Las Vegas, Chiul	2	286.00
	Chichicastenango	Las Trampas, Chicúa I, Agua Escondida	1	200.00
	Nebaj	Palop, Vicalamá, Quejchip y Xexucap	1	178.00
Quetzaltenango	Quetzaltenango		24	10.50
	Olintepeque		9	3.00
	San Carlos Sija		11	3.50
	Sibilia		108	37.00
	San Miguel Siguilá		26	11.00
	San Juan Ostuncalco		77	30.00
	San Mateo		70	23.00
	Concepción Chiquirichapa		150	58.00
	San Martín Sacatepéquez		70	24.00
	Almolonga		15	6.80
	Cantel		4	1.10
	Huitán		4	1.20
	Zunil		3	1.00
Alta Verapaz	Tactic	San Juan, Aguacatillo, Pasmolón, Cuyquel, La Esperanza, Chacalté, Río Frio, Chalí, Tampo, Chisac, Chamaoj, Platero	73	36.79
	Santa Cruz Verapaz	Santa Elena, Chitul, Chijou, Panquijou, Chisacsi, Chixajau, La Isla, San Rafael-Chilocom, Río Frío, Valparaíso, Parrochoch, Acamal, Panbach	81	40.95
	Cobán	Tomtem	41	20.81

## Continuación cuadro 1

Departamento	Municipio	Aldea	Área Cultivada has.	Producción qq / ha.
<b>Sololá</b>	Sololá		500	204.40
	San José Chacayá		35	13.61
	San Andrés Semetabaj		52	14.56
	Concepción		5	1.75
	Santa Lucía Utatlán		17	4.28
	Santa Catarina Ixtahuacán		12	3.17
	San Antonio Palopó		12	3.96
	Santa Cruz La Laguna		5	1.32
	Nahualá		4	1.06
	Santa María Visitación		3	792.00
<b>Guatemala</b>	San José Pinula	San Xin, Socorro, La Joya de los cedros, El Carmen, Rió Frió, El Colorado, Las Nubes	224	107.80
	Palencia	Pie del Cerro, Plan Grande, San Guayaba, Primera Joya, San Sur y Concepción	805	373.80
<b>Chimaltenango</b>	Santa Apolonia		190	50.25
	Tecpán Guatemala		323	130.82
	Patzún		168	68.04
	Patzicía		343	139.91
	Zaragoza		155	62.76
<b>Totonicapán</b>	Totonicapán	Panquix, Pacapox, Rancho de Teja, Pachoc, Nimasac	8	2.60
	San Cristobal Totonicapán	La Ciénaga y Pacanac	3	1.30
	Momostenango	Xequemeyá, San José Siguilá	4	1.70
	San Andrés Xecul	Palomota	2	900.00
	Santa María Chiquimula	El Rancho, Xesaná, Xebé, Casa Blanca, Carrillo, Xejurunja	4	1.30
	Santa Lucía La Reforma	Arroyo Sacasiguán y San Luis Sibilá	3	4.10
<b>Baja Verapaz</b>	Salamá		120	53.24
	Rabinal		42	18.72
	Purulhá		235	102.61
<b>Jalapa</b>	Jalapa		1,600	960.00
	Mataquescuintla		700	420.00

Fuente: Sistema de Vigilancia Fitosanitaria-UNR

### 3.1.4.- Variedades Cultivadas

Según Campos, citado por Gudiel (19) describe que las variedades más cultivadas de papa en Guatemala son: Loman, Atzimba y Tollocan.

### 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 valores en los últimos 7 años.

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 estos últimos 3 años reportados (Cuadro 2).

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

Año*	Área cosechada (miles de hectáreas)	Producción** (miles de quintales)	Rendimiento (quintales por hectáreas)	Importación 1/		Exportación 1/	
				Miles de quintales	Miles de US dólares	Miles de quintales	Miles de US dólares
1995	9.22	4,158.0	450.81	3.2	212.3	534.6	1,378.5
1996	9.22	4,210.8	456.54	2.5	268.0	671.0	1,251.6
1997	9.29	4,295.0	462.12	6.6	215.3	687.2	2,155.2
1998	9.43	4,380.9	464.41	7.6	174.9	602.1	2,598.3
1999	9.43	4,424.7	469.13	8.1	b/ 207.5	676.9	3,561.9
2000 a/	9.43	4,420.0	468.56	7.9	a/ 203.6	691.7	3,804.35
2001 a/	9.50	4,450.0	480.01	7.70	a/ 200	710.1	4,047.57

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

a/ Cifras estimadas.

b/ Cifras a noviembre.

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

\* Se incluye hasta 30/06/01

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

### **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. Su largo oscila entre los 300 a 1,000  $\mu\text{m}$ , por 15 a 35  $\mu\text{m}$  de ancho. Tienen generalmente forma de anguila con cuerpos lisos no segmentados, sin apéndices. Algunas hembras presentan dimorfismo sexual en la madurez con forma de pera o cuerpos esferoides (1, 4).

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 (5). 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, 4).

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, una 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 estados 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 nematodos 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 aún con una pequeña lámina de agua sobre las partículas de suelo o sobre la superficie de las raíces (42).

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 y alimentándose de los sitios de alrededor. A partir del segundo estado juvenil mudará tres veces, hasta ser un adulto (41).

En varias especies de nematodos, la hembra produce de 50 a 100 huevos, y en otros casos como los nematodos formadores de agallas, más de 2,000 huevos son capaces de producir. Bajo las mejores condiciones del ambiente, los huevos eclosionan y un nuevo nematodo 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 óptimas del suelo en un rango de 21 a 27 °C (1, 41).

### **3.1.6.3.- Población y patrón de distribución de los nematodos**

El límite 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. 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 (1).

Los patrones de disposición espacial son tres (1):

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 en el mismo lugar.

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 (1).

### **3.1.7.- Familia HETERODERIDAE Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941 (27)**

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.

*Hembras:* sedentarias sobre el tejido de las raíces, globosas. Vulva terminal o subterminal. Dos ovarios, amfidelicos o prodélficos. Útero columnar con tres hileras de células. Huevos inmersos en una matriz gelatinosa o total o parcialmente retenidos dentro del cuerpo de la hembra que transforma su cutícula (quiste).

*Machos:* vermiformes, con metamorfosis dentro de la cutícula joven. Cuerpo curvo en la parte posterior. Sin ala caudal. Cola corta o ausente.

*Segundo estado Juvenil*: cola cónica. Fasmidias ubicadas una cuarta parte antes del largo total de la cola.

Parásitos sedentarios obligados en raíces, formando agallas en algunos casos. Subfamilia tipo: **HETERODERINAE** Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941. Otras subfamilias: **MELOIDOGYNINAE** Skarbilovich, 1959; **NACOBODERINAE** Golden & Jensen, 1974.

### 3.1.7.1.- Subfamilia **HETERODERINAE** Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941 (27)

Heteroderidae. Cutícula fuertemente anillada, con un patrón de encaje en hembras hinchadas. Estructura cefálica fuerte y reducida en las hembras. Sectores laterales estrechos o iguales al sector sub-medio. Estilete robusto, usualmente mayor de 20  $\mu\text{m}$ .

*Hembras*: sedentarias, globosas; cuello corto. Sin un estado pre-adulto vermiforme. Cutícula anormalmente gruesa, con un patrón variado. Poro excretor situado a nivel posterior del bulbo medio esofágico. Vulva terminal o subterminal. El perineo no posee un patrón de huella digital. Huevos generalmente retenidos dentro del cuerpo de la hembra cuyo cuerpo se endurecerá y se transformará en un quiste, con todos o parte de los huevos puestos sobre una matriz gelatinosa.

*Machos*: región labial regularmente anillada. Región cefálica esclerotizada con un estilete fuerte. Fasmidios pequeños o ausentes.

*Juveniles*: segundo estado juvenil con estructura cefálica y estilete robusto; estilete más largo de 17  $\mu\text{m}$ . Tercer y cuarto estado hinchados, con un estilete robusto.

*Biología*: sedentarios en raíces; hembras transforman las células (forman un sincitio o células gigantes con grandes núcleos). No producen agallas en las raíces.

Género tipo: ***Heterodera*** Schmidt, 1871.

Otros géneros: ***Globodera*** Skarbilovich, 1959.

***Punctodera*** Mulvey & Stone, 1976.

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

***Afenestrata*** Baldwin & Bell, 1985.

**A.- Género *Afenestrata* Baldwin & Bell, 1985 (27)**

*Hembras*: estado de quiste presente. Cuerpo globoso, con un cuello bastante delgado y corto, con un pronunciado cono terminal y labios vulvares hipertrofiados. Cutícula delgada y un anillamiento irregular en el cuello; con un patrón de encaje grueso en el resto del cuerpo. Sin capa subcristalina. Vulva terminal; abertura vulval profunda cercana a los labios vulvares. Ano subterminal, en la parte posterior del cono.

*Machos*: cuerpo curvo. Cuatro incisuras en la región lateral. Espículas terminales, rectas con extremo puntiagudo; tubos cloacales bien desarrollados. Sin fastidios y sin cola.

*Juveniles*: estilete de 20 µm. Región lateral con cuatro incisuras. Glándula esofágica cubre la cavidad del cuerpo. Cola cónica a puntiaguda, con una porción terminal hialina cubriendo una cuarta parte del largo total de la cola, fasmidias punctiformes.

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

= ***Sarisodera africana*** Luc, Germani & Netscher, 1973

= ***Afrodera africana*** (Luc, Germani & Netscher, 1973)

Wouts, 1985

*Hospederos*: en raíces de bambú (***Phyllostachys pubescens***) en Corea, ***Afenestrata coreana*** induce a la formación de un sincitio estelar con varias células interconectadas que son dos o tres veces más largas que las células adyacentes a éstas. Las paredes de las células del sincitio dejan de crecer, posiblemente por la presencia de nematodos del género ***Rotylenchulus*** (***R. reniformis*** y ***R. borealis***) (5).

La especie tipo fue descrita en ***Panicum maximum*** (importado de Kenya) sembrado en un campo experimental en el centro ORSTOM en Adiopodoumé, Côte d'Ivoire. ***Afenestra axonopi***



parasita el pasto *Axonopus marginatus*, en Brasil. *Afenestrata orientalis* fue encontrada parasitando raíces de *Miscanthus purpureus* cerca de un lago en el distrito de Kasan, en la lejana Rusia oriental (42).

#### B.- Género *Cactodera* Krall' & Krall', 1978 (27)

*Hembras*: estado de quiste presente. Cuerpo globoso, con un cuello corto y cono terminal. Cutícula gruesa, con crestas irregulares transversas interrumpidas por marcas cortas, más o menos longitudinales. Vulva terminal rodeada de una circunfenestra; abertura vulval < 20 µm; ano sin fenestración. Todos los huevos retenidos dentro del cuerpo (no existe una masa de huevos)

*Machos*: cuerpo curvo con un estilete < 30 µm. Cuatro incisuras en la región lateral. Espículas > 30 µm, delicadamente curvado y puntiagudo en su extremo. Sin tubo cloacal. Cola corta, semiesférica.

*Segundo estado juvenil*: estilete < 30 µm. Cuatro incisuras laterales. Glándula esofágica cubriendo la cavidad del cuerpo. Cola cónica a puntiaguda con una cuarta parte terminal hialina. Fasmidias punctiformes.

Especie tipo: ***Cactodera cacti*** (Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941)  
 Krall' & Krall', 1978  
 = ***Heterodera cacti*** Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941

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. weissi*** Krall' & Krall', 1978

**Hospederos:** se supone que éste género se originó en México y se encuentra distribuido principalmente en Centro América, algunas áreas al sur de Estados Unidos y en las zonas áridas de las regiones norte y centro de Sudamérica. *Cactodera cacti* y *C. estonica* puede encontrarse en varias regiones europeas en plantas ornamentales bajo invernadero. El ciclo de vida de *C. cacti* se completa entre 29 y 34 días en temperaturas de 18 a 26 °C (9).

La especie tipo se ha encontrado en plantas de cactus (*Phyllocactus akkermanni* y *Ceretus speciotus*) en Holanda. *Cactodera weissii* se ha encontrado en esquejes (*Polygonum pennsylvanicum* L.) en Maryland, US. *Cactodera armaranthi* y *C. thornei*, en Estados Unidos se encontró en *Amaranthus viridis* L. y en *Montia perfoliata*. *Cactodera salina* se encontró parasitando *Salicornia bigelovii* en México. *Cactodera estonica* se encontró en gramas en Estonia, Polonia, Turquía y Yugoslavia (9).

### C.- Género *Punctodera* Mulvey & Stone, 1976 (27)

**Hembras:** estado de quiste presente. Cuerpo con formas globosas, esféricas o de pera con un cuello corto y sin cono terminal. Cutícula gruesa, con un patrón reticular, subcutícula provista de puntos; capa subcristalina presente, gruesa. Vulva terminal; abertura vulvar < 5 µm, rodeada de una circunfenestra; sin papila perineal. Ano rodeado de una fenestra anal. Huevos retenidos dentro del cuerpo (no existe una masa de huevos).

**Machos:** cuerpo curvo. Cuatro incisuras laterales. Espículas > 30 µm, ligeramente curvadas, en el extremo puntiagudo. Sin tubos cloacales. Cola curva y redondeada.

**Segundo estado juvenil:** estilete < 30 µm. Con cuatro incisuras laterales. Glándula esofágica que cubre la cavidad del cuerpo. Cola cónica o puntiaguda cónica con una porción terminal larga hialina. Fasmidios punctiformes.

Especie tipo. *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey & Stone, 1976  
= *Heterodera punctata* Thorne, 1928

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

**Hospederos:** *Punctodera* parasita gramíneas (cebada, pastos, avena, trigo). La especie tipo fue encontrada en trigo y pastos en Saskatchewan, en Canadá, y es común encontrarla en pastos en Canadá y Europa. *Punctodera punctata* es una plaga en trigo en el Reino Unido y Canadá, y *P. chaltoensis* es un importante parásito del maíz en México, en ocasiones causa un 100 % de pérdidas en la producción. *Punctodera matadorensis* es una especie no muy conocida que parasita pastos en Canadá. Se cree que el género *Punctodera* se originó en Norteamérica (42).

#### D.- Género *Heterodera* A. Schmidt, 1871 (27)

**Hembras:** estado de quiste presente. Cuerpo con forma globosa o de limón, con un cuello corto y un cono terminal. Cutícula gruesa con un patrón superficial de encaje; una capa subcristalina presente o ausente. Vulva terminal, con abertura vulvar variable; labios vulvares no pronunciados. Región vulvar ambi o fenestrado. No presenta fenestra anal. Huevos retenidos dentro del cuerpo; en algunos casos una masa de huevos puede estar presente.

