

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

**“DETERMINACIÓN DE ESPECIES DEL NEMÁTODO DE QUISTE
Punctodera EN PATZICIA, CHIMALTENANGO, Y SU POTENCIAL
PATOGENICO EN MAÍZ (*Zea mays* L.)”**

SOREN SHERWOOD RAMÍREZ BARILLAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE ESPECIES DEL NEMÁTODO DE QUISTE *Punctodera* EN
PATZICÍA, CHIMALTENANGO, Y SU POTENCIAL PATOGENICO EN
MAÍZ (*Zea mays* L.)”**

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

POR:

SOREN SHERWOOD RAMÍREZ BARILLAS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DECANO
VOCAL I
VOCAL II
VOCAL III
VOCAL IV
VOCAL V
SECRETARIO**

MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
Br. Axel Esau Cuma
Br. Carlos Alberto Monterroso González
MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre 2009

Guatemala, noviembre de 2009

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, la **TESIS: “DETERMINACIÓN DE ESPECIES DEL NEMÁTODO DE QUISTE *Punctodera* EN PATZICIA, CHIMALTENANGO, Y SU POTENCIAL PATOGENICO EN MAÍZ (*Zea mays* L.)”**, 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 llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

SOREN SHERWOOD RAMÍREZ BARILLAS

ACTO QUE DEDICO

A MI DIOS

Por ser la fuente de toda sabiduría, tú siempre me has dado paz y serenidad en los momentos de incertidumbre.

A MI PADRE

Jorge Adolfo Ramírez Gonzáles (Q. E. P. D.), aunque estuviste poco tiempo conmigo, me enseñaste lo suficiente para recordarte como el mejor padre que pude haber tenido.

A MI MADRE

Berta Esperanza Barillas de Paz, gracias por ser ejemplo para mi, tu siempre me has llenado de tus buenos consejos y siempre me has dado otra perspectiva de las cosas, gracias por tu amor.

A MI HIJO Y A SU MADRE

Soren Ramírez Jr. y Glenda Esquivel.

Hijo gracias por ser siempre mi inspiración, tú eres lo mejor de mi, te amo y por ti siempre haré lo que sea necesario.

A MIS HERMANOS Y SOBRINO

Hayles, Jennifer, Carlitos e Ian por el cariño y los momentos inolvidables que hemos vivido y viviremos.

A MIS ABUELITOS

María Julia Gonzáles de Armas y Edgar Rubén Armas Gálvez, por que a lo largo de mi vida siempre han estado en las buenas y en las malas para apoyarme, gracias por ser ejemplo y por nunca dejarme caer.

A MIS TIAS

Graciela Gonzáles y Zoila Gonzáles, por estar siempre al pendiente de mí y darme ánimos para seguir adelante.

A MI NOVIA

Ingrid Silva, gracias por estar conmigo y apoyarme cuando más te he necesitado, gracias por tu amor y tus palabras de aliento.

A MIS AMIGOS

Carlos Sicán (chenca), Oscar Marroquín (mico), Vitalino Méndez (pijuy), Ariel Lemus (varon), Antonio Hernández (nato), Londy Mejía, Bárbara Porta, Lila Reyes, Kelder Ortís, Roni Mijangos, Majo Rodríguez, Rosmary López, Maritza Zetino, Vivian Ortiz, Carlos Franco, Ronald Mérida, Branda Hernández, Zuli Colindres, Ralph Picciotto, Eduardo Santos, gracias por los maravillosos momentos que hemos vivido.

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA

Tierra que me vio nacer.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Casa de estudios que brinda el pan del conocimiento al pueblo de Guatemala.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por darme las bases y los principios para ser un profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi Dios, por situar en mi camino a todas las personas que han contribuido en mi formación personal y académica.

Ing. Agr. Gustavo Álvarez, por confiar en mi aptitud y darme su apoyo para la realización de ésta investigación, por sus conocimientos y tiempo dedicado.

Ing. Amílcar Sánchez, por sus sugerencias para el fortalecimiento de mi investigación.

Ing. Samuel Córdova, por transmitirme sus conocimientos.

Sr. Julio Peña y Sr. Pedro Echeverría, por su asistencia durante la realización de mi investigación en el Centro de Diagnóstico Parasicológico.

Sra. Gloria Esquivel, por brindarme su apoyo por muchos años, fuiste un pilar de este éxito.

ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del problema	3
3.	Justificación	4
4.	Marco Teórico.....	5
4.1	Marco conceptual	5
4.2	Características de los nemátodos fitoparasíticos	9
4.2.9	Punctodera Mulvey & Stone, 1976	17
4.3	Estudios recientes sobre nemátodos de quiste en Guatemala	19
4.4	Aspectos legales para la fitozoosanidad en Guatemala	21
4.5	Marco referencial.....	23
5.	Objetivos.....	26
5.1	General	26
5.2	Específicos.....	26
6.	Hipótesis	27
7.	Metodología	28
7.1	Delimitación del área de muestreo	28
7.2	Planificación del muestreo	28
7.3	Fase de campo.....	29
7.4	Fase de laboratorio	30
7.4.3	Determinación.....	32
7.5	Prueba de Bioensayo para determinar patogenicidad.....	34
8.	Resultados y Discusión	36
8.1	Determinación de las especies de nemátodos de quiste del género Punctodera.	36
8.1.1	Bioensayos de patogenicidad	36
8.2	Incidencia y distribución de Punctodera Punctata en las áreas muestreadas.	45
9.	Conclusiones	49
10.	Recomendaciones	50
11.	Bibliografía.....	51
12.	Apéndice.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de los nematodos formadores de quiste.	12
Figura 2: Características del género Punctodera.....	17
Figura 3: Localización de municipio de Patzicía Chimaltenango.	25
Figura 4: Secado de las muestras de suelo antes de la extracción de quistes.....	30
Figura 5: Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona.	31
Figura 6: A) Plantas de maíz inoculadas con quistes, B) Total de macetas inoculadas.	37
Figura 7: Crecimiento y desarrollo de las plantas inoculadas con nematodos de quiste del género Punctodera.	37
Figura 8: A) Vista macroscópica de las raíces completamente sanas, B) Vista mas detenida de las raíces ya sin suelo con raíces sanas.	38
Figura 9: Proceso del Bioensayo de patogenicidad B.	40
Figura 10: Ausencia de bulla entre la fenestra vulvar y anal de quistes encontrados en los suelos de Patzicía Chimaltenango.	41
Figura 11: Forma esférica característica de Punctodera punctata.....	42
Figura 12: Mapa de distribución de Punctodera Punctata en Patzicía, Chimaltenango.....	45
Figura 13: Distribución de Punctodera punctata en el municipio de Patzicía por aldea muestreada	46
Figura 14: Porcentaje de incidencia de la especie Puntodera punctata en las aldeas muestreadas en Patzicía, Chimaltenango.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Densidades poblacionales y ubicación geográfica de las especies de quiste del género Punctodera determinadas en las muestras de suelo provenientes de Patzicía.	48
---	----

“DETERMINACIÓN DE ESPECIES DEL NEMÁTODO DE QUISTE *Punctodera* EN PATZICIA, CHIMALTENANGO, Y SU POTENCIAL PATOGENICO EN MAÍZ (*Zea mays* L.)”

“DETERMINATION OF CYST NEMATODE *Punctodera* SPECIES IN PATZICIA, CHIMALTENANGO, AND IT’S PATOGENICAL POTENTIAL IN CORN CROP (*Zea mays* L.)”

RESUMEN

En Guatemala el maíz es la principal fuente de alimento para las familias de pequeños y medianos agricultores, sin embargo en los últimos años a habido una reducción en los rendimientos de este grano lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de las mismas.

En Guatemala se ha reportado la presencia del género *Punctodera* en estudios realizados sobre nematodos de quiste asociados al cultivo de papa, sin embargo no se ha realizado ninguna investigación para determinar las especies y sus relaciones patogénicas, ya que en países como México *Punctodera chalcoensis*, es responsable de pérdidas totales en el cultivo.

El estudio se realizó en el municipio de Patzicía, Chimaltenango ya que los trabajos de investigación anteriores indican alta incidencia del género *Punctodera* en dicho municipio.

El estudio consistió en una prospección del área usando un muestreo simple aleatorio de una proporción de tamaño de muestra para una población finita, se tomaron 47 muestras de suelo en áreas utilizadas para el cultivo de maíz, en cada sitio muestreado se tomaron las coordenadas referenciales con un sistema de localización global vía satélite con el fin de representar los sitios muestreados en mapas. El suelo colectado fue secado a temperatura ambiente por un período de ocho días y fue procesado en el laboratorio de Fitopatología, la extracción y aislamiento de los nemátodos fue por medio de la técnica Fenwick modificado con flotación en acetona.

Se realizaron 2 bioensayos para determinar el potencial patogénico en el maíz, en el primero se inocularon quistes del género *Punctodera* en suelo procedente del área con el objeto de

incrementar la probabilidad de parasitismo en las macetas sembradas con semillas de maíz y en el segundo se inocularon quistes del género *Punctodera* en sustrato estéril y plántulas con raíz desarrollada, en ambos casos se obtuvo el mismo resultado, no hubo patogenicidad ni daño en las plantas de maíz y según las observaciones de los montajes de fenestralias, y sus características morfométricas se determinó que la especie presente en los suelos muestreados de Patzicía es *Punctodera punctata*, descartándose la presencia de *Punctodera chacoensis* en el municipio de Patzicía, Chimaltenango.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es el principal alimento en la dieta de los guatemaltecos y el municipio de Patzicía contribuye importantemente en la producción del mismo. Según estudios recientes que se han hecho en la facultad de Agronomía sobre nemátodos formadores de quistes, el género *Punctodera* es uno de los que tiene mayor incidencia en este municipio, y existen indicios de que también en todo el departamento ya que se dan las condiciones ideales climáticas y edáficas para la persistencia y reproducción del género.

En Guatemala se ha reportado la presencia del género *Punctodera* en varios estudios relacionados con el nematodo dorado de la papa, entre los cuales están: Salguero M. (2002), Ramírez C. (2004), Orellana L. (2005), Roldán E. (2005), Rivas E. (2005), Coló S. (2005), todos ellos reportando diferentes índices de incidencia en sus estudios. Actualmente no se cuenta con estudios relacionados con el género *Punctodera* y su potencial patogénico en maíz, sin embargo cabe mencionar que en países como México es uno de los principales problemas, ya que puede llegar a ocasionar hasta un 100% de pérdidas en dicho cultivo (Rowe 2002), de esto la importancia de hacer una determinación de las especies que hay en este municipio y establecer si representan algún peligro para el cultivo del maíz.

El presente estudio se realizó en el municipio de Patzicía, se utilizó como referencia los puntos georeferenciados por Salguero M., (2003). Se realizaron los muestreos respectivos y se procesaron las muestras en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía y se estableció la presencia del género *Punctodera* en 25 de 47 muestras, con las muestras positivas se realizaron dos bioensayos de patogenicidad, el primero fue realizado con el suelo original sin esterilizar y quistes del género *Punctodera* inoculados, con maíz HB-83, para poder determinar si además del maíz existía otra especie de

gramínea que fuera afectada por el género *Punctodera*, el experimento duro 90 días. El segundo bioensayo de patogenicidad se inicio a partir de que las raíces de maíz y otras gramíneas crecidas no estaban parasitadas a los 50 días de establecido el primer experimento, en esta ocasión se utilizó sustrato estéril y quistes del genero *Punctodera* inoculados en vasos plásticos y con maíz HB-83 germinado, el experimento duro 30 días y los quistes inoculados en los dos bioensayos no presentaron patogenicidad en el maíz.

Se realizó una comparación de características morfológicas en los quistes extraídos de las macetas del bioensayo para poder determinar que especie o especies estaban presentes en los suelos con presencia positiva del género *Punctodera* , llegándose a la conclusión que la especie determinada *Punctodera punctata* la cual no es de importancia económica y no está asociada al cultivo del maíz.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo del maíz es una de las principales fuentes de ingreso y seguridad alimentaria de los agricultores del país y en Patzicía, Chimaltenango éste cultivo es de importancia para las familias ya que les provee de alimento y es una fuente de ingresos económicos.

Según Rowe y Evans (19), el género *Punctodera* prefiere los climas templados como el de Patzicía y Chimaltenango en general, existen varios estudios realizados en Guatemala sobre nematodos de quiste en los cuales se ha detectado la presencia de *Punctodera*, entre éstos están: Salguero M., (20), en mayo de 2002 reportó en Patzicía, Chimaltenango una incidencia de 31.5%, Ramírez C., (16), en octubre de 2004 reportó en San José Pinula, Guatemala una incidencia de 6.3%, Orellana L., (15), en abril de 2005 reportó en Salamá, Baja Verapaz una incidencia de 35%, Roldán E., (18), en julio de 2005 reportó en el municipio de Jalapa, Jalapa, una incidencia del 1%, Rivas E., (17), en octubre de 2005 reportó en Patzún y Zaragoza, Chimaltenango una incidencia de 55.23% y Coló S., (7), en noviembre de 2005 reportó en los municipios de Tecpan, Santa Apolonia y San José Poaquil, Chimaltenango una incidencia de 88.57%; por esto es importante hacer una determinación de especies, ya que el nematodo de quiste *P. chalcoensis* ha sido reportado causando daño a plantaciones de maíz en donde las pérdidas pueden ser totales.

