

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA
MAESTRIA EN PROTECCION VEGETAL

**DISTRIBUCION, RANGO DE HOSPEDANTES Y DETERMINACION
DE LAS RAZAS DE *Meloidogyne chitwoodi* GOLDEN,
O'BANNON Y FINLEY, 1980 (NEMATODA: MELOIDOGYNINAE)
EN EL VALLE DE HUAMANTLA, TLAXCALA.**



T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCION VEGETAL

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

P R E S E N T A :
JUVENTINO CUEVAS OJEDA



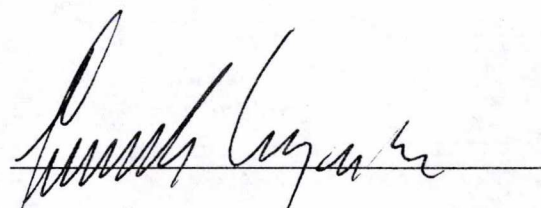
CHAPINGO, MEXICO. 1995

DX63088
-101268

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

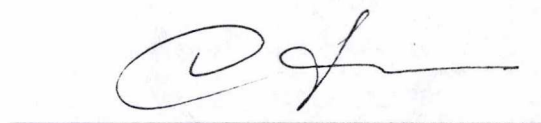
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
PROTECCION VEGETAL

PRESIDENTE



M.C. S. Gerardo Leyva Mir

ASESOR



Dr. Carlos Sosa-Moss

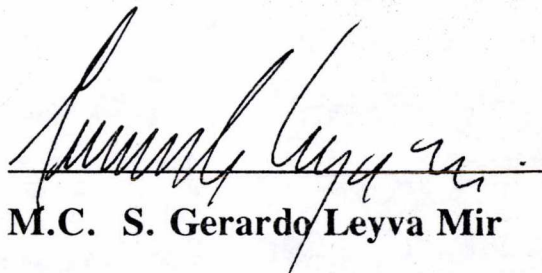
ASESOR



Dr. Sebastián Romero Cova

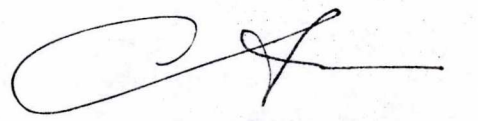
El jurado del examen de grado de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal, estuvo constituido por:

PRESIDENTE



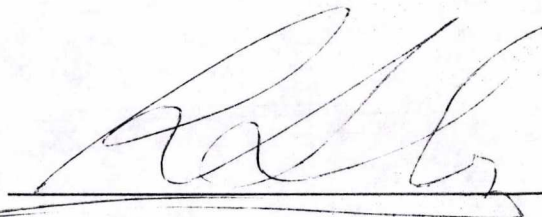
M.C. S. Gerardo Leyva Mir

ASESOR



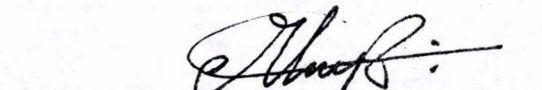
Dr. Carlos Sosa-Moss

ASESOR



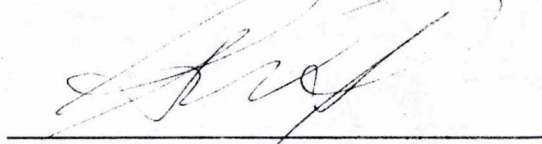
Dr. Sebastián Romero Cova

REPRESENTANTE DE LA
COORDINACION DE POSTGRADO
EN PROTECCION VEGETAL



M.C. J. Antonio Tafoya Razo

REPRESENTANTE DE LA
COORDINACION GENERAL
DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA UACH



M. C. Calixto Carrillo Fonseca

Cada uno de los cuales revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, México, febrero de 1995.

RECONOCIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo (UACH)** y al **Departamento de Parasitología Agrícola**, por brindarme la oportunidad de superarme.

Al **Dr. Sebastián Romero Cova**, Ex-coordinador de la Maestría en Protección Vegetal; por brindarme la oportunidad para concluir la Maestría y por su acertada revisión y sugerencias en la presente tesis.

Al **Dr. Carlos Sosa-Moss**, por su apoyo, dirección, revisión y sugerencias de la presente tesis.

Al **M. C. Gerardo Leyva Mir**, por apoyo en mi programa de maestría, revisión de la presente tesis.

A los **M. C. Francisco Perdomo Roldán, Patricia Santamaria Cesar, Jorge Valdez Carrasco** y a la **Dra. Elizabeth Cárdenas Soriano**, por su apoyo y la realización de la etapa de microscopía electrónica de rastreo (MER).

A los **M. C. Calixto Carrillo Fonseca**, y **J. Antonio Tafoya Razo**, y al **Lic. Mario S. Nagera** por la revisión y las sugerencias a la tesis.

Al **Ing. Artemio Rosas Meza** y al **M.C. Juan L. Medina Pitalúa**, por su apoyo en la identificación de las malezas.

Al **Ing. Horacio Koji Osada**; **Tec. Humberto Espejel**, y **Roberto Alvarado Molina**, por su apoyo en computo electrónico.

A los **profesores de la Maestría en Protección Vegetal**, por el esfuerzo, esmero y dedicación, en transmitir sus conocimientos; y a **todas las personas** que de una o otra forma colaboraron en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis padres: **Juan Francisco Cuevas Ortiz**

Yolanda Mirella Ojeda Trujillo

Por su cariño y comprensión.

A mi esposa: **Guillermina Cerón Cruz**

Por su cariño y apoyo en los momentos más
difíciles, mi eterna gratitud.

A mi hijo: **Jesús Cuevas Cerón.**

Motivo y fuerza de mi ser.

A mis suegros: **Desiderio Cerón Hernández (q.e.p.d.)**

Leonila Cruz Ortega.

con cariño y admiración.

A mi cuñada **Verna:** Por su apoyo, ayuda y comprensión en los
momentos difíciles, gracias.

A mis hermanos (as): Sea un estímulo, sacrificio y superación.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
I. INTRODUCCION.....	1
1. Objetivos	5
II. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1. Importancia de <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	6
2.2. Historia y ubicación taxonómica.....	6
2.3. Descripción de <i>M. chitwoodi</i>	8
2.3.1. Diferencias taxonómicas de <i>M. chitwoodi</i> , con otras especies afines.....	10
2.4. Distribución de <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	13
2.4.1. Mundial.....	13
2.4.2. En E.U.A.....	13
2.4.3. En México.....	13
2.5. Hospedantes y no hospedantes de <i>M. chitwoodi</i>	14
2.5.1. En E.U.A.....	14
2.5.2. En México.....	18
2.6. Hospedantes diferenciales.....	18
2.6.1. Hospedantes diferenciales para las	

razas de <i>M. chitwoodi</i>	19
2.7. Relación nemátodo-hospedante y alteraciones histológicas inducida por <i>M. chitwoodi</i>	20
2.8. Ciclo biológico de <i>Meloidogyne spp.</i>	24
2.8.1 Ciclo biológico de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> ..	25
2.8.1.1. Consideraciones ambientales.....	26
2.8.1.2. Requerimientos de unidades calor para el desarrollo de <i>M. chitwoodi</i> ..	29
2.9. Control de <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	30
III. MATERIALES Y METODOS.....	39
3.1. Ubicación del área de estudio.....	39
3.2. Características agronómicas del área de estudio.	39
3.3. Muestreo y colecta de material vegetal con nematodo agallador.....	40
3.4. Extracción e identificación de <i>Meloidogyne spp.</i>	41
3.5. Distribución y rango de hospedantes.....	42
3.6. Fotografías en el microscopio óptico compuesto y electrónico de rastreo.....	43
3.7. Determinación de las razas de <i>M. chitwoodi</i>	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	52
VII. APENDICE.....	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Hospedantes de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en los Estados Unidos de Norte América.....	15
2 No hospedantes de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en los Estados Unidos de Norte América.....	17
3 Reacción de las hospedantes diferenciales para las especies más comunes de <i>Meloidogyne</i> , incluyendo a <i>M. chitwoodi</i>	19
4 Respuesta de hospedantes diferenciales a <i>Meloidogyne hapla</i> y razas de <i>M. chitwoodi</i>	20
5 Requerimiento de temperatura de las tres principales especies de nemátodo agallador que atacan a la papa....	30
6 Resumen de la distribución de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en los Estados de Tlaxcala y Puebla.....	60
7 cultivos hospedantes de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en el Valle de Huamantla, Tlax.....	61
8 Malezas hospedantes de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.....	62
9 Resultado de la respuesta de hospedantes diferenciales para las razas de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en el estado de Tlaxcala.....	71
10 Distribución y hospedantes de <i>M. chitwoodi</i> en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.....	87

INDICE DE FIGURAS

Figuras

- 1 Distribución de las razas de *M. chitwoodi*, en el Valle de Huamantla, Tlax.,..... 65

- 2 A y B) Tubérculo-semilla de papa con "mezquinos" procedente del estado de Chihuahua, C) papas con síntomas interno inducido por *M. chitwoodi* en el Valle de Huamantla, Tlax., D-I) diferentes cultivos con *M. chitwoodi* en Guadalupe Victoria, Pue., D y E) girasol con agallas del nemátodo, F y G) cebada infestadas, H y I) alfalfa con *M. chitwoodi*..... 66

- 3 A-D) Modelos perineales de *Meloidogyne spp.* en cultivo de papa; A) *M. incognita* (640X), B) *M. arenaria* (640X), C) *M. hapla* (800X), D) *M. chitwoodi* (640X); E-I) modelo perineal de *M. chitwoodi* en los cultivos de; E) en girasol (640X), F) en cebada (640X), G) en maíz (640X), H) en alfalfa (640X), I) en tomate de cáscara (640X). Fotografía tomadas en un microscopio compuesto (MOC)..... 67

- 4 A-C) parte anterior de la hembra de *M. chitwoodi*; a) acercamiento de la parte anterior (X2200), B) región labial (X7200), C) acercamiento de la región labial (X8600), D) hembra completa con modelo perineal (X200); fotografías tomadas en un microscopio electrónico de rastreo (MER) marca Joels JSM-35..... 68

- 5 A y B) Tubérculos de papa con mezquinos y síntomas interno por *M. chitwoodi*, C-I) raíces de diferentes cultivos con agallas del nemátodo, C) papa, D) tomate de cáscara, E) frijol, variedad bayomex, F) haba, G y H) maíz, I) arvejon; en el estado de Tlaxcala..... 69

- 6 Agallas de *M. chitwoodi* en raíces de; A) *Simsia amplexicaulis* (acahual), B) *Bidens odorata* (rosilla), C) *Galinsoga parviflora* (estrellita), D) *Chenopodium album*, (quelite cenizo), F) *Lupinus sp.* , G) *Portulaca oleracia* (verdolaga), H) *Agrostis sp. i)* *Marrubio sp.*, en el Valle de Huamantla, Tlax..... 70

- 7 A) Plantas diferenciales para la determinación de razas de *M. chitwoodi*, B) trigo, cv Nugaines, y jitomate, cv Columbia, C) zanahoria, cv Red Cored Chantenary, y jitomate, cv Columbia, D) alfalfa, cv Thor; E) jitomate, cv Columbia inoculada; F) zanahoria inoculada con *M. chitwoodi*, G-I) respuesta diferencial para determinar la presencia de la raza 1 en Tlaxcala..... 71

- 8 A-C) Plantas diferenciales en la determinación de las razas de *M. chitwoodi*, D y E) población Tlax04, F) Tlax05, G) Tlax06, H) Tlax08 Y Tlax13, I) Tlax10... 72

RESUMEN

El peligro potencial de *Meloidogyne chitwoodi* radica en que ataca a 53 especies de plantas de 16 familias botánicas, entre las que se encuentran cultivos de importancia agrícola; además, induce pérdidas directas e indirectas en la papa en 68 % en los Estados Unidos de Norte América, y se gastan \$20 millones de dólares anuales para el control de nematodos agalladores; además, las pérdidas ascienden a los \$40 millones de dólares.

La presente investigación se planteó con los siguientes objetivos:

1. Determinar la distribución de *Meloidogyne chitwoodi* en la zona productora de papa en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.
2. Conocer el rango de hospedantes de *M. chitwoodi* en la región mencionada.
3. Determinar la raza de *M. chitwoodi* presente en la zona productora de papa en el Valle de Huamantla, Tlax.

M. chitwoodi se ha reportado en los Estados Unidos de Norte América e incidentalmente en Argentina, Holanda, México, y en Africa del Sur, en tubérculo-semilla de papa procedente de Australia. Se conocen dos razas de *M. chitwoodi*, las cuales se diferencian por su reproducción en alfalfa, variedad Thor, y en zanahoria, variedad Red Cored Chantenary; la raza 1 se reproduce en zanahoria y no en alfalfa; por el contrario, la raza 2 no se

reproduce en zanahoria, pero la alfalfa es un buen hospedante.

En los Estados Unidos de Norte América *M. chitwoodi* se ha reportado en los cultivos de *Beta vulgaris*, *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Zea mays*, *Medicago sativa*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Allium cepa*, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Daucus carota*, *Vitis labrusca*, *V. vinifera*, y en las malezas *Brassica campestris*, *B. napus*, *Cirsium vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus asper*, *Agrosprium desertorum*, *Bromus inerves*, *Dactylis glomerata* (O'Bannon, et. al., 1982).

En el estado de Puebla, *M. chitwoodi* se detectó en los siguientes cultivos: *Solanum tuberosum* (papa), *Hordeum vulgare* (cebada), *Medicago sativa* (alfalfa), *Helianthus annuus* (girasol); y en las malezas que crece entre el cultivo de papa como *Bidens sp.* (rosilla), *Simsia sp.* (acahual), *Brassica sp.* (jaramao), *Malva sp.* (malva de quesitos), y *Eragrostis sp.* (pasto) (Cuevas y Sosa-Moss, 1990).

El trabajo se realizó con material procedente de la zona productora de papa en el Valle de Huamantla (zona de influencia del Distrito de Desarrollo Rural 165 y del Laboratorio de Sanidad Vegetal). Para cumplir con los objetivos de conocer la distribución y rango de hospedantes de *M. chitwoodi* se realizó el muestreo en las unidades de riego de los municipios de Huamantla, Altzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla. El muestreo fue dirigido a

determinar la presencia de agallas y "mezquinos" en los cultivos y malezas. En dichas unidades de riego se muestreó 10 % de la superficie sembrada (Huamantla, 370 ha; Cuapiaxtla, 60 ha; Alzayanca, 29 ha; y El Carmen Tequexquitla, 30 ha).

Para la determinación de la raza, se colectaron raíces y tubérculos que presentaron agallas y "mezquinos" típicos de *M. chitwoodi*, en los municipios mencionados, la identificación de las razas se realizaron con las plantas diferenciales propuestas por Mojtahedi, et. al., 1988; y se determinó con relación a la respuesta de las diferenciales alfalfa, variedad Thor y zanahoria, variedad Red Cored Chantenary al ataque del nemátodo.

Las conclusiones que se derivaron del presente trabajo son: *M. chitwoodi* está presente en los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla y se detectó en los siguientes cultivos: papa, maíz, cebada, trigo, avena, haba, frijol, alfalfa, tomate de cáscara y calabaza; y en las malezas que crecen en los predios cultivados con papa: *Amaranthus hybridus*, *Chenopodium sp.* (epazote de zorrillo), *Ch. album* (quelite), *Galinsoga parviflora* (estrellita), *Bidens odorata* (rosita), *Simsia amplexicaulis* (acahual), *Tithonia tubaeformis* (gigantón), *Sonchus sp.* (lechuguilla), *Brassica campestris* (jaramao), *Avena fatua* (avena silvestre), *Eleusine sp.* (pasto), *Lupinus sp.* (lupinus), *Medicago sp.* (alfalfa silvestre), *Malva sp.* (malva de quesitos), *Anoda sp.* (malva cimarrona), *Oxalis sp.* (oxalis), *Portulaca oleracea*

(verdolaga), *Datura sp.* (toloache), *Commelina sp.* (commelina),
Marrubio sp. (marrubio).

En el Valle de Huamantla están presentes las dos razas de *M. chitwoodi* la raza 1 se detectó en la unidad de riego Cuapiaxtla número 3, del municipio de Cuapiaxtla y la raza 2 en los municipios de Huamantla, Altzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla.

I. INTRODUCCION

La papa, a nivel mundial, ocupa el cuarto lugar entre los cultivos de mayor importancia para la alimentación humana (Horton y Fano, 1985); en 1991 se sembró en el mundo 17.71 millones de hectáreas, con una producción de 261.162 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 14.746 t/ha (FAO, 1991).

En México la papa ocupa el primer lugar en superficie sembrada; en 1991 se cosechó 68,000 hectáreas, de los cuales 21,835 son de riego y el resto de temporal; con una producción de 999 mil toneladas y un rendimiento promedio de 14.673 t/ha (Dirección General de Economía Agrícola, 1985; FAO, 1991).

Las zonas tradicionales de producción de papa se localizan en los estados de Puebla, Veracruz (región del Pico de Orizaba y Cofre de Perote), México (faldas del Nevado de Toluca), Michoacán (Sierra Tarasca) y Tlaxcala (región de la Malinche), en los Estados mencionados la papa se cultiva durante el ciclo primavera-verano y se cosecha entre los meses de junio y octubre, cultivándose principalmente papas de color (*Solanum tuberosum ssp. andigenum*), siendo la variedad López la más importante.

El cultivo de la papa se ha consolidado en Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León, Baja California, Sonora, Coahuila y El Bajío; sembrándose papa blanca (*Solanum tuberosum ssp. tuberosum*)

principalmente la variedad Alpha (Ferroni, 1985), y las regiones con mayor superficie de producción a nivel comercial son: Puebla (23,690 ha), Veracruz (10,866 ha), Edo. de México (7,801 ha), Chihuahua (7,291 ha) y Guanajuato (4,437 ha) (Anónimo, 1985).

En el estado de Tlaxcala, en 1991 se cosechó 1,830 hectáreas con una producción de 26,790 t y un rendimiento medio de 14.64 t/ha (Anónimo, 1991). La producción de papa en el Estado es para consumo y tubérculo-semilla; para consumo, proviene principalmente de los municipios de Alzayanca, Cuapiaxtla, Huamantla, El Carmen Tequexquitla, Terrenate, Tlaxco, y tiene como destino los estados de Puebla, Sinaloa, Yucatán, y Distrito Federal; y para tubérculo-semilla, de la variedad López se cultivan en los municipios de Tlaxco y Terrenate, con destino al Estado de México y Puebla. La semilla-tubérculo que se requiere para la siembra en Tlaxcala se compra en los estados de Chihuahua, Puebla, Coahuila, Edo. de México, Sinaloa, Guanajuato, Jalisco y Nuevo León (Anónimo, 1983).

Los factores que limitan la producción de la papa, excluyendo los climáticos y edáficos, están los inducidos por plagas y enfermedades; los nematodos son patógenos importantes en la reducción de la producción de la papa; entre los principales se citan a *Meloidogyne chitwoodi*, *M. incognita*, *Globodera rostochiensis*, *G. pallida*, *Ditylenchus destructor*, *D. dipsaci*, *Longidorus elongatus*, *Paratrichodorus allius*, *P. minor*, *Trichodorus primitivus*, *T. proximus*, *Xiphinema coxi*, *X. index*, *X. americanum*;

todas de importancia cuarentenaria en la región de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO).

