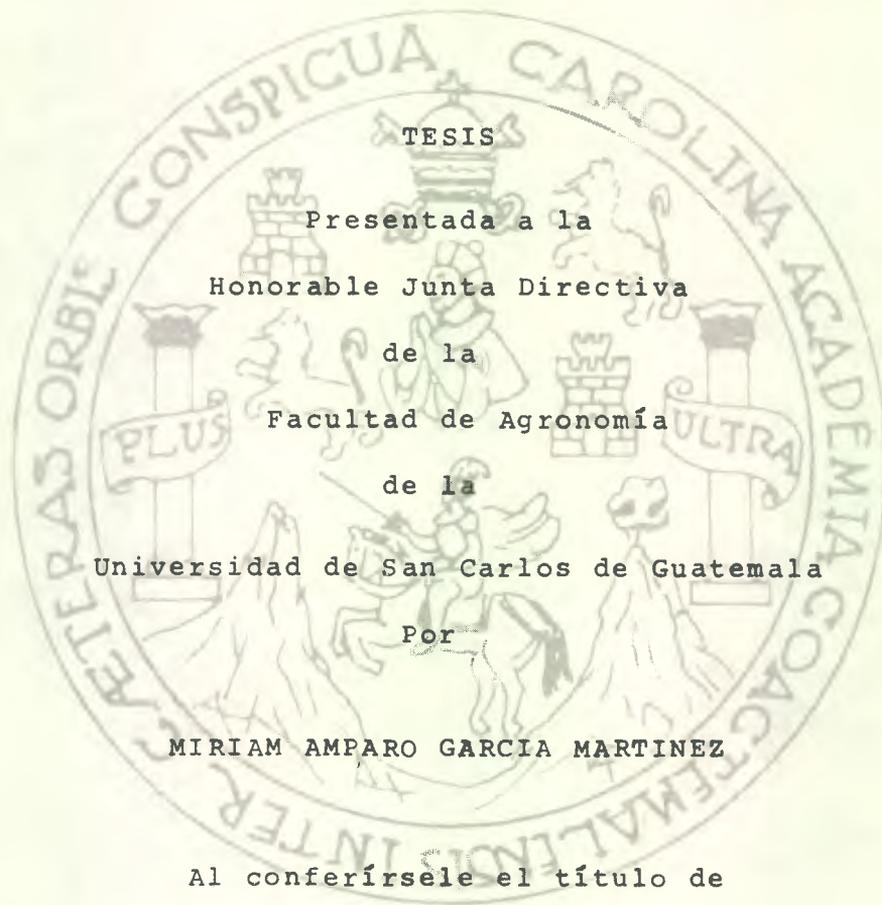


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO ANALITICO TAXONOMICO DE LOS
NEMATODOS DE QUISTE (HETERODERA spp.) EN GUATEMALA



TESIS

Presentada a la
Honorable Junta Directiva

de la
Facultad de Agronomía

de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

MIRIAM AMPARO GARCIA MARTINEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, enero 1980

R
01
T(354)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing.Agr. Rodolfo Estrada
Vocal 3o.	Ing.Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.	P. A. Efraín Medina G.
Vocal 5o.	Prof. Edgar Franco
Secretario	Ing.Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

Decano	Ing.Agr. Rodolfo Estrada
Examinador	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador	Ing.Agr. Rolando Lara A.
Examinador	Ing.Agr. Miguel A. Gutiérrez
Secretario a.i.	Ing.Agr. Oscar González



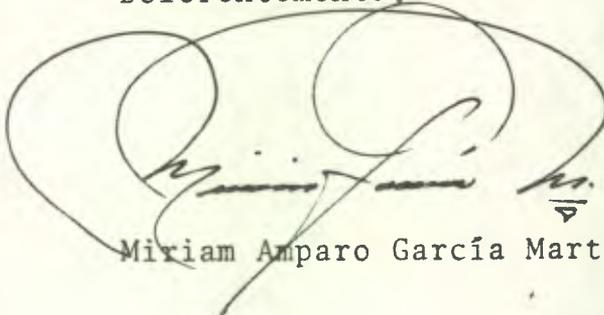
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "ESTUDIO ANALITICO TAXONOMICO DE LOS NEMATODOS DE QUISTE (Heterodera spp.) EN GUATEMALA".

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Deferentemente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Miriam Amparo García Martínez', with a stylized flourish at the end.

Miriam Amparo García Martínez



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Código Postal: 01015

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

Guatemala,
6 de diciembre de 1979

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio A. Sandoval
Presente

Señor Decano:

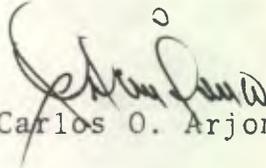
Me dirijo a usted para comunicarle que he concluido la asesoría y revisión del trabajo de investigación de la estudiante Miriam Amparo García Martínez, titulado "Estudio Analítico Taxonómico de los nemátodos de quiste (Heterodera spp.) en Guatemala".

El estudio presenta un contenido de gran importancia en la nematología, es asimismo una variante en el campo de la investigación agrícola y se constituye en el primero en su género, abriendo las posibilidades de un conocimiento más profundo y objetivo de los patógenos que aquejan la agricultura del país.

En general, considero que reúne los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Msc. Carlos O. Arjona M.

ACTO QUE OFREZCO

A MARIA VICTORIA MARTINEZ DE GARCIA

A MARTA E IRVIN

A MIS HERMANOS

AGRADECIMIENTO

- A las señoras Mariflor de Peralta Méndez y Martha Alicia de Vallejo.