La importancia del presente estudio radicó en la determinación de las especies presentes en los lugares muestreados y su asociación con el cultivo del maíz.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante el período del año 2000 a 2005 se realizaron varios estudios relacionados con la presencia del nematodo de quiste asociado al cultivo de la papa, dichos estudios se originaron a partir del cierre de fronteras comerciales y cuarentena al cultivo de la papa por una alerta fitosanitaria derivada de la detección de quistes de *Globodera* en un cargamento que iba de Guatemala a Honduras.

En los trabajos de investigación sobre nematodos de quiste que se han realizado en los departamentos de Chimaltenango, Guatemala, Baja Verapaz y Jalapa; se han detectado altas incidencias del género *Punctodera*, y Patzicía reúne las condiciones climáticas ideales para el desarrollo y persistencia de este género en particular, es por esto que es necesario hacer una determinación de especies y realizar pruebas de patogenicidad para establecer su asociación con el cultivo del maíz, ya que este es fuente de alimento e ingreso económico para las familias.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 ORIGEN DEL CULTIVO DEL MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre la mitad sur de México y el sur de Guatemala. Sus registros fósiles más antiguos, encontrados en la ciudad de México, consisten en muestras de polen de un maíz primitivo y tienen entre sesenta y ochenta mil años de antigüedad. Las primeras mazorcas se encontraron en Tehuacan (México) y datan de hace aproximadamente siete mil años. En Sudamérica las pruebas arqueológicas de la transformación del maíz son más recientes y escasas; se localizan principalmente en las zonas costeras del Perú. A partir de estas áreas, el cultivo del maíz fue extendiéndose, primero a América del Norte y, tras la llegada de Colón al continente, al resto del mundo (Buxadé 1999).

4.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)

El maíz es una gramínea anual. Las cuatro o cinco raíces que se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias) sólo son funcionales durante los primeros estadios de desarrollo. Estas raíces se van degenerando y son sustituidas por otras secundarias o adventicias, que se producen a partir de los ocho o diez primeros nudos de la base del tallo, situados por debajo del nivel del suelo. Forman un sistema radicular denso, a modo de cabellera, que se extiende a una profundidad variable, aunque su mayor parte está en los quince primeros centímetros. A partir de los cuatro o cinco nudos por encima de la superficie, emite otro tipo de raíces adventicias más gruesas, los raigones, que sirven para mejorar el anclaje de la planta (Buxadé 1999).

Las hojas se disponen alternadamente en dos filas a lo largo del tallo. En cada una de ellas pueden distinguirse dos partes: la vaina y la lámina o limbo. La vaina es la parte inferior de la hoja; va intersectada en el nudo y envuelve al entrenudo como un cilindro. La

lámina corresponde a lo que normalmente se entiende por hoja. Puede llegar a los 1.5 m de largo por .1 m de ancho y tiene la nerviación paralela. Igual que sucede en las restantes gramíneas, el punto de unión de la vaina con la lámina se encuentra una formación específica a modo de lengüeta, denominada lígula (Buxadé 1999).

Los tallos o cañas los forman una sucesión de nudos y entrenudos. Los primeros son zonas abultadas a partir de los cuales se produce la elongación de los entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de inserción de una hoja. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de las otras gramíneas, en el maíz los entrenudos son macizos, en lugar de huecos (Buxadé 1999).

El maíz produce flores unisexuales masculinas y femeninas, agrupadas en inflorescencias, en distintas partes de la planta (Buxadé 1999).

-El penacho o inflorescencia masculina se encuentra en la parte superior de la planta y lo forman un eje central y varias ramas laterales. Sobre ellas se implantan, de dos en dos, muchas inflorescencias elementales, denominadas espiguillas. Cada una de éstas posee, a su vez, dos flores, que son las encargadas de producir el polen (Buxadé 1999).

-La mazorca o inflorescencia femenina, que surge hacia la mitad del tallo, está protegida por un conjunto de hojas especiales (brácteas), que la recubren por completo. Consta de un eje central engrosado (zuro) sobre el que se insertan las espiguillas con las flores femeninas en hileras longitudinales dobles. Cada espiguilla contiene dos flores y, por ello, el número de hileras de granos por mazorca es casi siempre par. En cada flor hay un ovario, que se prolonga en un largo estilo de hasta 50 cm. (seda), en cuyo extremo se encuentra el estigma, receptor del grano de polen (Buxadé 1999).

-Los estigmas de todas las flores de la mazorca se agrupan para salir al exterior por el extremo superior del zurro, a través de las brácteas, formando un mechón. Los estigmas permanecen receptivos unos catorce días, mientras que el grano de polen sólo es viable durante aproximadamente 24 horas. El maíz es una planta alógama, es decir, que la mayor parte de sus flores femeninas (más de un 95%) son fecundadas con polen de otras plantas de la misma especie (Buxadé 1999).

El maíz es un cultivo que requiere un período mínimo de crecimiento de ciento veinte días (libres de heladas). Se trata de un cultivo típico de verano: la temperatura constituye un factor fundamental para el desarrollo de las plantas, aunque hay líneas o genotipos adaptados a condiciones muy diferentes. Los límites térmicos se sitúan entre 13°C, como temperatura mínima y 30°C, como máxima (Buxadé 1999).

Clasificación taxonómica del maíz (Buxadé 1999):

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Genero	Zea
Especie	Zea mays

4.1.4 DIVERSIDAD GENÉTICA

La especie *Zea mays* L. presenta gran variedad genética, y esto ha hecho surgir muchas razas, que se diferencian por la calidad, cantidad y composición de las sustancias de reserva del grano. Estas sustancias se encuentran en el interior del mismo, en una zona que se conoce como endospermo. Cada una de las razas o tipos tiene el rango de variedad botánica; las variedades se han clasificado del modo siguiente (Buxadé 1999):

- Variedad everta o maíz reventón: Se diferencia de las demás por la constitución del endospermo, formado por un almidón más duro y en el que existen tubos capilares rellenos de agua y aire. Al ser sometidos a la acción del calor, el endospermo explota, dejando expuesta la parte interior del grano. Se utiliza sobre todo para el consumo humano.
- Variedad amylacea o maíz harinoso: El grano es más grande que el de los otros tipos y su peso específico más bajo. Esta característica se debe al predominio de un tipo de almidón, la amilopectina, en el endospermo. Se emplea para obtener harinas y almidón.

- Variedad indentata o maíz dentado: Es un tipo intermedio entre los duros y los harinosos, y el más cultivado en todo el mundo. Su característica principal es una depresión en la parte superior del grano.
- Variedad indurata o maíz duro. Las semillas son más pequeñas que las de la variedad indentata y se usan en la alimentación de aves.
- Variedad saccharata o maíz dulce: A ésta variedad pertenecen los maíces más utilizados para el consumo humano, en fresco o como producto industrializado. En ella el endospermo tiene una elevada concentración de azúcar cuando el grano está en el estadio de madurez lechosa.
- Variedad keratina o maíz ceroso: Este tipo fue llevado a los Estados Unidos desde China en 1908 y se mantiene como una curiosidad genética. El endospermo está formado casi exclusivamente por la amilopectina, lo que le confiere una apariencia cerosa.
- Variedad tunicata o maíz tunicado: La principal característica de este grupo es que cada grano está rodeado de unas escamas protectoras llamadas glumas. Se utiliza en los estudios relativos al origen de la especie, no teniendo ninguna aplicación comercial (Buxadé 1999).

4.1.5 ZONAS DE PRODUCCIÓN

El maíz es por excelencia el cultivo de más beneficio para la mayoría de los guatemaltecos,

éste brinda seguridad alimentaria a muchas personas, es por esto que se cultiva en cualquier región de nuestro país; en Centroamérica somos el país con más superficie cosechada de maíz (Buxadé 1999).

4.1.6 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN GUATEMALA

El cultivo del maíz es importante porque además de que se cultiva comercialmente para su utilización en diferentes industrias, es la principal fuente de sustento para miles de familias desde tiempos prehispánicos (Buxadé 1999).

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMÁTODOS FITOPARASÍTICOS

4.2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y ANATÓMICAS

Su largo oscila entre los 300 a 1,000 μm por 15 a 35 μm de ancho. Tienen generalmente forma de anguila con cuerpos lisos no segmentados, sin apéndices. 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 (Agrios 1988).

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 (Agrios 1988).

a) Hembras: Las hembras maduras son de color blanco, son hinchadas, subesféricas a esféricas o en forma de limón, debido al enorme desarrollo de los ovarios que son pareados, enrollados dentro del cuerpo. La cutícula de la hembra madura no es anillada completamente, solamente en la región del cuello hay varios anillos conspicuos, el campo lateral es ausente. El estilete y el esófago (con un prominente bulbo medio y prominente válvula) son desarrollados fuertemente y se localizan en la parte anterior o cuello del cuerpo. Posterior al poro excretor, el cuerpo se hincha y se desarrolla grandemente; el poro excretor se encuentra en la base del cuello. La vulva se encuentra en el extremo posterior del cuerpo, en los quistes en forma de limón como en Heterodera y en Cactodera, se localiza sobre una proyección, llamada cono vulvar. La abertura de la vulva corre transversalmente, en otras palabras a 90° del eje de la vulva-ano. Debido a que el ano se encuentra posterior a la vulva en hembras inmaduras, éste está en posición dorsal a la vulva, en hembras maduras (Agrios 1988).

b) Machos: Los machos son vermiformes con una constricción que separa la cabeza hemisférica del resto de cuerpo, labios conspicuos. La cola es típica: muy corta (cerca de un cuarto de la anchura máxima del cuerpo), redondeada y sin un bursa. Después de morir, los machos se tuercen frecuentemente 90° cerca del eje longitudinal y dos tercios de la longitud del cuerpo a partir de la cabeza. La cutícula es anillada y los campos laterales terminan antes del término de la cola, pero a menudo parecen continuar

alrededor de la misma. La morfología de la parte anterior es semejante a la del segundo estado juvenil, pero el metacorpus es más alargado y ocupa menor anchura del cuerpo. Un solo testículo se extiende anteriormente de uno a dos tercios de la longitud total del cuerpo y es reflejado. Las espículas son pareadas de forma curva, forman un tubo que se estrecha en el extremo; las puntas de las espículas son de forma puntiaguda o bífida (Agrios 1988).

c) Quistes: Los quistes son formados por el endurecimiento de la cutícula de la hembra y mantienen la forma de las hembras. La superficie del quiste esta cubierta por un patrón de estrías, derivadas del patrón de la cutícula de la hembra. Un área delgada de la cutícula que rodea la vulva, se pierde y esta región en los quistes más viejos forma una apertura, llamada fenestra. En la mayoría de la especies, la vulva se encuentra en un engrosamiento de la cutícula llamado el puente de la vulva, el cual cruza la región de la fenestra y la divide en dos semifenestras. La pared de vaginal puede permanecer en el cono del quiste y es conectada a los lados del cono por una estructura transversal, llamada subpuente. Una segunda estructura lateral puede ser presente entre el puente de la vulva y el subpuente, corriendo por el resto de la vagina hacia las paredes del cono en 90° , el puente de Mulvey. Engrosamientos de la superficie interior de la cutícula en la región del cono del quiste pueden estar presentes, formando varios cuerpos de forma variable llamada bullae. Dorsal a la fenestra se localiza el ano. En las especies de quiste de forma redonda, (Globodera y Punctodera) la vulva no se localiza en un cono pero se encuentra en una pequeña depresión superficial y circular, conocida como 'basin vulvar'. La abertura de la vulva corre transversalmente y esta rodeada dorsalmente y ventralmente por un grupo pequeño de papilas, dentro del 'basin vulvar'. La fenestra es siempre del tipo circumfenestra y el área de la fenestra es más o menos de igual tamaño (pero a menudo menor) al 'basin vulvar'. El subpuente no esta presente. En Punctodera el ano se encuentra en una segunda fenestra circular, más o menos de igual en tamaño a la fenestra de la vulva (Agrios 1988).

4.2.2 CICLO DE VIDA Y BIOLOGÍA

Todos los nematodos de quiste tienen básicamente el mismo ciclo de vida; durante su crecimiento y desarrollo los nematodos cumplen 5 estadios, de huevo a adulto, sucediéndose 4 mudas en el proceso (Burrows 1990, Sidiqqi 2000, Thorne 1961).