El género *Meloidogyne*, con más de 64 especies, está ampliamente diseminado en el mundo (Jepson, 1987), de las cuales según Brodie (1984) seis son patógenos de papa (*M. arenaria*, *M. incognita*, *M. hapla*, *M. javanica*, *M. thamesi* y *M. chitwoodi*; esta última fue descrita por Golden y colaboradores, en 1980, en papa de la variedad Russet Burbank en el noroeste de los Estados Unidos de Norte América.

M. chitwoodi y *M. hapla* son las principales plagas de la papa en el Noroeste de E. U. A., dichas especies se detectaron con mayor frecuencia en las regiones productoras de papa de California, Oregon y Washington, presentándose solos en 83 y 11%, respectivamente, y 6% de las muestras contenían ambas especies.

El umbral económico de *M. chitwoodi* en la siembra es de 1 huevecillo o juvenil/ 250 cm³ de suelo (Santo, et. al., 1981), el umbral tan bajo se debe a su actividad a bajas temperaturas (5 °C) (Charchar 1987, citado por Mojtahedi, et. al., 1991); además, puede presentar dos o tres generaciones más en el cultivo de papa (Santo, et. al., 1988).

Meloidogyne chitwoodi posee dos razas, las cuales se separan mediante plantas diferenciales; la raza 1 se reproduce en la

zanahoria, variedad Red Cored Chantenary, y la raza 2 en alfalfa, variedad Thor, e inducen la formación de agallas pequeñas en la raíz y "mezquinos" en los tubérculos (Mojtahedi, et. al., 1989), en Holanda se determinó una tercera raza mediante la técnica de electroforesis, y la cual se puede diferenciar de las dos razas anteriores debido a que esta no ataca a maíz (Van Meggelen, et. al., 1994).

El peligro potencial de *M. chitwoodi* radica en que ataca a 53 especies de plantas de 16 familias botánicas, entre los cuales se encuentran el jitomate, trigo, avena, chícharo, alfalfa, maíz, remolacha, etc. (O'Bannon, et. al., 1982), e induce pérdidas directas e indirectas en papa en 68 % (Pinkerton, 1986). En los Estados Unidos de Norte América se gastan \$20 millones de dólares anuales para el control de nematodos agalladores en papa, y las pérdidas ascienden alrededor de cuarenta millones de dólares (Santo, et. al., 1991).

En abril de 1986, se diagnosticó a *M. chitwoodi* en el estado de Tlaxcala, en tubérculos de papa según referencias de los productores proceden del estado de Chihuahua, situación que se requiere corroborar en campo si realmente *M. chitwoodi* esta presente en el mencionado Estado; en el mismo año se detectó en predios con papa, de las variedades Alpha y Tollocan en el rancho el "Yaqui" del municipio de Guadalupe Victoria, Puebla (Cuevas y Sosa-Moss, 1990).

En nuestro país se desconocen las pérdidas inducidas por *M. chitwoodi* en el cultivo de papa; además, se ignora casi por completo su distribución, rango de hospedantes y la raza presente. Basado en lo antes citado y conociendo el potencial patógeno del nemátodo, se desprende la necesidad de estudiarlo. Para tal efecto se planteó la presente investigación con los siguientes objetivos.

1. Objetivos

1. Determinar la distribución de *Meloidogyne chitwoodi* en la zona productora de papa, en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.

2. Conocer el rango de hospedantes de *M. chitwoodi* en la región mencionada.

3. Determinar las razas de *M. chitwoodi* presentes en la zona productora de papa en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de *Meloidogyne* spp.

Los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* son patógenos de importancia en los cultivos agrícolas; presentan una distribución mundial y son parásitos obligados de cientos de especies vegetales, incluyendo monocotiledóneas, dicotiledóneas, herbáceas y forestales; las especies *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*, además de otras especies como *M. graminicola*, *M. naasi*, *M. exigua*, *M. acronea*, *M. chitwoodi*, *M. decalineata*, *M. africana*, *M. coffeicola*, *M. oryzae*, y *M. thamesi* son las de mayor importancia agrícola (Eisenback y Hirschmann, 1991; Jepson, 1987).

Al menos seis especies de *Meloidogyne* se conocen como parásitos de la papa: *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *M. incognita* (Kofoid y White 1919) Chitwood 1949, *M. hapla*, Chitwood 1949, *M. javanica* (Treub 1885) Chitwood 1949, *M. thamesi*, Chitwood, en Chitwood, Specht y Havis 1952, y *M. chitwoodi*, Golden et. al., 1980. Las especies reportadas que atacan a *Solanum tuberosum* en campo son *M. africana*, Whitehead 1960; *M. artiellia*, Franklin 1961; *M. ethiopica*, Whitehead 1969; *M. sinensis*, Zhang 1968; y, en forma experimental, *M. oryzae*, Maas, Sander y Dede 1978.

2.2. Historia y ubicación taxonómica de *M. chitwoodi*.

En diciembre de 1974 se detectó especímenes de *Meloidogyne* en

raíces de papa de la variedad Russet Burbank en los Estados Unidos de Norte América, que fue identificado tentativamente como *M. hapla* y depositados en la colección del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (Nematode Collection Beltsville), en Maryland; el espécimen se folió para su estudio como parte del complejo *M. hapla*, después de un estudio minucioso en 1977 se determinó que es un espécimen de *Meloidogyne* no descrito.

Las inspecciones de tubérculos de papa realizadas de 1977 a 1980 en el Pacífico Noroeste de E. U. A., reveló la presencia de la nueva especie en tierras aledañas a los ríos Columbia y Snake en Washington e Idaho, respectivamente; dicha especie fue descrita como *Meloidogyne chitwoodi* (nemátodo agallador de Columbia), (Golden, et. al., 1980) y su ubicación taxonómica es la siguiente:

Phyllum: Nematoda

Clase: Secernentea

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Heteroderidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

Especie: *chitwoodi* (Golden et. al., 1980)

Raza: 1 (raza zanahoria)

Raza: 2 (raza alfalfa)

2.3. Descripción de *M. chitwoodi*.

Hembra (♀): Posee cuerpo globoso a piriforme, de color blanco aperlado, con una ligera protuberancia posterior visible ocasionalmente; cabeza con estructura cefálica débil, separado del cuerpo pero variable en forma y con un disco labial en el primer anillo cefálico; estilete pequeño pero robusto, cono ligeramente curvado dorsalmente, columna ensanchada a la mitad de su longitud y los nódulos basales de forma irregular en la parte posterior, presenta una muesca dentada en forma longitudinal en la superficie anterior; poro excretor visible y localizado a una distancia igual o aproximadamente 1.5 de la longitud del estilete; presenta varias vesículas o estructuras semejantes a vesículas en el metacorpus rodeando al lumen, anterior a la válvula (Golden, et. al., 1980).

Patrón perineal bastante distintivo, de forma circular a oval, las estrías internas forman un arco dorsal moderado a bajo, marcado por fuertes pliegues laterales expandido, y presenta estrías onduladas alrededor y sobre el área anal, las cuales son torcidas u onduladas, y carece de puntuaciones en el área de la cola, el campo lateral aparentemente se empalma con las estrías dorsales y ventrales; vulva hundida en una área de forma variable y carente de estrías, aunque las estrías laterales pueden prolongarse a los extremos de la vulva; fasmidias arriba de la vulva y separadas a lo largo de ésta (Golden, et. al., 1980; Lehman, et. al., 1983).

Macho (♂): Es filiforme, ligeramente adelgazado en ambos

extremos, cutícula con anillo transversales, más prominente a corta distancia de los extremos; campo lateral con cuatro incisuras, algunas aeroladas más evidentes al microscopio electrónico de rastreo (MER), pero difícil de observar en el microscopio óptico Compuesto (MOC).

Cabeza generalmente redondeada, separada ligeramente o no del cuerpo; disco labial más angosto que el anillo post-labial, labio medio y disco labial redondos; longitud del cono más o menos la mitad del largo del estilete; nódulos redondeados y proyectados anteriormente, pero algunas veces irregular; hemizonidia anterior al poro excretor; fasmidias al nivel o anterior a la cloaca; cola corta y redondeada; presentan uno o dos testículos, espícula arqueada y con la punta dentada (Golden, et. al., 1980)

Segundo estadio juvenil (J₂): Posee cuerpo filiforme y pequeño, adelgazado en ambos extremos, pero más en la parte posterior; cabeza no separada del cuerpo, con esqueleto cefálico débil, disco labial y post-labial grande sin estrías; hemizonidia anterior al poro excretor; longitud del cono aproximadamente la mitad del estilete, nódulos prominentes y proyectados anteriormente; campo lateral con cuatro incisuras no aeroladas; la cola presenta un ligero adelgazamiento, con la parte hialina generalmente redondeada, algunas veces ligeramente clavada y la hipodermis termina en forma obtusa o redondeada; la fasmidia pequeña y se localiza en el tercio anterior de la cola; recto no inflado.

2.3.1. Diferencia de *M. chitwoodi* con especies afines.

M. chitwoodi está emparentado con *M. hapla* en algunos aspectos, pero difiere marcadamente en las siguientes características: 1). El patrón perineal es redondo a oval y especialmente por la presencia de estrías truncadas, torcidas o curvadas alrededor y arriba del área anal, sin puntuaciones en el área de la cola, y la vulva está hundida en una área sin estrías. 2). Presencia de vesículas o estructuras similares a vesículas, que rodean al lumen anterior a la válvula del metacorpú en las hembras únicamente. 3). Cola del juvenil corta y obtusa con la parte hialina presentando o no una pequeña terminación redondeada.

Sin embargo *M. querciana* presenta vulva hundida en una área rodeada de estrías, además, incluye la naturaleza del patrón perineal y la longitud promedio del estilete (17.5 μ m) de la hembra, que la diferencia de *M. chitwoodi*. La presencia de vesículas o estructuras semejantes a vesículas en el bulbo medio de las hembras de *M. chitwoodi* es única en las especies de *Meloidogyne*; en la descripción de *M. naasi* se reportó por vez primera dichas estructuras en los nematodos agalladores, pero se localiza en el metacorpú de los machos y juveniles, ausentes en las hembras (Golden, et. al., 1980).

M. chitwoodi usualmente se encuentra mezclado con *M. hapla* y en menor frecuencia con *M. incognita* (Santo y O'Bannon, 1981); las

características que diferencian a *M. chitwoodi* de estas especies son:

1. El patrón perineal de *M. hapla* posee la forma de hexágono redondeado a oval aplanado; con arco dorsal generalmente aplanado, las líneas laterales no son visibles, aunque pueden estar indicadas por ligeras irregularidades en las estrías o por que las estrías dorsales y ventrales se unen formando un ángulo. Algunas estrías pueden prologarse lateralmente y formar una o dos alas. Las estrías son lisas a onduladas y muy juntas. El área terminal de la cola presenta generalmente puntuaciones; el patrón perineal de *M. incognita* es muy variable pero con el arco dorsal alto y cuadrado formado por estrías que pueden ser desde lisas hasta onduladas. Algunas estrías se bifurcan cerca de las líneas laterales, las que no están claramente visibles. Frecuentemente se observan estrías que se dirigen hacia la vulva.

2.- Cabeza y estilete del macho. La cápsula cefálica de *M. hapla* es alta y mucho más reducida que la región cefálica; ésta no es anillada y está generalmente bien separada del cuerpo, porque su diámetro es mayor que el primer anillo corporal. El estilete delgado y corto, nódulos basales del estilete lisos y redondeados, bien separados de la columna; distancia de la base de los nódulos a la DGED, larga, de 4 a 6 μm . La cabeza de *M. incognita* posee disco labial cóncavo centralmente, más alto que el nivel de los labios medios, parte anterior del estilete en forma de "remo", con punta roma; nódulos basales, de redondeados a ampliamente

elongados; distancia de la base de los nódulos a la desembocadura de la glándula esófagica dorsal (DGED), corta, de 2 a 3 μm .

3.- Estilete de la hembra. *M. hapla*, longitud media del estilete de 14.6 μm . El cono está curvado sólo ligeramente hacia la parte dorsal y la columna es más ancha en la base. Los nódulos basales del estilete son redondeados y claramente separados de la columna, y el estilete de *M. incognita* mide 16.0 μm de longitud. El cono del estilete está claramente curvado dorsalmente, la porción anterior del cono es cilíndrica y la mitad posterior, cónica. La columna es ligeramente más ancha en la base; los nódulos son anchos y planos, separados de la columna y con proyecciones hacia la parte anterior tan marcadas en algunos especímenes.

4. Cola del juvenil (J_2). La cola de *M. incognita* es similar en forma con *M. chitwoodi* pero ligeramente más larga ($X = 48.7 \mu\text{m}$), con la parte final de la hipodermis no tan obtusamente redondeado y con la terminación hialina corta ($X = 8.9 \mu\text{m}$); *M. hapla* presenta cola larga ($X = 59.2 \mu\text{m}$) angosta, y más adelgazada, con la parte terminal redondeada, la longitud promedio de la parte hialina es de 15.7 μm , parte final de la hipodermis es ligeramente redonda (Golden, et. al., 1980; Nyczepir, et. al., 1982; Santo y O'Bannon, 1980).

2.4. Distribución de *M. chitwoodi*.

2.4.1. Mundial.

M. chitwoodi se ha reportado en los Estados Unidos de norte América (Golden et. al., 1980; Mojtahedi, et. al., 1988; Santo, et. al., 1988), e incidentalmente en Argentina, Holanda, México (Esbenshade y Triantaphyllou, 1985; Scholte, 1990; EPPO, 1991), y en Africa del Sur, en tubérculo-semilla de papa procedente de Australia (Kleynhans, 1989, citado por Eisenback y Hirschmann, 1991).

2.4.2. En E. U. A.

En el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos de Norte América, *M. chitwoodi* es la principal plaga de importancia económica en papa, y está presente en los Estados de Washington, Oregon, California, Utah, Nevada, Idaho, Colorado y Virginia (Einsenback y Hirschamann, 1991; Jepson, 1985; Lehman, et. al., 1983; Nyczepir, et. al., 1982; Pinkerton, et. al., 1987).

2.4.3. En México.

En los Estados Unidos Mexicanos, *M. chitwoodi* fue reportado por vez primera en 1981, en muestras de suelo procedentes del Edo. de México (Sosa-Moss, 1985) y en 1986 se detectó en el estado de Tlaxcala en tubérculos de papa, según refencia de los productores procede del estado de Chihuahua; un total de 323 toneladas de papas que se sembraron en los municipios de Huamantla, Cuapiaxtla, Alzayanca y en el rancho las Mesas, del municipio de Tlaxco; en el

mismo año se detectó al nemátodo agallador de Columbia en papa de la variedad Tollocan en el rancho el Yaqui, del municipio de Guadalupe Victoria Puebla (Cuevas y Sosa-Moss, 1990).

2.5. Hospedantes y no hospedantes de *M. chitwoodi*.

2.5.1. En E. U. A.

El nemátodo agallador de Columbia se reproduce en 53 de 68 especies de plantas en condiciones de invernadero, y son hospedantes tanto especies monocotiledóneas como dicotiledóneas (O'Bannon, et. al., 1982); las hospedantes se clasifican con base en los grados relativos de respuesta a la reproducción del nemátodo, basado en el número de masas de huevecillos y en el número de huevecillos por gramo de raíz.

En campo e invernadero es difícil observar las agallas y masas de huevecillos inducidas por *M. chitwoodi* en muchas plantas (O'Bannon, et. al., 1982), por lo tanto, para determinar la susceptibilidad del hospedante y la reproducción del nemátodo, se auxilia por tinción con floxina B, y las raíces se observan en el microscopio de disección.

Para la evaluación del hospedante se emplea la escala siguiente: **0**= No reproducción (no hospedante); **0.1 a 1** = Vestigio de reproducción < de 100 huevecillos/gramo de raíz (hospedante muy pobre); **1.1 a 2** = reproducción ligeras, de 100 a 1000 huevecillos/gramo de raíz (hospedante pobre); **2.1 a 3** =

reproducción moderada, de 1000 a 10000 huevecillos/gramo de raíz (hospedante moderada); **3.1 a 4**= reproducción alta, de 10000 a 100000 huevecillos/gramo de raíz (buen hospedante); y **Mayor de 4** = reproducción muy alta > de 100000 huevecillos /gramo de raíz (excelente hospedante) (O'Bannon, et. al., 1982).

Por su parte, Mojtahedi et. al., 1988, mencionan la amplitud del factor de reproducción (FR) para las hospedantes y no hospedantes del nemátodo agallador de Columbia; **FR = 0.0 a 0.09** no hospedante (NH); **FR = 0.1 a 0.9** hospedante pobre (PH); **FR = 1 a 2** hospedante moderado (MH); **FR > 2** hospedante susceptible (SH).

Cuadro 1: Hospedantes de *Meloidogyne chitwoodi* en los Estados Unidos de Norte América.

Familia	Nombre científico	Variedad	FR
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i>	U & 1 Hybrid No 9	2.6
	<i>Salsala kale</i>	-	1.1
Compositae	<i>Cirsum vulgare</i>	-	3.5
	<i>Sonchus asper</i>	-	3.0
	<i>Taraxacum officinale</i>	-	1.1
Cruciferae	<i>Brassica hirta</i>	Kirby	2.3
	<i>Brassica napus</i>	Baraska	2.1
	<i>Brassica rapa</i>	Sanson	2.4
Gramineae	<i>Avena sativa</i>	Appelbosa	4 +
		Menominee	4 +
		Park	4 +
		Terra	4 +
		Advance	4 +
	<i>Hordeum vulgare</i>	Boyer	4 +
		Pirodine	4 +
		Vanguard	4 +
		-	0.1
	<i>Triticum aestivum</i>	Brash	4 +

		Dickwin	4 +
		Owens	4 +
		Twin	4 +
		Faro	2.9
		Luke	3.3
		Nugaines	4 +
		Stephens	4 +
	<i>Zea mays</i>	Funks G-444MF	3.2
		Idahybrid 216	3.1
		Northrup king 589	3.2
		Jubilee	2.0
Labiatae	<i>Mentha piperita</i>	Todd	0.3
	<i>M. spicata</i>	Native	0.6
Leguminosae	<i>Medicago sativa</i>	Mn PL9HF (syn2)	1.3
		Nevada syn XX	0.4
		Thor	0.4
		Vertus	0.1
		Washoe	0.2
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Apollo	2.5
		Blue Mountain	130.0
	<i>Pisum sativum</i>	ARS244219-B	3.1
		Alaska	2.1
		Dark Skin Perfection	2.1
	<i>Trifolium pratense</i>	-	2.8
	<i>T. repens</i>	-	2.8
	<i>Vigna sinensis</i>	California Blackeye No 5	0.2
Liliaceae	<i>Allium cepa</i>	Rocket	0.3
		Walla Sweet	1.1
Malvaceae	<i>Hibiscus esculentus</i>	Dwarf Green	1.1
Solanaceae	<i>L. esculentum</i>	Ace	3.5
		Columbia	3.9
		Rutgers	3.7
		Yellow Pear	3.2
		Roza	4 +
	<i>L. peruvianum</i>	PL270435	1.1
	<i>Solanum nigrum</i>	-	1.5
	<i>S. melongena</i>	-	3.5

	<i>S. tuberosum</i>	Russet	3.5
		Burbank	
		White Rose	2.5
Umbelliferae	<i>Daucus carota</i>	Gold Park	2.2
		Half-Long	1.1
		Nantes	
		Imperator	0.1
Vitaceae	<i>Vitis labrusca</i>	Concard	0.2
	<i>V. vinifera</i>	Semillon	0.4

(O'Bannon, et. al., 1982)

Cuadro 2. No hospedantes de *Meloidogyne chitwoodi* en los Estados Unidos de Norte América.