**Machos:** cuerpo curvo. Cuatro (raramente tres) incisuras laterales. Espícula > 30 µm, ligeramente curvas u oblicua, con extremo distal puntiagudo o cortado. Sin tubo cloacal. Cola bastante corta y redondeada.

**Segundo estado juvenil:** estilete < 30 µm. Cuatro (raramente tres) incisuras laterales. Glándula esofágica cubriendo la cavidad del cuerpo. Cola cónica o puntiaguda; parte hialina variable, generalmente es un cuarto del largo total de la cola. Fasmidias punctiformes.

Especie tipo: *Heterodera schachtii* A. schmidt, 1871  
 = *Tylenchus schachtii* (A. schmidt, 1871) Örley, 1880  
 = *Heterodera schachtii minor* O. schmidt, 1930

Otras especies: *H. arenaria* Cooper, 1955  
*H. avenae* Wollenweber, 1924  
*H. carotae* Jones, 1950  
*H. cruciferae* Franklin, 1945  
*H. glycines* Ichinohe, 1952

***H. graminis*** Stynes, 1971

***H. oryzae*** Luc & Berdon Brizuela, 1961

***H. sacchari*** Luc & Merny, 1963

***H. sorghi*** Jain, Sethi, Swarup & Srivastava, 1982

***H. trifolii*** Goffart, 1932

***H. urticae*** Cooper, 1955

***H. zae*** Koshy, Swarup & Sethi, 1971

**Hospederos:** cerca de 24 especies son conocidas para las regiones tropicales. Distintas especies (***Heterodera galeopsidis***, ***H. glycines***, ***H. schactii***, ***H. trifolii***) son parásitas de plantas pertenecientes a las familias Caryophyllaceae, Leguminosae y Polygonaceae. Varias especies parasitan Gramíneas tales como ***H. avenae*** que ataca a varios pastos en Europa, algunas otras que también lo hacen son ***H. cyperi***, ***H. graminophila***, ***H. graminis***, ***H. mani***. En campos con siembras de arroz es posible encontrar las especies ***H. oryzae*** y ***H. oryzicola***; ***H. sacchari*** en campos con caña; ***H. zae*** en campos de maíz. ***Heterodera zae*** en una de la peores plagas en campos con el cultivo de maíz en la India, Pakistán y Egipto, encontrándose también en Estados Unidos cuando se encuentran grandes áreas sembradas con maíz. ***Heterodera glycines*** es parásito en soya en Japón, Noreste de China y Estados Unidos (4, 41, 44).

#### E.- Género ***Globodera*** Skarbilovich, 1959 (27)

**Hembras:** estado de quiste presente. Cuerpo globoso o esferoidal, con un cuello corto y sin cono terminal. Cutícula gruesa, con un patrón superficial parecido a un encaje. Vulva terminal, de mediana longitud. Área vulval circunfenestrada. Sin fenestra anal, pero el ano y la vulva están situados en el mismo "plano vulval". Todos los huevos están retenidos dentro del cuerpo (pero no formando una masa de huevos).

**Machos:** cuerpo curvo, con cuatro incisuras laterales. Espículas > 30 µm, con extremo puntiagudo. Sin tubos cloacales. Cola corta, semiesférica.

**Segundo estado juvenil:** estilete < 30 µm. Cuatro incisuras laterales. Glándulas esofágicas cubriendo la cavidad del cuerpo. Cola cónica, puntiaguda, con una cuarta parte terminal hialina. Fasmidias punctiformes.

Especie tipo: ***Globodera rostochiensis*** (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975  
 = ***Heterodera schachtii rostochiensis*** Wollenweber, 1923  
 = ***H. schachtii solani*** Zimmermann, 1927

Otras especies: ***G. artemisiae*** Behrens, 1975  
***G. chaubattia*** Wouts, 1984  
***G. mirabilis*** Mulvey & Stone, 1976  
***G. pallida* (Stone) Behrens** Behrens, 1975  
***G. pseudorostochiensis*** Mulvey & Stone, 1976  
***G. tabacum solanacearum*** Behrens, 1975  
***G. tabacum virginiae*** Behrens, 1975

*Hospederos*: trabajos de investigación realizados en los últimos 48 años han dado mucha información sobre la distribución, biología, relación con hospederos y control de los nematodos de quiste. ***Globodera solanacearum***, ***G. tabacum*** y ***G. virginiae***, descritos para los Estados Unidos, son similares a los nematodos formadores de quiste en la papa respecto a su morfología y preferencia de hospederos siendo su diferenciación dificultosa. En los Estados Unidos consideran tener una subespecie de ***G. tabacum*** que ataca cultivos de tabaco y tomate. El complejo ***Globodera rostochiensis*** y ***G. pallida*** son los principales patógenos de la familia Solanaceae (37, 42).

***Globodera*** parasita a las familias Solanaceae y Compositae. Los nematodos de quiste de la papa (***Globodera rostochiensis*** y ***G. pallida***) son una amenaza en campos de cultivo en Europa y otras partes del mundo (44, 45).

### 3.1.8.- Nematodos del quiste de la papa, ***Globodera rostochiensis*** (Wollenweber) Behrens y ***G. pallida*** (Stone) Behrens (18)

Los nematodos del quiste de la papa son considerados como la plaga más importante de este cultivo, en las áreas de clima frío y templado. Setenta especies de nematodos han sido señaladas en el cultivo de la papa en Perú (24). 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 (17). Debido a la coloración amarilla de las hembras, *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens 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 más bien México (12). Es importante señalar, que *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens 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, Alemania. 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 (46). Posteriormente, los nematodos formadores de quistes fueron agrupados en seis géneros incluyendo en el género *Globodera*, a las especies con quistes esféricos como eran *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens y *G. pallida* (Stone) Behrens. 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 (31).

### 3.1.8.1.- Identificación

Aún cuando la coloración amarilla de las hembras indica claramente la presencia de *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens, la ausencia de hembras con esta coloración en las raíces no garantiza que se trate de *G. pallida* (Stone) Behrens, 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* (Wollenweber) Behrens posee un promedio de 21.6 estrías (44) y *G. pallida* (Stone) Behrens 12 estrías (45) (Fig. 2). 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 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 (38), punto isoeléctrico (25), separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN (24), también es posible.

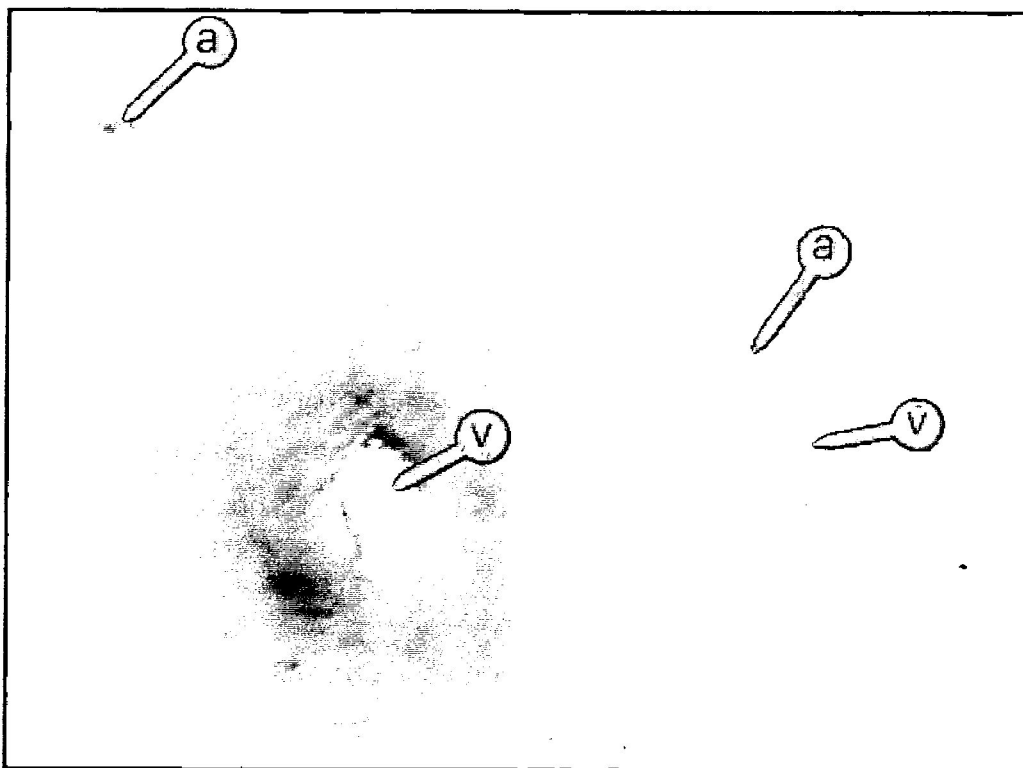
### 3.1.8.2.- Biología

*Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens y *G. pallida* (Stone) Behrens son nematodos endoparasíticos 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. Éstos miden entre 470 y 500  $\mu\text{m}$  de largo y entre 18 y 19  $\mu\text{m}$  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 (18).

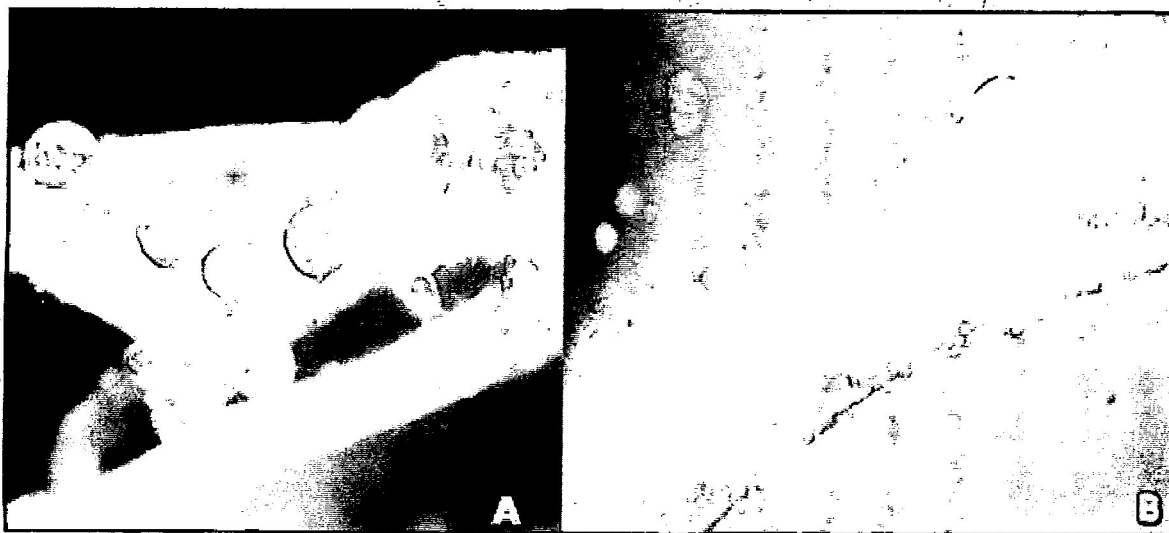
En la familia *Heteroderidae*, a la cual pertenece el género *Globodera*, existe un dimorfismo sexual muy marcado. Mientras el segundo estado juvenil es móvil y vermiforme, el tercero y cuarto estado juvenil, así como las hembras adultas, son inmóviles y abultados. Las hembras son esféricas y miden 500-600  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 3A). El tamaño es afectado por el hospedero y por el nivel poblacional del nematodo, siendo más pequeñas cuando la población es elevada o el hospedero se encuentra fuertemente dañado. El macho adulto es móvil y vermiforme y mide aproximadamente 1200  $\mu\text{m}$  de largo y 28  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ . En *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens 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. 3B) para proteger los huevos contenidos. 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 (17, 18).



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



**Figura 3.** Raíces de papa infectadas con *Globodera rostockiensis*. A) Hembras; B) Quistes.  
Fuente: [www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html](http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html)



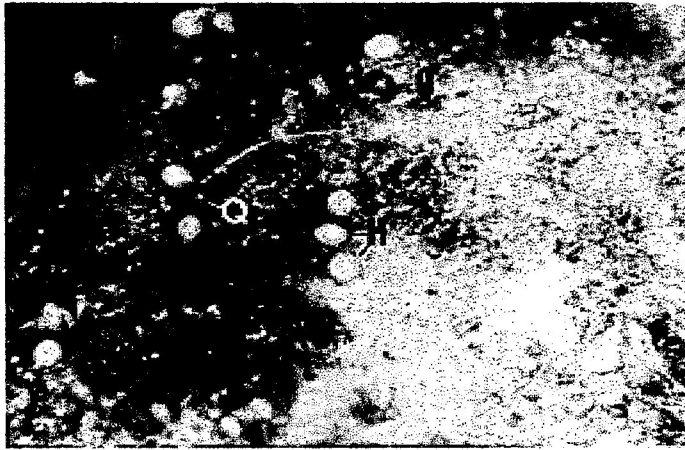
**Cuadro 3.** Características diferenciales entre *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*.

Característica	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
<b>Hembra</b>		
Largo del estilete ( $\mu\text{m}$ )	22.9	27.4
Diámetro zona vulvar ( $\mu\text{m}$ )	22.4	24.8
Largo vulva ( $\mu\text{m}$ )	9.2	11.5
Número de estrias cuticulares entre el ano y la vulva	21.6	12.5
Coloración	Amarillo	Crema
<b>Quiste</b>		
Diámetro fenestra ( $\mu\text{m}$ )	18.8	24.5
Distancia ano-fenestra ( $\mu\text{m}$ )	66.5	49.9
Relación Granek's <sup>(1)</sup>	3.6	2.1
<b>Juveniles de segundo estado</b>		
Largo del estilete ( $\mu\text{m}$ )	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 ( $\mu\text{m}$ )	31.3	39.9

(1) Distancia ano-fenestra / diámetro fenestra.  
Fuentes: Schluter, K. (37) y Schots A. et al. (38).

El periodo 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. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, como en casos de alta temperatura (28°C) y secías, 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. Estudios comparativos han demostrado que *Globodera pallida* (Stone) Behrens se desarrolla mejor que *G. rostochiensis* (Wollenweber) Behrens a bajas temperaturas (31). 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 (18).

Algunas poblaciones de estos nematodos no atacan mucho a los tubérculos, mientras que otras infectan y se desarrollan muy bien sobre ellos (Fig. 4), convirtiéndose, este medio de propagación, en un vehículo efectivo de diseminación del patógeno.