La primera muda del primer estado juvenil ocurre dentro del huevo y se desarrolla al segundo estadio juvenil (J2) el cual es el infectivo. Eclosiona del huevo como J2 y comienza generalmente después de recibir el estímulo de los exudados de raíz a parasitar al huésped. El J2 penetra la raíz cerca al punto de crecimiento, se mueve dentro de la raíz cortando las paredes de células con su estilete y eventualmente permanece en un lugar para alimentarse de las células cercanas al tejido vascular de la raíz. El estilete perfora las células y la saliva de las glándulas del esófago es inyectada. Los componentes de la saliva del nematodo inducen el crecimiento de las células, el rompimiento de las paredes de las células, y la formación de una célula gigante llamada sincitio. El crecimiento interno de las paredes celulares facilita la transferencia de alimento nutritivo al parásito. El nematodo en estadio juvenil permanece en un sitio donde se alimenta y se transforma en sedentario, experimenta tres mudas adicionales antes de alcanzar el estado adulto. (Rowe 2002).

Un grado alto de dimorfismo sexual existe. Los machos adultos salen de las raíces y sobreviven por cerca de 10 días en el suelo. La hembra adulta sedentaria se hincha e incrementa de tamaño, rompiendo la corteza de la raíz, exponiendo el cuerpo al suelo. Atrayentes químicos atraen los machos vermiformes hacia las hembras (Rowe 2002).

Los huevos embrionados se desarrollan dentro del cuerpo de la hembra. La mayoría son retenidos dentro del cuerpo, pero algunos son expulsados a través de la vulva en una matriz gelatinosa. En estos huevos se ha observado una eclosión de los J2, más rápida que los que se retienen dentro de la hembra y a menudo contribuyen a que ocurra una invasión temprana y a tener generaciones adicionales en el mismo ciclo agrícola. La temperatura en el suelo afecta el tiempo de desarrollo como es el caso de *H. glycines*, la que puede completar varias generaciones en un ciclo de cultivo. Cuando los huevos se desarrollan, la hembra muere y su pared del cuerpo se engruesa y obtiene color marrón

para formar un quiste protector duro. Ocasionalmente, una capa blanca, conocida como la capa subcristalina, puede estar presente cubriendo parcialmente al quiste. Eventualmente los quistes se desprenden del sistema de raíz senescente y llegan a ser liberados en el suelo, o permanecen adheridos a la raíz hasta que los J2 son estimulados para salir del huevo por la acción de los exudados de la raíz del huésped. En la ausencia de un huésped, algunos (o aún la mayoría) de los J2 se mantienen dentro de los quistes y algunos mueren cada año. En algunas especies, sin embargo, los quistes pueden retener los J2 viables hasta por 20 años (Ej. El nematodo de quiste de la papa) (Rowe 2002).

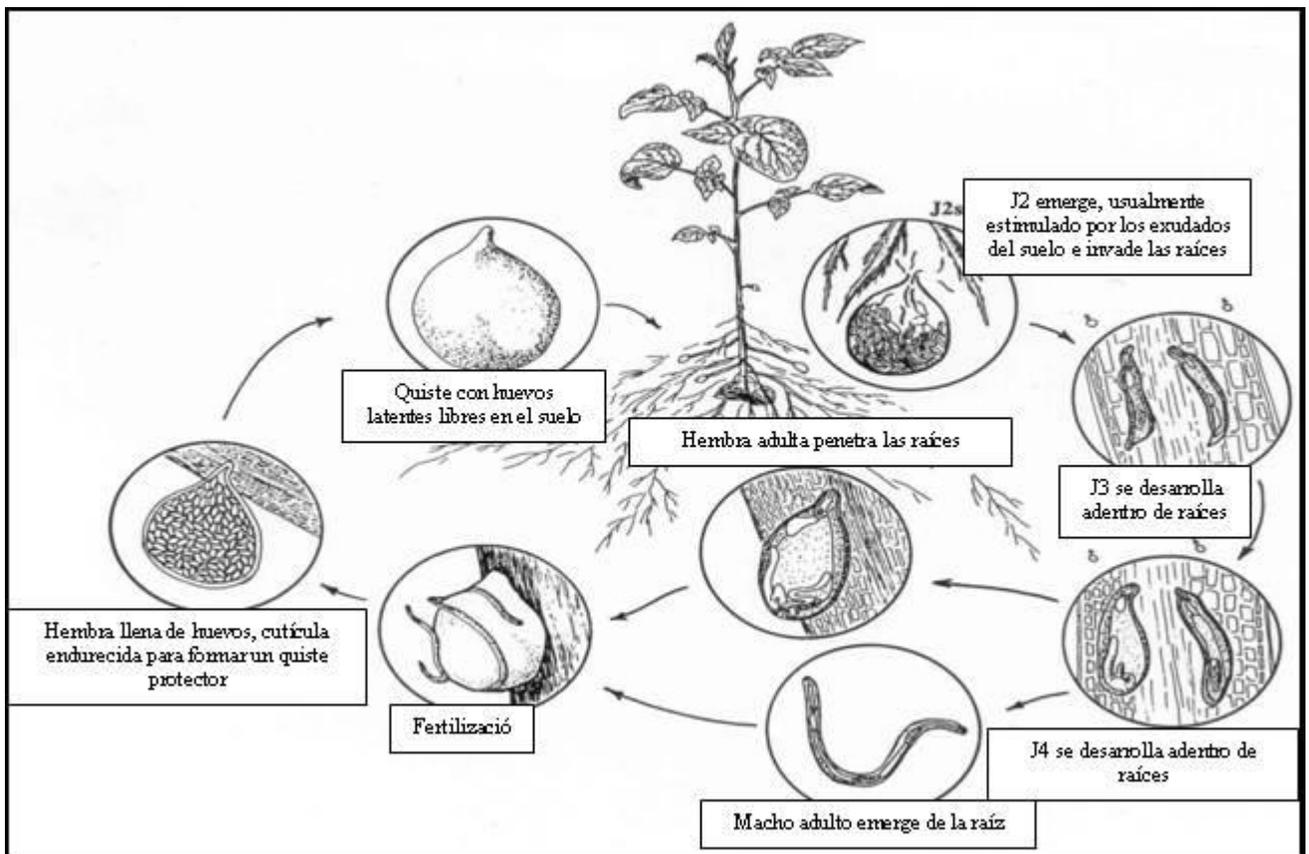


Figura 1: Ciclo de vida de los nematodos formadores de quiste.

Fuente: Agrios, GN.

4.2.3 ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN

La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo. Su mayor abundancia esta entre los 0 a 15 cm. de profundidad (Agrios 1988).

La distribución en el suelo, de los nematodos esta regida por su propia capacidad. No logra recorrer más de un metro de distancia, con mayor rapidez en películas delgadas de agua. A través del equipo agrícola, la irrigación, el drenaje de agua, patas de animales, semillas infectadas, plantas de viveros, etc., es como logra dispersarse a través de grandes distancias (Agrios 1988).

4.2.4 POBLACIÓN Y PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN DE LOS NEMÁTODOS

El limite superior de la población para cualquier especie de nematodo parásito de plantas depende de su potencia reproductora, de la especie de planta huésped y del tiempo en estar en condiciones adecuadas para su reproducción. Los endoparásitos especializados y parásitos superficiales tienen una mayor potencia de reproducción que los ectoparásitos. 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 (Zuckerman 1981).

Los patrones de disposición espacial son tres (Zuckerman 1981):

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

La distribución típica sigue un patrón agregado o contagioso. Factores como el tipo de deposición de huevos, patogenicidad relativa, distribución de raíces, respuesta al microclima y la interacción entre enemigos naturales contribuyen al proceso de agregación (Zuckerman 1981).

4.2.8 NEMÁTODOS DE LA SUB-FAMILIA HETERODERINAE

4.2.8.1 HISTORIA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El término “Heterodera” fue introducido por Schmidt en 1,851 e incluyó en el a nematodos del tipo *schachtii*, en el período comprendido entre 1,871 y 1,949 se distinguieron nuevas variedades, especies y subespecies de *Heterodera*, así como cierto rango de hospederos, pero su posición taxonómica seguía siendo dudosa. Hasta 1,940 Franklin hizo una revisión de las llamadas razas biológicas de *Heterodera shachtii*, y reconoció 5 diferentes especies: *H. shachtii* Schmidt 1871, *H. goettingiana* Liebscher 1892, *H. punctata* Thorne 1928, *H. avenae* Wollenweber 1924, y *H. rostochiensis* Wollenweber 1923. A partir de entonces el número de especies de Heterodera se ha incrementado basándose su clasificación en caracteres diferenciales como la morfología de los quistes adultos, modelos vulvares, características del segundo estado juvenil principalmente. Con el paso de los años se hizo una división y se formaron 2 grupos: los citriformes, cuyas hembras presentan la ubicación de la vulva en una protuberancia cónica llamada cono vulvar entre estos se encerró el subgénero Heterodera, y los esféricos y piriformes, cuyas hembras poseen la vulva en el contorno del quiste los cuales se agruparon como el subgénero *Globodera* (Salguero 2003).

En 1,977 Stone hace referencia a más de 70 especies de nematodos de quiste descritos, algunos sinónimos no resueltos y varias especies en investigación con una descripción inadecuada que no permite una distinción confiable, de manera que los parámetros para distinguir una especie de otra son cada vez más sofisticados, a la vez que aumentan en número, debido al problema que representa la identificación específica (Salguero 2003).

Otro de los parámetros utilizados para la identificación de las especies es el color de los quistes, el cual es muy importante para diferenciar hembras en desarrollo que van de coloraciones blanca a castaño, donde únicamente en las hembras del “nematodo dorado de la papa” manifiestan un color amarillo dorado. El tamaño del quiste en ocasiones ha sido utilizado como parámetro diferencial pero es influenciado por el ambiente y se debe tener precaución. Los caracteres cuticulares son también utilizados, en *G. rostochiensis* se encuentran estrías en forma de zig zag (Salguero 2003).

La utilización de datos biométricos para la agrupación taxonómica y las medidas más usadas son: la longitud y ancho de fenestra, distancia entre vulva y ano, y el índice de Granek, usado especialmente para diferenciar especies de *Globodera pallida* y *G. rostochiensis* (Salguero 2003).

Según Sidiqqi et al., la clasificación taxonómica del grupo de los nematodos de quiste se describe de la siguiente manera (Salguero 2003):

Phyllum:	Nematoda
Clase:	Secernentea
Subclase:	Diplogasteria
Orden:	Tylenchida
Suborden:	Tylenchina
Súper familia:	Heteroderoidea
Familia:	Heteroderidae
Sub familia:	Heteroderinae
Géneros:	

Heterodera Schmidt, 1871

Dolichodera Mulvey & Ebsary, 1980

Afenestrata Baldwin & Bell, 1985

Globodera Skarbilovich, 1959

Cactodera Krall & Krall, 1978

Punctodera Mulvey & Stone, 1976

La clave utilizada para determinar las subfamilias de la familia Heteroderidae se describe a continuación (21):

1. Vulva ecuatorial; el desarrollo del macho no es por metamorfosis.....*Meloidoderinae*
 Vulva terminal o subterminal; el desarrollo del macho es por metamorfosis 2
2. La hembra se transforma en quiste endurecido *Heteroderinae*
 La hembra no se transforma en quiste endurecido *Ataloderinae*

4.2.8.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUB FAMILIA HETERODERINAE Y SUS GÉNEROS

Hembras maduras de forma esférica, de pera o con de aspecto de limón con un cuello corto, que se tornan duras, fuertes, amarillentas, formando quistes de color claro a un marrón oscuro o negro, que contienen huevos y estados juveniles, algunos huevos se encuentran inmersos en una matriz gelatinosa. La superficie de la cutícula posee un patrón en zig-zag o parecido a un encaje. La vulva y ano se encuentren cerca uno de otro, casi en la parte terminal, en un relieve vulval cónico o en uno plano o cóncavo. Presente una fenestra vulval clara; solo en *Punctodera* se encuentra presente una fenestra anal. Los machos se desarrollan a través de metamorfosis, poseen una región cefálica anillada, cuatro incisuras en la región lateral y una cola semiesférica muy corta, raramente la cola esta ausente. Bursa ausente (Sidiqqi 2000). La clave utilizada para determinar los géneros de la subfamilia *Heteroderinae* se describe a continuación (Sidiqqi 2000):

1. Fenestra vulval ausente..... *Afenestrata*
 Fenestra vulval presente.....2
2. Cuerpo con cono terminal.....3
 Cuerpo sin cono terminal4
3. Superficie cuticular con arrugas paralelas; dentículas vulvales presentes;
 Circumfenestrado.....*Cactodera*
 Superficie cuticular con arrugas en forma de encaje o zig-zag; dentículas
 vulvales generalmente ausentes, raramente circumfenestrado.....*Heterodera*
4. Región anal con fenestra.....*Punctodera*
 Región anal sin fenestra..... 5
5. Hembras maduras y quistes esferoides, tubérculos perineales presentes,
 Bullae usualmente ausente.....*Globodera*
 Hembras maduras y quistes oval-elongados, tubérculos perineales ausentes,
 Bullae presente.....*Dolichodera*

4.2.9 PUNCTODERA MULVEY & STONE, 1976

Las hembras presentan el estadio de quiste. Poseen cuerpo globoso, esférico o con forma de pera u ovalada con un cuello corto y no tienen cono terminal. Con cutícula densa cuya superficie posee un patrón reticulado, la subcutícula tiene puntuaciones; la capa D está presente así como una capa subcristalina gruesa. Los quistes varían del color café claro al oscuro. Poseen una vulva terminal, la abertura vulvar mide menos de 5 μm , rodeada por una fenestra circular que mide 20 μm de diámetro, carece de papilas perineales, sin puente interno y la bullae puede estar presente o ausente. El ano esta rodeado por una fenestra de similar forma y tamaño que la fenestra vulvar. Los huevos son retenidos en el cuerpo sin formar masas de éstos, los quistes contienen entre 70 a 228 huevos de forma suboval elongados. Los machos son vermiformes con menos de 1.5 mm de largo, las regiones laterales poseen 4 incisuras, las espículas miden entre 30 – 31 μm y son curvadas colocadas en el extremo posterior, sin tubo cloacal, la cola es corta y redondeada. Los juveniles del segundo estadio poseen cuerpo de unos 0.35 a 0.49 mm, el estilete mide menos de 30 μm , con una cola cónica y fasmidias punctiformes. Las glándulas esofágicas ocupan el ancho del cuerpo, en la alimentación provocan un sincitio (Sidiqqi 2000).