Familia	nombre científico	variedad	FR
Amaranthaceae	<i>Amaranthus graezans</i>	-	0.0
	<i>A. retroflexus</i>	-	0.0
Canabaceae	<i>Humulus lupulus</i>	-	0.0
Cruciferae	<i>Raphanus sativus</i>	Nerus	0.0
Gramineae	<i>Alopercutus pratensis</i>	-	0.0
	<i>Arrhenathecus elatus</i>	-	0.0
	<i>Bromus tectorum</i>	-	0.0
Leguminosae	<i>Arachis hypogaea</i>	Florrunner	0.0
	<i>Medicago sativa</i>	Dupoit	0.0
		Moapa	0.0
		Rhizoma	0.0
		W12S2R2W1FV1	0.0
	<i>Phaseolus lunatus</i>	Herdenson	0.0
		Baby Bush	
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	Deltapine 16	0.0
Rosaceae	<i>Malus silvestris</i>	Golden	0.0
		Delicious	
Solanaceae	<i>Capsicum annum</i>	California	0.0
		Wonder	
	<i>Nicotiana tabacum</i>	-	0.0

(O'Bannon, et. al., 1982)

2.5.2. En México.

En el estado de Tlaxcala en 1986 se detectó *M. chitwoodi* en tubérculos de papa, según referencia de los productores procede del estado de Chihuahua, y en el estado de Puebla se detectó, en campo, en: *Medicago sativa* (alfalfa), *Helianthus annuus* (girasol), *Hordeum vulgare* (cebada) y de las malezas que crecen en el cultivo de la papa, se ha observado en: *Bidens sp.* (rosilla), *Simsia sp.* (acahual), *Brassica sp.* (jaramao), *Raphanus sp.* (nabo), *Malva sp.* (malva de quesitos), y *Eragrostis sp.* (pasto), (Cuevas y Sosa-Moss, 1990).

2.6. Hospedantes diferenciales.

La prueba de hospedantes diferenciales de Carolina del Norte, está diseñada para identificar las cuatro especies y razas de *Meloidogyne* más ampliamente diseminadas; *M. incognita* (4 razas), *M. arenaria* (2 razas), *M. javanica* y *M. hapla* (Taylor y Sasser 1983).

Recientemente se ha incluido a *M. chitwoodi* para su identificación con plantas diferenciales, las variedades diferenciales son: (*Nicotiana tabacum L.*) tabaco, cv NC95; (*Gossypium hirsutum L.*) algodón, cv Deltapine 16; (*Capsicum frutescens L.*) chile, cv California Wonder; (*Citrullus vulgaris Schrad*) Sandía, cv Charleston Gray; (*Arachis hypogea L.*) cacahuete, cv Flurunner; (*Lycopersicum esculentum Mill*) tomate, cv Rutgers; y (*Triticum aestivum L.*) trigo, cv Nugaines; para diferenciarla de las otras especies más comunes. (Mojtahedi, et. al., 1988).

Cuadro 3: Reacción de hospedantes diferenciales para las especies más comunes de *Meloidogyne*, incluyendo a *M. chitwoodi*

<i>Meloidogyne</i> <i>spp</i>	Trigo	pimiento	Sandía	Tabaco	Algodón	Cacahuete	Tomate
<i>chitwoodi</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>hapla</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>incognita</i>	+	+	+	-	-	-	+
<i>arenaria</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>javanica</i>	+	-	+	+	-	-	+

(Nyczepir, et. al., 1982)

La caracterización se realiza con base en la respuesta de las variedades diferenciales; (+) indica reacción positiva con un índice de agallamiento mayor o igual a 4 (IA= 4) y (-) indica reacción negativa con IA= 1 a 2, se debe considerar el índice de masas de huevecillos (IH) cuando se trabaja con *M. chitwoodi*; el jitomate es susceptible a todas las especies y razas, y es la planta indicadora. Las hospedantes diferenciales pimiento, variedad California Wonder y trigo, variedad Nugaines son excelentes diferenciales para *M. chitwoodi* y *M. hapla*, respectivamente.

2.6.1. Hospedantes diferenciales para las razas de *Meloidogyne chitwoodi*.

Se conocen dos razas de *M. chitwoodi*, las cuales se diferencian por la reproducción del nemátodo en (*Medicago sativa* L.), variedad Thor y en (*Daucus carota* L.), variedad Red Cored Chantenary; la raza 1 se reproduce en zanahoria y no en alfalfa; por el contrario, la raza 2 no se reproduce en zanahoria, pero la alfalfa es un buen hospedante (Mojtahedi, et. al., 1988).

Cuadro 4: Respuesta de hospedantes diferenciales a *Meloidogyne hapla* y razas de *M. chitwoodi*.

spp., razas	Trigo	pimiento	Alfalfa	zanahoria	Tomate
<i>hapla</i>	-	+	+	+	+
<i>chitwoodi</i>					
Raza 1	+	-	-	+	+
Raza 2	+	-	+	-	+

Clave: + = hospedante (+ = FR > 1 por 55 días)
 - = No hospedante

Las diferenciales son; Trigo, cv Nugaines; Pimiento, cv California Wonder; Alfalfa, cv Thor; zanahoria, cv Red, Cored Chantenary; y tomate, cv Columbia.

(Mojtahedi, et. al., 1988)

2.7. Relación nemátodo-hospedante y alteraciones histológicas inducidas por *Meloidogyne chitwoodi*.

Los síntomas inducidos por *M. chitwoodi* en papa son variables, dependiendo de la variedad y el nivel de población del nemátodo, cuando es muy baja se dificulta su detección sin la ayuda de un lente de aumento, y con alta población frecuentemente induce la formación de agallas pequeñas en la raíz, estolón, y en el tubérculo se manifiesta como pequeños "mezquinos" superficiales que pueden pasar inadvertidas (Jepson, 1987).

Las infecciones inducidas por *M. chitwoodi*, en tubérculos de papa de la variedad Russet Burbank, se manifiestan por la presencia

de lesiones castañas en la corteza y algunas veces en la médula; en raíces las agallas son pequeñas con aspecto de granos o no se forman; además, no induce la proliferación de raíces laterales, a diferencia de *M. hapla* (Golden, et. al., 1980).

La patogenicidad de *M. chitwoodi* en papa variedad Russet Burbank presentó un patrón característico de los nematodos agalladores. Los juveniles (J_2) fueron observados cerca de las lesiones inducidas por *Rhizoctonia solani* en los estolones y cerca de los "ojos" en los tubérculos; no se observó infecciones en los tallos verticales.

El nemátodo generalmente induce la formación de agallas en las plantas susceptibles; el segundo estado juvenil (J_2) es atraído a la raíz en la región del meristemo apical y cerca de la punta de emergencia de las raíces laterales; penetra a través de heridas o directamente en la epidermis de la raíz, estolón y tubérculos antes que ésta suberice; la ausencia del segundo estado juvenil (J_2) en los tubérculos maduros indican que no pueden penetrar la epidermis suberizada (Finley, 1981; Jepson, 1987).

La primera evidencia de que el parasitismo ha iniciado, se manifiesta por un incremento en la densidad y granulación del protoplasma de la célula, cercana del cuerpo de juvenil; la célula progresivamente aumenta de tamaño, y es multinucleada con muchas vacuolas, el número de células gigantes en los sitios de infección

varía, pero nunca es mayor de cuatro por nemátodo.

Después de la penetración, el J₂ migra intercelularmente en la corteza a la región de las células de diferenciación, donde se establece e inicia la alimentación; la cabeza del nemátodo se localiza en la periferia del parénquima vascular, y el cuerpo, en el tejido cortical paralelo al eje longitudinal de la raíz. Los sitios preferidos para la alimentación son el floema primario o las células parenquimatosas no diferenciadas del periciclo; algunas células del parénquima se desarrollan como células nodrizas para la alimentación del nemátodo.

El nemátodo adquiere su alimento de las células especializadas y continúa su desarrollo; los tejidos que rodean al nemátodo y las células sometidas a hipertrofia e hiperplasia, inducen la formación de agallas típicas en la raíz, las cuales se desarrollan 1 a 2 días después de la penetración del J₂; el tamaño de la agalla está relacionado con el número de nematodos presentes en el tejido (Eisenback y Hirschmann, 1991).

El J₂ de *M. chitwoodi* invade dos días después de la inoculación los puntos de crecimiento y bifurcaciones de las raíces, las cuales se hinchan y presentan cavidades en la corteza, las células del meristemo apical y cortical se dividen para dar origen a una corteza con hiperplasia, que presenta células con núcleos alargados y prominentes nucléolos; cinco días después de la

inoculación, las células gigantes se observaron en el cilindro vascular a los 10 días, y la masa de huevecillos fue observada en las agallas después de los 25 días de la inoculación (Inserra, et. al., 1985).

Los cambios histológicos en los estolones y raíces fueron similares, excepto que la masa de huevecillos en los estolones se estableció en las cavidades de la corteza, la cabeza del juvenil se localizó en el floema, y las células gigantes fueron fuertemente limitadas por los vasos del xilema, dando como resultado una anomalía del cilindro vascular; la pared de las células corticales en contacto con la masa de huevecillos fue refringentes, y dio la apariencia de estar lignificada; tanto en estolones como en los tubérculos las células corticales lignificadas formaron un canasto protector alrededor de la matriz gelatinosa (Finley, 1981).

La pared de las células corticales que limitaron la "matriz gelatinosa" de los huevecillos se tornaron de color castaño, posiblemente debido al incremento de la oxidación de fenoles, que ocurre antes de la deposición de los huevecillos, por lo tanto, la reacción química posiblemente sea inducida por sustancias de la matriz.

Las células del hospedante formaron un canasto protector, el cual sirve para mantener la integridad de la masa de huevecillos y juveniles; el canasto no es susceptible a la dilución por

pectinasa, y los juveniles que emergen parece imposible que escapen de ésta, hasta que es rota por una fuerza externa; este mecanismo permite asegurar la supervivencia de la especie (Finley, 1981; Lehman et. al., 1983).

2.8. Ciclo biológico de *Meloidogyne* spp.

Los nemátodos agalladores presentan un marcado dimorfismo sexual, las hembras tienen forma globosa a piriforme, mientras que los machos son filiformes; la diferencia en la forma del cuerpo de la hembra y el macho de *Meloidogyne* se establece durante el desarrollo post-embrionario. El resultado del desarrollo embrionario es el primer estadio juvenil (J_1), el cual, una vez que muda dentro del huevecillo, sale como segundo estadio juvenil (J_2), que es filiforme y móvil, migra a través del suelo y penetra a la raíz, de las plantas susceptibles y se mueve dentro del tejido a un sitio preferido de alimentación.

El J_2 en su fase avanzada es sedentario y se alimenta de las células especializadas (células gigantes); el nemátodo sufre cambios morfológicos y adquiere la forma de saco, y sin alimentarse, muda tres veces dentro de la cutícula del J_2 y, finalmente, se observa como pre-adulto; la hembra joven después de la muda reanuda su alimentación y continúa su ciclo de vida.

Durante la etapa post-embrionaria se desarrolla y crece el sistema reproductor, en unas gónadas funcionales (Triantaphyllou y

Hirschman, 1969) y los sexos se pueden diferenciar con base en el número de gónadas; la hembra posee dos (en forma de V) y los machos habitualmente poseen una gónada (en forma de bastón). El cambio de forma de saco del macho joven a adulto filiforme se realiza durante el cuarto estadio juvenil (J_4).

El J_4 está dentro de la cutícula del J_2 y J_3 , y después de la última muda emerge como adulto, que no se alimenta y abandona la raíz para moverse en forma libre en el suelo. Dependiendo del tipo de reproducción de la especie; anfimixis o partenógenesis, el macho busca la hembra para aparearse o permanece en el suelo, y finalmente, muere (Eisenback y Hirschmann, 1991).

2.8.1. Ciclo biológico de *M. chitwoodi*.

Para el desarrollo embrionario del nematodo agallador de Columbia, se requiere de 77 a 100 horas a 10°C para realizarse la división del huevecillo a seis células y 35 a 48 horas a 20°C ; además, de 20 a 21 días a 20°C y 60 a 70 días a 10°C , de la deposición del huevecillo a la emergencia del J_2 , por lo que el desarrollo embrionario es de 82 a 84 días a 10°C (Inserra, et. al., 1983).

El J_2 puede invadir la raíz de la papa a temperaturas de 7 a 10°C (O'Bannon y Santo, 1981), y requiere más tiempo para su desarrollo y mudar a J_3 y J_4 ; el J_3 se desarrolla más rápido que el J_4 , y el desarrollo del J_3 a temperaturas 15, 20 y 25°C se completa

después de 5, 1 y 1 día, respectivamente, y 12 horas a 25°C (Inserra, et. al., 1985). El J₃ y J₄ no se alimentan, ya que carecen de estilete y el estomodeo está parcialmente desarrollado; considerando el desarrollo de pre-infección (embrionario) de 82 a 84 días a 10°C y 20 a 21 días a 20°C, y el de post-infección de 105, 51, 36 y 21 días a 10, 15, 20 y 25°C, respectivamente, la duración del ciclo de huevecillo a huevecillo en trigo es de 187-189 días a 10°C y 56 a 57 días a 20°C (Inserra, et. al., 1981).

2.8.1.1. Consideraciones ambientales.

La temperatura es el principal factor ambiental que influye en el desarrollo embrionario y en la habilidad del J₂ de romper el corión del huevecillo para su posterior desarrollo, supervivencia y reproducción de las especies de *Meloidogyne*; la temperatura óptima para el desarrollo embrionario es de 25 a 30°C en la mayoría de las especies.

Sin embargo, en este género se pueden distinguir dos grupos de supervivencia por efecto de la temperatura, termófilos y criófilos, el cual se separa con base en la habilidad de sobrevivir en transición de fase lípida, que ocurre a 10°C; *M. chitwoodi*, *M. hapla*, posiblemente *M. naasi* son criófilos, y son capaces de sobrevivir a temperaturas del suelo de 0°C o inferiores; por otro lado, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, posiblemente *M. exigua* son termófilos y no pueden sobrevivir a temperaturas del suelo inferiores a 10°C; este descubrimiento es reforzado con los

datos de emergencia de juveniles (J_2) de *M. chitwoodi* y *M. hapla* que presentan emergencia de juveniles a temperatura inferior a 10°C, mientras que *M. incognita* y *M. javanica* no presentaron emergencia significativa a temperaturas inferiores a 15°C (Finley, 1991).

La lignificación de las células adyacentes a la masa de huevecillos de *M. chitwoodi* es una protección que ayuda en la supervivencia; bajo condiciones adversas, el nemátodo puede sobrevivir más de 2 años en tubérculos almacenados a 1°C (33.8°F) aunque éstos se deshidraten durante el almacenamiento; por otro lado, los tubérculos infestados que permanecieron en el campo durante el invierno contenían la masa de huevecillos intactos y viables (Finley, 1991).

M. chitwoodi se adapta mejor a temperaturas más bajas que *M. hapla* y que los demás nematodos agalladores comunes; en resumen, el orden de resistencia al frío de ciertas especies de *Meloidogyne* es: *M. chitwoodi* > *M. hapla* > *M. incognita* > *M. arenaria* > *M. javanica* (Van Gundy, 1984); la reproducción del nemátodo agallador de Columbia puede ocurrir a temperaturas bajas, como 10°C (50°F) en papa Russet Burbank, además, ésta fue más significativa y patogénica a 15 y 20°C (59 y 68°F); mientras que *M. hapla* se reproduce favorablemente a temperaturas de 25 a 30°C, reduciéndose a 15°C, (Santo y O'Bannon, 1981).

Cuadro 5. Requerimiento de temperatura de las tres principales especies de nemátodo agallador que atacan a la papa.

Temperatura	<i>M. chitwoodi</i>	<i>M. hapla</i>	<i>M. incognita</i>
Mínima para la reproducción	> 6 °C (45 °F)	> 12°C (54 °F)	> 10 °C (50°F)
Mínima para la infección	> 6 °C (45 °F)	> 12 °C (54 °F)	> 18°C (65°F)
Optima para su actividad	20 a 25°C (68 a 77 °F)	25 a 30°C (77 a 86 °F)	25 a 32°C (76 a 90°F)

Temperatura del suelo a la raíz o tubérculo dependiendo de la especie.

(Anónimo, 1986)

Griffin y Jorgenson, en 1969, indicaron que *M. hapla* se reproduce favorablemente a 25°C y no a temperaturas de 15 y 30°C; por el contrario, *M. chitwoodi* se reproduce más que *M. hapla* a 15 y 20°C (Santo y O'Bannon, 1981), además, las bajas temperaturas inhiben menos la reproducción de *M. chitwoodi* y pueden invadir las raíces del huésped y desarrollarse a temperaturas tan bajas como 7-10°C (O'Bannon y Santo, 1984).

Las bajas temperaturas que se presentan en el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos de Norte América, favorece la invasión temprana de *M. chitwoodi* a las raíces de papa, y la reproducción del nemátodo fue suficiente en algunos cultivos de rotación, aun a 10°C, quedando altos niveles de inóculo en el suelo listos para atacar las nuevas raíces de papa. La invasión temprana y la subsecuente reproducción permite que *M. chitwoodi* presente más generaciones por año que *M. hapla* (O'Bannon y Santo,

1984), dicha invasión es importante por la reducción del crecimiento de las raíces y la calidad comercial del tubérculo (Jepson, 1985).

2.8.1.2. Requerimientos de Unidades calor para el desarrollo de *M. chitwoodi*.

El manejo de unidades calor o días grado, base 5°C, se fundamenta en que *M. chitwoodi* a temperaturas inferiores a 5°C (41°F) detiene su actividad, siendo activa de 5 a 25°C (41 a 77°F), y declina paulatinamente de 26 a 30°C (78.8 a 86°F), para detener completamente su actividad a temperaturas mayores de 30°C (> 86°F). Basado en el conocimiento de la temperatura mínima para iniciar el desarrollo de *M. chitwoodi*, calcularon los días grado-base 5°C (DD5) necesarios para completar cada uno de los estadios (Pinkerton, et. al., 1991)

Por su parte Santo, et. al., 1989, mencionan que los días grado base de *M. chitwoodi* y *M. hapla* es de 5°C (41°F) y 10°C (50°F) respectivamente, y que ambos requieren aproximadamente de 1000 a 1100 días grado (DD) para completar la primera generación, y de 500 a 600 (DD) para las subsecuentes generaciones; se determinó que para iniciar la formación del tubérculo se requiere 450 a 500 (DD5) y el J₂ fue observado en el tubérculo a los 995 (DD5) y los juveniles hinchados (J₂) a los 1115 (DD5), las hembras a 1350 (DD5) y hembras con masa de huevecillos a los 1541 (DD5); de tal manera que se requiere de 950 a 1100 (DD5), 1500 a 1600 (DD5)

y 2150 (DD5) para que se presente la segunda, tercera y cuarta generación, respectivamente (Pinkerton, et. al., 1991).