- A los Ingenieros Agrónomos Carlos Orlando - Arjona, Leonel Coronado C., Rodolfo Estrada y Dr. Romeo Martínez Rodas.

- A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Al personal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de la Estación "Labor Ovalle".

- A todas las personas que contribuyeron de una u otra forma a la realización de este trabajo.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.	3
III. REVISION DE LITERATURA.	4
IV. MATERIALES Y METODOS.	16
V. RESULTADOS.	20
VI. DISCUSION DE RESULTADOS	28
VII. CONCLUSIONES.	30
VIII. SUGERENCIAS	31
APENDICE.	32
IX. REVISION BIBLIOGRAFICA.	35

I. INTRODUCCION

Dentro de las preocupaciones que actualmente aquejan al mundo, la producción de alimentos es prioritaria, pues resulta cada vez más difícil proveer de alimentos a una población en constante crecimiento y con mayores demandas alimenticias, si las áreas dedicadas a la agricultura se reducen y se pierden por la acción depredadora del hombre, que en la búsqueda de su comodidad, promueve la destrucción de sus recursos.

Esta situación ha generado la necesidad de implementar programas para la obtención de alimentos en mayor cantidad y calidad, y uno de los mecanismos utilizados para este fin es el mejoramiento de la tecnología agrícola utilizada.

En forma simultánea, se han derivado estudios sobre los factores internos y externos que influyen directamente sobre el desarrollo de las plantas. Muchos de estos resultados aún no son prácticos y los factores bióticos y abióticos involucrados en la producción así como los enemigos naturales de las plantas, tienen cada vez mayor impacto económico.

Escapa a los propósitos de este trabajo la posibilidad de enumerar los diversos factores que a-

fectan los cultivos, y solamente se pretende realizar un estudio sobre un grupo de nemátodos, especialmente uno de los miembros de la Familia Heteroderidas, cuyos componentes son responsables del 50% de las pérdidas causadas por nemátodos, y dentro de los que se encuentran grupos como Meloidogyne y Heterodera.

El más tristemente famoso de ellos, indudablemente lo es el Nemátodo Dorado de la Papa, Heterodera rostochiensis Woll, 1923, seguido del Heterodera pallida, Stone 1972, a quienes por sus características patogénicas y epifíticas, se les ha considerado los agentes causales más importantes en papa y tomate, y han dado lugar a la implantación de medidas de protección internacional, como estrictas cuarentenas a países afectados y productos de plantas hospedaderas.

El presente estudio pretende realizar un trabajo exploratorio que permita reconocer los grupos de nemátodos de quiste en el país, partiendo de la hipótesis que si en la mayoría de países americanos se han reportado, en Guatemala, donde no se da cumplimiento ni se respetan las más elementales medidas cuarentenarias, también estarán.

II. OBJETIVOS

1. Determinar la presencia de los nemátodos de -
quiste y su distribución en Guatemala.

2. Evaluar las variaciones taxonómicas de los grup
os encontrados.

III. REVISION DE LITERATURA

El hallazgo de los nemátodos que parasitan plantas, es un acontecimiento relativamente reciente en el mundo de la biología, señalándose 1743, como el año en que Needham reporta el primer nemátodo fitoparasítico (Anguina tritici Steinbuch, 1799 Filipjev, 1936), atacando granos de trigo. Le sucedieron en la década de 1850 los descubrimientos del nemátodo nodulador en pepino, (Meloidogyne sp. Goeldi, 1887) y el primer nemátodo de quiste, (Heterodera schachtii Schmidt 1881) asociado a la remolacha azucarera, cultivo en el cual estaba ocasionando graves pérdidas en Alemania. (3,9,22,27).

El hecho de haber sido descubierto en Alemania, llevó inherente el concepto de que era el Continente Europeo el lugar de origen de estos organismos; sin embargo, el descubrimiento en Estados Unidos de Norteamérica del "Nemátodo Dorado de la Papa" en 1941 (Heterodera rostochiensis Woll, 1923), y los trabajos posteriores en ese país en el período 1945-1955 (22), incentivaron estudios relacionados a la determinación real del origen de este nemátodo, tomando en consideración al hospedero típico del mismo. Siendo la papa originaria de la Zona Andina de América del Sur, y América en general sumamente rica en plantas solanáceas, no es utópico pensar que

fue el Nuevo Continente y no Europa el lugar de origen de este nemátodo y de otros que forman quiste. Otra de las razones que orilla la opinión de los científicos sobre esta base, es el hecho de que con los primeros envíos de papa a Europa en la segunda mitad del siglo XVI, es indudable que también se exportaron sus patógenos, entre ellos los nemátodos de quiste como lo indica Dao (9). Debido a la gran aceptación que tuvo el cultivo y el impulso que se le dio en el Continente, algunos países europeos se convirtieron en importantes proveedores de semilla, y de acuerdo al mismo autor, en los principales distribuidores de aquella época. De esa manera la diseminación de los nemátodos de quiste fue incontralada y a la fecha son pocos los países que se encuentran libres.

La importancia económica de los nemátodos de quiste, está referida a las pérdidas ocasionadas a cultivos como la remolacha azucarera, papa y tomate. Datos importantes a este respecto son los señalados por Mai (15), quien menciona que en un área altamente infestada en Chile, no se logró recuperar siquiera la cantidad de semilla sembrada. Por otra parte, Spears (22), señala la disminución en producción de tomate de quince, a menos de dos toneladas por 0.4 hectáreas en Jersey. En Algeria, el mismo autor cita pérdidas estimadas en un 50% en cultivo de papa, en una producción inicial estimada en 130-150 quintales por hectárea.