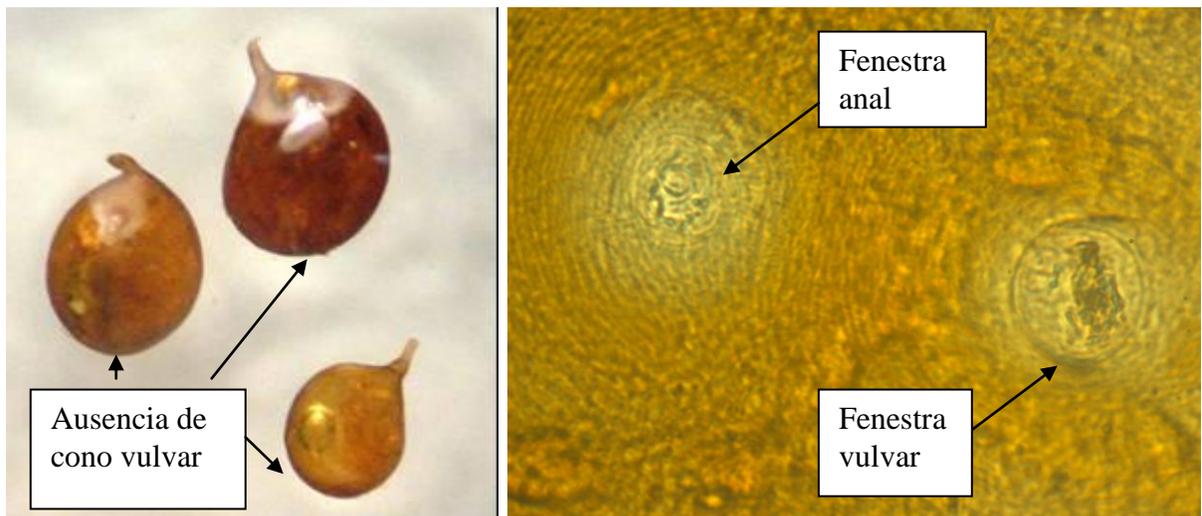


Figura 2: Características del género Punctodera.

Fuente: Autor

Este género comprende varias especies:

Punctodera punctata (Thorne, 1928) Mulvey & Stone, 1976

P. chalcoensis Stone, Sosa Moss & Mulvey, 1976

P. matadorensis Mulvey & Stone, 1976

Originalmente el género *Punctodera* fue descrito en trigo en Canadá. *Punctodera punctata* ha sido registrada en muchas especies de gramíneas, como lo es en trigo, avena, cebada, y muchos tipos de gramas de pradera como *Poa pratensis*, *Agrostis stolonifera*, *Lolium perenne*, *Festuca rubra* y otras, este nematodo ataca a las raíces principalmente en la etapa de crecimiento vegetativo. Este nematodo no provoca síntomas visibles en las plantas por lo que se sabe que existe por la presencia de los quistes, por lo que este género no es considerado como una plaga ya que no causa pérdidas económicas de importancia. Este nematodo es afectado por las sequías (Buxadé 1999, Sidiqqi 2000).

Etimología: Para el epíteto específico se tomo en cuenta punc = la presencia de puntuaciones en la subcutícula y el griego deras = piel o capa (Sidiqqi 2000).

4.2.10 SIMILITUDES ENTRE LAS ESPECIES DE PUNCTODERA

P. punctata puede distinguirse fácilmente de *P. matadorensis* por la ausencia de bullas entre la vulva y el ano, que están muy presentes en *P. matadorensis*. La longitud de la cola de larvas (alrededor de 85 μm), y una parte hialina de la cola 55 μm , se distingue fácilmente de *P. matadorensis* en estas longitudes que son alrededor de 65 y 40 μm , respectivamente. Cabe señalar que *P. punctata* y *P. matadorensis* fueron descritos de Saskatchewan, Canadá y que las dos larvas en la colección de Thorne, utilizados para la descripción original de *P. punctata* (Thorne, 1928), muestran el mismo estilete (cerca de 24 μm) y longitud de la cola hialina (40 μm) como el paratipo larval de *P. matadorensis* (Mulvey y Stone, 1976). Por lo tanto, la única diferencia entre *P. punctata* de Saskatchewan y *P. matadorensis* es la presencia de bullas en los quistes de este último (CAB International 2007).

Si en el futuro, en la localidad donde se encontró *P. punctata*, se encuentran estos mismos con bullae, esto indicaría que *P. punctata* es idéntica a *P. matadorensis* y que *P. punctata* sin bullas, se encuentra generalmente en Europa y como describió Horne (1965), está todavía sin nombre. La morfometría de las larvas de esta especie sin bullae sugiere que en los pastos de la Europa continental *P. punctata* esta representada por dos diferentes especies diferentes (Wouts et al., 1986), lo cual complica aún más la identidad de esta especie (CAB International 2007).

P. punctata es muy similar a *P. chalconensis*. En la descripción original de *P. chalconensis*, esta especie se separa de *H. punctata* por la forma más esférica del quiste, son mas largos en la segunda etapa juvenil y tienen diferente rango de hospederos. La forma y el tamaño del quiste son muy variables dentro de la misma población y, a menos que se vean otras características, no es muy fiable. En su segundo estado juvenil las larvas largas de *P. punctata* serían características, sin embargo se han reportado juveniles cortos solo en la descripción original de la especie. Documentaciones posteriores (Horne, 1965; Wouts y Weischer, 1977; Wouts et al., 1986) listan longitudes entre 500 y 600 μm , que es la gama reconocida para *P. chalconensis*. Por lo tanto, hasta que los nuevos caracteres de diagnóstico sean implementados, la única diferencia entre estos dos nematodos parece ser su gama de huéspedes: *P. punctata* parasita gramíneas, mientras que *P. chalconensis* parasita maíz (CAB International 2007).

4.3 ESTUDIOS RECIENTES SOBRE NEMÁTODOS DE QUISTE EN GUATEMALA

En el año de 1,979 García M. realizó un estudio analítico y taxonómico de los nematodos de quiste en Guatemala, para este estudio se muestrearon los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. El estudio fue apoyado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y los muestreos fueron realizados en las áreas de ingerencia del mismo. Los resultados de García demuestran la presencia del género *Heterodera* y *Globodera*, este último con una incidencia de 88.29 % del total de muestras, sin embargo se negó la presencia del nematodo dorado en este estudio (García 1980).

Para el año 2002 Salguero de León realizó un estudio de determinación de nematodos de quiste en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Las aldeas tomadas en cuenta para este estudio fueron la aldea El Sitán, la aldea El Llano, la aldea el Camán, El Valle de Patzicía, la aldea El Xuluc y la aldea El Pahuit. Los géneros encontrados son *Punctodera* con una incidencia del 31.5 % del total de sitios muestrados, *Heterodera* con una incidencia del 28.6 %, *Globodera* con una incidencia del 4 % y *Afenestrata* con una incidencia del 3 %. Descartándose en este estudio la presencia del nematodo dorado de la papa (Salguero 2003).

Ramírez Rosas en octubre de 2004 realizó un estudio de determinación de la presencia de nematodos de la sub-familia *Heteroderinae* en el cultivo de papa en la zona productora del municipio de San José Pinula, Guatemala reportando que los géneros de nemátodos encontrados en el área muestreada fueron *Heterodera* con 9%, *Punctodera* con 6.3% y *Cactodera* con 1.8% (Ramírez 2004).

Orellana Leal en abril de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nemátodos de las sub-familia *Heteroderinae* asociados al cultivo de papa en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, reportando que los géneros presentes en las áreas de cultivo de papa fueron *Punctodera* con 35%, *Heterodera* con 31% y *Cactodera* con 27% (Orellana 2005).

Roldán Salazar en julio de 2005 realizó un estudio de los nemátodos de quistes en papa para descartar la presencia del nematodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa; reportando que los géneros presentes en las áreas de cultivo de papa fueron *Cactodera* con 28%, *Globodera* con 6% y *Punctodera* con 1% (Roldán 2005).

Rivas Leal en octubre de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nemátodos formadores de quiste asociados al cultivo de papa en los municipios de Patzún y Zaragoza en el departamento de Chimaltenango. Los géneros encontrados en los sitios

muestreados fueron *Punctodera* con 55.23%, *Heterodera* con 25.69% y *Cactodera* con 19.07% (Rivas 2005).

Colo Muchuch en noviembre de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa en los municipios de Tecpán, Santa Apolonia y San José Poaquil en el departamento de Chimaltenango reportando que el porcentaje de incidencia más alto por género determinado por total de sitios con presencia de quistes fue para el género *Punctodera* con 88.57%, *Cactodera* con 10% y *Heterodera* con 1%, éstos porcentajes son sólo del área muestreada de Tecpán ya que en San José Poaquil y Santa Apolonia no se reporto ningún porcentaje de ninguno de los tres anteriores nemátodos (Coló 2005).

4.3 ASPECTOS LEGALES PARA LA FITOZOOSANIDAD EN GUATEMALA

En Guatemala a través de la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), se vela por el buen manejo de los recursos y producción agrícola y pecuaria en el aspecto fitozoosanitario; para ello se creó la Ley de Sanidad Vegetal y Animal, Decreto No. 36-98 del Congreso de la República y de su Reglamento, Acuerdo Gubernativo No. 745-99 (MAGA-UNR 2000).

Con la vigencia de ambos instrumentos legales se particularizan los compromisos adquiridos por Guatemala ante la Organización Mundial del Comercio, específicamente lo concerniente al Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, acordes con las directrices emanadas de la Oficina Internacional de Epizootias –OIE-, Convención Internacional de Protección Fitosanitaria –IPPC- y Codex Alimentarius (MAGA-UNR 2000).

La Ley presenta innovaciones de carácter técnico y administrativo, tal es el caso del Análisis de Evaluación de Riesgos de Plagas y Enfermedades, Delegación de Servicios en Sanidad y Vegetal y Regencia Profesional. El Reglamento presenta y refleja la integración funcional de aspectos vinculados entre sí, como lo son la vigilancia Epidemiológica Fitozoosanitaria, Cuarentena Vegetal y Animal y el Registro y Control de Insumo agrícola y en animales, entre otros (MAGA-UNR 2000).

En ambos documentos se dan a conocer artículos relacionados con la imposición de cuarentenas, esto como resultado de estudios profundos de monitoreo, incidencia, diagnóstico y evaluaciones a nivel de laboratorio de patogenicidad que arrojen evidencias científicas confiables de la presencia de plagas exóticas que perjudicarían a las zonas agrícolas y pecuarias del país (artículos 3, 6, 10, 17 y 53 del reglamento) (García 1980).

Las medidas de protección fitosanitaria comprenden acciones técnicas, administrativas y legales que se ejecutan con la finalidad de erradicar, evitar la introducción, establecimiento, diseminación y dispersión de plagas o enfermedades de los vegetales (MAGA-UNR 2000).

La información técnica es indispensable para establecer y mantener actualizado el inventario de plagas y enfermedades, su incidencia, prevalencia, dinámica poblacional y distribución geográfica; así como los indicadores y parámetros que fundamenten las medidas técnicas para la prevención y control de daños en la producción agropecuaria del país; y evitar el establecimiento y dispersión de plagas y enfermedades, por medio de la implementación de puestos de cuarentena interna, inspección, muestreo y diagnóstico en campo y laboratorio (MAGA-UNR 2000).

El período de cuarentena de vegetales, animales, sus productos y subproductos es determinado por el MAGA, con bases técnicas, científicas y tomando en cuenta los períodos de incubación, transmisibilidad, infecciosidad, confiabilidad de las pruebas de laboratorio y estado fitosanitario del país del cual procede (MAGA-UNR 2000).

4.5 MARCO REFERENCIAL

4.5.1 LOCALIZACIÓN

El municipio de Patzicía, pertenece al departamento de Chimaltenango. Se encuentra ubicado a 14°37'54" de latitud norte y 90°55'54" de longitud oeste; colinda al Norte con el municipio de Santa Cruz Balanyá, al Este con Zaragoza, al Sur con Acatenango y al Oeste con Patzún. Sobre la ruta nacional 1 en la carretera interamericana (CA-1) dista a 14 Km. de la cabecera departamental de Chimaltenango y 68 Km. a la capital del país, se encuentra a una altura de 2,130.94 msnm (IGN 1980).