Con el empleo de días grado (DD) puede manejarse varias estrategias para reducir los daños del cultivo; por ejemplo, la aplicación de un nematicida no-fumigante a los 900 a 1000 (DD5) puede suprimir la penetración de la segunda generación a las raíces y tubérculos, y restringir la tercera generación y los daños a los tubérculos (Pinkerton, et. al., 1991).

2.9.- Control de *Meloidogyne chitwoodi*.

A pesar de los altos costos del control químico del nemátodo agallador de Columbia, persisten los serios problemas en la producción de papa, y al parecer se ha incrementado a través de los años; esto es debido, en parte, a las inadecuadas prácticas de fumigación, por el incremento de las densidades de población como resultado de un invierno benigno, por la infrecuentes estaciones de desarrollo cálido y por la pobre secuencia de rotación de cultivos (Santo et. al., 1992).

La principal razón que *M. chitwoodi* es más importante que *M. hapla*, es por la habilidad de reproducirse a temperaturas más bajas (Santo y O'Bannon, 1981); esto es significativo porque las papas se cultivan en la primavera en el Noroeste de E. U. A., cuando la temperatura del suelo a 15.24 cm de profundidad varía de 4.44 y 12.77°C ; por lo tanto, *M. chitwoodi* es capaz de penetrar y

reproducirse primero en las raíces de papa, y presentar más generaciones (4 a 5) durante la estación de crecimiento que *M. hapla* (2 a 3), (Pinkerton, et. al., 1991). Una generación tardía, especialmente en el período de crecimiento, puede resultar en un incremento de la densidad de población y, como consecuencia, en un aumento en el daño de los tubérculos (Santo, et. al., 1992).

Existen varias estrategias de manejo que pueden emplearse para los nematodos agalladores en el cultivo de papa, las cuales pueden incluir: prevención de la diseminación, rotación de cultivos, cosecha temprana, nematicidas, variedades resistentes y cobertura con abono verde; el medio óptimo para suprimir las poblaciones de nematodos es la integración en el uso de una combinación de prácticas de manejo (Santo, et. al., 1992).

Prevención de la diseminación. Los nematodos se mueven poco, por lo que la diseminación de una área a otra se realiza por el transporte de suelo en las herramientas de muestreo, botas, cascos de los animales, implementos de trabajo, plantas, semillas infestadas y por el agua de riego; el medio más común de dispersión de *M. chitwoodi* y los nematodos agalladores en papa, es a través del tubérculo- semilla (Santo et. al., 1992).

M. chitwoodi y *M. hapla* se han reportado en muchas áreas de producción de papa en el occidente de E. U. A.; sin embargo, es difícil su detección en los tubérculos-semilla, debido a las

condiciones ambientales en las áreas de producción de tubérculos-semilla, generalmente no son óptimas para el desarrollo de los nematodos agalladores, estas áreas usualmente con temperaturas frescas del suelo, textura fina y con una estación corta de crecimiento, da como resultado una a dos generaciones del nematodo, comparado con dos o más generaciones en las áreas de producción comercial.

Además, los síntomas y daños por nematodos agalladores en tubérculos-semilla no son tan evidentes; aunque los síntomas externos de *M. chitwoodi* pueden ser visibles, es difícil la detección del nemátodo en el interior del tubérculo dañado, porque las hembras son inmaduras y los puntos castaños todavía no se desarrollan; probablemente el medio óptimo para determinar si la parcela de semilla está infestada con nemátodo agallador es obtener muestras de suelo del campo (Santo, et. al., 1992).

Rotación de cultivo. Los cultivos más frecuentes en la rotación en papa en el Pacífico Noroeste de E. U. A., son *Medicago sativa*, *Zea mays* y *Triticum aestivum*; el maíz y trigo son hospedantes de *M. chitwoodi* pero no de *M. hapla*; así que maíz, trigo y otros cereales son excelentes cultivos para la rotación con papa para suprimir poblaciones de *M. hapla*; sin embargo, estos cultivos son hospedantes susceptibles para *M. chitwoodi*; el maíz es de ciclo más largo que el trigo, por lo tanto, el nemátodo puede completar más generaciones; de esta manera el trigo es mejor para

la rotación de cultivo en papa, ya que minimiza la población de *M. chitwoodi* (O'Bannon, et. al., 1992).

El maíz dulce es menos susceptible a *M. chitwoodi*, y las variedades Super Sweet, Sweet Tooth y Candy kiss han demostrado ser resistentes a ambas razas; la alfalfa es un excelente cultivo que suprime la raza 1; sin embargo, incrementa la población de la raza 2 y a *M. hapla*. Los estudios indican que el germoplasma de alfalfa Nevada Synthetic XX y W12SR2W1 presentan alto grado de resistencia a *M. chitwoodi* raza 2, y a *M. hapla*, pero ambos germoplasmas son de bajo rendimiento y susceptibles a *Verticillium sp.* Un factor importante en el programa de rotación de cultivos es el control de malezas, debido a que muchas son susceptibles a *M. chitwoodi*, y a *M. hapla* (O'Bannon, et. al., 1982).

Los cultivos que son resistentes a las razas de *M. chitwoodi* son: Espárrago (*Asparagus officinalis*), chícharo de vaca (*Vigna unguiculata*), rábano (*Raphanus sativus*), frijol lima (*Phaseolus limenses*), menta (*Mentha cardiaca*) y varios cultivares de nabo (*Brassica napus* y *B. campestris*), pasto sudán (*Sorghum bicolor*) (Mojtahedi, et. al., 1988; O'Bannon, et. al., 1982); además, el espárrago, frijol lima, pasto sudán y maíz dulce no son susceptibles a *M. hapla* (Faukner y McEray, 1964); por lo tanto, estos cultivos son apropiados en la rotación con papa, para reducir la población de ambos nematodos agalladores (Santo, et, al., 1992).

Cosecha temprana. La severidad del daño en los tubérculos de papa por *M. chitwoodi* y *M. hapla* se incrementan gradualmente mientras más tiempo está el tubérculo en el suelo; las variedades de ciclo corto que son cosechadas a principios de agosto escapan del daño por *Meloidogyne*, la cosecha temprana es favorable para la papa sembrada en suelo infestado, porque los tubérculos severamente dañados se observan en septiembre y octubre (Santo, et. al., 1992).

Aun cuando se realice el tratamiento para el control de *M. chitwoodi*, los tubérculos deben cosecharse lo más pronto, y los infestados consumirse o procesarse inmediatamente; no almacenar tubérculos infestados a temperaturas de 7.77 a 8.88°C, debido que continúan su desarrollo y el daño es más evidente (Santo, et. al., 1992).

Nematicidas. El método más común en el pacífico Noroeste de los Estados Unidos de Norte América para el control de *M. chitwoodi* en papa es por fumigación del suelo con telone II o metan sodio; el telone II fue más consistente que el metan sodio para el control del nemátodo, aunque metan sodio es un excelente nematicida; sin embargo el control depende de la profundidad del suelo y del agua de riego para su movimiento (Pinkerton, et. al., 1986; Santo, et. al., 1988).

Pinkerton, et. al., (1986) mencionan que los suelos profundos y con alta población de *M. chitwoodi* la fumigación por sí sola no

fue adecuada, y que la aplicación de mocap fue eficiente para disminuir la población del nemátodo agallador de Columbia en papa; pero el mejor tratamiento para el control de *M. chitwoodi* fue la combinación de telone II y mocap, aplicada al voleo e incorporada antes de la siembra; la combinación bajas dosis de telone II y metan sodio se menciona que tuvo excelente control del nemátodo; la combinación de temik, mocap y vydate, en relación (2+1+1), fue el tratamiento más efectivo para reducir a 5% de infección de tubérculos por nematodos agalladores (Santo, et. al., 1991).

Por otra parte, cadusafos aplicado a dosis de 10.1 y 13.4 Kg de ingrediente activo (ia)/ha en aplicación total y en dos aplicaciones (6.7 + 6.7 Kg ia/ha) reduce los niveles de infección de los tubérculos, de manera comparable al tratamiento comercial de 1,3-D con 176 lt ia/ha, con un índice de infección de 1.0, 1.3, 1.1 y 2.3, respectivamente, comparado con el índice de infección de 6.0 del testigo. Ethoprop nematicida no-fumigante de uso más frecuente para el control del nemátodo agallador en el Pacífico Noroeste de E. U. A., no reduce el nivel de infección de los tubérculos por *M. chitwoodi* (Santo y Wilson, 1990).

En estudios de laboratorio e invernadero se demostró la propiedad nematicida excelente de Ethoprop para el control de *M. chitwoodi* y *M. hapla* (Mojtahedi, et. al., 1988); sin embargo presenta poca movilidad en el agua, su efectividad en el campo está limitada a la profundidad de incorporación y es más efectivo cuando

se aplica al voleo e incorporado a 10.16 a 15.24 cm antes de la siembra (Santo, et. al., 1988).

Variedades resistentes. La resistencia es el método más prometedor para el control de *M. chitwoodi* y otros nematodos; los nematicidas químicos son efectivos en la reducción de la población de nematodos (Santo y Ponti, 1981); sin embargo, recientes problemas ambientales y de salud, y el incremento de los costos, han permitido dar mayor énfasis en el desarrollo de resistencia de cultivos para el manejo de poblaciones de nematodos; el uso de resistencia en la rotación de cultivos, ofrece un medio para el manejo de *M. chitwoodi* (Koloshian, et. al., 1989).

El esfuerzo principal de resistencia a nematodos agalladores se ha realizado contra *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla*, y más recientemente, contra *M. chitwoodi* (Brodie y Plaisted, 1987); Jatala y Mendoza (1987) citan que la resistencia a *M. incognita* se ha encontrado en *Solanum chalcoense*, *S. sparsipillum* y *S. phureja*; y para *M. hapla*, en *S. tuberosum* spp. *andigena* (Brodie y Plaisted, 1977). Gómez, et. al., (1983) reportaron resistencia en papa a *M. javanica* y *M. incognita* (la fuente de resistencia fue *Solanum sparsipillum*, especie silvestre diploide), pero fue susceptible a *M. chitwoodi*.

Por otra parte, Rivera-Smith, et. al., 1991, mencionan que las papas Russet Burbank, White Rose, PAS 3065, *S. sparsipillum*

365343.A19-12, *S. sparsipillum* X *S. phureja* 856D68-1 y NDTX8731-1R fueron susceptibles ($FR > 1$) a *Meloidogyne chitwoodi*, *M. javanica*, *M. incognita* y *M. hapla*. Brodie y Plaisted, en 1987, señalan que tubérculos de 110 clones de papa derivados de la cruce de *S. tuberosum* spp. *andigena* y *S. tuberosum* spp. *tuberosum*, siete resultaron resistentes y cinco presentaron alta resistencia a *M. chitwoodi*, considerándose el primer reporte de resistencia en papa tetraploide al nemátodo agallador de Columbia. También se menciona que *Solanum bulbocastanum* fue más resistente a la raza 1 de *M. chitwoodi*, y algunos clones fueron resistentes a ambas razas (Brown, et. al., 1988; Brown, et. al., 1989; Spooner, et. al., 1991).

En 1991 se evaluaron varias especies de *Solanum* tuberizantes para la búsqueda de resistencia a la raza 1 y 2 de *M. chitwoodi*, empleando el factor de reproducción (FR) para inferir la resistencia del hospedante (donde $FR = Pf/Pi$ y $FR < 1$ indica resistencia); varios clones de *S. hougassi* (161726) presentaron altos niveles de resistencia a ambas razas; el cruzamiento con clones tetraploides (A8341.5) rindieron catorce híbridos F1 (*S. hougassi* X *S. tuberosum* spp. *tuberosum*) de los cuales, seis no son hospedantes a la raza 1 ($FR < 0.01$), cuatro fueron hospedantes pobres a la raza 2 ($0.1 > FR < 1$), tres fueron buenos hospedantes a ambas razas ($FR > 1$) y un híbrido fue hospedante pobre a ambas razas ($0.1 > FR < 1.0$) (Brown, et. al., 1991).

Abono verde. El nabo (*Brassica napus* y *B. campestris*) y el pasto Sudán (*Sorghum vulgare*) pueden ser una alternativa para el manejo de nematodos; el nabo y el pasto sudán contienen glucosinato y componentes de cianógeno, respectivamente, los cuales tienen efectos pesticidas cuando la planta es incorporada en el suelo como abono verde; al incorporarse por efecto de hidrólisis enzimática produce isotiocionato de glucosinato, cionato de hidrógeno y glucósido cianogénico, estos compuestos son tóxicos a los nematodos, pero también a ciertos insectos, hongos y malezas. Dentro del esquema de rotación, el nabo y el pasto sudán pueden ser cultivados en agosto después de la cosecha del trigo o maíz dulce e incorporarse, como abono verde, en otoño o al inicio de la primavera (Santo, et. al., 1991).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio.

El presente trabajo se realizó con material procedente de la región productora de papa del Valle de Huamantla, Tlaxcala [zona de influencia del Distrito de Desarrollo Rural 165 (DDR165) y del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario de Sanidad Vegetal (LADIF)].

El DDR165 está constituido por tres Centros de Apoyo, [Centro I Huamantla, Centro II Cuapiaxtla y Centro III Velasco] y abarca una extensión de 122,300 ha que equivale al 27.3% de la superficie Estatal; se localiza en la parte oriente del Estado, entre los meridianos 98° 34' y 97° 05' de longitud oeste y el paralelo 98° 35' de latitud norte; la altitud varía desde 2583 m en el Valle, hasta 4300 m en la Malinche.

3.2. Características agronómicas del área de estudio.

Precipitación. La precipitación media anual es de 661.1 mm el 85.7 % de la cual tiene lugar durante el ciclo de crecimiento de los cultivos, que corresponde a los meses de junio, julio y agosto; 14.3 % se distribuye de octubre a marzo, siendo los meses de diciembre y enero los que presentan la menor precipitación.

Temperatura. La temperatura media anual es de 14.5°C, con la media de 11.3°C del mes más frío y de 16.6°C del más cálido. El

período más cálido se presenta en los meses de abril a septiembre y corresponde al ciclo de los cultivos; abril y mayo presentan las temperaturas más altas, que varían de 20.9°C a 28.9°C; y las mínimas más bajas que oscilan de 9 a 2.6°C, se registran en los meses de noviembre a febrero.

Heladas. Las heladas se presentan generalmente en los meses de octubre a marzo, la incidencia durante el ciclo vegetativo del cultivo varía de 0 a 2.2 días con heladas/mes, presentándose en este período dos tipos de heladas, tempranas y tardías; las primeras se presentan de agosto a septiembre, y las segundas de marzo a abril.

3.3. Muestreo y colecta de material vegetal con *Meloidogyne* spp.

El muestreo de los cultivos y malezas para determinar la presencia del nemátodo agallador de Columbia, se realizó en las unidades de riego de los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla, y El Carmen Tequexquitla en el estado de Tlaxcala. Primero se muestrearon las superficies de las unidades de riego sembradas con papa, después los cultivos y malezas presentes en los predios en que años anteriores se sembró papa con tubérculo-semilla procedente de los Estados reportados con la presencia del nemátodo; se colectaron las raíces de cultivos y malezas que presentaban agallas pequeñas colectando diez plantas o maleza para determinar el número de agallas y masas de huevecillos/planta. Posteriormente

se hizo la identificación de las malezas y del nemátodo agallador hasta especie. En los predios en que se detectó la presencia de *M. chitwoodi* en papa, se muestrearon en los ciclos siguientes los cultivos incluidos en la rotación. Cada muestra consistió de diez submuestras, las que se etiquetaron y transportaron al laboratorio de Nematología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, para posteriormente hacer el diagnóstico.

3.4. Extracción e identificación de *Meloidogyne* spp. en tubérculos y raíces de papa.

La extracción de las hembras de *Meloidogyne* spp. en tubérculos de papa se realizó mediante la técnica de licuado-tamizado y en las raíces, con la técnica de decoloración con cloro y tinción con fuchsina ácida; las hembras extraídas se depositaron en una microsiracusa que contenía lactofenol-fuchsina ácida, para posteriormente hacer los cortes y montajes de los modelos perineales.

Para la identificación de las especies de *Meloidogyne* se realizaron cinco cortes de la región perineal de las hembras, los que se montaron en una gota de lactofenol claro en un portaobjetos, el cual se selló con esmalte de uñas transparente y se etiquetaron debidamente para hacer la identificación posteriormente apoyándose en las claves de Einseback y Hirschmann, 1991; y en la descripción

e ilustració de *M. chitwoodi* por Golden, et. al., 1980; Jepson, 1987.

3.5. Distribución y rango de hospedantes de *M. chitwoodi*.

Para cumplir con estos objetivos se realizaron muestreos en las unidades de riego de los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla, donde se han sembrado papa en años anteriores. La selección de los predios a muestrear se realizó con base al registro del laboratorio de Sanidad Vegetal de Huamantla. En las unidades de riego de los municipios antes mencionados se muestreó 10 % de la superficie sembrada con papa y otros cultivos (Huamantla 370 ha; Cuapiaxtla 260 ha; Alzayanca 90 ha y El Carmen Tequexquitla 30 ha).

El muestreo fue dirigido a determinar la presencia de agallas en raíces y "mezquinos" en los tubérculos de papa, y en los otros cultivos a coleccionar las raíces que presentaban agallas pequeñas y sin proliferación de raíces secundarias. En los predios donde se detectó a *M. chitwoodi*, se muestrearon las malezas para detectar la presencia de agallas en la raíz y se coleccionaron para su posterior identificación hasta especie. La identificación de las malezas fue realizado por el Ing. Artemio Rosas Mesa y por el M. C. Juan Medina Pitalúa, del Area de Plaguicidas y Malezas del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.6. Fotografías en el microscopio óptico compuesto y en el electrónico de rastreo.

De los cortes perineales realizados para la identificación de las especies, se seleccionaron las mejores y morfológicamente más representativas para la toma de fotografía en un microscopio óptico compuesto (MOC) marca Carls Zeiss, ubicado en el Centro de Fitopatología del Colegio de Posgraduados. En cuanto a las fotografías tomadas en el microscopio electrónico de rastreo (MER), todo el proceso de preparación de los especímenes y toma de fotografías fue realizado por **Francisco Perdomo Roldán, Patricia Santamaria Cesar y Jorge Valdez Carrasco**, siguiendo la metodología descrita por Eisenback (1985 y 1986); estas fotografías se tomaron en un microscopio marca Jeols JSM-35, del Laboratorio de microscopia del Colegio de Posgraduados.