**Figura 4.** Porción de un tubérculo de papa fuertemente afectado por *Globodera pallida*. Nótese las hembras de color blanco (H) y los quistes de color marrón (Q).  
Fuente: [www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html](http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html)

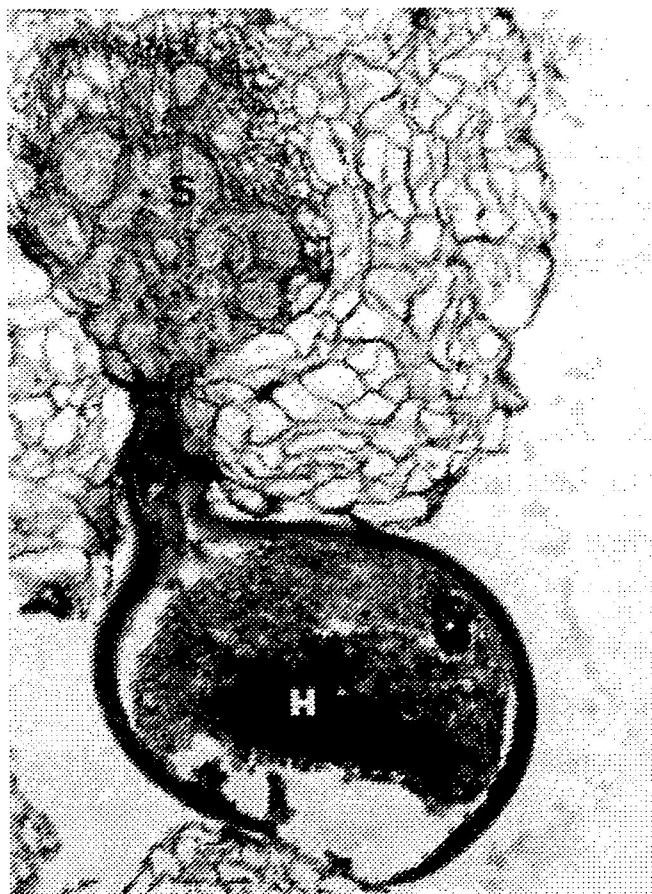
La papa *Solanum tuberosum* L. es el más importante hospedero del nematodo dorado *Globodera rostochiensis*, aunque el tomate *Lycopersicon esculentum* y la berenjena *Solanum melonogena* pueden ser afectados (3). Otros hospederos en los cuales se puede encontrar el nematodo dorado incluyen: *Solanum sarachoides*, *S. dulcamara*, *S. rostratum*, *S. triflorum*, *S. elaeagnifolium*, *S. xantii*, *S. integrifolium*, algunas especies del género *Lycopersicon* y *Datura stramonium* (44).

### 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 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 se engrosa, el citoplasma se torna denso y se origina el sincitio multinucleado de alta actividad metabólica (Fig. 5), 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 (3,16).

El efecto sobre el rendimiento varía de acuerdo a la densidad de nematodos presentes en el suelo, de ser alta puede ser la causa de un completo fracaso en el cultivo. Puede también incrementar la susceptibilidad a la marchitez causada por *Verticillium* y la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* (33).

La falta de cultivares comerciales disponibles resistentes y la variación constante de patotipos del nematodo hacen difícil llevar a cabo un buen control, situación que se presenta más seria en el caso de *Globodera pallida* (Stone) Behrens. El daño causado, principalmente referido al peso de los tubérculos, esta muy relacionado al número de huevos de nematodo por unidad de suelo; se estima que aproximadamente 2 t/ha de papa se pierden por cada 20 huevos/g de suelo. Arriba del 80% de pérdida de cultivo se puede obtener cuando la población de nematodos alcanza niveles altos en cultivos sin rotación (33).



**Figura 5.** Sección transversal de una raíz de papa con hembra de *Globodera rostochiensis* (H) y sincitio multinucleado (S) alrededor de la cabeza del nematodo.

Fuente: [www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html](http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html)

### 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% (37). 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, pueden reducir 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 (entre 8 y 9), reduciéndose por lo tanto el efecto negativo sobre el próximo ciclo de cultivo (40). 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 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 (3).

La diseminación natural de los estados juveniles es baja y se limita a la cercanía de las raíces de la planta hospedera. La diseminación local o a larga distancia de los quistes ocurre con el movimiento de suelo, el cual puede estar asociado con semilla de papa, plantas de vivero, bulbos de flores, otras plantas enraizadas, papa para industria, contenedores, herramientas, equipo, maquinaria agrícola, etc. El más importante medio de dispersión de estos nematodos ha sido el movimiento de semilla tubérculo de papa (3). 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. La capacidad de los quistes de resistir prolongada desecación,

ha facilitado su dispersión mundial, probablemente con el suelo adherido a los tubérculos de papa (3).

El nematodo del quiste de la papa es un factor limitante muy importante en las zonas templadas del mundo dedicadas al cultivo de papa; afecta los rendimientos, eleva los costos de producción y ocasiona la escasez del tubérculo. Su distribución es casi universal, además de la papa ataca otros cultivos como el tomate y la berenjena. En Venezuela se conoce desde 1971, está confinado a las zonas altas de los andes (1800 – 3500 m.s.n.m). (18)

### **3.2.- MARCO REFERENCIAL**

#### **3.2.1 Localización:**

El municipio de San José Pinula, pertenece al departamento de Guatemala. Tiene un área aproximada de 195 kilómetros cuadrados. Está aproximadamente a un altura de 1,752 msnm, a una latitud de 14°32'44" y una longitud oeste de 90°24'46". Su principal vía de acceso es por la carretera interamericana CA-1 al sureste hay aproximadamente 17 kilómetros a la aldea Don Justo, donde por la ruta nacional 18 rumbo al sureste son 5 kilómetros a la cabecera de San José Pinula (20).

#### **3.2.2 Clima y zona de vida:**

El clima de la región presenta características templadas, con invierno benigno, muy húmedo con verano seco. Se cuenta con una temperatura media anual de 16.7oC, con una temperatura media máxima de 18.8oC. Se tiene una precipitación anual de 1,523 mm. La Zona de vida que presenta esta región es Bosque Húmedo Subtropical (8).

#### **3.2.3 Suelos:**

El área de estudio pertenece a la provincia geológica denominada Tierras Volcánicas, la cual abarca la parte occidental, sur y oriental de Guatemala. Esta provincia se caracteriza por sus

altas montañas; por su cadena de altos conos y domos, algunos de ellos aun activos, los cuales se encuentran alineados entre el plano costero del pacífico y un cinturón de rocas volcánicas terciarias al lado norte.(43)

La clasificación de los suelos realizada por el doctor Simmons et al., indica que los suelos de ésta área corresponden a la serie de suelos Morán (Mr) y las áreas fragosas. Las áreas fragosas son terrenos quebrados gruesos, donde los barrancos de laderas perpendiculares de casi 100 metros de profundidad.(43)

La serie de suelos Morán son suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas pomáceo de color claro, presentan relieve fuertemente ondulado a inclinado y un buen drenaje interno (43).

### 3.2.4.- Estudios realizados sobre el nematodo dorado y blanco de la papa

En estudios realizados sobre el rango de hospederos se han determinado alrededor de 90 especies de *Solanum* como potenciales hospederos del nematodo dorado. (33, 37)

El rango de hospederos del nematodo blanco *Globodera pallida* está confinado a las solanáceas especialmente la papa *Solanum tuberosum*, el tomate *Lycopersicon esculentum* y sus híbridos y la berenjena *Solanum melonogena* (3, 4, 5, 45).

Ensayos realizados en Europa y Chile (16, 40) 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.

En el Reino Unido, donde las pérdidas en áreas infestadas han sido limitadas por la rotación de cultivos, aproximadamente 9% de la cosecha de papa se pierde anualmente a causa de los nematodos del quiste (33).

En Bielorusia, una población mayor de 1000 huevos y larvas / 100 cm<sup>3</sup> de suelo, redujo en un 17 a 20 % el rendimiento en variedades susceptibles de papa y una población de 25,000 huevos y larvas / 100 cm<sup>3</sup> redujo a 74% el rendimiento del cultivo (33).

En Polonia se reportaron pérdidas en la cosecha de papa del 74% en el 7° año de siembra continua en suelos infestados con los nematodos (33).

En investigaciones llevadas a cabo en Italia durante 1982 a 1988, se determinó que los nematodos estaban diseminados solo en pocas áreas de cultivo con pérdidas de cultivo entre 3 y 17% (33).

En Portugal, entre 40 y 75% de los campos de papa fueron encontrados infestados con nematodos del quiste en las principales áreas de producción con un nivel de infestación alrededor de 20 huevos por gramo de suelo (33).

García, M. (14) determinó la presencia de quistes, en los departamentos de San Marcos, Totonicapán, Quetzaltenango, Chimaltenango y Sololá, determinando la presencia de los géneros *Globodera* y *Heterodera*, logrando identificar también las especies *Punctodera punctata*, *Globodera virginiae*, así como *Globodera pallida*.

## 4.- OBJETIVOS

### 4.1.- OBJETIVO GENERAL

- 4.1.1.- Determinar la presencia de nematodos de la subfamilia *Heteroderinae* asociados al cultivo de papa en San José Pinula, Guatemala.

### 4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1.- Determinar que géneros de la sub-familia **Heteroderinae** están presentes en el área de San José Pinula.
- 4.2.2.- Establecer si los géneros de la subfamilia *Heteroderinae* presentes son parásitos en el cultivo de papa.
- 4.2.3.- Descartar la presencia del nematodo dorado de la papa.



## 5.- HIPÓTESIS

- 5.1.- Existen nematodos de la sub-familia **Heteroderinae**, parasitando al cultivo de la papa en la zona productora de San José Pinula.
  
- 5.2.- En la zona productora de papa del municipio de San José Pinula, no existe la presencia del nematodo dorado (***Globodera rostochiensis*** (Wollenweber) Behrens)

## **6.- METODOLOGÍA**

### **6.1.- Áreas de producción de papa en el municipio de San José Pinula**

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, a través del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria, la Unidad de Operaciones Rurales y la Coordinación Departamental, las áreas de producción del municipio de San José Pinula son las siguientes:

Aldea San Xim, Aldea Socorro, Aldea La Joya, Aldea El Carmen,  
Aldea Río Frío, Aldea El Colorado, Aldea Las Nubes

Estas aldeas poseen un área reportada de 224 has. Cultivadas con una producción de 10,780 ton / ha.

### **6.2.- Planificación de muestreo**

A partir de las 224 Has. reportadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el año 2,001, se obtuvo un tamaño de muestra útil, confiable y preciso. La confiabilidad y precisión se establecieron de antemano, suponiendo una normalidad en la distribución del estimador de interés (2); se utilizó una precisión del 60 % y una confiabilidad del 95 %.

Según Álvarez Cajas, VM. (1988), la precisión es el alejamiento máximo que el investigador está dispuesto a permitir entre el estimador y el parámetro correspondiente, y la confiabilidad es el grado de seguridad de que la precisión se cumpla, que se mide en términos de probabilidad.

Para el cálculo del número de muestras a obtener de las áreas productoras de papa reportadas, se utilizó la fórmula de proporción de un tamaño de muestra de población finita (2):

$$N = \frac{p * q}{\frac{d^2}{Z^2} + \frac{p * q}{N}}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total

p = Proporción de elementos con la característica de interés

q = Proporción de elementos sin la característica de interés

d = Precisión (60 %)

Z = Valor de la tabla para coeficiente de confiabilidad (1.96)

Al sustituir los valores dentro de la anterior fórmula se obtiene:

$$n = \frac{0.5 * 0.5}{\frac{0.60^2}{1.96} + \frac{0.50 * 0.50}{224}}$$

$$n = 111.00 \text{ hectáreas}$$

Entonces, teniendo un 95 % de confiabilidad de que la precisión del 60 % se cumpliera, se obtuvo un tamaño de muestra de 111 hectáreas a tomar del total del área reportada con producción de papa en el municipio de San José Pinula, tomando una muestra compleja de suelo por hectárea.

### 6.2.1.- Tipo de parcelas seleccionadas para el muestreo

El muestreo de nematodos en un área de siembra, pueden darse en varias circunstancias, puede ser en un campo sin cultivo o en un campo con cultivo, en el cual pueden existir síntomas definidos o sin la presencia de éstos. Se contó con la colaboración de los alcaldes auxiliares que acompañaron mostrando los terrenos que en ese momento estaban sembrados con papa o bien en los cuales se había sembrado anteriormente.

Los criterios para obtener las muestras de suelo de un terreno fueron: estar sembrados por más de cinco años con papa y que fuesen áreas mayores o iguales a una hectárea. Se

encontraron terrenos, los cuales tenían en ese momento sembrado maíz, otros que se encontraban ya listos o siendo preparados para la siembra de papa y terrenos con el cultivo ya establecido, algunos teniendo más de diez años de estarse sembrando continuamente con papa.

### **6.3.- Fase de campo**

#### **6.3.1.- Toma de muestras**

Según lo planificado, del área calculada se tomaron un total de 111 muestras de suelo; una muestra compuesta de suelo de 2 kg/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 a 0.2 de Kg, colocando la submuestra dentro de una cubeta o bolsa plástica. Según Zuckerman et al. (48), de 20 a 100 puntos de muestreo de suelo pueden ser tomados en campos de cultivo de más de 2 hectáreas; por cada hectárea se obtuvieron 25 sub-muestras. El suelo obtenido de las sub-muestras se mezcló obteniendo una muestra compuesta de 2 Kg, utilizándose en algunos casos un barreno de acero de aproximadamente 0.037 m de diámetro, y en otros casos debido a lo dificultoso de trabajar con este barreno se utilizó una pala o machete. La profundidad de muestreo fue de 0.20 m.

En total se colectaron 222 Kg aproximadamente de suelo de toda el área productora de papa del municipio de San José Pinula. Según Jones, citado por Zuckermann et al. (48), al coleccionar 50 Kg de suelo se tiene el 99 % de oportunidad de encontrar uno o más quistes en el suelo.