4.5.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Según De la Cruz, basado en el método de Holdridge reporta que esta área pertenece a la zona de vida de bosque muy húmedo, montano bajo subtropical (bmh-MB), con una humedad relativa promedio del 80 % (Cruz 1982).

El régimen de lluvias aproximado es de 2,065 a 3,900 mm por año, con un promedio de 2,730 mm; las temperaturas oscilan entre los 15 a 23 °C, con una temperatura media anual de 18.9 °C, la evapotranspiración estimada es de 0.35. Según el sistema de clasificación de Thorntwhite, el área de Patzicía pertenece a la clase B2, B, Bi, cuyas características son: clima templado con invierno benigno, húmedo (IGN 1980).

4.5.3 CONDICIONES EDÁFICAS, TOPOGRAFÍA Y VEGETACIÓN

Simmons et. al., clasifica los suelos de Patzicía dentro de la serie de suelos Cauque, estos son suelos profundos bien drenados de la Altiplanicie central, desarrollados sobre cenizas volcánicas pomáceo color claro, con relieve fuertemente ondulado, inclinado a plano, el suelo superficial es de color muy oscuro, franco a franco arcilloso, arenoso friable, estructura granular suave, un pH aproximado de 6.0 y poseen una profundidad de 0.2 a 0.4 m; el subsuelo es color café amarillento, friable con textura franco arcillosa y espesor de 0.75 m (Simmons 1959).

La topografía de Patzicía es variable, va desde planicies a terrenos quebrados con inclinaciones superiores a 15°; la vegetación predominante es el Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite*), se observan también el Encino (*Quercus sp.*) y el Aliso (*Alnus jorullensis*), cultivos como crucíferas, remolacha, zanahoria, maíz, frijol, papa, principalmente se encuentran en este municipio (Salguero 2003).

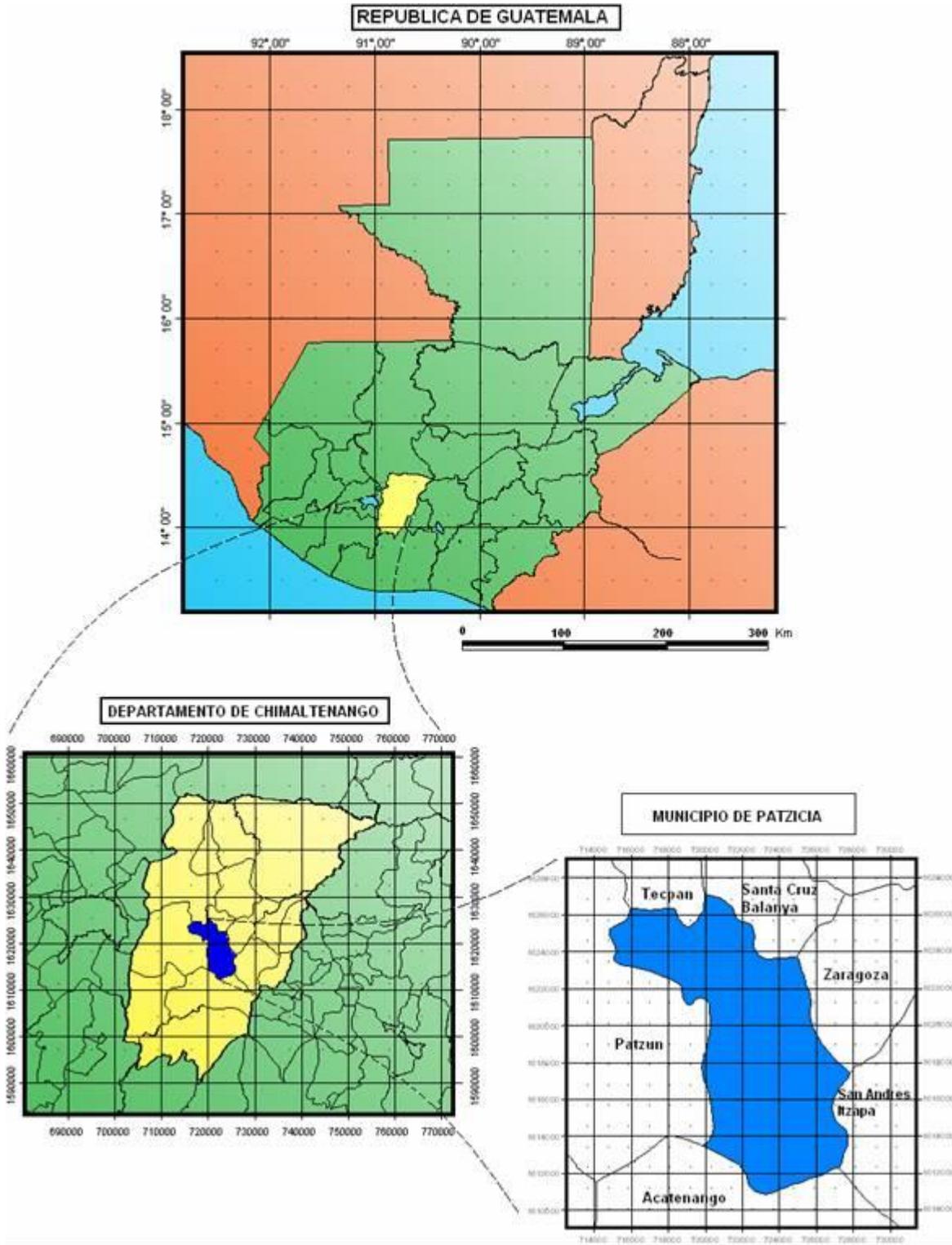


Figura 3: Localización de municipio de Patzicía Chimaltenango.

Fuente: ArcView GIS 3.3. Copyright © 1992-2000. Environmental Systems Research Institute, Inc.

Reservados todos los derechos (3). Escala 1:100

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

5.1.1 Determinar la presencia de especies de nematodos formadores de quistes del género *Punctodera*, asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Patzicía, departamento de Chimaltenango.

5.2 ESPECÍFICOS

5.2.1 Determinar que especies de nematodos del género *Punctodera* están presentes en el municipio de Patzicía del departamento de Chimaltenango en parcelas donde se siembra maíz.

5.2.2 Establecer si alguna de las especies las especies de nematodos del género *Punctodera* que estén presentes, son parásitos en el cultivo del maíz.

6. HIPÓTESIS

6.1 Existen nematodos pertenecientes al género *Punctodera* asociados al cultivo de maíz en la región del municipio de Patzicía, Chimaltenango.

6.2 Los nemátodos del género *Punctodera* que se encuentran en la región de Patzicía, no son parásitos del cultivo del maíz.

7. METODOLOGÍA

7.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO

Se hizo en base al trabajo de Salguero, M., (2003), quien realizó un muestreo del área de Patzicía y determinó los puntos con presencia de *Punctodera*.

7.2 PLANIFICACIÓN DEL MUESTREO

Para la realización de la investigación, se utilizó como referencia los 54 puntos positivos reportados para el año 2002 por Salguero, posteriormente se realizó la toma de muestras en las aldeas reportadas con nemátodos del género *Punctodera* con la ayuda de un GPS.

Para determinar el número de muestras se utilizó un muestreo simple aleatorio, utilizando una precisión de 0.05 y una confiabilidad del 95%, con un valor de Z de 1.96. La formula utilizada para obtener el numero de muestras es la de “Proporción de un tamaño de muestra de una población finita” y con ella se maximiza la probabilidad de encontrar la mayor cantidad de nemátodos posible en el suelo. (Álvarez 1988).

$$n = \frac{p q}{D^2 + p q/N}$$

Donde:

n= Tamaño de muestras (ha)

N= población total (has)

P= proporción de elementos con la característica de interés

q= proporción de elementos sin la característica de interés

D= d/Z d= precisión Z= valor de tabla para coeficiente de confiabilidad

Al sustituir los valores de la formula, el tamaño de la muestra es el siguiente, expresada en hectáreas:

$$N = \frac{(0.5) (0.5)}{(0.05/1.96)^2 + (0.5) (0.5)}$$

54

n= 47 sítios de muestreo

7.3 FASE DE CAMPO

7.3.1 TOMA DE MUESTRAS

El criterio a tomar fué de acuerdo al historial de siembra del cultivo. Como mínimo debió haberse cultivado Maíz por más de cinco años. Se realizaron los caminamientos en las parcelas utilizando la técnica de zig-zag a manera de cubrir todo el terreno (Zuckerman 1981).

Para la obtención del suelo en los puntos de submuestreo se utilizó un barreno de aproximadamente 0.025 mts. de diámetro y se tomó la muestra en los primeros 0.20 mts. de profundidad, siendo una porción equivalente a 1/10 de Kg., lo cual se colocó dentro de una bolsa plástica (Zuckerman 1981).

El suelo que se obtuvo de las submuestras, se mezcló para obtener una muestra homogénea de 2 Kg. En total se analizaron 47 muestras de suelo, utilizando para ello 20 submuestras ya que según Zuckerman, al coleccionar 50 Kg. de suelo se tiene el 99% de probabilidad de encontrar uno o mas quistes en el suelo (Zuckerman 1981).

7.3.2 MANEJO DE LAS MUESTRAS

7.3.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Al momento de la toma de cada muestra de suelo se localizaron las coordenadas (UTM) de sitio usando un GPS (Global Positioning System) que es un sistema de localización global vía satélite; dichas coordenadas fueron necesarias, para la realización del mapa, de donde fueron tomadas las muestras. Para ello se colocó etiquetas para identificar las muestras dentro de las bolsas.

7.4 FASE DE LABORATORIO

7.4.1 RESGUARDO, SECADO Y PREPARACIÓN PARA SU PROCESAMIENTO

De cada una de las muestras ya identificadas, se tomó la mitad de suelo (aprox. 1kg) para el proceso de secado (8 a 15 días) y posteriormente la extracción de quistes; la otra mitad se guardó en su bolsa original, conservándose a temperatura ambiente debidamente identificada (FAUSAC 2003).



Figura 4: Secado de las muestras de suelo antes de la extracción de quistes.

Fuente: Autor

7.4.2 EXTRACCIÓN Y AISLAMIENTO DE NEMÁTODOS (QUISTES)

El objeto de aislar nemátodos principalmente es para la identificación de los géneros de nematodos pertenecientes a la subfamilia *Heteroderinae*, La técnica que se utilizó fue la de flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona; método que se ha generalizado para estudios de este tipo citado por Salguero M. (2003), Ramírez C. (2004), Orellana L. (2005), Roldán E. (2005), Rivas E. (2005), y Coló S. (2005).

En la figura 6 se muestra la secuencia para la extracción y aislamiento de quistes del suelo.



Figura 5: Flotación de quistes a través del método Fenwick, modificado con flotación en acetona.

Fuente: Autor

7.4.3 DETERMINACIÓN

Para la determinación de las especies de nematodos de quiste correspondientes al género *Punctodera* se tomaron cuatro parámetros morfológicos que son:

- Forma del quiste
- Presencia o Ausencia de cono vulvar
- Presencia de fenestra anal y fenestra vulvar
- Presencia o ausencia de bulla

A los quistes extraídos se les procesaron para la obtención de cortes de fenestralias, que luego se colocaron en montajes, los cuales se observaron y compararon, con la clave para especies de *Punctodera* (extraída de la clave para 6 géneros y 59 especies de nemátodos de quiste *Heteroderidae*) basada principalmente en quistes y segundo estado juvenil, A.M. Goleen 1985 y traducida al español por Manuel Canto (14), y también se comparó con la morfología descrita en el Crop Proteccion Compendium 2007 (CAB International 2007).

7.4.3.1 PREPARACIÓN DE MONTAJES DE FENESTRALIAS DE QUISTES (25):

- a) Se seleccionaron los quistes del género *Punctodera* y se extrajeron con ayuda de una aguja de disección, posteriormente los quistes se colocaron en portaobjetos, sobre una gota de lactofenol claro, para limpiar los quistes.
- b) Con ayuda de las agujas de disección se colocaron los quistes en posición horizontal, y con una hoja de afeitar se realizó un corte ecuatorial a cada uno conservando la parte posterior del cuerpo, la cual contenía la fenestra vulvar y la fenestra anal.
- c) La parte posterior del cuerpo se procedió a limpiar y a extraerle los huevecillos y restos de membranas interiores con la ayuda de agujas finas.

- d) La parte posterior se colocó en posición cóncava y se observó la ubicación de las fenestras por medio del estereoscopio.
- e) Con ayuda de agujas y hojas de afeitar se recortaron los bordes hasta dejar una pequeña fracción de tejido con las fenestras.
- f) Los cortes se transfirieron a una gota de agua oxigenada por 2 o 3 minutos.
- g) Luego se trasladaron a soluciones de alcohol al 70 y 96%, durante 1 a 2 minutos en cada solución.
- h) Posteriormente las secciones de fenestra se montaron en gelatina glicerada transparente, colocándose pegados al portaobjetos para evitar que al colocar el cubreobjetos éstos se movieran; de cada muestra se montaron 5 secciones de fenestralias.