3.7. Determinación de las razas de *M. chitwoodi*.

Para la determinación de las razas de las poblaciones procedentes de los municipios infestados con *M. chitwoodi* del Valle de Huamantla se procedió de la siguiente manera: una vez que se determinó la presencia en papa del nemátodo agallador de Columbia en los diferentes municipios, se seleccionaron cinco poblaciones del nematodos en el municipio de Cuapiaxtla, tres en Huamantla, dos en Altzayanca y dos en El Carmen Tequexquitla y se incrementó la población en jitomate, variedad Rutgers; para esto se disectaron las raíces y se colectaron las hembras y masas de huevecillos de

las agallas pequeñas y sin proliferación secundaria; las masas de huevecillos se depositaron en una placa de las que se emplean en la técnica de ELISA, que contenía solución salina (10 g de sal/l de agua).

Para identificar la especie de *Meloidogyne* de la cual procedía la masa de huevecillos, se realizó el corte de la hembra en la región ecuatorial y se hizo un montaje temporal; una vez corroborada la identificación de *M. chitwoodi* se precedió a inocular al jitomate, depositando 20 masas de huevecillos/maceta que contenían suelo esterilizado y con 1 a 4 plantulas de jitomate y una de trigo variedad Nugaines; para cada población del nemátodo agallador de Columbia se inoculó 20 macetas.

Después de incrementar las poblaciones de *M. chitwoodi* en jitomate Rutgers, en el invernadero de Nematología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Chapingo, se procedió a determinar la raza en las poblaciones seleccionadas, lo cual se realizó inoculando las plantas diferenciales propuestas por Mojtahedi, et. al., 1988; la determinación de las razas de *M. chitwoodi* se hizo con base a la reproducción del nemátodo en la alfalfa variedad Thor y zanahoria variedad Red Cored Chantenary. Las semillas de las plantas diferenciales fueron proporcionadas por el doctor H. Mojtahedi del Departamento de Patología Vegetal de la Universidad del Estado de Washington, E. U. A.

Se inocularon las plantas diferenciales con 25 masas de huevecillos (promedio 205.9 huevecillos /masa: total 5147 huevecillos/planta) con las diferentes poblaciones del nemátodo; cada población se inoculó a las plantas diferenciales, con cinco repeticiones. En el ciclo otoño-invierno de 1992-93 se determinaron las razas en el municipio de Cuapiaxtla en cinco poblaciones procedentes de las unidades de riego Cuapiaxtla 9 (Tlax01), Cuapiaxtla 5 (Tlax02), Cuapiaxtla 3 (Tlax03), Cuapiaxtla 7 (Tlax04), y Loma bonita Tlax05). En ciclo otoño-invierno de 1993-94 se determinó la raza en los municipios de Huamantla, Alzayanca y El Carmen Tequexquitla; en Huamantla se emplearon las poblaciones del nematodo agallador de Columbia procedente de las unidades de riego: pozo 36 (Tlax06), ampliación Carrillo Puerto (Tlax07) y la cabaña (Tlax08; en Alzayanca se identificó en las poblaciones Rancho Santa Martha (Tlax09) y Rancho Guadalupe (Tlax10); y en dos poblaciones del pozo Tequexquitla No. 2, (Tlax11 y Tlax12) del municipio El Carmen Tequexquitla.

El parámetro que se evaluó en la determinación de la raza fue el factor de reproducción ($FR = Pf/Pi$), para calcularlo se procede a dividir la población final entre la población inicial del nemátodo inoculado por planta diferencial, considerando para este caso cuatro categorías $FR = 0.0$ a 0.09 no hospedante, $FR = 0.1$ a 0.9 hospedante pobre, $FR = 1$ a 2 hospedante moderado y $FR > 2$ buen hospedante (Santo, et. al., 1988); la habilidad del nemátodo de mantener el factor de reproducción mayor de 1 ($FR > 1$) a los 55

días de la inoculación es considerado como positivo (+), y viceversa para el negativo (-) (Mojtahedi, et. al., 1988).

En el presente trabajo también se evaluó a los cincuenta y cinco días después de la inoculación de las plantas diferenciales, se procesaron las raíces de cada planta diferencial, las cuales se lavaron en agua corriente eliminando suavemente los restos del suelo, para luego extraer los huevecillos mediante la técnica de Hussey y Barker, 1973; una vez extraídos los huevecillos se procedió a tomar tres alícuotas de 3 ml para determinar el número de huevecillos, una vez conocido el promedio de huevecillos obtenido por ml se multiplicó por la cantidad de solución obtenida por planta diferencial; para calcular el número de huevecillos por diferencial se suman los resultados de cada maceta y se divide entre el número de repeticiones, con la finalidad de determinar la población final (Pf), la cual se divide entre la población inicial (Pi) para determinar el factor de reproducción ($FR = Pf/Pi$). Posteriormente se realizó la comparación con los resultados de la respuesta de plantas diferenciales indicados por Mojtahedi, et. al., 1988., y su respectiva interpretación de los resultados en la determinación de las razas de *M. chitwoodi* en el Valle de Huamantla.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo los aspectos estudiados como se indicó en los objetivos, fueron: 1) Determinar la distribución de *Meloidogyne chitwoodi* en la zona productora de papa del Valle de Huamantla, Tlax., 2) Conocer el rango de hospedantes de *M. chitwoodi* en la zona mencionada, y 3) Determinar la raza de *M. chitwoodi* en la zona productora de papa, del Valle.

En el estado de Tlaxcala, en 1986 se detectó *M. chitwoodi* en 323 ton de tubérculos de papa, según información proporcionada por los agricultores dichos tubérculos procedían del estado de Chihuahua, las cuales se sembraron en 161.5 hectáreas en los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla y Tlaxco. En cuanto a la distribución y rango de hospedantes de *M. chitwoodi*, de 1991 a 1993 se muestrearon 750 hectáreas en los municipios antes mencionados, de las cuales en 393.3 ha se identificó a *M. chitwoodi* (Cuadro 10 y 11); es decir, el 52.4 % de la superficie muestreada resultó infestada. Después de nueve años de la detección del nemátodo agallador de Columbia, este se encuentra ampliamente diseminado en las unidades de riego en los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla (Cuadro 11).

En el Centro I Huamantla [Centro de Apoyo al Desarrollo Rural Huamantla I (CADRHI)], abarca tres municipios; *M. chitwoodi* sólo se detectó en el municipio de Huamantla, que tiene una superficie de

3,703 ha de riego de las cuales 97 están infestadas con *M. chitwoodi*. El Centro II Cuapiaxtla (CADRCII) consta de tres municipios: Alzayanca, Cuapiaxtla y EL Carmen Tequexquitla, en los cuales se detectó al nematodo agallador de Columbia; Cuapiaxtla con 599 ha de riego de las cuales 191.3 están infestadas; Alzayanca, con 90 ha infestadas de un total de 287 ha de riego; El Carmen Tequexquitla con 15 ha infestadas de 297 ha de riego; en el centro III Velasco (CADRVIII) no se detectó al nemátodo agallador de Columbia.

En cuanto a hospedantes, *M. chitwoodi* se detectó en maíz (24 ha), Avena (1 ha), trigo (3 ha), cebada (9 ha), alfalfa (7 ha), frijol (11 ha), haba (5 ha), arvejón (1 ha), papa 333 ha), tomate de cáscara (4 ha) y calabaza (0.3 ha); dichos hospedantes concuerdan con lo señalado por O'Bannon, et. al., 1982; Santo, et. al., 1992, como hospedantes de *M. chitwoodi* en los Estados Unidos de Norte América; con excepción de *Physalis ixocarpa* (tomate de cáscara) y *Vicia faba* (haba) (Cuadro 10 y 11).

La identificación de la especie *M. chitwoodi* se basó en el modelo perineal; de las mejores preparaciones y más representativas se tomaron fotografías (figura 3 y 4) en el microscopio óptico compuesto (MOC) y en el microscopio electrónico de rastreo (MER), para corroborar la identificación del nemátodo agallador de Columbia; y dichas fotografías proporcionaron más elementos para determinar que efectivamente la especie encontrada es *M.*

chitwoodi., que corresponde a la descripción de la especie realizada por Golden, et. al., 1980. (Figura 3 y 4).

En relación a las razas de *M. chitwoodi*; en el municipio de Cuapiaxtla, se determinó la presencia de la raza 1 en la unidad de riego Cuapiaxtla 3 (Tlax03) y en las unidades Cuapiaxtla 9 (Tlax01), Cuapiaxtla 5 (Tlax02), Cuapiaxtla 7 (Tlax04), y Loma Bonita (Tlax05) la raza 2; en Huamantla la raza 2 se determinó en el pozo 36 (Tlax06), ampliación Carrillo Puerto (Tlax07), La Cabaña (Tlax08) ; en Alzayanca en los Ranchos Santa Martha (Tlax09) y Guadalupe (Tlax10), y en la unidad de riego Tequexquitla 2 de El Carmen Tequexquitla se determinó la presencia de la raza 2 (Figura 8). La respuesta de las plantas diferenciales en las poblaciones del nemátodo agallador de Columbia estudiado concuerda con resultados mencionados por Mojtahedi, et. al., 1988.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan del presente trabajo son:

1. *Meloidogyne chitwoodi* (nemátodo agallador de Columbia) está presente en los municipios de Huamantla, Alzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla; en Huamantla en las unidades de riego No. 1, 4, 6, 15, 16, 17, 18, 30, 31, 35, 36, 37, y en los ranchos la Cabaña, Xonecuila, Santo Domingo, San Martín Notario, Soltepec, y en la ampliación del ejido Carrillo Puerto; en Alzayanca en los ranchos Guadalupe, Santa Martha, Santa Margarita y Rancho Egipto; en Cuapiaxtla se detectó en las unidades de riego Cuapiaxtla No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Loma bonita y en el rancho Mazarraza; y en la unidad de riego Tequexquitla No. 1 y 2 del municipio de El Carmen Tequexquitla (cuadro 15).

2. *M. chitwoodi* se detectó en los municipios antes mencionados del Valle de Huamantla en los cultivos siguientes: *Solanum tuberosum* (papa), *Zea mays* (maíz), *Hordeum vulgare* (cebada), *Triticum aestivum* (trigo), *Avena sativa* (avena), *Vicia faba* (haba), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Medicago sativa* (alfalfa) y *Physalis ixocarpa* (tomate de cáscara), y en las malezas que crecen en el cultivo de papa: *Amaranthus hybridus*, *Chenopodium sp.* (epazote de zorrillo), *Ch. album* (quelite), *Galinsoga parviflora* (estrellita), *Bidens odorata* (rosita), *Simsia amplexicaulis* (acahual), *Tithonia tubaeformis* (gigantón), *Sonchus sp.*

(lechuguilla), *Brassica campestris* (jaramao), *Avena fatua* (avena silvestre), *Eleusine sp.* (pasto), *Lupinus sp.* (lupinus), *Medicago sp.* (alfalfa silvestre), *Malva sp.* (malva de quesitos), *Anoda sp.* (malva cimarrona), *Oxalis sp.* (oxalis), *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Datura sp.* (chicalote), *Commelina sp.* (comelina), y *Marrubio sp.* (marrubio).

3. En el Valle de Huamantla, Tlax., están presentes las dos razas de *M. chitwoodi*, aunque de las doce poblaciones del nemátodo agallador de Columbia que se sometieron la prueba de hospedantes diferenciales, el 93.4% resultó la raza 2 y está presente en los municipios de Huamantla, Altzayanca, Cuapiaxtla y El Carmen Tequexquitla, y la raza 1 se determinó en la unidad de riego Cuapiaxtla No. 3, del municipio de Cuapiaxtla.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Anónimo, 1980. A new root-knot nematode found attacking potatoes in Washington. Helminthological Abstracts Series B 49(4):178.
- Anónimo, 1986. Integrated pest management for potatoes in the Western United States. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3316.
- Bahme, J. B., S. D. Van Gundy., and M. N. Schroth. 1987. Population dynamics and control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato in Northern California. Journal of Nematology 19(4):510-511.
- Ball, D. A., and H. Ferris. 1982. A technique for inoculating field sites with *Meloidogyne chitwoodi*. Journal of Nematology 14(3):420-422.
- Bendixen, E. L. 1986. Weeds hosts of *Meloidogyne*. the root-knot nematodes. Weeds and the enviroment in the tropics. Eds. K. Noda & B. L. Mercado. pp 101-167.
- Brodie, B. B., and R. L. Plaited. 1987. Resistance to *Meloidogyne chitwoodi* in potatoes. Journal of Nematology 19(4):519.
- Brown, C. R., H. Mojtahedi., and G. S. Santo. 1988. Quantitative characterization of resistance to Columbia root-knot nematode in *Solanum bulbocastanum*. American Potato Journal 65(8):472.

- Brown, C. R., H. Mojtahedi, and G. S. Santo. 1991. Resistance to Columbia root-knot nematode in *Solanum spp.* and hybrids of *S. hougossi* with tetraploid cultivated potato. American Potato Journal 68(?):445-453.
- Cuevas O. J., and C. Sosa-Moss. 1990. Host plants of *Meloidogyne chitwoodi* in the states of Tlaxcala and Puebla, México. Current Nematology, 1(1):69-70.
- Eisenback, J. D., H. Hirschmann; J. N. Sasser and A. C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo agallador (*Meloidogyne* species) con una clave pictórica. International Meloidogyne Project. North Carolina State University. pp. 48.
- Esbenshade, P. R, and A. C. Triantaphyllou. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. Journal of Nematology 22(1):10-15.
- Finley, A. M. 1981. Histopathology of *Meloidogyne chitwoodi* (Golden et al., 1980) on Russet Burbank potato. Journal of Nematology 13(4):486-491.
- Golden, A. M. 1989. Further details and SEM observations on *Meloidogyne marylandi* (Nematoda: Meloidogynidae). Journal of Nematology 21(4):453-461.
- Golden, A. M., J. H. O'bannon., G. S. Santo, and A. M. Finley. 1980. Description and SEM observations of *Meloidogyne chitwoodi* n. sp. (Meloidogynidae) a root-knot nematode on potato in the Pacific North West. Journal of Nematology 17(4)395-399.

- Griffin, G. D. 1985. Host-parasite relationship of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Journal of Nematology* 17(4):395-399.
- Griffin, G. D. 1989. Comparison of fumigant and non fumigant nematicides for control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Supplement to Journal of Nematology* 21(4S).640-644.
- Griffin, G. D., R. N. Inserra, and M. D. Vito. 1982. Comparative relationship between *Meloidogyne chitwoodi* densities and growth of sugarbeet seedlings. *Journal of Nematology* 14(3):409-411.
- Griffin, G. D., R. N. Inserra, and N. Vovlas. 1984. Rangeland grasses as hosts of *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology* 16(4):399-402.
- Griffin, G. D, and S. V. Thompson. 1988. The Columbia root-knot nematode, *Meloidogyne chitwoodi*, discovered in the state of Utah. *Helminthological Abstracts Series B*. 57(4):46.
- Hackney, R. W. 1986. Range of variability in the perineal patterns of *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology* 18(4):611
- Hafez, S. L, and K. Hara. 1986. The effect of vapam injection on *Meloidogyne chitwoodi* in potatoes. *Society of Nematologist. Annual Meeting*.
- Ingham, R. E., J. I. Orwsky, and M. L. Powelson. 1988. Influence of moisture addition on population development and potato tuber infection by *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology* 20(4):642.

- Inserra, R. N., G. D. Griffin, and D. V. Sisson. 1983. Effects of temperature and root leachates on embryogenic development and hatching of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla*. Journal of Nematology 15(1):123-127.
- Inserra, R. N., N. Vovlas., J. H. O'Bannon, and G. D. Griffin. 1985. Development of *Meloidogyne chitwoodi* on wheat. Journal of Nematology 17(3):322-326.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). C.A.B International, Wallingford Oxon, Ox10 8DE, United Kingdom.
- Kaloshian, I., P. A. Roberts, and I. J. Thomason. 1989. Resistance in *Triticum* and *Aegilops* spp to *Meloidogyne chitwoodi*. Supplement to Journal of Nematology 21(4S):632-634.
- Lehman, P. S., G. S. Santo, and J. H. O'Bannon. 1983. The columbia root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi*. Nematology Circular No. 96.
- Luc, M., A. R. Maggenti, and R. Fortuner. 1988. A reappraisal of tylenchida (Nemata). 9. The family Heteroderidae Filip'ev & Schuurmans Stekhoven, 1941. Revue Nematologue 11(2):159-176.
- Mojtahedi, H., G. S. Santo, and J. N. Pinkerton. 1988. Differential response of Thor alfalfa to *Meloidogyne chitwoodi* races and *M. hapla*. Journal of Nematology 20(3):410-416.
- Mojtahedi, H., G. S. Santo, and J. H. Wilson. 1988. Host tests to differentiate *Meloidogyne chitwoodi* races 1 and 2 and *M. hapla*. Journal of Nematology 20(3):468-473.

- Mojtahedi, H., G. S. Santo., A. N. Hang, and J. H. Wilson. 1991. Suppression of root-knot nematode populations with selected rapessed cultivars as green manure. *Journal of Nematology* 23(2):170-174.
- Mojtahedi, H., R. E. Ingram., G. S. Santo., G. L. Reed, and J. H. Wilson. 1989. Role of migrating *Meloidogyne chitwoodi* in potato production. Society of Nematologist 28th. Annual Meeting. pag. 575.
- Mojtahedi, H., R. E. Ingram., G. S. Santo., J. N. Pinkerton., G. L. Reed, and J. N. Wilson. 1991. Seasonal migration of *Meloidogyne chitwoodi* and its role in potato production. *Journal of Nematology* 23(2):162-169.
- Mojtahedi, H., J. N. Pinkertom., G. S. Santo, and R. N. Peaden. 1987. Reproductive efficiency on *Meloidogyne chitwoodi* race 2 and its pathogenicity on alfalfa cultivars. *Journal of Nematology* 19(4):544.
- Mojtahedi, H., J. N. Pinkerton., G. S. Santo, and R. N. Peaden. 1989. Host status of alfalfa and gemorplasm to *Meloidogyne chitwoodi* race 2 and reactions of selected cultivars to *M. chitwoodi* and *M. hapla* infection. *Plant Disease* 73:391-394.
- Muller, R. 1985. C.I.H. descriptions of Plant-Parasitic Nematodes. set 8 , No. 106 (detailed description of *Meloidogyne chitwoodi*). Farnham Royal, Slough, SL2 3BN, UK; Commonwealt Institute of Parasitology, ST Albans Herts, England.
- Nyczepir, A. P., J. H. O'Bannon, and G. S. Santo. 1981. Distribution of *Meloidogyne chitwoodi* on potato in the Pacific

North West. Journal of Nematology 13(4):453.

Nyczepir, A. P., J. H. O'Bannon., G. S. Santo, and A. M. Finley.
1982. Incidence and distinguishing characteristics of
Meloidogyne chitwoodi and *M. hapla* in potato from the
Northwestern United States. Journal of Nematology
14(3):347-353.