El término *Heterodera* fue introducido por Schmidt en 1851, e incluyó en él a nemátodos del tipo *schachtii*, según lo señalan Campos Vela (4), Stone (23) y Thorne (27). Estos dos últimos autores indican que en el período comprendido entre 1871 y 1949, se distinguieron nuevas variedades, especies y subespecies de *Heterodera*, así como cierto rango de hospederos, pero su posición taxonómica seguía siendo dudosa. Fue hasta 1940 en que Franklin hizo una revisión de las llamadas razas biológicas de *Heterodera schachtii* -bajo la cual se habían colocado las descubiertas posteriormente- y reconoció cinco diferentes especies: *H. schachtii* Schmidt, 1871; *H. goettingiana* Liebscher 1892; *H. punctata* Thorne 1928; *H. avenae* Wollenweber 1924 y *H. rostochiensis* Wollenweber 1923, de acuerdo a Campos Vela (4) y Christie (8). A partir de entonces, el número de especies de *Heterodera* se ha incrementado, basándose su clasificación en caracteres diferenciales como la morfología de quistes maduros, modelos vulvares, las características del segundo estado juvenil y otros, que son citados por los autores señalados anteriormente (4) (8).

Actualmente, las especies son separadas en dos grupos de acuerdo a la forma del quiste. Los citri-formes, cuyas hembras presentan la ubicación de la vulva en una protuberancia cónica denominada como vulvar, y los esféricos y piriformes, que incluyen

a hembras con la vulva situada al mismo nivel del contorno del quiste. Tanto Stone (13) como Thorne (27), citan que para el primer grupo, Skarvilovich 1959, estableció el subgénero Heterodera, cuyas especies de mayor importancia económica son H. carotae (zanahorias); H. cruciferae (crucíferas); H. goettingiana (frijol, arveja); H. glycines (soya) y H. schachtii (remolacha azucarera y otras crucíferas). El segundo grupo, también de acuerdo a Skarvilovich 1959, se clasificó como subgénero Globodera, y sus especies más representativas, según los mismos autores y además Romero (20), son G. rostochiensis (papa, tomate); G. pallida (papa, tomate, berenjena) y G. punctata (gramíneas). Este mismo autor, señala que G. punctata es considerado como una especie que debe contener por lo menos a tres especies próximas, dada la diferencia en distancia entre el ano y la vulva.

En 1977, Stone (23, 24, 25) hace referencia a más de 70 especies de nemátodos de quiste descritos, nomenclatoriamente válidos, y cuyas descripciones reúnen los requerimientos del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica; algunos sinónimos no resueltos y varias especies en investigación, con una descripción inadecuada, hace que no haya distinción realmente confiable, de manera que los parámetros para distinguir una especie de otra son cada vez más sofisticados, a la vez que aumentan en número,

debido al problema que representa la identificación específica.

Una de las mayores dificultades taxonómicas, - proviene de la necesidad de establecer límites de variación morfológica entre especies similares, de acuerdo a Golden y Ellington (12), y convenir en - traslapos que ocurren en caracteres numéricamente - expresados. Actualmente, se tiende a considerar a los subgéneros como un género que está en plena evolución, y por lo tanto, en una misma especie podrían considerarse individuos con cierta variación fenotípica*. Al estar en evolución, encontraríamos una distribución normal en lo que se refiere a individuos con características de los límites del proceso, así como también a otros con características intermedias. Lo anterior ha hecho concebir que el subgénero Globodera sea una especie complejo y por ello, a las especies se les ha llamado grupos, tal como - se observa en los trabajos realizados por Sosa, - Stone y Miller en México (21), que ubican a los especímenes bajo tal denominación. Finalmente, dentro del subgénero Globodera, encontramos a Heterodera punctata Thorne 1928, otra especie complejo como la llama Romero (20).

* Comunicación personal, Sosa Moss.

Otro de los parámetros utilizados para la identificación de especies es el color, que en quistes maduros varía, pero que en hembras en desarrollo es de gran utilidad considerando que la mayoría presentan variaciones de coloración que van de blanca o lechosa a castaño, y únicamente las hembras de H. rostochiensis manifiestan un color amarillo dorado, tal como lo señala Canto et al (6).

El tamaño de los quistes maduros también se ha considerado como un parámetro diferencial, aunque Romero (20) sugiere que éste debe utilizarse con precaución, por la influencia que tiene el ambiente. El mismo autor señala, que los caracteres cuticulares son poco utilizados, pero que sin embargo, la textura de la superficie cuticular, así como las marcas cuticulares, son utilizadas con mayor frecuencia. A este respecto, Stone (23, 24, 25) et al, les dan gran importancia como parámetros taxonómicos. Según Miller y Gray (16), el grupo virginiae muestra marcas cuticulares semejantes a un laberinto; por otra parte, H. (G) rostochiensis tiene estrías cuticulares en forma de zig-zag, que le son características. Los grupos virginiae, tabacum, rostochiensis y solanacearum, según lo citan Miller (16), Romero (20), Stone (23) (24) (25) y Thorne (27), muestran en el modelo vulvar una fenestra vulvar circular grande, en comparación con el poro anal. Contrariamente, en H. (G) punctata, se observan tanto el ano y la vulva como dos fenestras cir-

culares de tamaño similar, que las diferencia fácilmente de los otros cuatro grupos del subgénero Globodera.