#### **6.3.2. - Manejo de las muestras**

Se llevó un registro de cada terreno del cual se tomó la muestra de suelo. Parte importante en la toma de muestras fué la georeferenciación de cada terreno para la cual se utilizó un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), la localización se obtuvo en coordenadas UTM, llevándose

también el registro de las alturas sobre el nivel del mar de cada sitio. Las unidades de muestreo que se efectuaron en el municipio de San José Pinula son las que se muestran en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Ubicación de las unidades de muestreo de suelos en el municipio de San José Pinula**

Pto. No.	Código	Aldea	Zona	Coordenadas UTM		Altura	Pto. No.	Código	Aldea	Zona	Coordenadas UTM		Altura
				X	Y	Msnm					X	Y	Msnm
1	COL-1	El Colorado	15P	1609864	792156	2039	15	RE-15	Río Frio	15P	1614488	790152	2249
2	COL-2	El Colorado	15P	1609855	792333	2014	16	RF-16	Río Frio	15P	1614488	790152	2249
3	COL-3	El Colorado	15P	1610330	7792524	2056	17	RF-17	Río Frio	15P	1614365	789706	2197
4	COL-4	El Colorado	15P	1610248	792567	2004	18	RF-18	Río Frio	15P	1614365	789857	2202
5	COL-5	El Colorado	15P	1610282	792655	2035	19	RF-19	Río Frio	15P	1614598	789683	2198
6	COL-6	El Colorado	15P	1610439	792491	2026	20	RF-20	Río Frio	15P	1614604	789798	2204
7	COL-7	El Colorado	15P	1611377	792673	2039	1	XIM-1	San xim	15P	1613427	793253	1890
8	COL-8	El Colorado	15P	1611647	792381	2047	2	XIM-2	San xim	15P	1613538	793310	1860
9	COL-9	El Colorado	15P	1611684	792331	2048	3	XIM-3	San xim	15P	1613534	793377	1857
10	COL-10	El Colorado	15P	1610295	792173	2068	4	XIM-4	San xim	15P	1613485	793424	1869
11	COL-11	El Colorado	15P	1610295	792173	2068	5	XIM-5	San xim	15P	1613502	793476	1871
12	COL-12	El Colorado	15P	1612369	791714	2080	6	XIM-6	San xim	15P	1613502	793476	1871
13	COL-13	El Colorado	15P	1612369	791714	2080	7	XIM-7	San xim	15P	1613579	793601	1901
14	COL-14	El Colorado	15P	1612369	791714	2080	8	XIM-8	San xim	15P	1613504	793460	1868
1	LJ-1	Joya de Cedros	15P	1613561	791596	2006	9	XIM-9	San xim	15P	1613424	793220	1859
2	LJ-2	Joya de Cedros	15P	1613547	791553	2053	10	XIM-10	San xim	15P	1614210	792899	1818
3	LJ-3	Joya de Cedros	15P	1613531	791588	2043	11	XIM-11	San xim	15P	1614210	792770	1840
4	LJ-4	Joya de Cedros	15P	1614162	791181	2134	12	XIM-12	San xim	15P	1614246	792799	1832
5	LJ-5	Joya de Cedros	15P	1614095	791063	2119	13	XIM-13	San xim	15P	1614281	792667	1843
6	LJ-6	Joya de Cedros	15P	1614046	791076	2113	14	XIM-14	San xim	15P	1614216	792615	1858
7	LJ-7	Joya de Cedros	15P	1613975	791219	2075	1	ES-1	El Socorro	15P	1614330	792368	1915
8	LJ-8	Joya de Cedros	15P	1613375	791635	2048	2	ES-2	El Socorro	15P	1614330	792368	1915
9	LJ-9	Joya de Cedros	15P	1613386	791703	2038	3	ES-3	El Socorro	15P	1614330	792368	1915
10	LJ-10	Joya de Cedros	15P	1612816	791306	2074	4	ES-4	El Socorro	15P	1614318	792308	1931
11	LJ-11	Joya de Cedros	15P	1612760	791268	2085	5	ES-5	El Socorro	15P	1614388	791878	1963
12	LJ-12	Joya de Cedros	15P	1613152	791734	2070	6	ES-6	El Socorro	15P	1614532	791804	1988
13	LJ-13	Joya de Cedros	15P	1613166	791786	2053	7	ES-7	El Socorro	15P	1614532	791804	1988
14	LJ-14	Joya de Cedros	15P	1613233	791827	1990	8	ES-8	El Socorro	15P	1614547	791869	1944
1	EC-1	El Carmen	15P	1614230	790793	2014	9	ES-9	El Socorro	15P	1614547	791869	1944
2	EC-2	El Carmen	15P	1614245	790721	2001	10	ES-10	El Socorro	15P	1614547	791869	1944
3	EC-3	El Carmen	15P	1614296	790757	2003	11	ES-11	El Socorro	15P	1614157	792261	1973
4	EC-4	El Carmen	15P	1614297	790697	2016	12	ES-12	El Socorro	15P	1614157	792261	1973
5	EC-5	El Carmen	15P	1614346	790796	1995	13	ES-13	El Socorro	15P	1614082	792061	2008
6	EC-6	El Carmen	15P	1614425	790805	1998	14	ES-14	El Socorro	15P	1614082	792061	2008
7	EC-7	El Carmen	15P	1614429	790901	1978	1	LN-1	Las Nubes	15P	1611752	787272	2212
8	EC-8	El Carmen	15P	1614534	790978	1972	2	LN-2	Las Nubes	15P	1611752	787272	2212
9	EC-9	El Carmen	15P	1614564	791074	1967	3	LN-3	Las Nubes	15P	1611752	787272	2212
10	EC-10	El Carmen	15P	1614467	791221	1957	4	LN-4	Las Nubes	15P	1611752	787272	2212
11	EC-11	El Carmen	15P	1614398	791305	1966	5	LN-5	Las Nubes	15P	1612232	786692	2177
12	EC-12	El Carmen	15P	1614650	791138	1986	6	LN-6	Las Nubes	15P	1612350	786390	2148
13	EC-13	El Carmen	15P	1614731	791187	1970	7	LN-7	Las Nubes	15P	1612258	786475	2165
14	EC-14	El Carmen	15P	1614563	790788	2066	8	LN-8	Las Nubes	15P	1612271	786715	2180
1	RF-1	Río Frio	15P	1614473	790321	2263	9	LN-9	Las Nubes	15P	1612271	786715	2180
2	RF-2	Río Frio	15P	1614575	790292	2252	10	LN-10	Las Nubes	15P	1612310	786743	2195

Pto. No.	Código	Aldea	Zona	Coordenadas UTM		Pto. No.	Código	Aldea	Zona	Coordenadas UTM		Altura		
				X	Y					X	Y			
3	RF-3	Río Frío	15P	1614586	790268	2262	11	LN-11	Las Nubes	15P	1612310	786743	2195	
4	RF-4	Río Frío	15P	1614624	790232	2259	12	LN-12	Las Nubes	15P	1612159	787034	2139	
5	RF-5	Río Frío	15P	1614635	790240	2255	13	LN-13	Las Nubes	15P	1612159	787034	2139	
6	RF-6	Río Frío	15P	1614669	790211	2250	14	LN-14	Las Nubes	15P	1612263	786900	2155	
7	RF-7	Río Frío	15P	1614475	790248	2268	15	LN-15	Las Nubes	15P	1612306	786874	2165	
8	RF-8	Río Frío	15P	1614475	790248	8868	16	LN-16	Las Nubes	15P	1612269	786810	2179	
9	RF-9	Río Frío	15P	1614529	790339	2258	17	LN-17	Las Nubes	15P	1613057	786919	2087	
10	RF-10	Río Frío	15P	1614546	790432	2252	18	LN-18	Las Nubes	15P	1613976	787586	2041	
11	RF-11	Río Frío	15P	1614506	790379	2257	19	LN-19	Las Nubes	15P	1614942	787555	2029	
12	RF-12	Río Frío	15P	1614445	790301	2264	20	LN-20	Las Nubes	15P	1615021	787598	2034	
13	RF-13	Río Frío	15P	161445	790301	2264	21	LN-21	Las Nubes	15P	1615021	787598	2034	
14	RF-14	Río Frío	15P	1614488	790152	2249								

Fuente: El autor

La muestra compuesta obtenida se colocó dentro de una bolsa plástica y se identificó con los siguientes datos básicos: lugar de colecta y código de la muestra.

Las muestras se transportaron en sus respectivas bolsas plásticas hacia un lugar cubierto donde se pusieron a secar a la sombra por espacio de diez días (Figura 6).



**Figura 6.** Secado de muestras a temperatura ambiente.

Fuente: El Autor

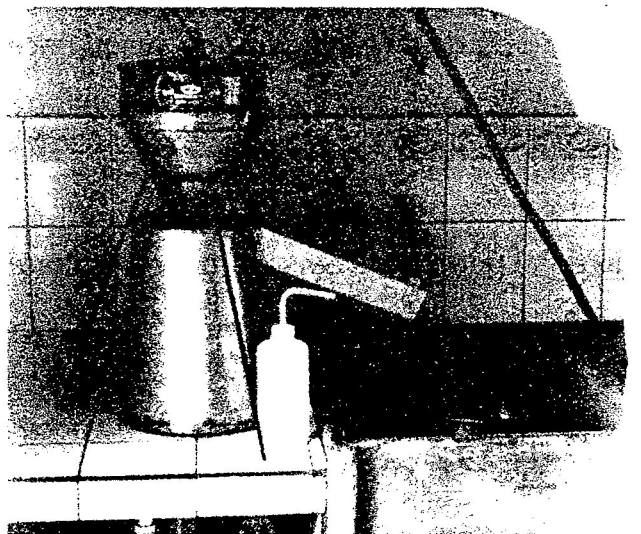
## 6.4.- Fase de laboratorio

### 6.4.1.- Extracción y aislamiento de nematodos

Con el objeto de aislar nematodos para la identificación y cuantificación de poblaciones, se utilizó la técnica de "Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona"; este aislamiento se realizó luego de que las muestras de suelo estuvieron completamente secas.

#### 6.4.1.1.- Procedimiento de extracción: Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona (37)

- a) Se construyó un sistema embudo-matraz -EM- de aproximadamente 9,100 cc de capacidad, de lámina galvanizada, conformado por las siguientes partes: tamiz de 20 mesh, embudo galvanizado, soporte de hierro para el embudo, matraz galvanizado con rampa de reflote y tamiz de 60 mesh (Figura 7).



**Figura 7.** Sistema embudo-matraz  
Fuente: El Autor

- b) Haciendo uso de un beaker de 1,000 cc, se tomó un volumen de agua de 500 cc, a este volumen se le agregó suelo de uno de los sitios de muestreo hasta que el nivel del agua

fuera de 800 cc, con ésto se analizó 300 cc de la muestra. Luego está mezcla se vació dentro del tamiz de 20 mesh el cual se encontraba acoplado al embudo del sistema EM.

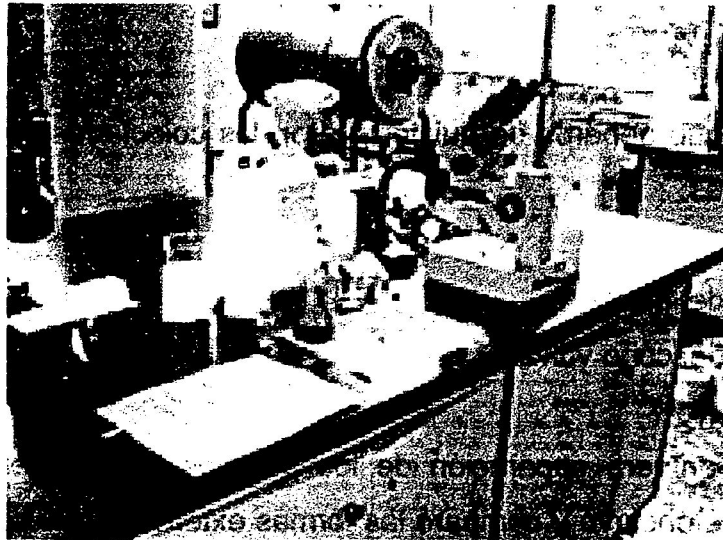
- c) Luego, se hizo pasar una corriente de agua a presión, para permitir el arrastre del suelo hacia el fondo del matraz. En el fondo, se acumularon las partículas de suelo más pesadas y por la parte superior, "la rampa" del matraz, salió debido a su menor densidad materia orgánica del suelo (M. O.) y quistes, que se recolectaron en un tamiz de 60 mesh (Figura 8).



**Figura 8.** Materia orgánica y quistes obtenidos dentro del tamiz de 60 mesh  
Fuente: El Autor

- d) Se colocó papel filtro dentro de un embudo plástico, luego haciendo uso de una piseta con agua se juntó la mezcla de M. O. y quistes contenida dentro de el tamiz de 60 mesh para luego ser depositada dentro del papel filtro.
- e) El material recolectado en el papel filtro se secó a temperatura ambiente y bajo la sombra, por aproximadamente 6 horas.
- f) La muestra ya seca se vació dentro de un earlenmeyer de boca angosta.
- g) Se agregó acetona (grado industrial), hasta la mitad del earlenmeyer, agitándose fuertemente, y se terminó de llenar con acetona hasta la boca del recipiente.
- h) Se dejó reposar durante un período de 30 a 60 segundos (Figura 9).





**Figura 9.** Flotación de quistes en acetona  
Fuente: Autor

- i) Toda la materia orgánica y quistes que flotó en la orilla del earlenmeyer se colectó con un pincel, colocándose este material dentro cajas metálicas (Figura 10).



**Figura 10.** Quistes y materia orgánica obtenidos de la flotación en acetona  
Fuente: Autor

- j) Se procedió a la observación y separación de quistes en el estereoscopio.

### **6.4.2.- Determinación**

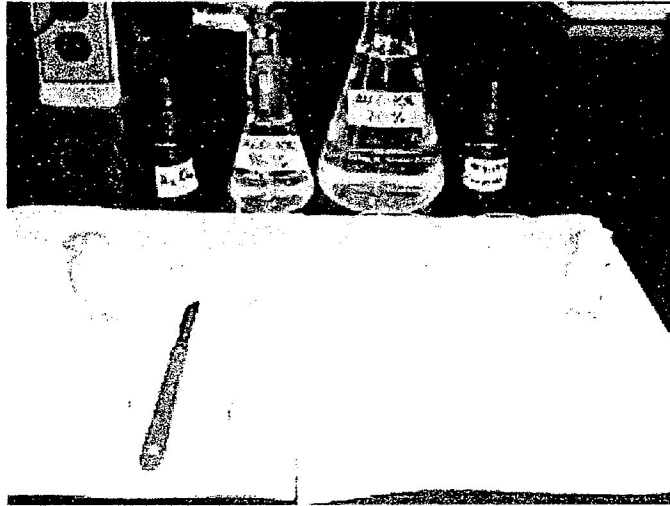
Para determinar que géneros de quistes fueron los colectados se tomaron en cuenta tres aspectos muy importantes:

- 1) Forma del quiste,
- 2) Forma del cono vulval.

Para realizar la primera separación de los posibles géneros encontrados, luego de la extracción de quistes, se observó y comparó las formas externas y del cono vulval de los quistes, con los gráficos que se presentan en las claves de *Tylenchida* de Siddiqi, M. R. et al. (41, 42).