O'Bannon, J. H., G. S. Santo, and A. P. Nyczepir. 1982. Host
range of the Columbia root-knot nematode. Plant Disease
66(11):1048.

O'Bannon, J. H, and G. S. Santo. 1984. Effect of soil temperature
on reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* alone
and in combination on potato and *Meloidogyne chitwoodi* on
rotation plants. Journal of Nematology 16(3):309-312.

Pinkerton, J. N. 1986. Control of *Meloidogyne chitwoodi* commercially
grown Russet Burbank potatoes. Plant Disease 70:860-863.

Pinkerton, J. N, and G. A. McIntre. 1987. Occurrence of *Meloidogyne
chitwoodi* in potato fields in Colorado. Plant Disease
71(2):1992.

Pinkerton, J. N., H. Mojtahedi, and G. S. Santo. 1986.
Reproductive efficiency of pacific Northwest isolates of
Meloidogyne chitwoodi on alfalfa. Plant Disease 71(4):345-348.

Pinkerton, J. N., H. Mojtahedi., G. S. Santo, and J. H. O'Bannon.
1987. Vertical migration of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla*
under controlled temperature. Journal of Nematology
19(2):152-157.

- Pinkerton, J. N., G. S. Santo, and H. Mojtahedi. 1986. Population dynamic of *Meloidogyne chitwoodi* in relation to Russet Burbank potato tuber penetration. Society of Nematologist. Annual Meeting. pag. 63.
- Pinkerton, J. N., G. S. Santo., R. P. Ponti, and J. H. Wilson. 1986. Control of *Meloidogyne chitwoodi* in commercially grown Russet Burbank potatoes. Plant Disease 70(9):860-863.
- Pinkerton, J. N., G. S. Santo, and H. Mojtahedi. 1991. Population dynamics of *Meloidogyne chitwoodi* on Russet Burbank potatoes in relation to degree-day accumulation. Journal of Nematology 23(3):283-290.
- Rivera-Smith, C. E., F. Howard, and E. V. Ronald. 1991. The application of excised root assay for the determination of susceptibility or resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne spp.*) in potato (*Solanum spp.*). American Potato Journal 68(?):133-142.
- Santo, G. S., H. Mojtahedi, and H. J. Wilson. 1986. Reproduction and pathogenicity of *Meloidogyne chitwoodi* races on carrot cultivars. Journal of Nematology 18(4):630.
- Santo, G. S., H. Mojtahedi, and J. J. Wilson. 1988. Biology and control of root-knot nematodes on potato, 1987. Proceedings of the 1988 Washington State Potato Conference & Trade Fair.
- Santo, G. S., H. Mojtahedi, and H. J. Wilson. 1988. Host-parasite relationship of carrot cultivars and *Meloidogyne chitwoodi* races and *M. hapla*. Journal of Nematology 20(4):555-564.

- Santo, G. S., H. Mojtahedi., H. J. Wilson, and E. R. Ingham. 1989. Population dynamics and control of the Columbia root-knot nematode on potato. Proceedings of the 1989 Washington State Potato Conference & Trade Fair.
- Santo, G. S., H. Mojtahedi., N. A. Hang, and H. J. Wilson. 1991. Control of the Columbia root-knot nematode using rapeseed and sudangrass green manure. Proceedings of the 1991 Washington State Potato Conference & Trade Fair.
- Santo, G. S., H. Mojtahedi, and H. J. Wilson. 1992. Management of root-knot nematode on potato in Washington. Proceedings of the 1992 Washington State Potato Conference & Trade Fair.
- Santo, G. S., J. H. O'Bannon., A. M. Finley, and A. M. Golden. 1980. Occurrence and host range of a new root-knot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*) in the Pacific Northwest. Plant Disease 64:951-952.
- Santo, G. S, and J. H. O'Bannon. 1981. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on Russet Burbank potato. Journal of Nematology 13(4):483-386.
- Santo, G. S, and J. H. O'Bannon. 1981. Pathogenicity of the Columbia root-knot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*) on wheat, corn, oat, and barley. Journal of Nematology 13(4):548-550.
- Santo, G. S, and J. H. O'Bannon. 1982. Reaction of tomato cultivars to *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla*. Plant Disease 66(5):406-407.

- Santo, G. S, and M. Quslls. 1984. Control of *Meloidogyne* spp. on Russet Burbank potato by applying metham sodium through center pivot irrigation systems. *Journal of Nematology* 16(2):159-161.
- Santo, G. S., R. P. Ponti, and J. H. Wilson. 1985. Control of root-knot nematode on potato with mocap and dyfonate 1983. *Helminthological Abstracts Series B* 54(3):97.
- Santo, G. S., R. P. Ponti, and J. H. Wilson. 1985. Control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato with mocap and temik 1982. *Helminthological Abstracts Series B* 54(3):97.
- Santo, G. S., R. P. Ponti, and J. H. Wilson. 1985. Control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato with soil fumigants alone and in combinations with nonfumigants, 1983. *Helminthological Abstracts Series B* 54(3):96.
- Santo, G. S, and J. N. Pinkerton. 1985. A second race of *Meloidogyne chitwoodi* discovered in Washignton State. *Plant Disease* 69:361.
- Santo, G. S, and J. H. Wilson. 1990. Evaluation of ethoprop and caducifos for control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Nematropica* 20(2):137-142.
- Sasser, J. N. 1980. Root-knot nematodes: globmence to crop production . *Plant Disease* 64(1):36-41.
- Sosa-Moss, C. 1987. *Meloidogyne chitwoodi* en México. En: *Memorias del Primer Congreso Nacional de Papa, Chihuahua, México* p.21.

- Sosa-Moss, C. 1991. Consideraciones sobre la situación fitosanitaria de la papa en México, bajo un sistema de libre comercio con Canadá y los Estados Unidos de América. CONPAPA, León, Gto. Apdo. No. 44.
- Spooner, D. M., J. Bamberg., J. P. Hjerting, AND J. Gómez. 1991. México, 1988 potato germplasm collecting expedition and utility of the mexican potato species. American Potato Journal 68(?):29-43.
- Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1983. Biología, Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de *Meloidogyne*). International *Meloidogyne* Project. North Carolina State University.
- Van Meggelen J. C, Gerrit Karssen, Geert J. W. Janssen, Brigitte Verkerk-Bakker and Richard Janssen. 1994. A new race of *Meloidogyne chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santo & Finley, 1980?
- Virglierchio, D. R. 1988. Biological criteria in management considerations for *Meloidogyne chitwoodi*. Helminthological Abstracts Series B 67(2):130-134

VII. APENDICE

Cuadro 6: Resumen de la distribución y hospedantes de *Meloidogyne chitwoodi* en el estado de Tlaxcala.

Número de productores	Número de predios	Municipio de siembra	Superficie infestadas	Cultivos/ha		Especie de Meloidogyne identificada
4	7	C. Tequexquitla	15 ha	Frijol	1 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
				papa	14 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> , <i>arenaria</i>
5	9	Alzayanca	90 ha	papa	90 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> , <i>arenaria</i> .
73	92	Cuapiaxtla	191.3 ha	papa	166 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> , <i>hapla</i> , <i>arenaria</i> .
				tomate	2 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>arenaria</i>
				maíz	3 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i>
				haba	1 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
				frijol	9 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>chitwoodi</i> , <i>arenaria</i> , <i>incognita</i> .
				alfalfa	3 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>hapla</i>
				calabaza	0.3 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> , <i>arenaria</i> .
				cebada	7 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
53	53	Huamantla	97 ha	papa	63 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>hapla</i> , <i>incognita</i> , <i>arenaria</i> .
				tomate	2 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
				maíz	21 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i>
				haba	4 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>hapla</i> .
				cebada	2 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
				alfalfa	4 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
				frijol	1 ha	<i>chitwoodi</i> , <i>incognita</i> .
135	161	4 Municipios	393.3 ha	8 Cultivos		

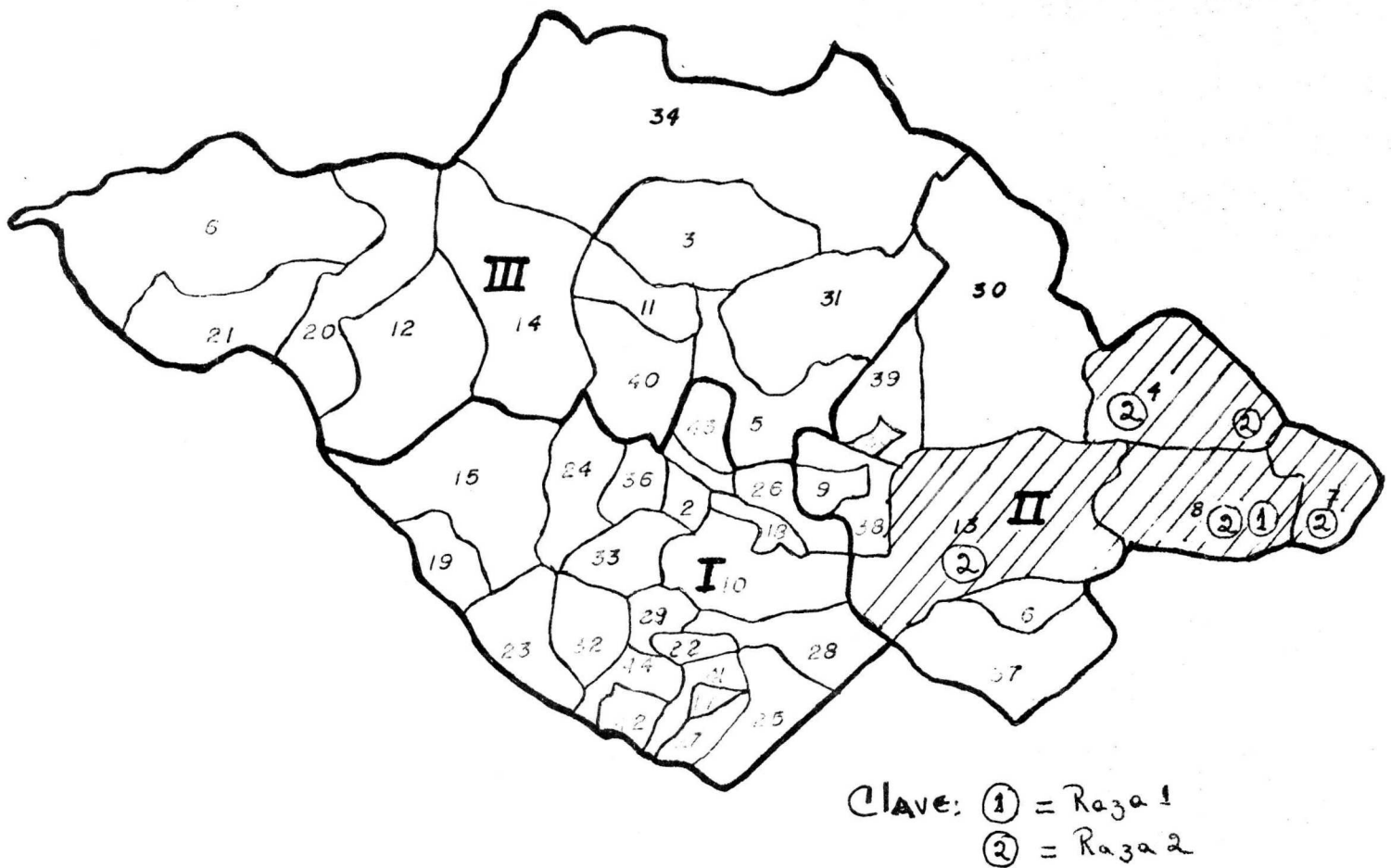
Cuadro 7. Cultivos hospedantes de *Meloidogyne chitwoodi* en el Valle de Huamantla, Tlax.

Familia	N. científico	N. común
Gramineae	<i>Zea mays</i>	maíz
	<i>Avena sativa</i>	avena
	<i>Triticum aestivum</i>	trigo
	<i>Hordeum vulgare</i>	cebada
Leguminosae	<i>Medicago sativa</i>	alfalfa
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	frijol
	<i>Vicia faba</i>	haba
	<i>Pisum sativum</i>	arvejón
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	papa
	<i>Physalis ixocarpa</i>	tomate de cáscara
Cucurbitacea	<i>Cucurbita pepo.</i>	calabaza

Cuadro 8. Malezas hospedantes de *Meloidogyne chitwoodi* en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.

Familia	N. científico	N. común
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	quelite
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sp.</i>	epazote de zorrillo
	<i>Ch. album</i>	quelite
Compositae	<i>Galinsoga parviflora</i>	estrellita
	<i>Bidens odorata</i>	rosilla
	<i>Simsia amplexicaulis</i>	acahual
	<i>Tithonia tubaeformis</i>	gigantón
	<i>Sonchus sp.</i>	lechuguilla
Cruciferae	<i>Brassica campestris</i>	jaramao
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita sp.</i>	calabaza
Gramineae	<i>Avena fatua</i>	avena silvestre
	<i>Eleusine sp.</i>	pasto
Leguminosae	<i>Lupinus sp.</i>	lupinus
	<i>Medicago sp.</i>	alfalfa silvestre
Malvaceae	<i>Malva sp.</i>	malva de quesitos
	<i>Anoda sp.</i>	malva cimarrona
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>	oxalis
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga
Solanaceae	<i>Datura sp.</i>	toloache
Commelinaceae	<i>Commelina sp.</i>	commelina

ESTADO DE TLAXCALA



Distrito D. R.	Municipios	<i>M. chitwoodi</i>	Símbolo
Tlaxcala			
Huamantla	4 Alzayanca	raza 2	
	7 Tequexquitla	raza 2	////////
	8 Cuapiaxtla	raza 1 y 2	
	13 Huamantla	raza 2	
Calpulalpan	34 Tlaxco **	?	

Figura 1. Distribución de las razas *M. chitwoodi*, en el Valle de Huamantla, Tlax.

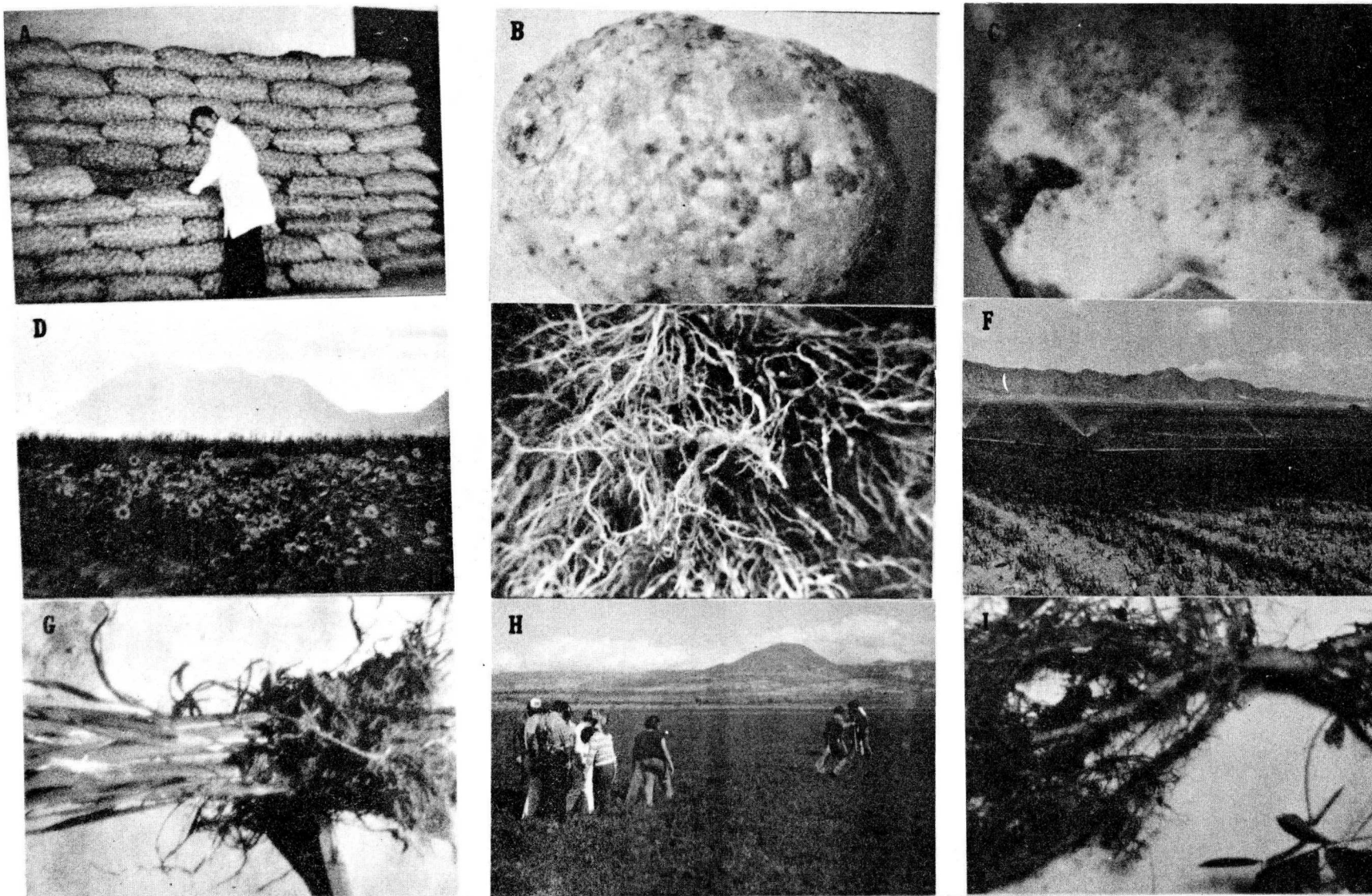


Figura 2. A y B) Tubérculo-semilla de papa con "mezquinos" C) papas con síntomas interno inducido por *M. chitwoodi* en el Valle de Huamantla, Tlax., D-I) diferentes cultivos con *M. chitwoodi*, D y E) girasol con agallas del nemátodo, F y G) cebada infestadas, H y I) alfalfa con *M. chitwoodi*.