7.4.3.2 DETERMINACIÓN DE ESPECIES DEL GÉNERO *PUNCTODERA*

Para la determinación se utilizó la clave para especies de *Punctodera* (extraída de la clave para 6 géneros y 59 especies de nemátodos de quiste Heteroderidae) basada principalmente en quistes y segundo estado juvenil, A.M. Goleen 1985 y traducida al español por Manuel Canto (Magunacelaya 1999).

1. Quiste en forma de pera, bullae ausente. Hospederos: pastos, trigo, avena, cebada.....*P. punctata* (Thorne, 1928) Mulvey & Stone, 1976

Quistes esféricos, subesféricos y ovoides, bullae generalmente presente.....2
2. Bullae bien desarrollada entre la fenestra vulvar y anal; segundo estado juvenil con el lóbulo esofageal extendido hasta cerca del 50% de la longitud del cuerpo; nódulos del estilete fuertemente cóncavos en su parte anterior; hospederos: pastos perennes no identificados.....*P. matadorensis* Mulvey & Stone, 1976

Bullae pequeña, rara o ausente; segundo estado juvenil con el lóbulo esofageal extendido sólo hasta el 30% de la longitud del cuerpo; nódulos del estilete aplanados a ligeramente cóncavos en su parte anterior; hospederos:

Maíz.....*P. chalcoensis* Sosa Moss y Mulvey, 1976

7.5 PRUEBA DE BIOENSAYO PARA DETERMINAR PATOGENICIDAD

1. Los bioensayos de patogenicidad iniciaron con la ubicación de las 25 muestras positivas para la presencia de género *Punctodera* que se colectaron en Patzicía y que estaban resguardadas y debidamente identificadas en bolsas plásticas previamente deshidratadas para su conservación.
2. Se realizaron extracciones de quistes de las muestras positivas y se separaron los quistes del género *Punctodera* para tener así la mayor cantidad de quistes posibles (25 como mínimo) y se colocaron dentro de papel mayordomo debido a su fácil degradación previa a su inoculación en la maceta.
3. Se utilizaron 26 macetas plásticas (25 de puntos positivos y 1 testigo) de 17cm de diámetro por 21cm de alto, éstas se llenaron con el suelo original (aprox. 2lb/maceta) colectado sin esterilizar, con el objetivo de poder ver patogenicidad en el maíz o en cualquier otra gramínea que estuviera en el suelo original.
4. A las macetas llenas se procedió a inocularlas con los quistes de *Punctodera* extraídos y puestos en papel mayordomo, luego se sembraron las semillas de maíz híbrido HB-83 y se regaron las macetas con agua.
5. En el día 50 de montado el experimento se procedió a observar si en las raíces del maíz o de otra gramínea crecida en la maceta se observaba parasitismo por parte de *Punctodera*, el resultado fue negativo, no se presentó parasitismo, se dejó entonces que el maíz cumpliera su ciclo de 90 días para ver si más adelante se presentaba alguna diferencia.
6. Con el resultado anterior se procedió a iniciar un segundo bioensayo de patogenicidad el cual tuvo como objeto evaluar únicamente al maíz en sustrato estéril, para ello se germinó maíz híbrido HB-83 y se volvió a hacer extracción de

quistes del suelo original resguardado y se separo 25 quistes por muestra del género *Punctodera*.

7. Se utilizaron vasos plásticos transparentes que se llenaron de sustrato estéril pit moss y se inocularon los quistes por debajo del maíz germinado previamente, los vasos se cubrieron con papel aluminio para resguardar las raíces de la luz.
8. El segundo experimento duro 30 días, en el transcurso de los cuales siempre se observaron las raíces para ver si se producía parasitismo por parte del género *Punctodera*.
9. Cuando los experimentos terminaron se procedió a examinar las raíces de cada planta minuciosamente, tanto del experimento con el suelo original como el experimento con sustrato estéril.
10. El suelo sin esterilizar utilizado en el experimento se proceso para la extracción de quistes y la posterior determinación de especies presentes del genero *Punctodera*.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE NEMÁTODOS DE QUISTE DEL GÉNERO PUNCTODERA.

Para la determinación de las especies de nematodos de quiste presentes se utilizó la clave taxonómica para especies de *Punctodera* (extraída de la clave para 6 géneros y 59 especies de nemátodos de quiste *Heteroderidae*) basada principalmente en quistes y segundo estado juvenil, A.M. Goleen 1985 y traducida al español por Manuel Canto (Magunacelaya 1999), y también se utilizó la morfología descrita en el Crop Protection Compendium 2007 (CAB International 2007).

Como primera característica de descarte para la determinación de las especies estuvo la especificidad en cuanto a hospederos por parte del género *Punctodera* como se muestra a continuación:

8.1.1 BIOENSAYOS DE PATOGENICIDAD

BIOENSAYO A

En los 90 días que duró el experimento no se observaron síntomas de patogenicidad, debilidad, clorosis o escaso desarrollo foliar, las macetas se levantaron del invernadero y fueron llevadas al laboratorio de fitopatología en donde se separó con mucho cuidado suelo de raíces, para posteriormente ser observadas con detenimiento.



Figura 6: A) Plantas de maíz inoculadas con quistes, B) Total de macetas inoculadas.



Figura 7: Crecimiento y desarrollo de las plantas inoculadas con nematodos de quiste del género *Punctodera*.

Se observaron las raíces con estereoscopio y éstas no presentaron daño de ningún tipo, las raíces estaban sanas y bien desarrolladas, por lo tanto se llegó a la conclusión de que la especie del género *Punctodera* presente en las muestras no estaba asociada al cultivo del maíz.

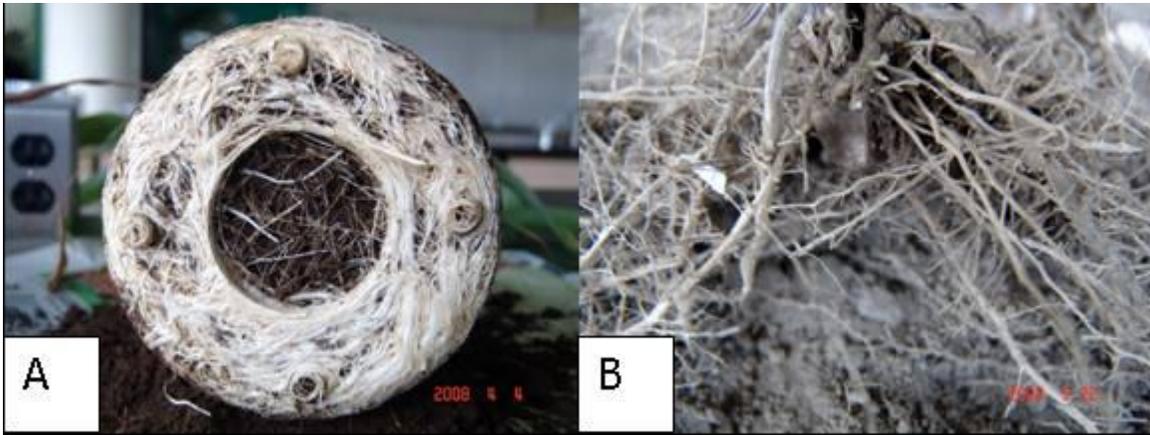


Figura 8: A) Vista macroscópica de las raíces completamente sanas, B) Vista mas detenida de las raíces ya sin suelo con raíces sanas.

El suelo de las 25 macetas de este experimento fue procesado nuevamente para hacer extracciones de quistes para poder identificar las otras dos posibles especies presentes en los suelos del lugar.

BIOENSAYO B

A los 50 días de montado el bioensayo A se observaron las raíces de las plantas y hasta ese momento no existía daño o parasitismo en las mismas, por lo tanto se decidió montar un experimento alternativo para confirmar los posibles resultados del bioensayo A.

En los 30 días que duró el experimento no se observó clorosis, escaso desarrollo foliar o debilidad en las plantas, las raíces se separaron del sustrato estéril para ser observadas detenidamente pudiéndose confirmar que tampoco había daño en ellas, estaban sanas y bien desarrolladas.

Con los resultados de los bioensayos de patogenicidad se descartó entonces que la especie del género *Punctodera* presente en los suelos de Patzicía, Chimaltenango, fuera *Punctodera chalcoensis* ya que esta especie únicamente parasita al maíz.



A) Llenado de vasos transparentes con sustrato estéril.



B) Plántulas de maíz inoculadas con quistes.



C) Identificación de muestras inoculadas.



D) Cobertura de la transparencia con papel aluminio.



E) 26 pruebas de patogenicidad.



F) Planta de maíz después de 30 días del experimento.



G) Raíces de maíz bien desarrolladas y sin daño de quistes.



H) Planta de maíz después de realizado el experimento, completamente sana.



l) Raíces de maíz totalmente sanas sin presencia de quistes.

Figura 9: Proceso del Bioensayo de patogenicidad B.

Se hicieron análisis de quistes extrayendo nematodos de los suelos utilizados en los bioensayos de patogenicidad, y se separaron los quistes de *Punctodera*, en un inicio se utilizó para la determinación la comparación de características como el estilete y los nódulos con las claves consultadas, pero las larvas dentro del mismo quiste no tenían similitud, pero las fuentes consultadas señalan que las medidas que se reportan ahí son las medidas originales de cuando se determinó la especie que datan de hace más de 50 años, y que es difícil determinar las especies mediante características morfométricas de los estados juveniles, pues a través del tiempo muchos investigadores han encontrado una gran variedad de discordancias en cuanto a la descripción original, por lo tanto según A.M. Goleen 1985 se llega a la conclusión de que la única característica hasta el momento aceptada para distinguir *P. matadorensis* de *P. punctata* es la presencia de estructuras globulares denominadas bullae que se sitúan entre y alrededor de las fenestras, que están muy presentes en *P. matadorensis* (6).

En el 100% de los montajes de fenestralias de quistes no se encontró ni uno solo que tuviera la característica de bullae entre y alrededor de la fenestra vulvar y anal, por lo tanto se puede concluir que la especie presente en el área de Patzicía, en los sitios

muestreados corresponde a *Punctodera punctata*, según las características anatómicas y de patogenicidad observadas.

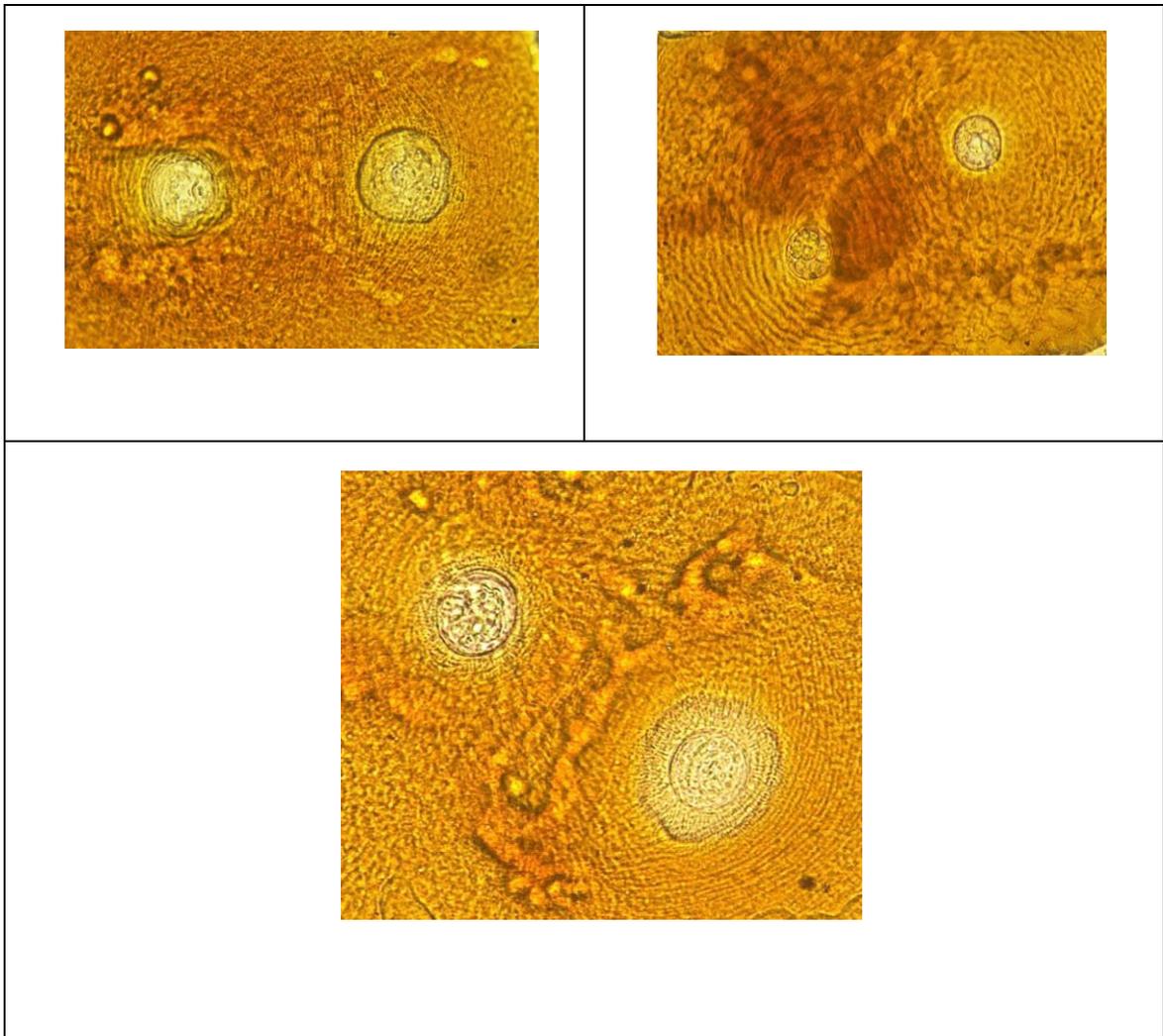


Figura 10: Ausencia de bulla entre la fenestra vulvar y anal de quistes encontrados en los suelos de Patzicía Chimaltenango.