Finalmente, los mismos autores señalan la utilización de datos biométricos para la agrupación taxonómica y las medidas más utilizadas por ellos son: longitud y ancho de la fenestra, distancia entre la vulva y el ano y el Índice de Granek, utilizado especialmente para diferenciar las especies del grupo rostochiensis, y que de acuerdo a Stone (25), ha sido establecido en menos de 3 para H. (G) pallida y más de 3 para H. (G) rostochiensis (Apéndice 3).

Las hembras del género Heterodera, tienen la habilidad excepcional de endurecer su cutícula para dar lugar a la formación del quiste, que actúa como saco protector de los huevecillos que se han formado en su interior. Este hecho lo señalan Christie (8), Stone (23), Spears (22) y Thorne (27), como uno de los fenómenos biológicos más importantes de adaptación y de supervivencia, dentro de la Clase Nemátoda.

Según Mai (15), en el interior del quiste, el segundo estado juvenil aún dentro del huevo, permanece en quiescencia 20 años o más, hasta que se presenta un hospedero y las condiciones de temperatura y humedad le son favorables.

Christie (8), hace notar que todos los nemátodos de quiste tienen básicamente el mismo ciclo de vida. Durante su crecimiento y desarrollo, los nemátodos cumplen cinco estadios, de huevo a adulto, sucediéndose cuatro mudas en el proceso. La primera tiene lugar dentro del huevo. Luego de la eclosión, el nemátodo de segundo estado puede hallarse libre en el suelo, constituyendo ésta su primera etapa infectiva, tal como lo señala Thorne (27).

Christie (8) y Thorne (27), indican que los machos aumentan progresivamente en grosor, y es durante estos períodos que pasan por la segunda y tercera mudas. En esta última, dice Christie (8), comienzan a alargarse y llegan a estar plegados dentro de la tercera muda. Luego de que han obtenido finalmente su forma cilíndrica, experimentan la cuarta y última muda y son ya machos adultos. En este quinto estadio, señala el mismo autor, los machos son mucho más largos que la mayoría de otros géneros. Christie (8), Stone (23), Thorne (27) y Zuckermann (30), señalan como características básicas muy importantes, tener cola muy corta y no presentar bursa copulatrix.

Christie (8) y Thorne (27), mencionan que el comportamiento de las hembras difiere del de los machos, y una vez pasadas la segunda y tercera mudas, engrosan hasta adquirir la forma esférica conocida, y al mismo tiempo experimentan la cuarta

y última muda. De acuerdo a los mismos autores, - durante su desarrollo las hembras emergen a través de la superficie de la raíz, quedando en su estado adulto completamente fuera de ellas, y adheridas únicamente por la región elongada del cuello.

Todas las medidas de control están orientadas hacia el Nemátodo Dorado de la Papa, H. (G) rostochiensis y al H. (G) pallida. A este respecto, - Spears (22), cita que la Comunidad Económica Europea en 1966, propuso regulaciones para el control de H. (G) rostochiensis y la prevención de dispersión en sus países miembros. Algunas de las recomendaciones erogadas en ese año fueron principalmente, que la semilla de papa se produjera únicamente en áreas declaradas libres del nemátodo dorado. Después de descubrirse una infestación, los países miembros realizarían las investigaciones necesarias para delimitar las áreas infestadas. El mismo autor señala, que otras de las medidas incluyen prohibiciones al cultivo o almacenaje de papas y trasplante de plantas provenientes de áreas sospechosas.

Actualmente, los países que pertenecen a la Organización Europea y Mediterránea de Protección de Plantas, recomiendan ciertas medidas para la protección de exportación de papa certificada. - Spears (22), señala que en Estados Unidos de Norte América, después de la detección del nemátodo dorado

do de la papa en Long Island, se mantiene estricta cuarentena, ejerciendo una fuerte vigilancia sobre el origen del material que se siembra, así como el destino que se dará a los productos obtenidos de zonas infestadas.

Thorne (27), reporta que para 1951, algunos países comenzaron a tomar medidas preventivas a la introducción de este nemátodo, y que países como Dinamarca, Holanda y Suiza entre otros, prohibieron la siembra de papa en áreas que se sabía estaban infestadas; así mismo, Suiza, Rusia y otros más, efectuaron embargos sobre papa producida en campos infestados.

Franco (11), indica que se han realizado numerosos estudios respecto a los métodos químicos de control, y a medida que esta industria se desarrolla, se va considerando también de utilidad el analizar factores tales como humedad, temperatura, tipo de suelo, época de aplicación y dosificaciones, y otros factores que afectan la actividad de los productos en el suelo. Esto, unido al estudio de las características físico-biológicas de nemátodos de quiste, hace que esta plaga sea susceptible de control.

De acuerdo a Untiveros (28), el control químico tiene una efectividad relativa, representando un incremento en los costos de producción de apro-

ximadamente un 10%. Franco (11), señala que los estudios realizados en Perú, tanto a nivel de campo como en macetas, demostraron que todavía no existe ningún producto capaz de ser empleado económicamente en el campo. En relación al aspecto económico, Spears (22) cita que para 1966, el costo de fumigación en Dinamarca, utilizando 1,2 Dicloropropano 1,3 Dicloropropene (D-D), fue de aproximadamente Q.210.00 por hectárea.