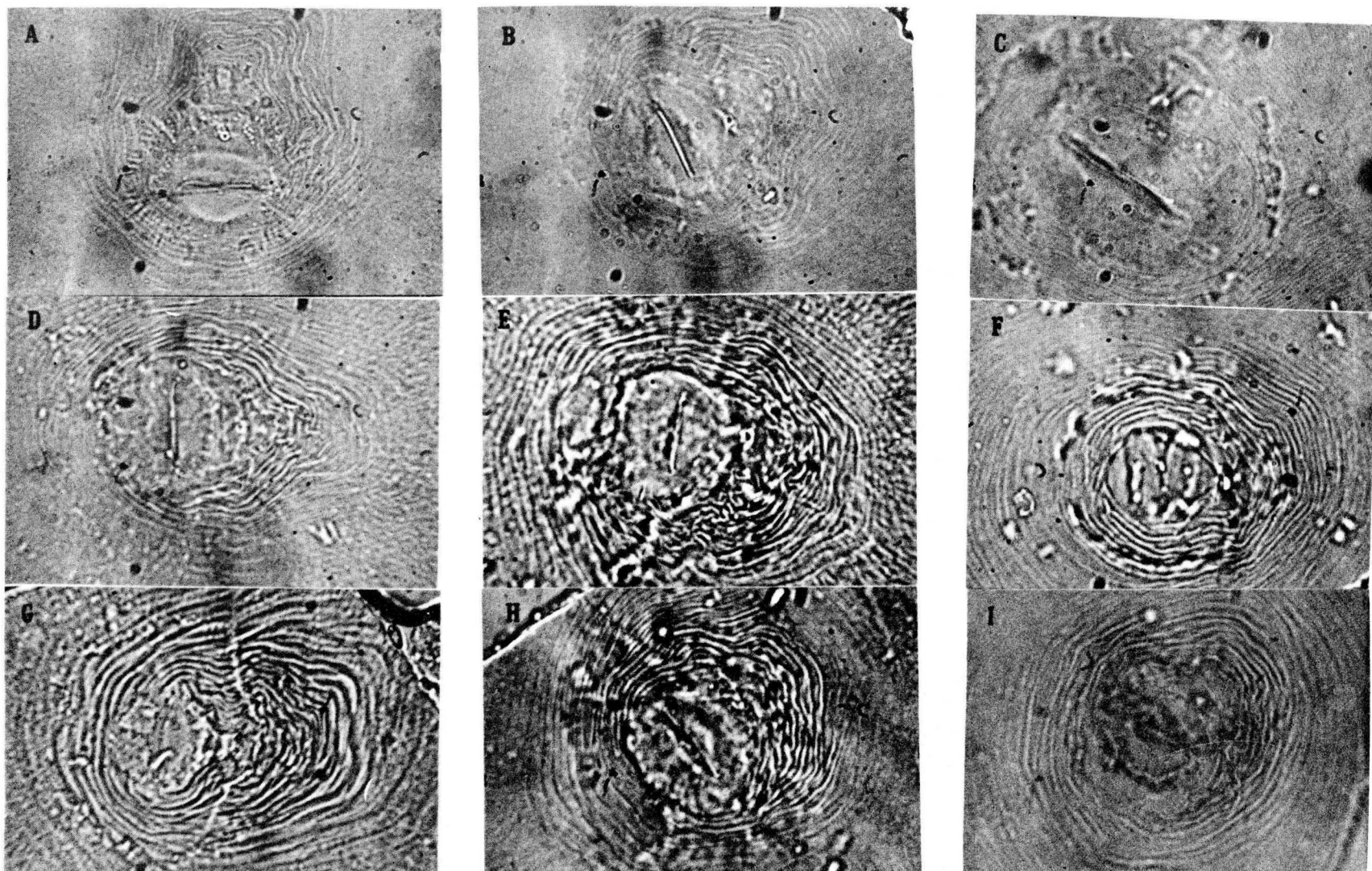


Figura 3. A-D) Modelos perineales de *Meloidogyne spp.* en cultivo de papa; A) *M. incognita* (640X), B) *M. arenaria* (640X), C) *M. hapla* (800X), D) *M. chitwoodi* (640X); E-I) modelo perineal de *M. chitwoodi* en los cultivos de; E) en girasol (640X), F) en cebada (640X), G) en maíz (640X), H) en alfalfa (640X), I) en tomate de cáscara (640X). Fotografía tomadas en un microscopio compuesto (MOC).

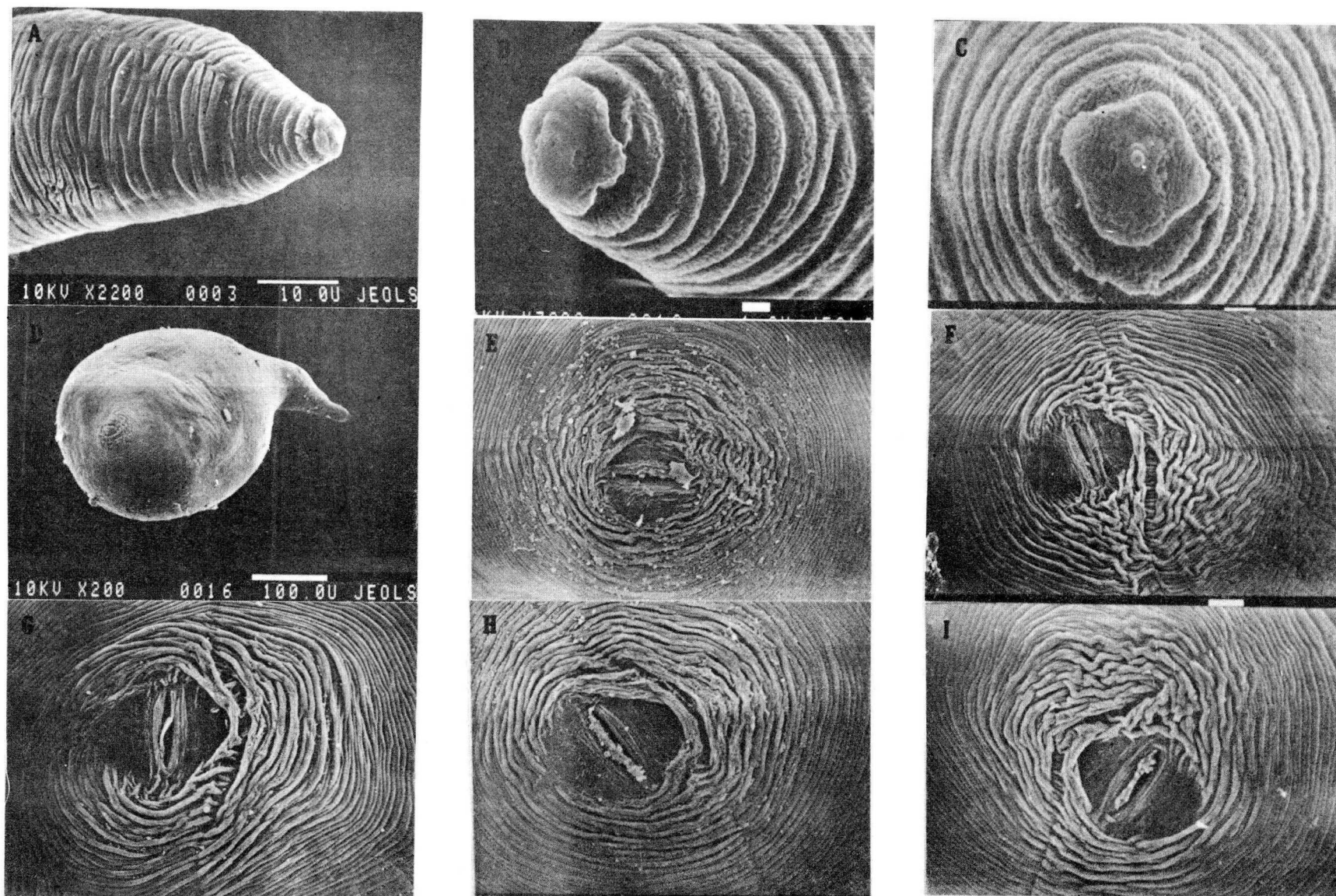


Figura 4. A-C) parte anterior de la hembra de *M. chitwoodi*, A) acercamiento de la parte anterior (X2200), B) región labial (X7200), C) acercamiento de la región labial (X8600), D) hembra completa con modelo perineal (X200), E-I) Modelos perineales de *M. chitwoodi* en papa; E) X940, F) X1000, G) X 940, H) X1000, I) X1000; fotografía tomadas en un microscopio electrónico de rastreo (MER).



Figura 5. A y B) Tubérculos de papa con mezquinos y síntomas interno por *M. chitwoodi*, C-I) raíces de diferentes cultivos con agallas del nemátodo, C) papa, D) tomate de cáscara, E) frijol, F) haba, G y H) maíz, I) arvejon; en el estado de Tlaxcala.

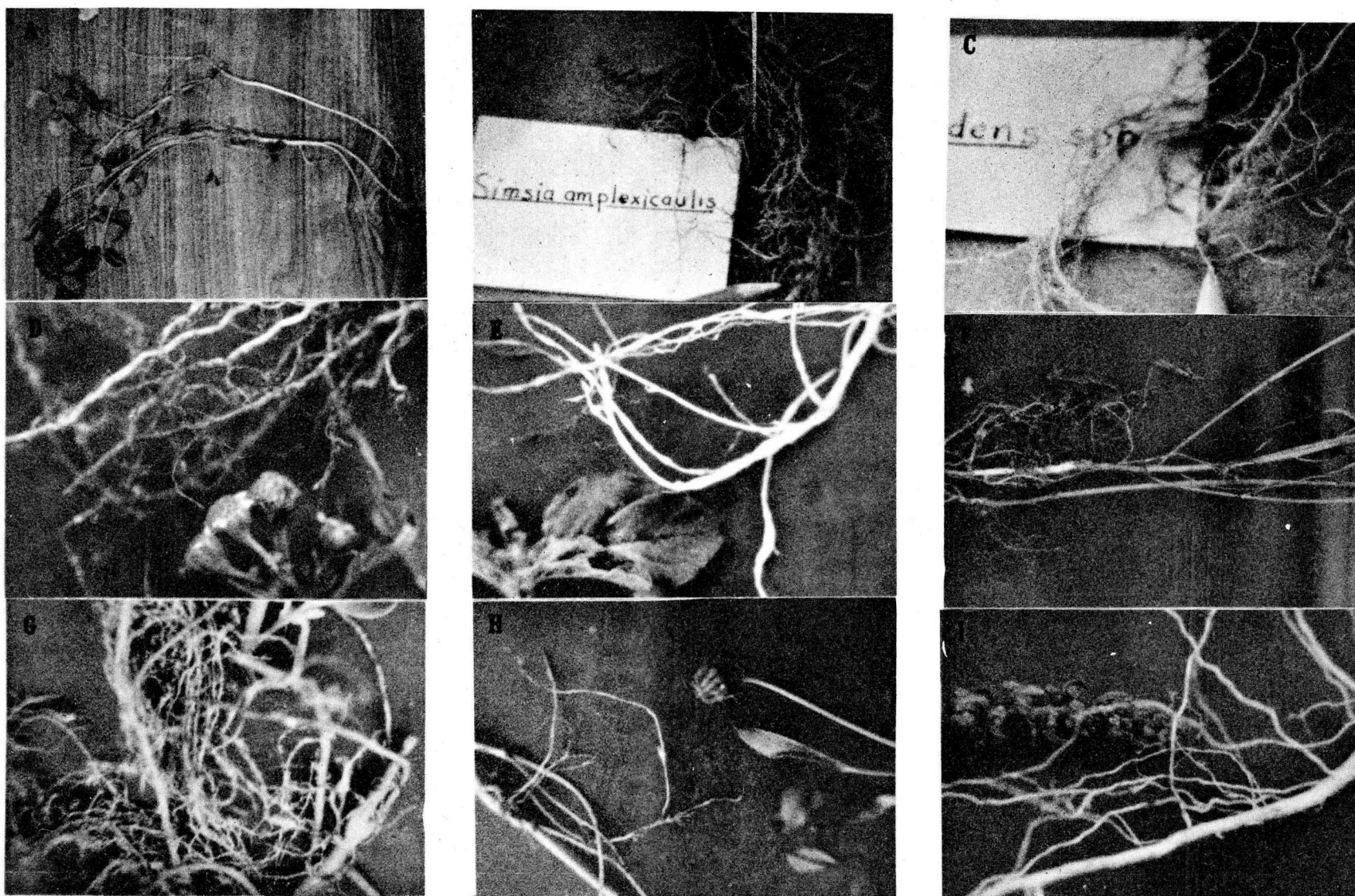


Figura 6. Agallas de *M. chitwoodi* en raíces de; A) *Simsia amplexicaulis* (acahual), B) *Bidens odorata* (rosilla), C) *Galinsoga parviflora* (estrellita), D) *Chenopodium album*, (quelite cenizo), E) *Lupinus spp.*, G) *Portulaca oleracea* (verdolaga), H) *Agrostis sp.* i) *Marrubio sp.*, en el Valle de Huamantla, Tlax.

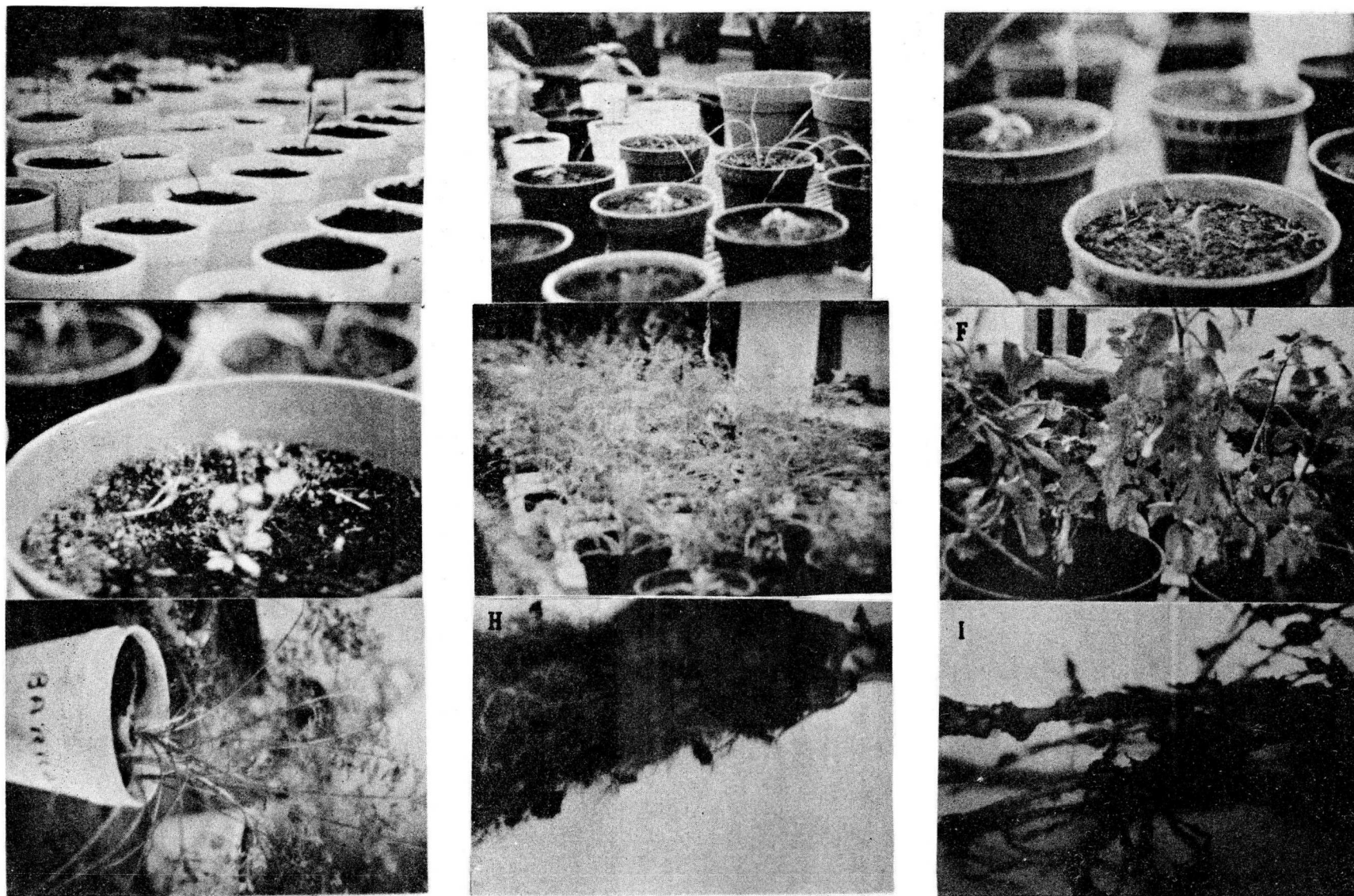


Figura 7. A) Plantas diferenciales para la determinación de razas de *M. chitwoodi*, B) trigo, cv Nugaines, y jitomate, cv Columbia, C) zanahoria, cv Red Cored Chantenary, y jitomate, cv Columbia, D) alfalfa, cv Thor; E) jitomate, cv Columbia inoculada; F) zanahoria inoculada con *M. chitwoodi*, G-I) respuesta diferencial para determinar la presencia de la raza 1 en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.



Figura 8. A-C) Plantas diferenciales en la determinación de las razas de *M. chitwoodi*, D y E) población Tlax04 F) Tlax05, G) Tlax06, H) Tlax08, I) Tlax10.

Cuadro 14. Resultado de la respuesta de hospedantes diferenciales para las razas de *Meloidogyne chitwoodi* en el estado de Tlaxcala.

Clave	Trigo	Zanahoria	Alfalfa	Tomate	Pimiento
Tlax01	+	-	+	+	-
Tlax02	+	-	+	+	-
Tlax03	+	+	-	+	-
Tlax04	+	-	+	+	-
Tlax05	+	+	+	+	-
Tlax06	+	-	+	+	-
Tlax07	+	-	+	+	-
Tlax08	+	-	+	+	-
Tlax09	+	-	+	+	-
Tlax10	+	-	+	+	-
Tlax11	+	-	+	+	-
Tlax12	+	-	+	+	-

+ = Reacción positiva (a los 55 días)

- = Reacción negativa

La caracterización se realiza con base en la respuesta de las variedades diferenciales; (+) indica reacción positiva con un factor de reproducción mayor de 1 ($FR > 1$) a los 55 días después de la inoculación.

Cuadro 15. Factor de reproducción de las poblaciones de *M. chiotwoodi* obtenidas en la prueba de las hospedantes diferenciales en la determinación de las razas de *M. chitwoodi*

Población	Trigo		Chile		Alfalfa		Zanahoria		Tomate	
	Pf	FR	Pf	Fr	Pf	Fr	Pf	Fr	Pf	Fr
Tlax01	7470	1.4	9.6	0.001	7015	1.3	23	0.004	7470	1.5
Tlax02	7865.8	1.5	13	0.002	6950	1.3	3.2	0.0006	8513	1.6
Tlax03	6945	1.3	6.32	0.001	9.6	0.001	6385.2	1.2	7640	1.4
Tlax04	7410.6	1.4	3.32	0.0006	7145	1.4	3.32	0.0006	7030	1.3
Tlax05	6460.6	1.2	0.0	0.0	6760	1.3	0.0	0.0	7100.4	1.4
Tlax06	7060	1.3	0.0	0.0	6590	1.3	3.32	0.0006	6580	1.2
Tlax07	6350	1.2	3.32	0.0006	6615	1.3	0.0	0.0	6760	1.3
Tlax08	6920.6	1.3	0.0	0.0	5975	1.1	0.0	0.0	6610	1.2
Tlax09	6365	1.2	0.0	0.0	6766	1.3	0.0	0.0	6556	1.2
Tlax10	6506	1.2	0.0	0.0	5240	1.0	0.0	0.0	6714	1.3
Tlax11	6783.2	1.3	0.0	0.0	7085	1.3	13	0.0002	6545.6	1.2
Tlax12	6720.8	1.3	0.0	0.0	6871.6	1.3	19.64	0.003	7091.4	1.3

Clave: Pi= Población inicial (Pi = 5147)
 Pf = Población final
 PF = Factor de reproducción (PF = Pf/Pi).