#### **6.4.2.1.- Preparación de montajes de fenestralias de quistes (29)**

- a) En un portaobjeto se colocó un quiste sobre una gota lactofenol claro.
- b) Con ayuda de una hoja de afeitar se realizó un corte perineal del quiste, conservando la mitad posterior del cuerpo.
- c) Haciendo uso de agujas finas, se limpió la parte posterior que se conservó, eliminándose de ésta todos los huevos y tejido que se encontraban dentro.
- d) Se realizaron cortes a varios quistes similares en sus características externas. Éstos cortes se transfirieron a una gota de peróxido de hidrógeno al 3 % durante un periodo de 2 o 3 minutos.
- e) Luego se transfirieron a soluciones de alcohol al 70 y 96 %, de 1 a 2 minutos en cada solución.
- f) Pasado este tiempo se transfirieron a una gota de aceite de clavo por un periodo de 5 minutos (Figura 11)



**Figura 11.** Equipo utilizado para la preparación de montajes de fenestralias de quistes

Fuente: El Autor

- g) Se colocó sobre un portaobjetos limpio una porción de gelatina glicerada derretida.
- h) Se transfirieron los patrones perineales de un mismo género hacia la gelatina glicerada derretida, aproximadamente de 2 a 4 cortes, colocándose los patrones perineales de la fenestra pegados al portaobjetos para evitar el movimiento al colocar el cubreobjetos sobre éstos.
- i) Cada montaje fué debidamente sellado e identificado.

#### **6.4.3.- Estudio de patogenicidad**

- 1) Se retornó hacia los puntos de muestreo en los cuales existió presencia positiva de quistes, obteniéndose una nueva muestra de suelo de 2 kg, la cual se procesó.
- 2) Se realizaron extracciones de quistes de todo el suelo obtenido de los puntos de muestreo, para tener así la mayor cantidad de quistes posible.
- 3) Se germinaron tubérculos de papa, cultivar Loman, reconocido este como susceptible al ataque del nematodo dorado.

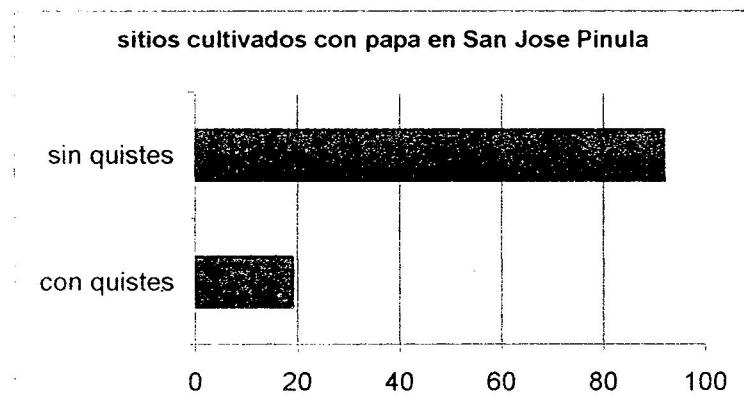
- 4) Para la realización de este estudio se procedió a esterilizar suelo haciendo uso de la autoclave. El suelo estuvo dentro recipientes metálicos en la autoclave por espacio de una hora a una temperatura de 120 °C.
- 5) Se prepararon recipientes plásticos transparentes de 0.16 m de diámetro por 0.20 m de alto, que se cubrieron externamente con plástico negro, con el fin de que al estar la planta de papa ya desarrollada, se facilitara observar sus raíces en las paredes del recipiente y así observar si se desarrollaban quistes en éstas.
- 6) Se colocó el suelo esterilizado dentro de los recipientes plásticos
- 7) Se realizaron 3 repeticiones por cada sitio que tuvo presencia positiva de quistes.
- 8) Se colocaron 25 quistes de una misma unidad de muestreo justo por debajo del tubérculo de papa germinado.
- 9) Durante 75 días, se observó el desarrollo de las raíces que se formaban en las paredes del recipiente, con el fin de distinguir la presencia de quistes y si éstos estaban presentes. Estas observaciones se realizaron a partir de la floración de cada planta, observándose en un intervalo de dos días.
- 10) Luego de los 75 días que duró el estudio, se separó cada planta de su maceta y haciendo uso de una lupa, pinzas y estereoscopio se revisaron las raíces de cada planta. El suelo se procesó nuevamente realizando la extracción de quistes.

## 7.- RESULTADOS

### 7.1 DETERMINACION DE LOS GENEROS DE NEMATODOS DE QUISTE LOCALIZADOS EN PLANTACIONES DE PAPA EN LOS SITIOS DE MUESTREO

Se analizaron 111 muestras de suelo, estas obtenidas en los meses de julio y agosto del 2,002. Posteriormente fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la USAC en los meses de agosto a octubre del 2,002. La fase correspondiente al bioensayo se realizó en los meses de noviembre del 2,002 a enero del 2,003.

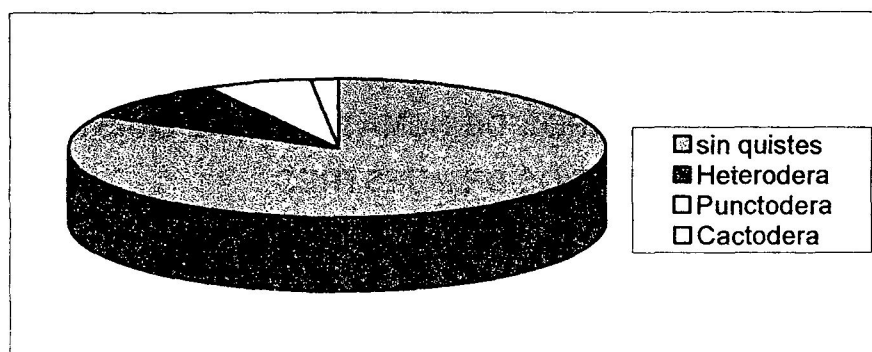
Del total de 111 muestras recolectadas en las áreas de cultivo de papa del municipio de San José Pinula; en 92 muestras no se encontraron quistes y en 19 muestras se detectaron quistes de los géneros *Cactodera*, *Heterodera* y *Punctodera* (Figura 12).



**Figura 12** . Grafica comparativa de áreas con quistes en la zona papera de San José Pinula.  
Fuente: El Autor

### 7.2 DISTRIBUCION E INCIDENCIA DE LOS GENEROS LOCALIZADOS EN LAS AREAS MUESTREADAS

De los 19 sitios en donde se detectaron quistes, en 10 se encontró el género *Heterodera*, en 7 se encontró el género *Punctodera*, y en 2 se encontró el género *Cactodera*, esta distribución se refleja en la figura 13 comparándola con un total de 92 sitios en donde no se encontraron quistes. La distribución territorial de los distintos géneros en las áreas cultivadas con papa en el municipio de San José Pinula se presenta en mapas (ver anexos).



**Figura 13.** Géneros de nematodos de quiste encontrados en los 111 sitios de muestreo en las áreas productoras de papa del municipio de San José Pinula.

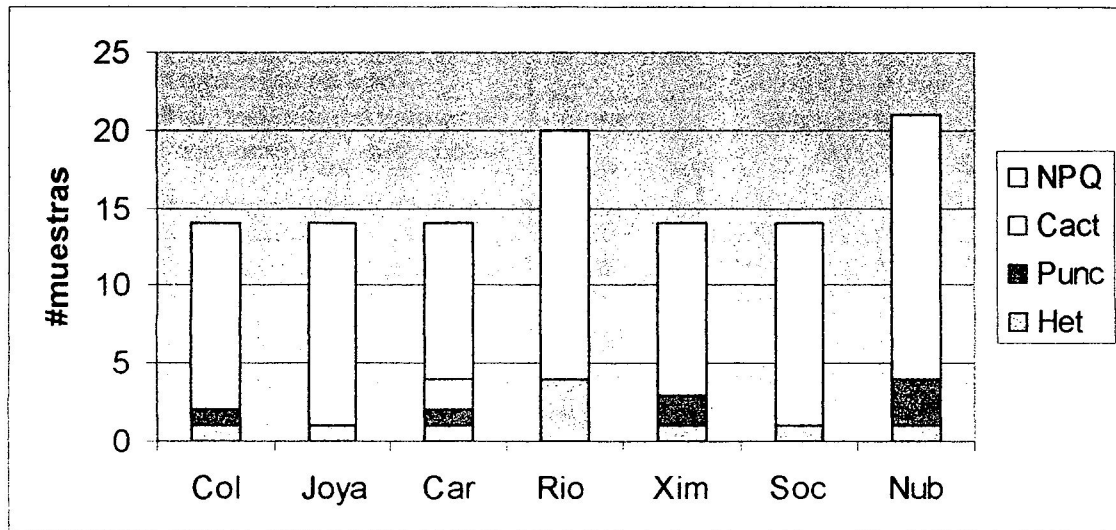
Fuente: El Autor.

En los 19 puntos con presencia de quistes se detectó la presencia del género *Heterodera*, en cuatro el género *Punctodera* y el género *Cactodera* se detectó en un solo punto como se muestra en el cuadro 5. En la aldea El Colorado, San Xim y Las Nubes se encontraron dos géneros (*Heterodera* y *Punctodera*), en la aldea El Carmen se encontraron los tres géneros (*Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera*), y en la aldea Río Frío y El Socorro se encontró solo *Heterodera* como se muestra en la figura 14.

**Cuadro 5.** Distribución de géneros de nematodos de quiste por aldeas en el municipio de San José Pinula.

	<i>Heterodera</i>	<i>Punctodera</i>	<i>Cactodera</i>	<i>Sin quistes</i>
El Colorado	1	1	0	12
La Joya	1	0	0	13
El Carmen	1	1	2	10
Río Frío	4	0	0	16
San Xim	1	2	0	11
El Socorro	1	0	0	13
Las Nubes	1	3	0	17

Fuente: El Autor.



**Figura 14.** Distribución de géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae encontrados en el municipio de San José Pinula por aldea muestreada. (Referencia: Col = El Colorado, Joya = La Joya, Car = El Carmen, Rio = Río Frío, Xim = San Xim, Soc = El Socorro, Nub = Las Nubes).

Fuente: El Autor.

La distribución de los géneros de nematodos por puntos muestreados se presentan en cuadros con información de cada sitio de muestra codificado y acompañado con datos de densidad poblacional, esto permite ver que tan significativa es la influencia de los nematodos encontrados en las muestras (Cuadro 6).

En la **aldea El Colorado** se muestrearon 14 sitios, de los cuales 12 no existió presencia de quistes, únicamente dos sitios presentaron la presencia de los géneros *Heterodera* y *Punctodera*. Los terrenos de esta aldea van de alturas de 2,014 a los 2,080 msnm, y los cultivos principales son el maíz y frijol alternados con papa.

**Cuadro 6.** Densidad poblacional y ubicación de los géneros de nematodos encontrados en las muestras de suelo de los sitios analizados en San José Pinula.

San José Pinula			Total de muestras = 111			
código	coordenadas		msnm	Géneros y densidades/ 300 cc de suelo		
	UTM			<i>Heterodera</i>	<i>Punctodera</i>	<i>Cactodera</i>
COL-2	1609855	792333	2014		7	
COL-13	1612369	791714	2080	12		
LJ-9	1613386	791703	2038	8		
EC-2	1614245	790721	2001		15	
EC-7	1614429	790901	1978	7		
EC-12	1614650	791138	1986			3
EC-13	1614731	791187	1970			6
RF-1	1614473	790321	2263	16		
RF-4	1614624	790232	2259	14		
RF-9	1614529	790339	2258	9		
RF-19	1614598	789683	2198	5		
XIM-3	1613534	793377	1857		10	
XIM-11	1614210	792770	1840		9	
XIM-12	1614246	792799	1832	12		
ES-2	1614330	792368	1915	15		
LN-1	1611752	787272	2212	5		
LN-13	1612159	787034	2139		10	
LN-14	1612263	786900	2155		7	
<b>Total</b>				<b>103</b>	<b>58</b>	<b>9</b>
<b>Muestras sin quistes = 92</b>						

Fuente: El Autor.

En la aldea **La Joya** se muestrearon 14 sitios donde solamente en un sitio se encontró quistes del género *Heterodera*. En esta aldea se encuentran terrenos que comprenden alturas que van de los 1,990 a 2,134 msnm con áreas regularmente inclinadas. Los cultivos predominantes son la papa, el frijol y el maíz.

En la aldea **El Carmen** se muestrearon 14 sitios, en los cuales se encontraron quistes del género *Punctodera*, *Heterodera* y *Cactodera*. Estos terrenos van de los 1957 a 2016 msnm, son regularmente ondulados, en esta área el cultivo de papa se rota con maíz, frijol y crucíferas.

En la aldea **Río Frío** se obtuvieron 20 muestras de las cuales cuatro presentaron quistes del género *Heterodera*, los terrenos conforman la parte alta del municipio de San José Pinula que van de los 2,268 a 2,197 msnm con regular a alta inclinación. El cultivo de papa se alterna con maíz, frijol y algunas hortalizas.



En la **aldea San Xim** se tomaron un total de 14 muestras, en las cuales en dos muestras se encontró el género *Punctodera* y una muestra con el género *Heterodera*. Los terrenos van de 1,832 a 1,901 msnm, se cultiva además de papa, maíz y frijol y áreas con pastos.

Para la **aldea El Socorro** se muestrearon 14 sitios en donde solamente en un sitio se localizaron quistes del género *Heterodera*; los terrenos de esta aldea están a alturas que van de 1,915 a 2,008 msnm, en donde el cultivo de papa se alterna con maíz, frijol y hortalizas.

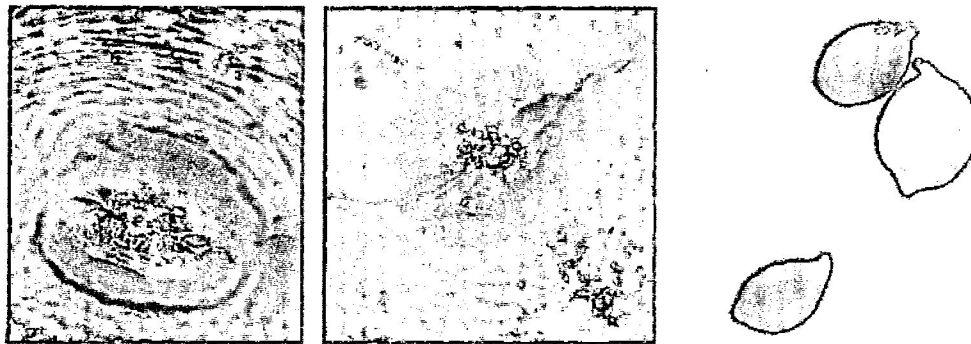
Para la **aldea Las Nubes** se obtuvieron 21 muestras de las cuales solamente en cuatro muestras se encontró quistes de los géneros *Punctodera* y *Heterodera*. Los terrenos comprenden alturas de 2,029 a 2,212 msnm con relieve irregular, el cultivo de papa se alterna con maíz y hortalizas.