Figura 11: Forma esférica característica de *Punctodera punctata*.

P. punctata es conocido como el nemátodo de las gramíneas y entre sus características morfológicas están su forma esférica, presenta fenestra vulvar y anal, la bullae esta ausente entre y alrededor de las fenestras y no tiene cono vulvar, entre su rango de hospederos están: *Agrostis capillaris* , *Agrostis stolonifera* , *Agrostis stolonifera var. palustris* , *Festuca rubra* , *Lolium perenne* , *Poa annua* , *Poa pratensis* (CAB International 2007).

No hay registros de *P. punctata* causando daños económicos en el campo (Webley y Lewis, 1977). *P. punctata* fue observado por primera vez en un campo de trigo que mostró reducción del crecimiento en Saskatchewan, Canadá, en 1926. Se registraron nueve veces en campos de trigo de Saskatchewan entre 1927 y 1942 (Franklin, 1951). Se trató de campos que recientemente dejaron de ser pastizales. Durante un período de tiempo el nematodo y los síntomas desaparecieron de esos campos (Baker, 1945; Horne y Thames, 1966; Thorne y Malek, 1968). Por lo tanto, parece que en Saskatchewan, cuando el trigo se cultiva en campos que han sido desde siempre pastizales, que contienen altas poblaciones de *P. punctata*, se puede esperar algún tipo de daño en los primeros años, pero eventualmente el nematodo no parece tolerar el cultivo y ambos nematodos y

síntomas desaparecen (Thorne y Malek, 1968). Las poblaciones europeas de *P. punctata* no infectan trigo (CAB International 2007).

Brzeski et al. (1971) observó una clorosis general y la falta de vigor en el césped *Poa annua* en Michigan, EE.UU. Horne (1965) informó de plantas con falta de vigor de *P. annua* en Texas en el suelo que estaba infestado con *P. punctata*. *Agrostis stolonifera* [*A. stolonifera* var. *palustris*] resultó ser un huésped en el campo (Franklin, 1938; Franklin, 1951), pero no en pruebas de laboratorio (Radice et al., 1985) (CAB International 2007).

P. punctata no es patógena en su hábitat. Puede incluso ser incapaz de propagarse en las zonas y países que aún no ha invadido. Horne (1965) ha sugerido que una cepa más virulenta puede desarrollarse a través de selección biológica si existen las condiciones que favorecen el aumento rápido de la población: por ejemplo, si una planta endémica presenta alta susceptibilidad. En lugares donde no se encuentra *P. punctata* sería prudente considerarla como una plaga de cuarentena (CAB International 2007).

P. punctata no causa síntomas distintivos en sus hospederos (*Poaceae*): sólo puede ser detectada por la presencia de las larvas y los quistes en el suelo. *Poaceae* a menudo se traslada entre los países como semillas, sin embargo, los actuales procedimientos de limpieza se oponen a la distribución de este nematodo de la semilla. El principal transporte del nematodo para largas distancias es el suelo con presencia de los mismos, con plantas no hospederas (CAB International 2007).

Los síntomas causados por quiste de nematodos por lo general incluyen una mayor sensibilidad al estrés hídrico. *P. punctata*, sin embargo, prevalece sobre todo donde el agua es abundante durante su desarrollo, a fin de que el anfitrión no esté sometido a estrés hídrico y siguen siendo asintomáticos. La mejor prueba de la presencia de este nematodo es la extracción de quistes de suelo, muestras de raíz utilizando un tamizado, método de flotación (CAB International 2007).

En Europa, las grandes poblaciones de *P. punctata* se asocian con las praderas en donde permanentemente hay pastos en suelos húmedos y arenosos con buen drenaje y césped regado con regularidad. Dificultades en el mantenimiento de las inoculaciones en el laboratorio sugieren que este nematodo es muy sensible a la sequía (Webley y Lewis,

1977). El hecho de que es asociado con pastizales permanentes y que cuando no existe hospedero para su reproducción el nematodo tiende a desaparecer nos hace pensar que es muy sensible a cambios externos en general. Esto puede haber impedido la propagación de estos nematodos al hemisferio sur, donde los nematodos del quiste de la papa (*Globodera rostochiensis* y *G. pallida*), la remolacha azucarera (*Heterodera schachtii*), trébol (*H. trifolii*) y avena (*H. avenae*) han seguido fielmente sus hospederos. La inoculación en la raíz de su hospedero principal, *Poa annua*, dieron resultados negativos (Horne, 1965), lo que indica que la aparición sincrónica de las larvas infectivas en la primavera puede ser determinada por la temperatura, posiblemente en combinación con un período de preacondicionamiento de frío como se ha constatado en *G. rostochiensis* y *H. avenae* (Den Ouden, 1960). En ausencia de un hospedero, este mecanismo resulta perjudicial, ya que la mortalidad de larvas eclosionadas, libres en el suelo, es aproximadamente un 50% por semana (Seinhorst, 1985) (CAB International 2007).

P. punctata no se considera una plaga de importancia económica. Las Medidas de control para proteger los pastizales son generalmente innecesarias. Es posible que tenga que ser eliminado de los campos en donde solo existen pastizales antes de convertirlos en agrícolas (CAB International 2007).

A principios de la temporada casi todas las larvas salen del quiste dentro de un tiempo bastante corto de aproximadamente una semana (Wouts WM, 1995. Manaaki Whenua-Landcare Research, Nueva Zelandia, comunicación personal). En ausencia de un hospedero estas larvas (libres en el suelo) probablemente sobreviven un período muy breve, las larvas de *Globodera rostochiensis* que están libres en el suelo mueren a un ritmo del 50% por semana (Seinhorst 1985). *P. punctata* es un nematodo menos persistente. Cabe suponer, pues, que con rotación frecuente de cultivos, y otras alteraciones del suelo que eliminan *Poaceae*, eventualmente se eliminan las larvas eclosionadas por desgaste natural (dentro de unos meses en la primavera) (CAB International 2007).

8.2 INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *PUNCTODERA PUNCTATA* EN LAS ÁREAS MUESTREADAS.

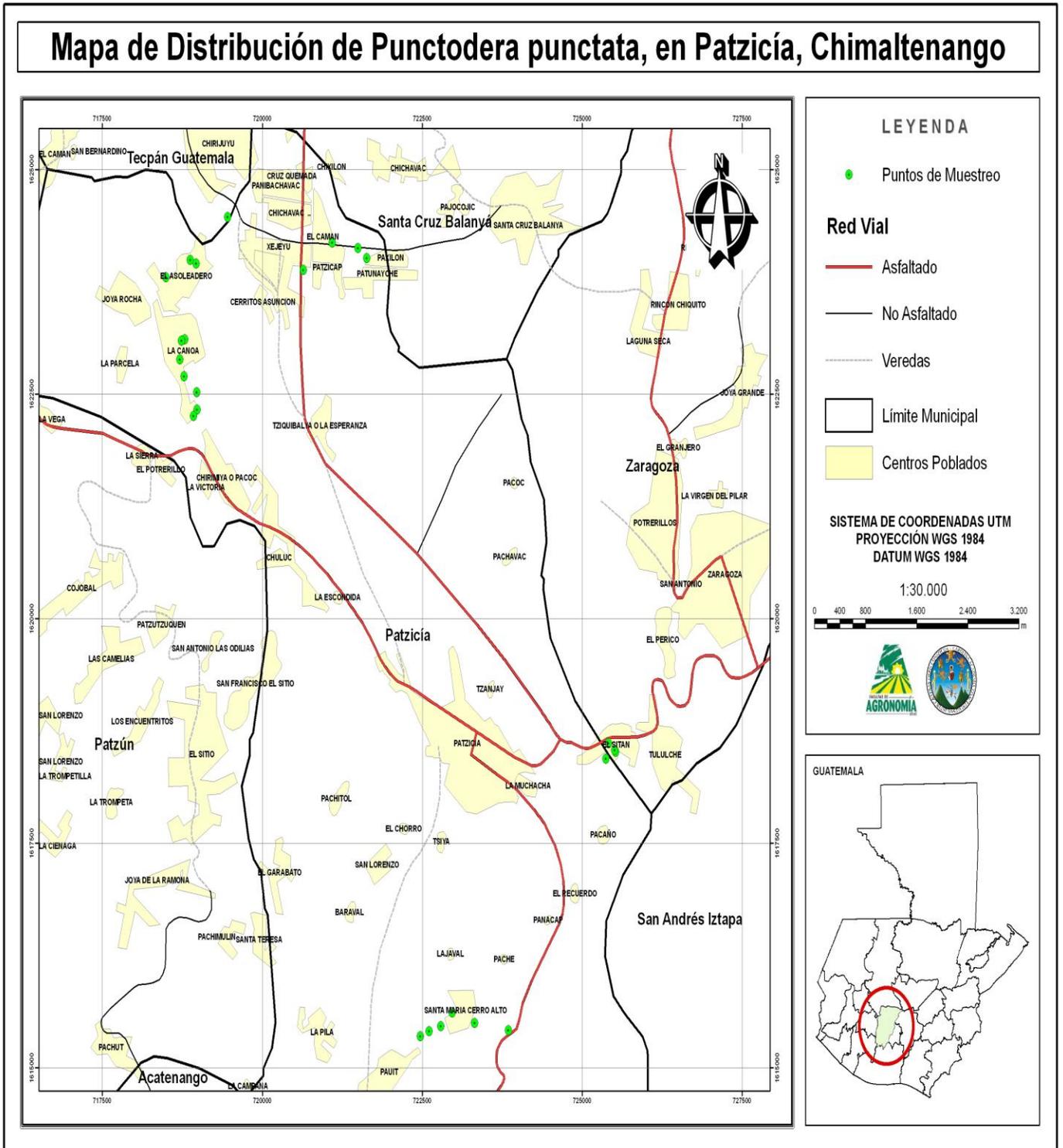


Figura 12: Mapa de distribución de *Punctodera Punctata* en Patzicía, Chimaltenango

Fuente: SIG-FAUSAC.

En las 25 muestras en donde se detectó la presencia de nemátodos de quiste del género *Punctodera*, se determinó la presencia de la especie *Punctodera punctata*, la distribución de esta especie encontrada en el municipio de Patzicía se presenta a continuación.

La distribución de la especie *Punctodera punctata* fue de la siguiente manera: de los 47 lugares muestreados, 9 fueron en la aldea La Canoa, en donde 7 fueron positivos para *Punctodera punctata* y 2 negativos, 10 fueron en la aldea El Pahuit, en donde 6 dieron positivos y 4 negativos, 9 fueron en la aldea El Camán en donde 4 fueron positivos y 5 negativos, 10 fueron en la aldea Cerritos en donde 4 fueron positivos y 6 negativos, 9 fueron en la aldea El Sitán, en donde 4 fueron positivos y 5 negativos, esto nos da como resultado que en 25 lugares muestreados fue positiva la presencia de *Punctodera punctata* y 22 fueron negativas.