Cuadro 16. Distribución y hospedantes de *M. chitwoodi* en el Valle de Huamantla, Tlaxcala.

Número	Clave	Productor	Cultivo	<i>Meloidogyne</i> spp.
001	Teq-90-01	Benito González	Frijol	<i>Meloidogyne</i> sp. <i>incognita</i> <i>incognita</i>
002	Teq-90-02	Benito González	Ayocote	<i>Meloidogyne</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp.
003	Teq-90-03	Teodoro Valadez	Papa	<i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i>
004	Teq-90-04	Miguel Montiel	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>hapla</i>
005	Huam-90-01	Trinidad Montiel Briseño	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
006	Huam-86-02	Loorh Huerta	Papa	<i>incognita</i>
007	Huam-86-03	Antonio Flores García	Papa	<i>chitwoodi</i>
008	Huam-87-04	Asunción Pérez Cadena	Papa	<i>artiellia</i> <i>artiellia</i>
009	Huam-86-05	Lorenzo Llano	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
010	Haum-88-06	Simón Lorth Huerta	Papa	<i>chitwoodi</i>
011	Huam-88-07	Simón Lorth Huerta	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
012	Huam-87-08	LADIF	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
013	Huam-86-09	Lorenzo Llano B.	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>artiellia</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

014	Huam-86-10	Daniel Sánchez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>artiellia</i>
015	Huam-88-11	Simón Lorth Huerta	Tomate	<i>chitwoodi</i>
016	Altza-86-01	Adalberto Palafox	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
017	Altza-86-02	Isauro Balderas	Papa	<i>chitwoodi</i>
018	Altza-87-03	Adalberto Palafox	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
019	Altza-86-04	Isauro Balderas	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
020	Altza-86-05	Adalberto Palafox	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
021	Altza- -06	Adalberto Palafox	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
022	Altza- -07	Adalberto Palafox	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
023	Cuap-86-01	Gabriel López Lima	Papa	<i>chitwoodi</i>

024	Cuap-86-02	Lorenzo Llano Bretón	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
025	Cuap-86-03	Lorenzo Llano Bretón	Papa	<i>chtiwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
026	Cuap-86-04	Gabriel López Lima	Papa	<i>M. sp.</i>
027	Cuap-85-05	Ignacio Ramírez	Papa	<i>hapla</i> <i>chitwoodi</i>
028	Cuap-86-06	Roberto Pérez Cadena	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
029	Cuap-86-07	Ignacio Ramírez	Papa	<i>artiellia</i> <i>chitwoodi</i>
030	Cuap-86-08	Ignacio Ramírez	Papa	<i>incognita</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>artiellia</i> <i>incognita</i>
031	Cuap-86-09	Gabriel López Lima	Papa	<i>Chitwoodi</i>
032	Cuap-86-11	Antonio Sánchez Caballero	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
033	Cuap-86-12	Gustavo Gálvez	Papa	<i>artiellia</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
034	Cuap-86-13	Grupo Sn. Antonio	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
035	Cuap-86-14	Antonio Sánchez Caballero	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
036	Cuap-86-15	Perfecto Barrales	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

037	Cuap-88-16	Antonio Sánchez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>artiellia</i>
038	Cuap-88-17	Joaquín Rodríguez	Papa	<i>chtiwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
039	Cuap-88-18	Alejandro López Lima	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>Meloidogyne sp.</i>
040	Cuap-88-19	Antonio Sánchez C.	Papa	<i>chitwoodi</i>
041	Cuap-88-20	Antonio Sánchez Caballero	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
042	Cuap-88-21	Roberto Pérez Cadena	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
043	Cuap-88-22	Blas López Hernández	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>incognita</i>
044	Cuap-88-23		Papa	<i>incognita</i> <i>M. sp.</i> <i>M. sp.</i>
045	Cuap-88-24	Facundo Valencia	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
046	Cuap-88-25	Abraham Graciano Ríos	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
047	Cuap-88-26	Abraham Bretón Díaz y Graciela Ríos	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
048	Cuap-88-27	Micaela Martínez	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
049	Cuap-88-28	Artemio Bautista	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i>
050	Cuap-88-29	Cuapiaxtla 5	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
051	Pgvic-86-01	Carlos Paez Vejar	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

052	Pgvic-86-02	Simon Lorth Huerta	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
053	Pgvic-??-03	Miguel Nava	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
054	Pgvic-86-04	Simon Lorth Huerta	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
055	Plib-91-01	Alfonso Pérez Llano	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>arenaria</i>
056	Plib-91-02	Rafael Guerrero	Papa	<i>arenaria</i>
057	Ptex-91-01		Rosa	<i>hapla</i> <i>hapla</i>
058	Pue-91-01	Carlos López	Trigo	<i>incognita</i>
059	Ptit-88-01	Pedro Hernández Morales	Papa	<i>arenaria</i>
060	Cuap-88-30	Gonzalo Gálvez López	Papa	<i>chitwoodi</i>
061	Cuap-88-31	Facundo Valencia	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
062	Cuap-88-32	Cuapiaxtla 5	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
063	Cuap-88-33	Cuapixtla 5	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
064	cuap-89-34	Carlos Vásquez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
065	Cuap-89-35	Calixto Castillo	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>artiellia</i> <i>incognita</i>
066	Cuap-89-36	Joel Valencia	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

067	Cuap-89-37	Jaime Valencia	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
068	Cuap-89-38	Aurea Gálvez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
069	Cuap-90-39	Sergio Vega	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
070	Cuap-90-40	Perfecto Barrales	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
071	Cuap-90-41	Ernesto Valencia	Papa	<i>arenaria</i> <i>artiellia</i> <i>artiellia</i> <i>incognita</i>
072	Cuap-90-42	Andrea Bernardino	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>hapla</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
073	Cuap-90-43	Alfredo Rojas	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
074	Cuap-90-44	Carlos Huerta	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
075	Cuap-90-45	Luis Arroyo	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
076	Cuap-90-46	Generó Cerón	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
077	Cuap-90-47	Ranulfo Badio H.	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
078	Cuap-90-48	Rubén Montiel	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>artiellia</i>
079	Cuap-90-49	Miguel Valencia	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
080	Cuap-90-50	Gumecinda Bernardino Trinidad	Papa	<i>incognita</i> <i>arenaria</i>

081	Cuap-90-51	Guadalupe López Vega	Papa	<i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
082	Cuap-90-52	Celso Muñoz	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
083	Cuap-90-53	Luis Hernández L	Papa	<i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
084	Cuap-90-54	Crecencio Hernández	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
085	Cuap-90-55	Jovito Juárez	Papa	<i>M. sp.</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
086	Cuap-90-56	Andrés López	Frijol	<i>chitwoodi</i> <i>artiellia</i>
087	Cuap-90-57	Leonardo Félix	Papa	<i>chitwoodi</i>
088	Cuap-90-58	Gregorio Sánchez	Papa	<i>incognita</i>
089	Cuap-90-59	José Fernández	Frijol	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
090	Cuap-90-60	Hipolito Félix	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
091	Cuap-??-61	Andrés López	Maíz	<i>incognita</i> <i>incognita</i>
092	Cuap-90-62	Rufino Barrientos	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
093	Cuap-90-63	Miguel Morales	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
094	Cuap-90-64	Edilberto Sánchez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
095	Cuap-90-65	Ignacio Vásquez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
096	Cuap-90-66	Terreno Escolar	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
097	Cuap-90-67	Modesto Martínez	Papa	<i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

098	Cuap-90-68	Miguel Hernández	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
099	Cuap-90-69	Raúl Hernández	Papa	<i>chitwoodi</i>
100	Cuap-90-70	Armando de la Cruz	Papa	<i>chitwoodi</i>
101	Cuap-90-71	Andrés López	Haba	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
102	Cuap-90-72	Angel Sánchez	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
103	Cuap-87-73	Roberto Pérez	Papa	<i>incognita</i>
104	Pgvic-86-05	Simón Lorth	Maíz	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
105	Pgvic-86-06	Carlos Paez	Girasol	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
106	Pgvic-86-07	Carlos Paez	Girasol	<i>incognita</i> <i>incognita</i>
107	Pgvic-87-08	Carlos Paez	Alfalfa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
108	Pgvic-86-09	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i>
109	Pgvic-86-10	Simón Lorth	Maíz	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
110	Pgvic-87-11	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i>
111	Pgvic-86-12	Carlos Paez	Simsia	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
112	Pgvic-86-13	Carlos Paez	Papa	<i>incognita</i> <i>incognita</i>
113	Pgvic-86-14	Carlos Paez	Papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
114	Pgvic-86-15	Simón Lorth	Papa	<i>arenaria</i> <i>incognita</i>
115	Pgvic-86-16	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>

116	Pgvic-86-17	Simón Lorth	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
117	Pgvic-86-18	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
118	Pgvic-86-19	Carlos Paez	Papa	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
119	Pgvic-86-20	Carlos Paez		<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
120	Pgvic-86-21	Carlos Paez	Girasol	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
121	Pgvic-86-22	Carlos Paez	Alfalfa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>arenaria</i>
122	Pgvic-86-23	Simón Lorth	Maíz	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
123	Pgvic-86-24	Simón Lorth	Avena	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
124	Pgvic-86-25	Simón Lorth	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
125	Pgvic-86-26	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i>
126	Pgvic-86-27	Carlos Paez	Papa	<i>chitwoodi</i>
127	Pgvic-86-28	Carlos Paez	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
128	Pgvic-86-29	Simón Lorth	Avena	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>hapla</i> <i>chitwoodi</i>
129	Pgvic-87-30	Carlos Paez	Alfalfa Malva	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
130	Pgvic-87-31	Carlos Paez	Alfalfa	<i>chitwoodi</i>

131	Pgvic-86-32	Carlos Paez	Alfalfa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>incognita</i>
132	Pgvic-86-33	Carlos Paez	Girasol	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>hapla</i>
133	Pgvic-86-34	Carlos Paez	Girasol	<i>arenaria</i>
134	Pgvic-86-35	Carlos Paez	Raphanus	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
135	Pgvic-86-36	Carlos Paez	Amaranthus	<i>chitwoodi</i>
136	Pgvic-86-37	Carlos Paez	Bidens	<i>chitwoodi</i>
137	Pgvic-86-38	Carlos Paez	Bidens	<i>chitwoodi</i>
138	Pgvic-86-39	Carlos Paez	Brassica	<i>chitwoodi</i>
139	Pgvic-86-40	Carlos Paez	Malva	<i>chitwoodi</i>
140	LADIF-87-01	S.V	Bayomex	<i>chitwoodi</i>
141	LADIF-87-02	S.V	Cebada	<i>chitwoodi</i>
142	LADIF-87-03	S.V	Maíz	<i>chitwoodi</i>
143	LADIF-87-04	S.V	Arvejón	<i>chitwoodi</i>
144	LADIF-87-05	S.V	Papa	<i>chitwoodi</i>
145	LADIF-87-06	S.V	Tagetes	<i>M. sp.</i>
146	LADIF-87-07	S.V	Arvejón	<i>chitwoodi</i>
147	LADIF-87-08	S.V	Maíz	<i>chitwoodi</i>
148	LADIF-87-09	S.V	Tagetes	<i>chitwoodi</i>
149	LADIF-87-10	S.V	Maíz	<i>chitwoodi</i>
150	LADIF-87-11	S.V	Maíz	<i>chitwoodi</i>
151	LADIF-87-12	S.V	Trigo	<i>chitwoodi</i>
152	LADIF-87-13	S.V	Cebada	<i>chitwoodi</i>
153	LADIF-87-14	S.V	Trigo	<i>chitwoodi</i>
154	LADIF-87-15	S.V	Arvejón	<i>chitwoodi</i>
155	LADIF-87-16	S.V	Arvejón	<i>chitwoodi</i>
156	LADIF-87-17	S.V	Bayomex	<i>chitwoodi</i>
157	LADIF-87-18	S.V	Trigo	<i>chitwoodi</i>

158	LADIF-87-19	S.V	Papa	<i>chitwoodi</i>
159	Cuap-87-74	Jorge Cruz	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
160	Huam-87-12	Agripina Aviles	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
162	Huam-87-13	Cruz Baez Martínez	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i>
163	Huam-87-14	Efren de la Cruz	Maleza en Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i>
164	Huam-87-15	Trinidad Aquino	Cebada	<i>incognita</i>
165	Huam-87-16	Efren de la Cruz	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
166	Huam-87-17	Efren de la Cruz	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
167	Huam-87-18	Carmen Altamirano	Maíz	<i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i>
168	Huam-87-19	Guillermo Carbajal	Maíz	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
169	Huam-87-20	Otilio Martínez	Papa	<i>chitwoodi</i>
170	Huam-87-21	Guadalupe Guerra	Haba	<i>incognita</i>
171	Huam-87-22	Juan Vásquez	Haba	<i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>arenaria</i>
172	Huam-87-23	Rolando Hernández Cervantes	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
173	Huam-87-24	Benito Hernández	Haba	<i>M. sp.</i> <i>chitwoodi</i>
174	Huam-87-25		Haba	<i>M. sp.</i> <i>arenaria</i> <i>incognita</i>
175	Huam-87-26	Arturo Baez	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>M. sp.</i>
176	Huam-87-27	María Martínez	Maíz y Haba	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>

177	Huam-87-28	Humberto Mecías	Maleza	<i>incognita</i>
178	Huam-87-29	Victor Mecías Sánchez	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
179	Huam-87-30	Cruz Baez Martínez	Cebada	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
180	Huam-87-31	Felipe López	Alfalfa	<i>chitwoodi</i>
181	Huam-87-32	Alejandro López R.	Alfalfa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
182	Huam-87-33	Herminio Martínez	Maíz y Haba	<i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
183	Huam-87-34	Armando Galindo	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
184	Huam-87-35	Miguel Flores	Frijol	<i>chitwoodi</i>
185	Huam-87-36	Joaquín Hernández	Maíz	<i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
186	Huam-87-37	Raúl Tapia	Maíz	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
187	Huam-87-38	Trino Cervantes	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
188	Huam-87-39	Proceso Altamirano Gómez	Papa	<i>chitwoodi</i>
189	Huam-87-40	Juan Paz	Papa	<i>arenaria</i>
190	Huam-87-41	Alejandro Flores	Maleza	<i>chitwoodi</i>
191	Huam-87-42	Alejandro Flores	Haba	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
192	Huam-87-43	Julián Flores	Alfalfa	<i>chitwoodi</i>
193	Huam-87-44	Gregorio Santiago	Haba	<i>chitwoodi</i>
194	Huam-87-45	Victoriano Gómez Leal	Maíz	<i>chitwoodi</i>
195	Huam-87-46	Filomeno Conde L.	Haba	<i>arenaria</i>

196	Huam-87-47	Alfonso Hernández	Papa	<i>arenaria</i>
197	Huam-87-48	Priciliano Calderos	Papa	<i>arenaria</i> <i>arenaria</i>
198	Huam-87-49	Ladislao Barrientos G.	Papa	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
199	Huam-87-50	Daniel Sánchez	Papa	<i>arenaria</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
200	Huam-87-51	Daniel Sánchez	Papa	<i>Globodera</i> <i>rostochiensis</i>
201	Huam-87-52	LADIF	Papa Tagetes	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
202	Cuap-87-75	Antonio Sánchez C	Papa	<i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
203	Cuap-87-76	Modesto Martínez D.	frijol	<i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
204	cuap-87-77	ignacio Ramírez Corza	frijol	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
205	cuap-87-78	Ignacio Ramírez Corza	calabaza	<i>chitwoodi</i> <i>chitwoodi</i>
206	Cuap-87-79	Antonio Sánchez C.	frijol	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
207	Cuap-87-80	Antonio Sánchez C.	papa	<i>arenaria</i>
208	Cuap-87-81	José l. Morales V	cebada	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
209	Cuap-87-82	Carlos Valencia	papa	<i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
210	Cuap-87-83	Ignacio Ramírez C.	papa	<i>artiellia</i> <i>incognita</i>
211	Cuap-87-84	Roberto Pérez C.	papa	<i>hapla</i> <i>chitwoodi</i>
212	Cuap-87-85	Felipe Martínez	papa	<i>arenaria</i>
213	Cuap-87-86	Antonio González	papa	<i>chitwoodi</i>

214	Cuap-87-87	Job López	frijol	<i>arenaria</i> <i>incognita</i>
215	Cuap-87-57	Carlos Pérez Rodríguez	papa	<i>chitwoodi</i>
216	Cuap-87-88	Modesto Martínez D	papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
217	Cuap-87-89	Modesto Martínez D	haba	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
218	Cuap-87-90	Ignacio Ramírez C.	papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i>
219	Cuap-87-91	Ignacio Ramírez C	papa	<i>chitwoodi</i> <i>arenaria</i> <i>chitwoodi</i>
220	Cuap-87-92	Jorge Cruz Alvarez	papa	<i>chitwoodi</i>
221	Pgvct-87-40	Carlos Paez Vejar	papa	<i>chitwoodi</i>
222	LADIF-86-40	S.V	papa	<i>chitwoodi</i> <i>incognita</i>
223	LADIF-86-41	S.V	papa	<i>artiellia</i> <i>incognita</i> <i>chitwoodi</i>
224	Anon-86-01		papa	<i>chitwoodi</i>
225	Anon-86-01		papa	<i>incognita</i>

Clave de especies de *Meloidogyne* (nemátodo agallador) de mayor importancia agrícola, basado en la morfología del patrón perineal de la hembra (Einsenback y Hirschmann, 1991).

1. Puntuaciones presentes en el área terminal de la cola..... *M. hapla*
- 1'. Puntuaciones ausentes en el área terminal de la cola..... 2
2. Líneas laterales claramente marcadas por incisuras profundas; usualmente extendido más allá del perineo..... *M. javanica*
- 2'. Líneas laterales no marcadas claramente o terminan cerca del perineo..... 3
3. Estrías en el arco dorsal, torcidas y fusionadas..... *M. chtiwoodi*
- 3'. Estrías en el arco dorsal, no torcidas, ni fusionadas..... 4
4. Campo lateral marcado cerca del perineo por un rústico nudo torcido y estrías dobladas..... *M. exigua*
- 4'. Campo lateral no marcado cerca del perineo por un rústico nudo torcido y estrías dobladas..... 5
5. Arco dorsal alto y cuadrado, estrías lisas a onduladas.....*M. incognita*
- 5'. Arco dorsal bajo y redondeado..... 6
6. Arco dorsal con estrías burdas y densas cerca del perineo.....*M. artiellia*
- 6'. Arco dorsal sin estrías burdas, ni densas cerca del perineo..... 7
7. Arco dorsal con estrías redondeadas y forma hombreras..... *M. arenaria*
- 7'. Arco dorsal sin hombreras..... 8
8. Fasmidias grandes..... *M. naasi*
- 8'. Fasmidias muy pequeñas.....*M. graminicola*



IMPRENTA SAGITARIO
PLAZA TEK "S"

ALLENDE 116 LOCAL 6
TEL. 4-97-79
TEXCOCO MEX.