Franco (11), llevó a cabo estudios para determinar la efectividad de algunos productos químicos aplicados antes de la siembra, tomando como base las ecuaciones de mortalidad de Peters y de control de Abbot (Apéndice 3), y aunque sus resultados no mostraron diferencia significativa, fue notoria una mejor sanidad y desarrollo en las plantas de parcelas tratadas con Fensulfothion granulado (Terracur-P 10%), y una ligera ventaja en porcentaje de control, en base a las mismas ecuaciones del DBCP (Nemagón 75% emulsionable), sobre una mezcla de 20% metilsotiacianato + 80% 1,2 Dicloropropano 1,3 Dicloropropene (Di-Trapex).

En base a la relativa efectividad de los productos químicos, así como al alto costo de los mismos, existen otros estudios que tienden a buscar formas de control biológico, que incluye hongos y bacterias entre otros. A este respecto, Untiveros, (28), reporta la presencia de hongos Actinomicetes y Moniliales, parasitando huevos y larvas de H. (G) rostochiensis.

Por otra parte, la formación de variedades resistentes, ha resultado ser uno de los métodos más promisorios para reducir los daños y la distribución de los nemátodos de quiste; sin embargo, estos programas se han visto obstaculizados por lo oneroso de su financiamiento, así como por el tiempo que requiere una investigación de esta naturaleza, además del personal especializado que se necesita.

Las variaciones biológicas de H. (G) rostocki, denominadas también patotipos o biotipos, son citadas tanto por Spears (22), como por De Scurrah (13) y Brodie (3), constituyen un verdadero reto a los mejoradores. Las fuentes de resistencia contra el nemátodo dorado con que se han realizado mayor número de trabajos, son clones derivados de Solanum vernei y S. neohawkessi, de acuerdo a De Scurrah (13) (14), Solanum tuberosum subsp. andigena, S. multidissectum, S. sanctae-rosae, S. kurtzianum, S. spegazzinii, S. oploense, y S. cajamarquense, citados por Brodie y Mai (3).

Dentro de las medidas culturales, la rotación de cultivos es una práctica efectiva en zonas infestadas, y puede aplicarse cuando existe la alternativa de otros cultivos, que adaptados a la región, tienen una significancia económica similar a la papa (22).

IV. MATERIALES Y METODOS

El estudio se situó en los Departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. La zona en cuestión se encuentra localizada en el Occidente del país, a altitudes que van de los 1,800 a 2,495 MSNM; así mismo, se caracteriza por tener variaciones de temperatura de 10° a 35°C, y precipitaciones medidas de 2,928 mm. anuales.

Según Stuart (26), los suelos de la región son de origen volcánico, y varían en su fertilidad de moderada a rica, pero con limitaciones severas al desarrollo agrícola, por su topografía quebrada, que favorece la pérdida de la capa de suelo agrícola. La producción agrícola está basada principalmente en cultivos tales como maíz, trigo, papa, hortalizas y frutales deciduos.

El trabajo de muestreo se realizó en las áreas de ingerencia del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, siguiendo para ello dos criterios; cuando el cultivo estuvo presente y cuando no lo estuvo. En el primer caso, se tomaron muestras al azar de la zona radicular, utilizándo para ello azadones o barrenos, y en el segundo, se requirió que en esos terrenos se hubiera sembrado con anterioridad, y que el terreno estuviera preparado para la siguiente siembra. Aquí, la forma de toma de muestras se hizo con las manos.

Las muestras se colectaron en bolsas plásticas con capacidad de un kilogramo, utilizando doble tarjeta de identificación, y anotando su procedencia. Cada una, representativa de una extensión mínima de una hectárea, y obtenida por caminamientos al azar.

En el laboratorio, las muestras se secaron a temperatura ambiente, en habitaciones resguardadas de corrientes de aire. Del suelo seco se tomaron - 100 gramos, que se procesaron por el método de flotación de Fenwick, descrito por Spears (22) y Campos Vela (4). El sobrenadante obtenido se recogió en un tamiz de 100 mesh, y lo retenido se trasladó a un papel filtro para su secado. Para separar los quistes del resto del material sobrenadante, se utilizaron un microscopio estereoscópico y agujas de disección.

Los quistes obtenidos se montaron sobre un papel filtro humedecido en un portaobjetos, para realizar cortes ecuatoriales. Luego se procedió a evacuar los huevecillos de la región posterior, y una vez limpios y vacíos se hicieron cortes laterales - hasta dejar únicamente la región vulvar.

La porción obtenida de los cortes se sumergió en agua oxigenada de 60 volúmenes, hasta obtener la decoloración deseada. En seguida se pasó por alcohol de 88 grados para deshidratarlo y posteriormente se trató con esencia de clavo para desinfectar y

evitar su descomposición. Finalmente, el corte se montó sobre bálsamo de Canadá, o bien sobre glicerina pura.

En el microscopio compuesto se observaron caracteres taxonómicos como la estructura vulvo-anal, se midieron distancias entre la vulva y el ano, fueron contadas las líneas cuticulares entre las dos aberturas y definida la conformación de las mismas, comparando éstas con las establecidas en patrones específicos, que corresponden a microfotografías de las especies Heterodera (G) virginiae Miller & Gray, 1968, Heterodera (G) tabacum, Lowns & Lowns, 1954, Heterodera (G) solanacearum Miller & Gray, 1972, Heterodera (G) rostochiensis, Woll. 1923, y Heterodera (G) punctata Thorne, 1928.

Para la obtención de machos y hembras, se llenaron 15 macetas con una mezcla en partes iguales de tierra, arena y materia orgánica esterilizada. Las macetas se sembraron con plántulas de tomate que a los cinco días se inocularon con 100 quistes cada una.