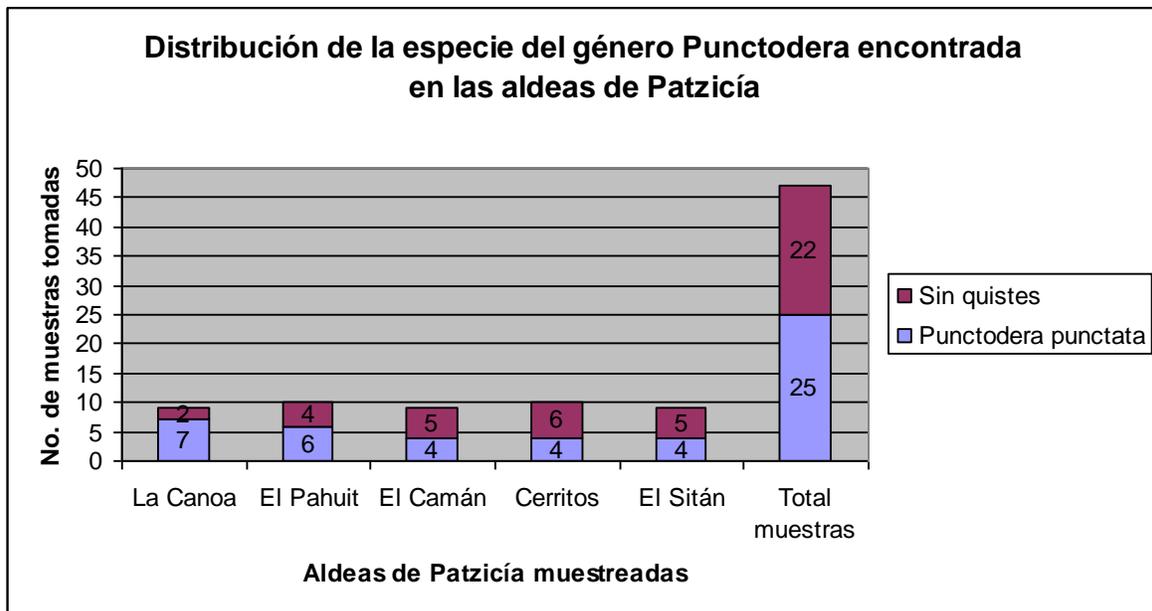


Figura 13: Distribución de *Punctodera punctata* en el municipio de Patzicía por aldea muestreada

La incidencia de la especies del género *Punctodera* fue de la siguiente manera: para la aldea La Canoa se muestrearon 9 sitios, de los cuales en 7 se encontró quistes de la especie *P. punctata* con 77% de incidencia, para la aldea El Pahuit se muestrearon 10

sitios, de los cuales en 6 se encontró quistes de la especie *P. punctata* con 60% de incidencia, para la aldea El Camán se muestrearon 9 sitios, de los cuales en 4 se encontró quistes de *P. punctata* con 44% de incidencia, para la aldea Cerritos se muestrearon 10 sitios, de los cuales en 4 se encontró quistes de la especie *P. punctata* con 40% de incidencia, para la aldea El Sitán se muestrearon 9 sitios, de los cuales en 4 se encontró quistes de la especie *P. punctata* con 44% de incidencia.

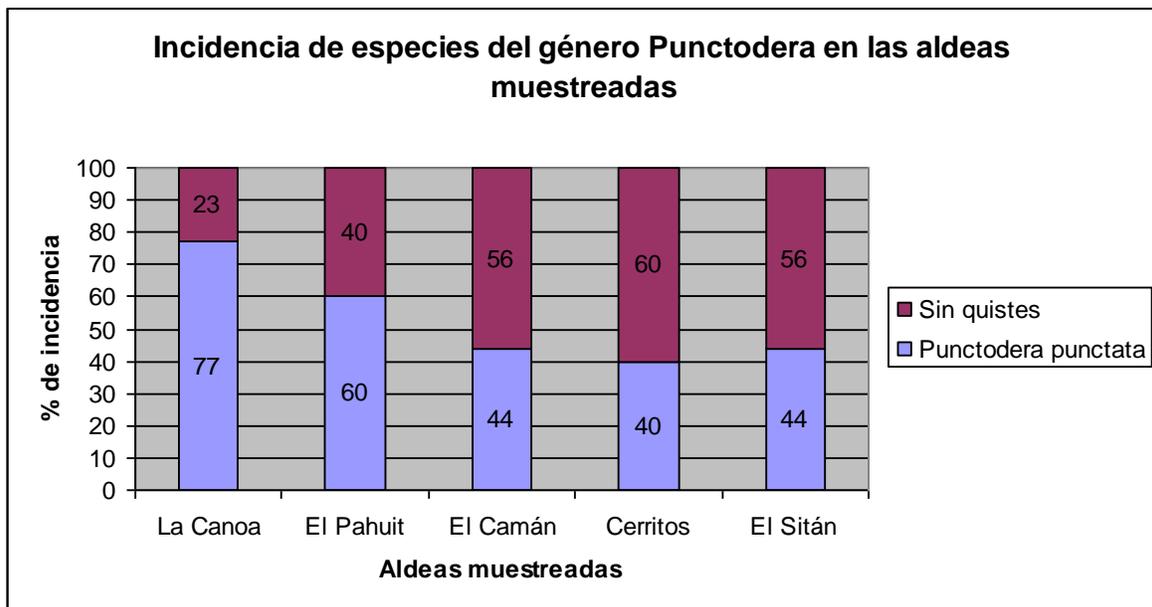


Figura 14: Porcentaje de incidencia de la especie *Punctodera punctata* en las aldeas muestreadas en Patzicía, Chimaltenango.

En todos los sitios muestreados *Punctodera punctata* fue la única especie determinada, la cual ha sido descrita como parásito de gramíneas y no tiene importancia económica, se encontraron densidades por sitio que van desde 5 a 25 quistes/300cc de suelo.

Cuadro 1: Densidades poblacionales y ubicación geográfica de las especies de quiste del Género *Punctodera* determinadas en las muestras de suelo provenientes de Patzicía.

Aldeas muestreadas en Patzicía				Total de muestras = 47	Muestras con quistes = 25
Código	Coordenadas		msnm	Especie y densidad por 300cc de suelo	
	15 P	UTM		<i>Punctodera punctata</i>	
Canoa 1	718785	1623113	2185	5	
Canoa 2	718736	1623097	2179	4	
Canoa 3	718710	1622888	2171	6	
Canoa 4	718774	1622699	2170	9	
Canoa 5	718975	1622524	2171	7	
Canoa 6	718978	1622331	2171	5	
Canoa 7	718923	1622258	2171	8	
Pahuit 2	722469	1615354	1989	20	
Pahuit 4	722609	1615408	2057	25	
Pahuit 5	722791	1615466	2092	20	
Pahuit 7	722967	1615616	2102	5	
Pahuit 8	723320	1615498	2147	20	
Pahuit 10	723848	1615419	2196	25	
Caman 3	721629	1624014	2130	25	
Caman 4	721495	1624126	2134	5	
Caman 5	721092	1624189	2139	4	
Caman 7	720641	1623884	2140	2	
Cerritos 2	718489	1623804	2283	5	
Cerritos 5	718872	1623994	2276	6	
Cerritos 6	718963	1623956	2264	8	
Cerritos 10	719458	1624473	2250	17	
Sitán 4	725524	1618516	2203	25	
Sitán 5	725507	1618539	2202	25	
Sitán 6	725371	1618443	2193	25	
Sitán 8	725410	1618615	2199	5	
Total de quistes				311	
Promedio densidad poblacional por especie				12	
% de incidencia por especie en el total de las muestras				53%	

9. CONCLUSIONES

- 9.1 Se determinó que la única especie del género *Punctodera* encontrada en los suelos muestreados donde se siembra maíz fue *Punctodera punctata*.

- 9.2 Se estableció por medio de los bioensayos de patogenicidad que la especie determinada no está asociada al cultivo del maíz

10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Realizar estudios para determinar a que gramínea en específico afecta la especie *P. punctata* en las áreas donde se cultiva maíz en el municipio de Patzicía, Chimaltenango.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1988. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Álvarez, VM. 1988. Tamaño de muestra: procedimientos usuales para su determinación. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 161 p.
3. Arc View GIS. 2000. Enviromental Systems Research Institute, Inc., (disco compacto) United Kingdom. 1 CD.
4. Burrows, PR. 1990. The rapid and sensitive detection of the plant parasitic nematode *Globodera pallida* using a biotinylate DNA probe. *Revue Nématol.* 13:185–190.
5. Buxadé, C; Curt, M; Durán, J; Fernández, J; Linares, P; Márquez, L; Martínez, A; Muñoz, J; Días, J; Muñoz, N. 1999. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España, Océano. 1,032 p.
6. CAB International, UK. 2007. Crop protection compendium (disco compacto). United Kingdom. 2 CD.
7. Coló, S. 2005. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en los municipios de Tecpán Guatemala, Santa Apolonia, San José Poaquil del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 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. FAO, IT. 1993. El maíz en la nutrición humana. (Colección FAO: Alimentación y Nutrición, no. 25). Roma, Italia. 172 p.
10. Fernández, M. 1981. Niveles de nitrógeno, fósforo y magnesio en suelos bajo el cultivo de papa, variedad Loman en el área de San José Pacul, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 40 p.
11. García Martínez, M. 1980. Estudio analítico taxonómico de los nematodos del quiste (*Heterodera* spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
12. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. v. 2, 791 p.
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). Unidad de Normas y Regulaciones, GT). 2000. Ley de sanidad vegetal y animal; documento 1, serie normativa. 2 ed. Guatemala. 45 p.

14. Magunacelaya, JC; Dagnino, E. 1999. Nematología agrícola en Chile. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 253 p.
15. Orellana, L. 2005. Determinación de la presencia de nematodos de la sub-familia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 44 p.
16. Ramírez, C. 2004. 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 Ing. Agr. Guatemala, USAC. 61 p.
17. Rivas, E. 2005. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los municipios de Patzún y Zaragoza, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.
18. Roldan, E. 2005. Estudio de los nematodos formadores de quistes en papa (*Solanum tuberosum* L.) para descartar la presencia del nematodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
19. Rowe, JA; Evans, K. 2002. Morfología de la familia Heteroderinae, Nematodos formadores de quistes: taxonomía, biología y control. Montecillo, México, Universidad de Chapingo. 54 p.
20. Salguero, M. 2003. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 91 p.
21. Sidiqqi, MR *et al.* 2000. The order *Tylenchida*. 2 ed. UK, Commonwealth Agricultural Bureau. 833 p.
22. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
23. Taylor, AL. 1971. Introducción a la nematología vegetal aplicada; guía de la FAO para el estudio y combate de los nemátodos parásitos de las plantas. Roma, Italia, FAO. 131 p. (Documentos Mixtos no. 30705).
24. Thorne, G. 1961. Principles of nematology. New York, Mc-Graw Hill. s.p. (Book 3).
25. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, GT. 2003. Manual de prácticas de laboratorio del curso de introducción a la fitopatología. Guatemala. 20 p.
26. Zuckerman, BM; Mai, WF; Rodhe, RA. 1981. Plant parasitic nematodes. New York, US, Academic Press. v. 1, 354 p.

12. APÉNDICE

12.1 GLOSARIO ANATÓMICO DE NEMATODOS DE QUISTE (Buxadé 1999, Sidiqqi 2001)

- a. Ambifenestra: Es un tipo de fenestra que se localiza sobre un puente vulval.
- b. Bifenestra: Es una fenestra separada que es mas o menos circular.
- c. Bullae: Son estructuras de remanentes musculares que se encuentran alrededor de la fenestra.
- d. Circumfenestrado: Es una fenestra conformada por un tejido delgado con apariencia de agujero en el cual la vulva se encuentra sin soporte de un puente vulval.
- e. Citriforme: Se refiere a los quistes que presentan forma de “limón”.
- f. Cono vulval: Es una protuberancia del cuerpo del quiste en la cual se encuentra la fenestra vulval, importante en la diferenciación de géneros de quistes.
- g. Estrías cuticulares: Es el conjunto de líneas que conforman el relieve de la superficie del quiste formando dos tipos de patrones: reticulado o encaje y paralelo.
- h. Fenestra: Es un área transparente o translúcida que rodea la abertura vulval utilizado para diferenciar especies de quistes.
- i. Fenestra anal: Es un área transparente que rodea al ano, característico del género *Punctodera*.
- j. Granek (índice): Es la distancia del ano a la orilla cercana de la fenestra dividida entre el diámetro de la fenestra.
- k. Matriz gelatinosa: Es el material en el cual están embebidos los huevos de ciertos géneros de nematodos de quiste que permite su viabilidad ante condiciones adversas.
- l. Piriforme: Se refiere a los quistes que presentan forma de “pera”.
- m. Quiste : Es un estado de sobrevivencia y dormancia de ciertos nematodos en el cual la hembra muerta inflada ha endurecido su cuerpo y tiene como función proteger a los huevos contenidos dentro de ella hasta que las condiciones sean las favorables.
- n. Sincitio: Es el área de alimentación de los nematodos formada por la ruptura de las células adyacentes por las sustancias que inyecta el estilete por lo que las células engrosan sus paredes y su actividad metabólica aumenta provocando un desequilibrio causando la muerte de los órganos que conforman (raíces).

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN
ENERO 2007 – NOVIEMBRE 2007

No.	ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				OCTUBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Realización de muestreo de suelo, en Patzicía, Chimaltenango	x	x	x	x																																				
2	Secado de muestras de suelo					x	x	x	x																																
3	Extracción de quistes por el método de Fenwick									x		x		x		x		x		x																					
4	Determinación de presencia del género <i>Punctodera</i>										x		x		x		x		x		x																				
5	Realización del bioensayo, para determinar patogenicidad de los quistes y sus especies.																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
6	Tabulación de resultados, obtenidos durante la Investigación.																																	x	x						
7	Presentación de Resultados, Informe final de Investigación																																					x	x		