### **7.3. DESCRIPCION DE LOS GENEROS DE NEMATODOS DE LA SUBFAMILIA HETERODERINAE ENCONTRADOS EN AREAS CULTIVADAS CON PAPA EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSE PINULA**

Los géneros de nematodos de quiste encontrados se determinaron por medio de criterios morfológicos tales como color, forma y presencia o ausencia de cono vulval del quiste.

#### **7.3.1 HETERODERA**

Quistes con formas de limón y ovoides como se muestra en la figura 15, al observarlos cuidadosamente se encuentra la característica principal de este género como lo es la presencia de un cono terminal donde se encuentra la fenestra vulval y el ano en la parte dorsal subterminal poco distante de la vulva (41,42), el color de los quistes presentó tonalidades del castaño al marrón. Se realizaron cortes de fenestras que permitieron ver ciertas corrugaciones que recorren el cuerpo del quiste, presencia de un puente cuticular y la abertura vulval como se muestra en la figura 15.

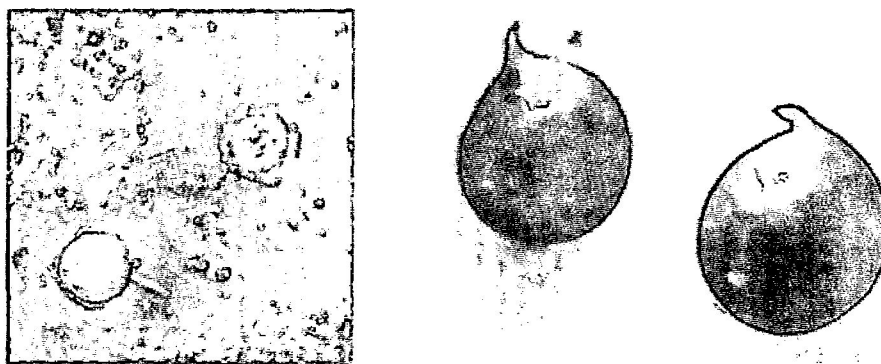


**Figura 15.** Cortes de fenestras de quistes (izq) y quistes en formas ovoides y limón (der) del genero *Heterodera* hallados en el municipio de San José Pinula con aumento 40 X.

Fuente: El Autor

### 7.3.2 PUNCTODERA

Se observaron quistes con formas ovoides a esféricas y formas como pera, esta ausente un cono terminal, corresponden por lo tanto al género *Punctodera* (41), se determinó por observaciones a cortes de fenestras en los que se observó la presencia de dos fenestras circulares, una correspondiente al ano de tamaño reducido y la otra correspondiente a la vulva como se muestra en la figura 16. También se observaron líneas paralelas que corresponden a la cutícula exterior del quiste, la coloración tenía tonalidades del castaño al café oscuro.

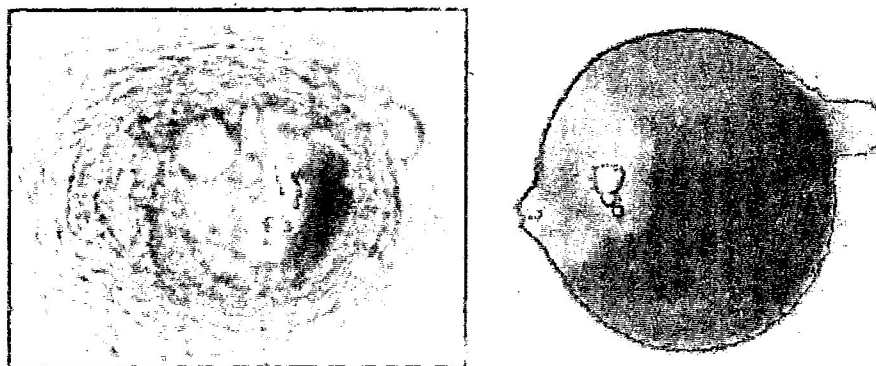


**Figura 16.** Corte de fenestra de quiste (40X) (izq) y quistes (der) del genero *Punctodera* localizados en el municipio de San José Pinula.

Fuente: El Autor.

### 7.3.3 CACTODERA

Estos quistes presentan formas esféricas con una protuberancia que es el cono vulval terminal característico del genero *Cactodera*, según en cortes de fenestras realizadas se observó una vulva circunfenestrada (41), la cutícula forma líneas paralelas, no posee fenestra anal, los quistes son de color café oscuro como se muestra en la figura 17.



**Figura 17.** Corte de fenestra de quiste (40X) (izq) y quistes (der) del genero *Cactodera* localizados en el municipio de San José Pinula.  
Fuente: El Autor

#### 7.4 RESULTADO DE BIOENSAYOS

A los 75 días del crecimiento y desarrollo de las plántulas de papa en las macetas que habían sido inoculadas con quistes de los tres géneros localizados en los sitios cultivado con papa en el municipio de San José Pinula, estas plántulas fueron observadas durante todo el ciclo vegetativo hasta la floración, en el transcurso de este periodo no se observaron síntomas de patogenicidad como debilidad, escaso desarrollo vegetativo o clorosis, las condiciones de todas las plantas inoculadas eran similares a las plantas testigo.

Para confirmar que no existió patogenicidad se hicieron observaciones de raíces en el estereoscopio para ver si se mostraba algún tipo de daño, se realizaron extracciones en todas las muestras de suelo provenientes de las macetas para ver si había presencia de una nueva generación de quistes de los géneros inoculados pero la respuesta fue negativa (Cuadro 7), esto indica que los quistes inoculados no recibieron ningún tipo de estimulación para el rompimiento de sus cutículas como sucede con el nematodo dorado de la papa (15).

Según lo anteriormente mencionado se afirma que los tres géneros determinados *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera* en los sitios cultivados con papa en el municipio de San José Pinula no son parásitos de este cultivo.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 En la zona productora de papa del municipio de San José Pinula, no existe la presencia del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens).
- 8.2 Los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en los sitios de cultivo de papa del municipio de San José Pinula son: *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera*.
- 8.3 Los tres géneros de la subfamilia Heteroderinae presentes en la zona productora de papa del municipio de San José Pinula, no presentaron patogenicidad alguna en el estudio de bioensayo.
- 8.4 El mayor porcentaje de incidencia por género determinado por el total de muestras con presencia de quistes fue para el genero *Heterodera* (9 %), seguido por *Punctodera* (6.3 %) y *Cactodera* (1.8 %).

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Elaborar estudios para establecer el nivel de importancia del género *Heterodera* en el municipio de San José Pinula, determinando los cultivos que afectan y el origen de su aparición en las áreas hortícolas de esta región.
- 9.2 Dar impulso a actividades de monitoreo por medio de autoridades del área de la fitosanidad e instituciones de investigación respectivas para controlar la procedencia de la semilla de papa que se utiliza en el municipio de San José Pinula para evitar la propagación de plagas cuarentenadas o potenciales.

## 10.- BIBLIOGRAFÍA

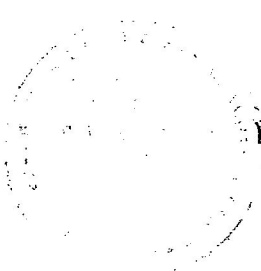
1. Agrios, GN. 1998. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Álvarez, VM. 1988. Tamaño de muestra: procedimientos usuales para su determinación. Tesis MSc. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 161 p.
3. CAB International (Commonwealth Agricultural Bureaux International, UK). 2000. Crop protection compendium [disco compacto]. United Kingdom. 1 CD.
4. \_\_\_\_\_. 2001. Crop protection compendium [disco compacto]. United Kingdom. 1 CD.
5. \_\_\_\_\_. 2003. Crop protection compendium [disco compacto]. United Kingdom. 2 CD.
6. Christiansen, JA; Vargas, R. 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA / PREDECODEPA. 50 p.
7. Cronquist, A. 1981. An integrated system of flowering plants. New York, US, Columbia University Press, Botanical Garden. 1262 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. Diógenes, CC; Baldwin, JG; Mundo-Ocampo, M. 1991. Fine structure of the posterior cone of females of *Cactodera cacti* Filip'ev & Schuurmans Stekhoven (Nematoda: Heteroderinae) (en línea). *Revue Nematology* 14(3):455-465. Consultado 20 ago. 2002. Disponible en [www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_5/pt5/nemato/34715.pdf](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/nemato/34715.pdf)
10. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, GB). 1992. Quarantine pests for Europe: *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Wallingford, GB, University Press. p. 375-380.
11. Ferris, VR. et al. 1995. Ribosomal DNA comparisons of *Globodera* from two continents. *Journal Nematology* 27:273-283.
12. Franco, J; González, A. 1990. A new race of *Globodera pallida* attacking potatoes in Peru. *Revue Nematology* 13(2):181-184. Consultado 20 ago. 2002. Disponible en [www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_5/pt5/nemato/30529.pdf](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/nemato/30529.pdf)
13. Franco, J; González, A; Matos, A; Torres, H. 1989. *Beauveria bassiana*: promisor biocontrolador del nematodo quiste de la papa, *Globodera pallida*. *Fitopatología* 24(1):23-28.
14. García, M. 1980. Estudio analítico taxonómico de los nematodos de quiste (*Heterodera* spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
15. Greco, N; Insera, RN; Brandonisio, A; Tirro, A; De Marinis, G. 1988. Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematologica Medit.* 16:69-73.

16. Greco, N; Moreno, IL. 1992. Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22:175-181.
17. \_\_\_\_\_. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* 23:213-220.
18. \_\_\_\_\_.; Crozzoli, R. 1995. Nematodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*: aspectos generales (en línea). *Fitopatología Venezolana* 8(2). Consultado 25 jun. 2002. Disponible en [www.redpav-fpolar.info.ve/fitopato/v082/082f010.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/fitopato/v082/082f010.html)
19. Gudiel, VM. 1987. Manual agrícola superb. 6 ed. Guatemala, Productos Superb. 393 p.
20. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. v. 4, 699 p.
21. \_\_\_\_\_. 1996 a. Mapa topográfico de Guatemala, hoja San José Pinula, no. 2159 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
22. \_\_\_\_\_. 1996 b. Mapa topográfico de Guatemala, hoja San Pedro Ayampuc, no. 2160 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
23. 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* no. 3:1-11.
24. Jensen, AJ; Armstrong, J; Jatala, P. 1979. Annotated bibliography of nematode pest of potato. Lima, Peru, CIP. 315 p.
25. Karssen, G; Hoensalar 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.
26. Kort, J; Ross, H; Rumpfenhorst, J; Stone, AR. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23:333-339.
27. Luc, M; Maggenti, AR; Fortuner, R. 1988. A reappraisal of *Tylenchida* (Nematoda); 9. the family *Heteroderidae* Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941. *Revue Nematology* 11(2):59-176. Consultado 25 jun. 2002. Disponible en [www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_5/pt5/nemato/27697.pdf](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/nemato/27697.pdf)
28. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Normas y Regulaciones, GT). 2000. Ley de sanidad vegetal y animal y su reglamento; documento 1, serie normativa. 2 ed. Guatemala. 45 p.
29. Manual de prácticas de laboratorio del curso de nematodos fitopatógenos. 2001. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 20 p.

30. Medida hondureña no afecta al país. 2002. Prensa Libre, GT, Abr. 3:4.
31. Mugniery, D. 1978. Vitesse de développement, en fonction de la température de *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* (Nematoda: Heteroderidae). *Revue Nematology* 1:3-12.
32. \_\_\_\_\_; Balanaras, C. 1984. Examen des possibilités d'eradication du nématode á kystes, *Globodera pallida* Stone. *Agronomic*. no. 8:773-778.
33. Nematodo dorado *Globodera rostochiensis* y nematodo blanco de la papa *Globodera pallida*; ficha técnica para análisis de riesgo (en línea). 2001. Consultado 15 jun. 2002. Disponible en [www.protecnet.go.cr/cuarentena/globodera.htm](http://www.protecnet.go.cr/cuarentena/globodera.htm)
34. Othman, AA; Baldwin, JG; Mundo-Ocampo, M. 1988. Comparative morphology of *Globodera*, *Cactodera*, and *Punctodera* spp. (Heteroderinae) with scanning electron microscopy (en línea). *Revue Nematology* 11(1):53-63. Consultado 15 jun. 2002. Disponible en [www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_5/pt5/nemato/27682.pdf](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/nemato/27682.pdf)
35. Países centroamericanos cierran mercados de papa. 2001. Diario al Día. Guatemala, GT. Dic 5:7
36. Salguero, ML. 2003. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el municipio de Patzicia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.
37. Schluter, K. 1976. The potato cyst eelworm *Heterodera rostochiensis* Woll. in Morocco: it's distribution and economic importance. *Journal of Plant Disease and Plant Protection* 83:401-405.
38. Schots, A; Bakker, J; Gommers, FJ; Bouwman-Smits, L.; 1987. Serological differentiation of the potato cyst nematodes *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*: partial purification of species-specific proteins. *Parasitology*. 95:421-428.
39. \_\_\_\_\_. 1991. Identification and quantification of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* in soil samples using an elisa based on specific monoclonal antibodies. *Abstracts of diagnostic in applied biology*. Nottingham, Association of Applied Biologist, EPPO. 5:21-28
40. 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.
41. Siddiqi, MR. et al. 1972. Descriptions of plant-parasitic nematodes. UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. s.p.
42. \_\_\_\_\_. et al. 2000. The order Tylenchida. 2 ed. UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. 322 p.
43. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.



44. Stone, AR. 1973a. *Heterodera rostochiensis*; descriptions of plant parasitic nematodes. Wallingford, UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. 4 p. (set 2, no. 16)
45. \_\_\_\_\_. 1973b. *Heterodera pallida*; descriptions of plant parasitic nematodes. Wallingford, UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. 2 p. (set 2, no. 17).
46. Tarte, R. 1968. First record of the occurrence of *Heterodera rostochiensis* in Panamá. Plant Disease Reporter 58(8):587.
47. Van Berkum, JA. 1972. Introduction to nematology. Internactional course on planta protection, 1<sup>st</sup> lecture notes. Wageningen, Netherlands, s.e.. 6 p.
48. Zuckerman, BM; Mai, WF; Rhode, RA. 1981. Plant parasitic nematodes. NY, US, Academic Press. v.1, 345 p.