En el momento de la floración, se colocaron las macetas en cubetas con agua para saturar el suelo, y así facilitar el desprendimiento de las raíces. Una vez obtenidas éstas, se tomaron raíces para la obtención de machos, utilizando el método de licuado-tamizado-centrifugado de Gooris y



D'Herde, citado por Mundo (18) y Villanueva (29) . Las raíces se redujeron a porciones de 2-3 centímetros, y se licuaron por 60 segundos a baja velocidad. Este licuado se pasó por los tamices de 80, 100 y 325 mesh, recogiendo los nemátodos en un beaker de 50 ml. y transfiriéndolos posteriormente a tubos de centrífuga. A continuación se adicionó un gramo de caolín coloidal a la suspensión y se centrifugó durante 3 minutos a 3,000 r.p.m. Luego de la centrifugación se descartó el sobrenadante, y el material sedimentado, conteniendo nemátodos, caolín y partículas minerales y orgánicas, se homogenizó con una solución azucarada al 55%, para centrifugar nuevamente por el mismo tiempo y velocidad. La solución azucarada lavó a los nemátodos de caolín y otras sustancias, haciendo que los nemátodos permanecieran en suspensión, y todo el resto de material se sedimentara. Al finalizar la segunda centrifugación, la suspensión se hizo pasar por el tamiz de 325 mesh, quedando en él los nemátodos. Estos fueron transferidos a un beaker, en el cual se dejaron reposar por 4 horas, término al que se extrajo el exceso de agua con ayuda de una aguja hipodérmica, dejando los nemátodos en aproximadamente 10 cc. de agua. Para matarlos y fijarlos, se les agregó solución a base de Trietanolamina y formol. (Apéndice 4). Esta misma solución a 60°C fue utilizada para obtener hembras y fijar los nemátodos adheridos a las raíces.

V. RESULTADOS

Se procesaron un total de 94 muestras. En 83 de ellas (88.29%) se encontraron quistes del subgénero - Globodera, y únicamente en 2 (2.12%) del subgénero He terodera.

El promedio de quistes obtenidos por Departamen- to, fue de 154.3, 100.0, 114.4, 297.4 y 94.3, para - San Marcos, Totonicapán, Quetzaltenango, Chimaltenan- go y Sololá, respectivamente, como se observa en el - Cuadro 1.

CUADRO 1

Número promedio de quistes por kilogramo de suelo presentes en los lugares de muestreo. Guatemala, 1979.

Departamento	No.de quistes	No. de muestras	Media
San Marcos	2,160	14	154.3
Totonicapán	500	5	100.0
Quetzaltenango	3,891	34	114.4
Chimaltenango	8,030	27	297.4
Sololá	1,320	14	94.3

En tamaño, color y forma de los quistes del subgénero Globodera, se encontró una gran variación, determinándose que tanto quistes de forma ovoide como esféricas, correspondieron al grupo Heterodera (G) punctata, cuya alta tendencia hacia la esfericidad, puede apreciarse en el Cuadro 2, en la relación del diámetro longitudinal con el ecuatorial, muy cercano a 1.0.

CUADRO 2

Variación biométrica de 10 quistes, en función de su morfología. Guatemala, 1979

Variable biométrica	Medidas de quistes en micras										
Long.de cuello	40	55	90	30	68	80	96	45	90	50	63.40
∅ longitudinal	380	430	330	460	415	405	400	410	390	350	397.00
∅ ecuatorial	430	320	320	420	360	300	425	430	250	280	353.50
Relación:											
∅ longitudinal	.72	1.3	1.0	1.1	1.2	1.4	.94	.95	1.6	1.3	1.15
∅ ecuatorial											

∅: diámetro

En todas las localidades se encontró la especie Heterodera (G) punctata, que se caracteriza por mostrar dos ventanas circulares de tamaño semejante, -

correspondientes una a la vulva y la otra al ano, a demás de la variación existente en la distancia de ambas fenestras, tal como puede observarse en las Figuras 1 y 2, que corresponden a ejemplares encontrados en Chimaltenango y Quetzaltenango.

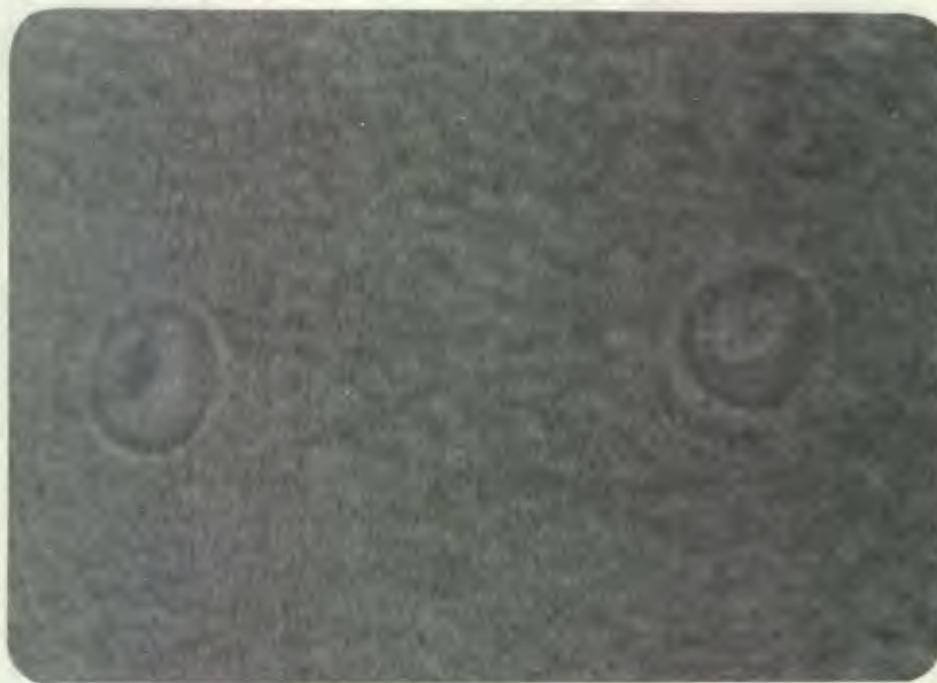


Figura 1. Corte fenestral de un quiste de H.
(G) punctata. (750 x). Guatemala, 1979.

La relación proporcional de H. (G) punctata con respecto al grupo virginiae fue de 12:1 y de 16:1 en relación a H. (G) pallida.

Para Heterodera (G) punctata, se ha hecho referencia a la forma general de los quistes, sin embargo, los hallados muestran una tendencia a ser esféricos, como se menciona en el Cuadro 2, donde la relación del diámetro longitudinal con el ecuatorial tienden a 1.0.



Figura 2. Corte fenestral de un quiste del grupo de H. (G) punctata (750 x). Guatemala, 1979.

Adicionalmente, se observa en la cutícula de los especímenes de este grupo, marcas con puntos gruesos formando líneas en ondas suaves, y el índice de Granek sumamente variable, y que va de por lo menos uno, hasta más de 3.

En muestras provenientes de Chimaltenango se encontraron quistes del grupo *virginiae*, el cual se caracteriza por presentar una vulva que va de circular a elíptica, y un ano que aunque conspicuo es de mucho menor diámetro que la vulva. El índice de Granek reportado como promedio es de 2.8, y el área entre el ano y la vulva presenta formaciones características en forma de laberinto, que pueden observarse en la Figura 3.

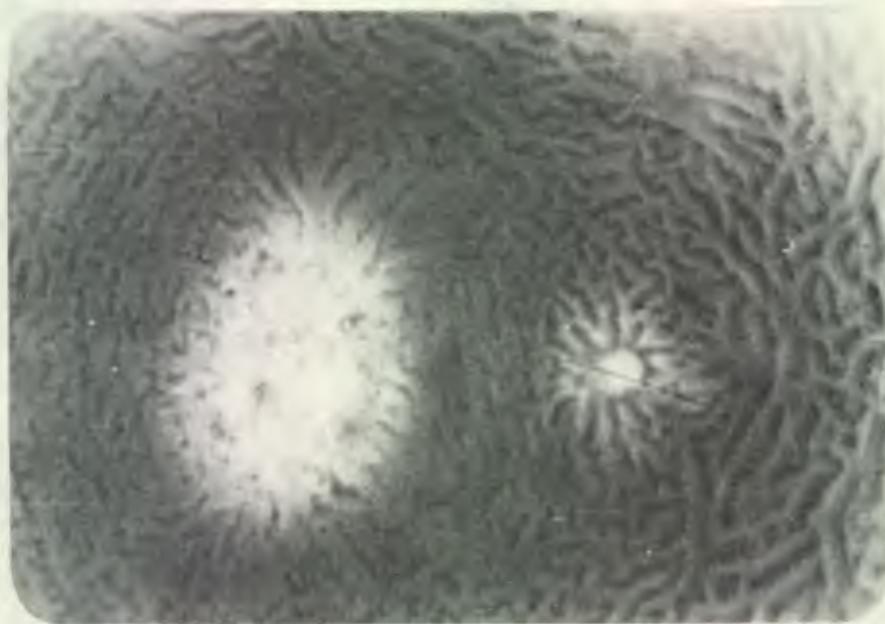


Figura 3. Corte fenestral de un quiste del grupo *virginiae*. (750 x). Guatemala, 1979.

En muestras procedentes de Quetzaltenango y -
Chimaltenango, se encontraron quistes de Heterodera
(G) pallida. En estos se tomaron medidas a estile-
tes de ejemplares del segundo estado juvenil, los -
que promediaron 24 micras, y se observó que los nód-
ulos del mismo estado juvenil terminaban en punta.
En lo que respecta al Índice de Granek, promediamos
3. Se clasificó como H. (G) pallida estos ejempla-
res, dado que cumpliendo con todos los requerimien-
tos, difiere únicamente en presentar un número de
anillos cuticulares superior al establecido, siendo
por este hecho semejante al nemátodo dorado de la -
papa, como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Corte fenestral de un quiste de H.(G)
pallida, del grupo rostochiensis. (750 x)
Guatemala, 1979.

Dentro del grupo *rostochiensis* se encontró un ejemplar que taxonómicamente no correspondió a ninguno de los grupos descritos, siendo su Índice de Granek 3.3, la distancia ano-vulva 48.84 micras y con 14 líneas cuticulares entre éstos. (Figura 5).