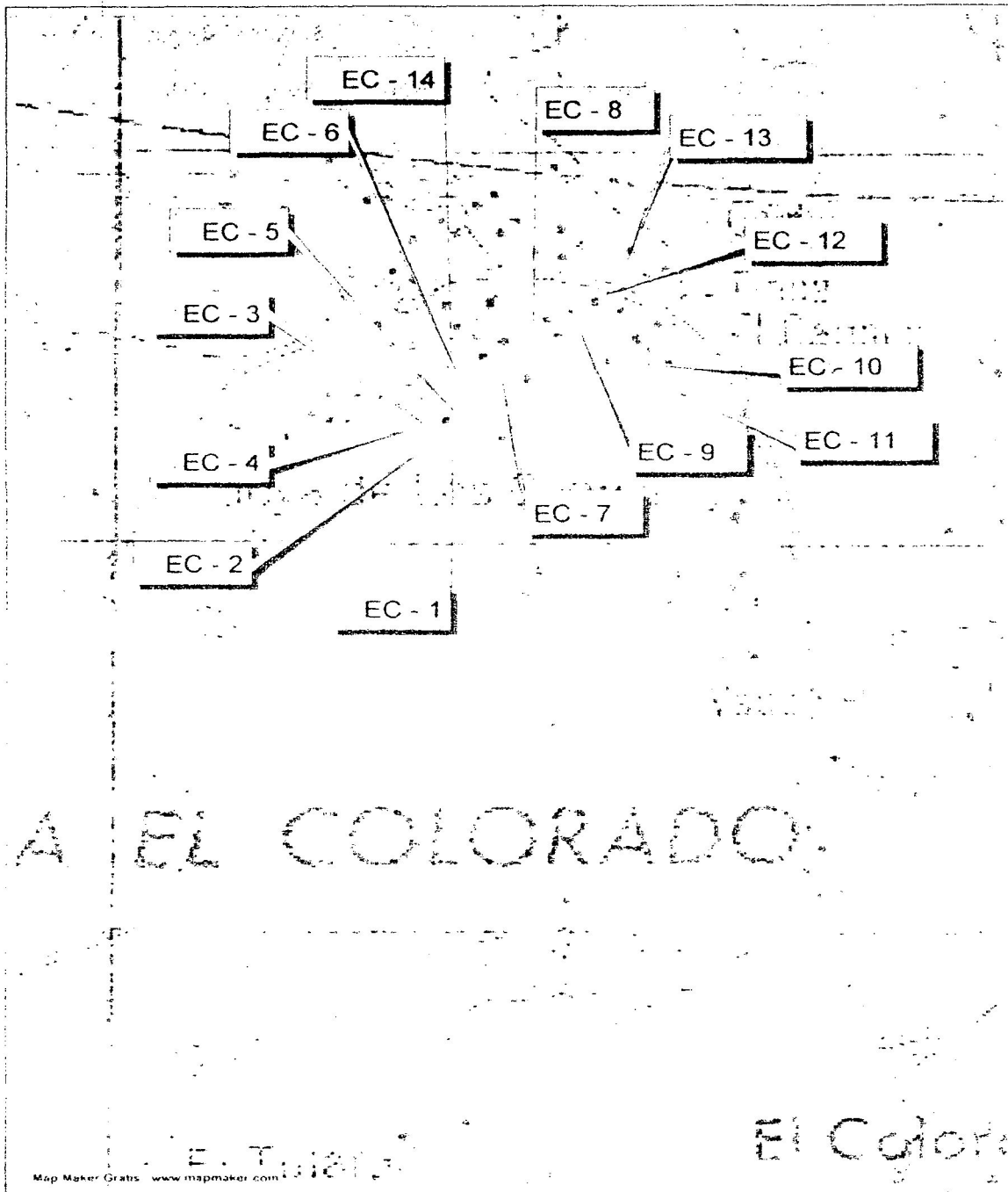
 Yo Ba. Rolando Barrios

**Anexos**

**Cuadro 7.** Resultado de bioensayos realizados en macetas con plantas de papa inoculadas con los géneros de nematodos de quiste localizados en el municipio de San José Pinula.

código	Genero inoculado	Daño en raíces			Síntomas de patogenicidad		
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3
COL-2	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
COL-13	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
LJ-19	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
EC-2	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
EC-7	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
EC-12	<i>Cactodera</i>	X	x	x	x	x	x
EC-13	<i>Cactodera</i>	X	x	x	x	x	x
RF-1	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
RF-4	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
RF-9	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
RF-19	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
XIM-3	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
XIM-11	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
XIM-12	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
ES-2	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
LN-1	<i>Heterodera</i>	X	x	x	x	x	x
LN-14	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
LN-15	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x
LN-16	<i>Punctodera</i>	X	x	x	x	x	x

### EL CARMEN, SAN JOSE PINULA



Scale 1 : 10 000

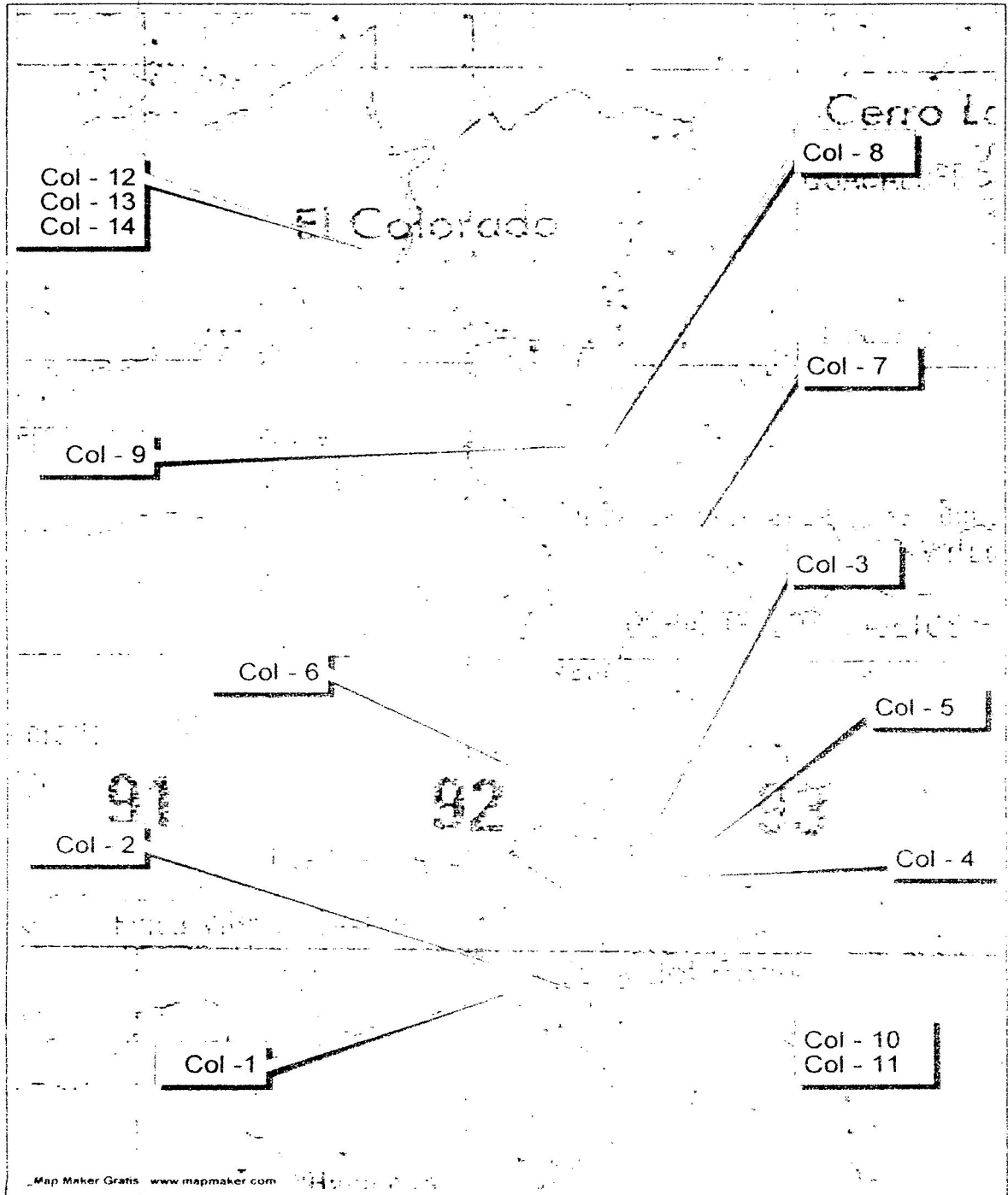
METRES 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500

**FIGURA 18.** Puntos de muestreo realizados en aldea El Carmen.  
Fuente: Autor

Produced in Map Maker

18 Septiembre 2004

# EL COLORADO, SAN JOSE PINULA

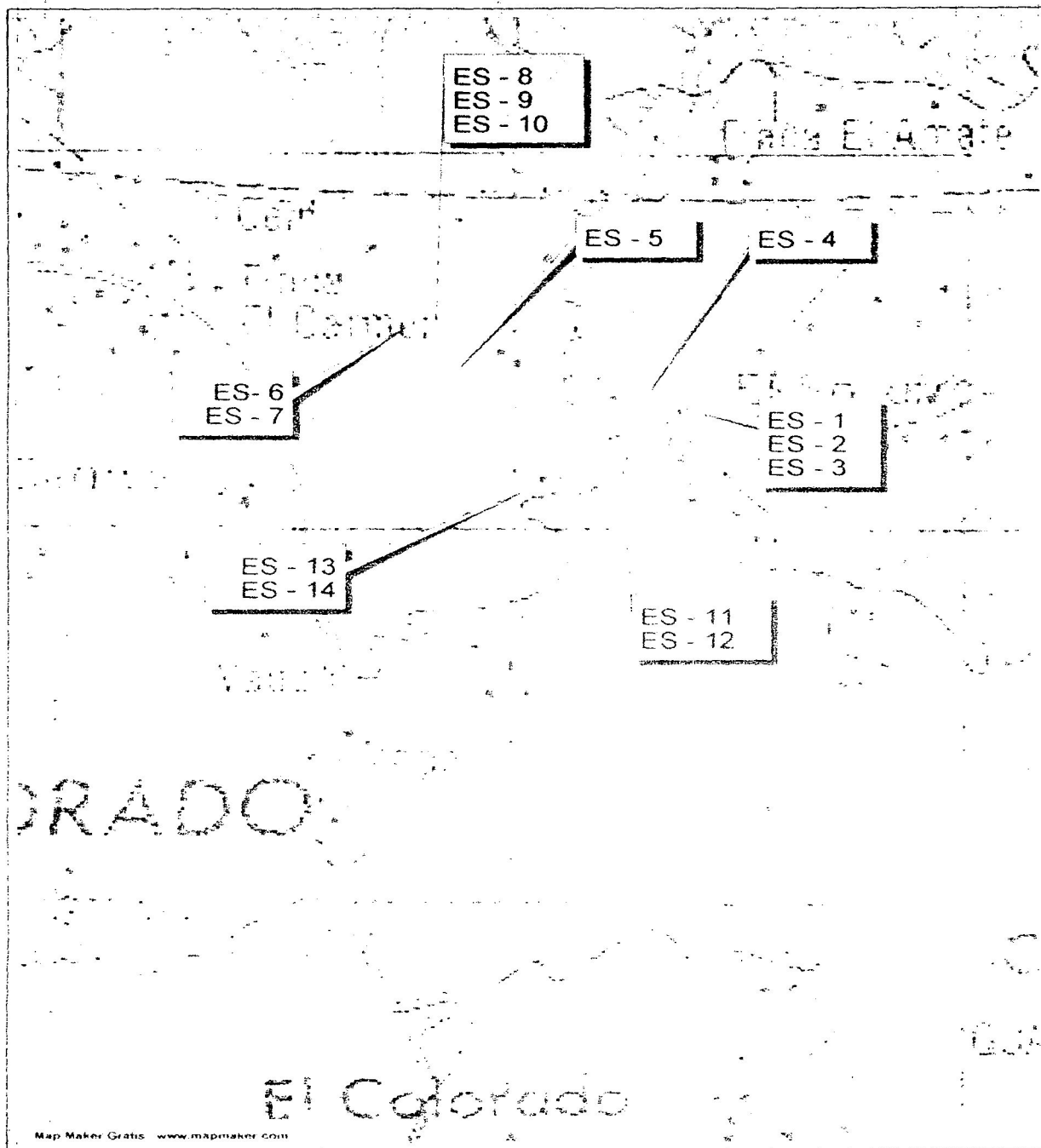


© CRRR, FAUSAC

METRES 100 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 METRES

**FIGURA 19:** Puntos de muestreo realizados en aldea El Colorado  
Fuente: Autor.

# EL SOCORRO, SAN JOSE PINULA

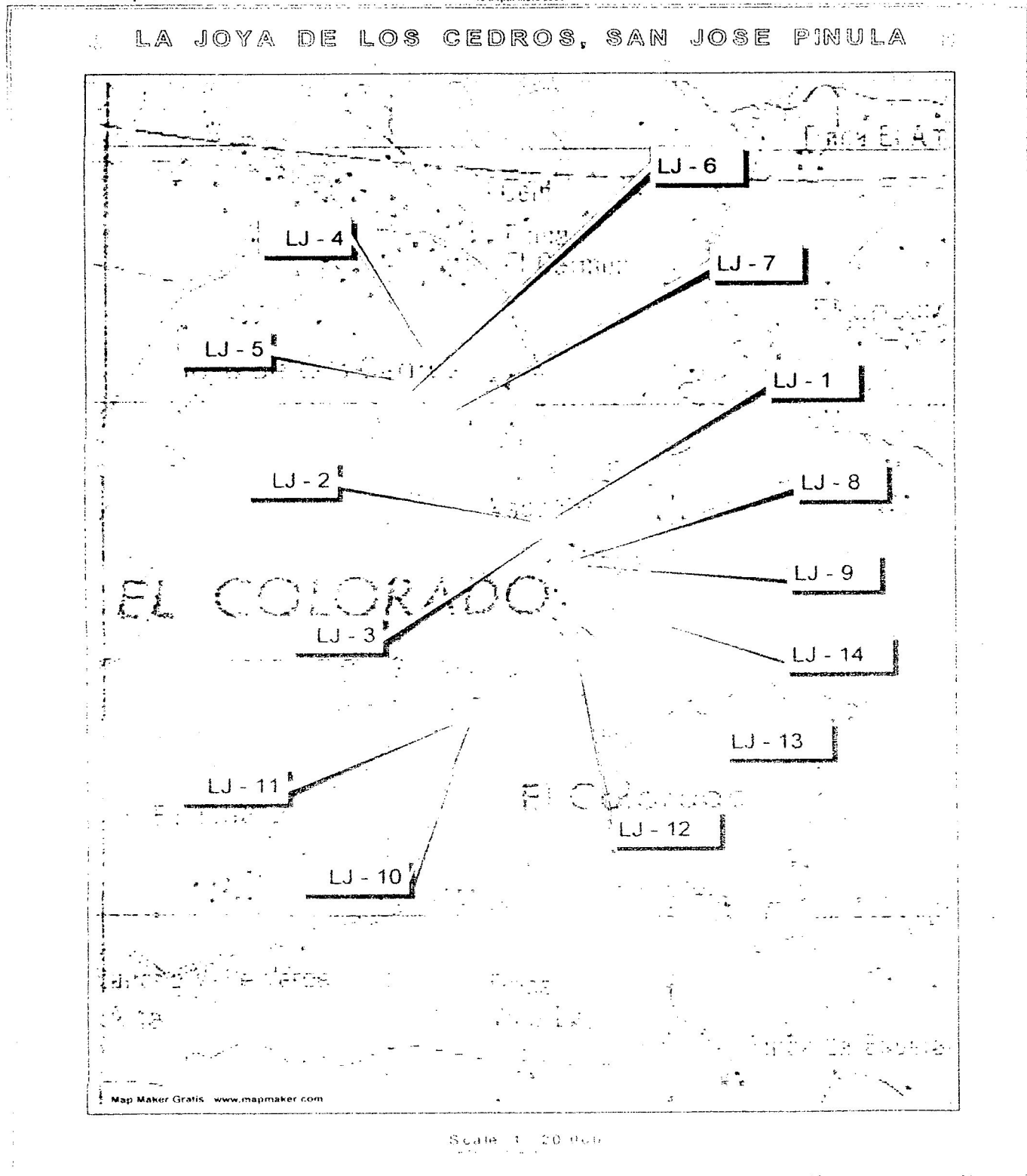


Scale: 1:10000

**FIGURA 20:** Puntos de muestreo realizados en aldea El Socorro  
Fuente: Autor.

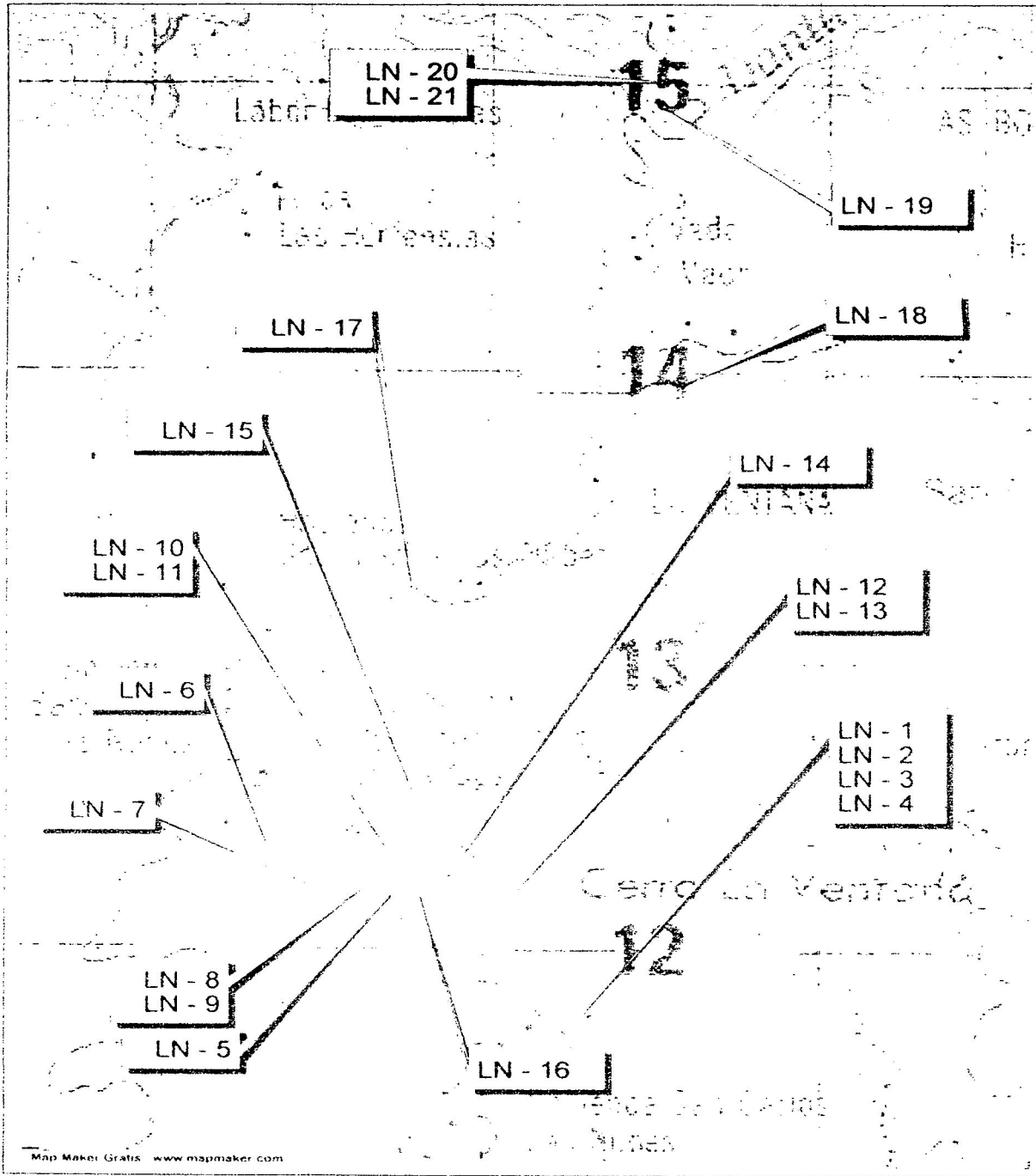
Produced in Map Maker

16 Septiembre 2004



**FIGURA 21:** Puntos de muestreo realizados en aldea La Joya de los Cedros  
Fuente: Autor.

# LAS NUBES, SAN JOSE PINULA



Scale 1:20,000

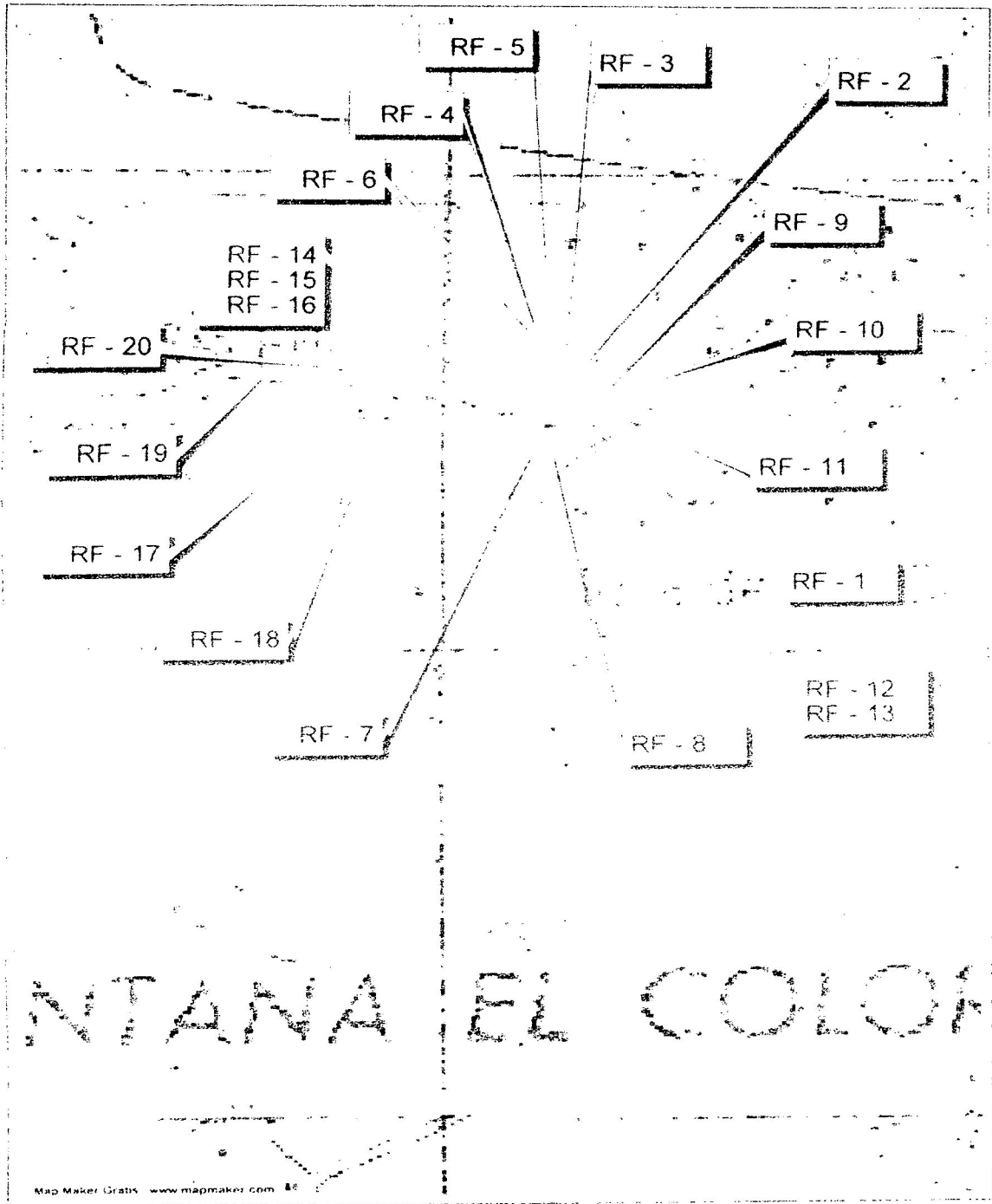
**FIGURA 22:** Puntos de muestreo realizados en aldea Las Nubes  
Fuente: Autor.



Produced in Map Maker

16 Septiembre 2004

### RIO FRIO, SAN JOSE PINULA



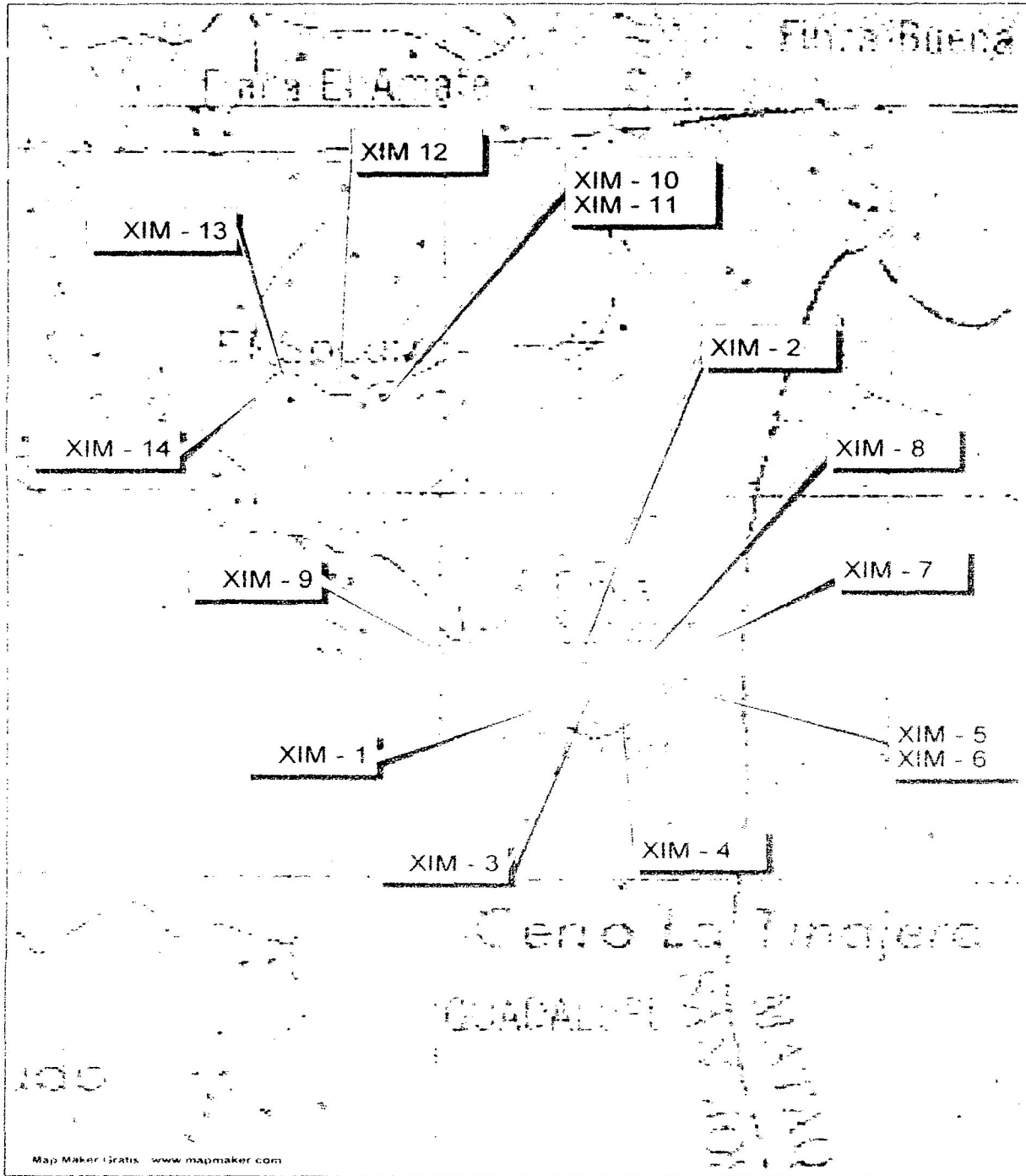
Escala 1:1000

LINEA BASAL

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 METROS

**FIGURA 23** Puntos de muestreo realizados en aldea Rio Frio  
Fuente: Autor.

### SANSHIN, SAN JOSE PINULA



**FIGURA 24** Puntos de muestreo realizados en aldea San Jim  
Fuente: Autor.



REF. Sem. 69/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

"DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS DE LA SUBFAMILIA HETERODERINA, EN EL CULTIVO DE LA PAPA *Solanum tuberosum* L. EN LA ZONA PRODUCTORA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE PINULA, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE :

CARLOS RENE RAMÍREZ ROSAS

CARNE:

9410062

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES :

Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria  
Ing. Agr. Samuel Guadalupe Córdova Calvillo

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 Álvarez Valenzuela  
A S E S O R

Dr. David Monterroso Salvatierra  
DIRECTOR DEL IIA DE SAN CARLOS

IMPRIMASE

Dr. Ariel Abderramán 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

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794  
e-mail: [liusac.edu.gt](mailto:liusac.edu.gt) & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomfa.htm>