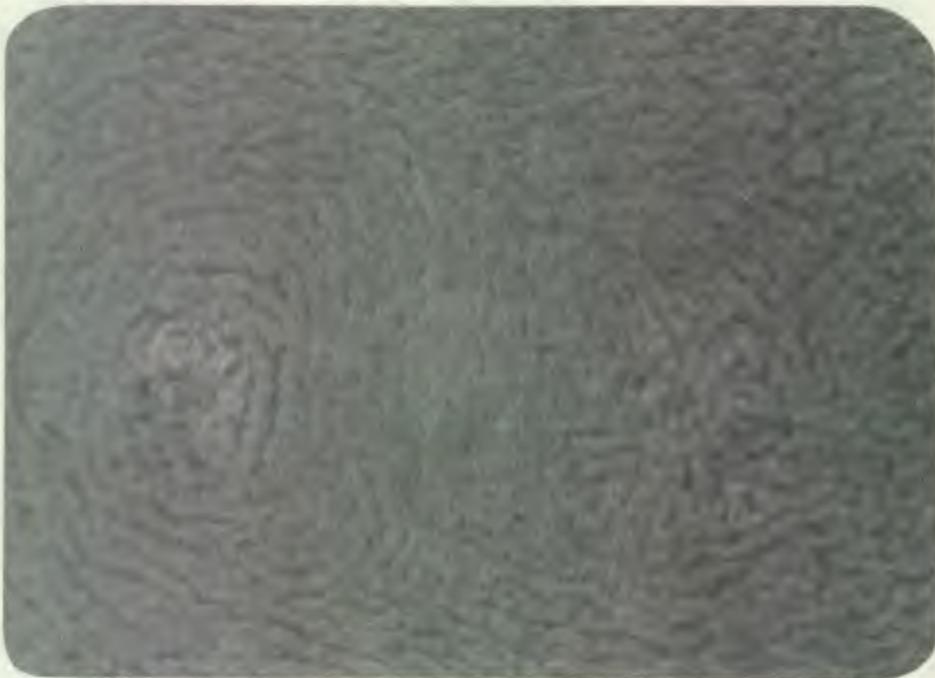


Figura 5. Corte fenestral de un quiste del grupo *rostochiensis*. (750 x). Guatemala, 1979.

CUADRO 3

Resumen comparativo de caracteres taxonómicos de nemátodos de quiste estudiados. Guatemala, 1979.

Grupo	Caracteres estudiados			Caracteres citados		
	I.G	Dist. ano vulva u	No. de anillos	I.G	Dist. ano vulva u	No. de anillos
<u>H.</u> (G) <u>pallida</u>	3	44.40	38	2.1 + 0.9	49.9 + 13.4	8-20
<u>H.</u> (G) <u>virginiae</u>	1.76	34.04	7	1.5 - 4.2	52.1 + 10.1	----
<u>H.</u> (G) <u>punctata</u>	3	47.85	25	1	34,12	----
Grupo <u>rostochien</u> <u>sis sin especifi</u> <u>car</u>	3.3	48.84	14	---	-----	----

I.G. * Índice de Granek

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

La presencia de H. (G) punctata, corrobora la hipótesis de que nuestros países poseen en mayor o menor grado, poblaciones nativas de nemátodos de quiste ampliamente dispersas, debido al tradicional sistema de siembra en las regiones bajo estudio, en donde se rotan alternadamente cultivos de maíz, trigo y papa. El H. (G) punctata tiene preferencia de parasitismo sobre gramíneas, y aunque ha sido citada por Becerra (2) parasitando originalmente al maíz, no parece ser el patógeno más importante en bajas o pérdidas de producción en ese cultivo.

El grupo virginiae, fue encontrado en muestras procedentes de Chimaltenango, posiblemente asociado al cultivo del tomate, el que de acuerdo a Miller y Gray (16), es uno de sus hospederos, además de tabaco, berenjena y otro grupo bastante extenso de solanáceas, excluyendo a la papa. Su importancia económica no ha sido muy bien establecida, pues de acuerdo a los mismos autores no se ha encontrado infestando suelos en donde estos cultivos se siembran a nivel comercial; sin embargo, no se descarta su peligrosidad potencial.

Los quistes correspondientes a Heterodera (G) pallida, fueron encontrados en muestras procedentes de Quetzaltenango y Chimaltenango, de terrenos donde anteriormente se había sembrado papa.

Un espécimen ubicado dentro del grupo *rostochiensis* fue encontrado en raíces de plantas de tomate inoculadas, y sus caracteres no coinciden con los que se citan en la literatura para cada uno de los grupos tradicionales por lo que es de suponer que se trata de una variación fenotípica de uno de los grupos *rostochiensis*, o bien que se trata de una nueva especie.

Considerando que los quistes utilizados para inocular las macetas procedían de terrenos en los cuales se sembró papa con anterioridad, y que éste es un cultivo tradicional en los Departamentos estudiados, y tomando en cuenta que la región ha recibido asistencia de los programas de mejoramiento del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, así como que algunas cooperativas han importado material vegetativo de papa, suponemos que la introducción de H. (G) pallida a Guatemala, haya ocurrido a través de este intercambio, proveniente de países que han reportado su presencia.

VII. CONCLUSIONES

1. Existen nemátodos de quiste en Guatemala, de los subgéneros Globodera y Heterodera.
2. El subgénero de nemátodos de quiste más generalizado fue el de Globodera, con un 88.29% de las muestras.
3. Se identificaron los grupos Globodera punctata, G. virginiae, así como Heterodera (G) pallida y otro no reportado en la literatura citada, pertenecientes los dos al grupo rostochiensis.
4. No fue encontrado el Nemátodo Dorado de la Papa, Heterodera (G) rostochiensis.

VIII. SUGERENCIAS

1. Que el material procedente de países que han reportado la presencia de nemátodos de quiste, especialmente Heterodera (G) rostochiensis y H. (G) pallida, sea sometido a estudios serios a nivel de invernadero, antes de su siembra formal en el campo.
2. Realizar trabajos de investigación para detectar niveles poblacionales en otras zonas paperas, para ampliar la información recabada en el presente estudio.
3. Trabajar sobre dinámicas poblacionales, que permitan establecer umbrales de incidencia económica de H. (G) pallida.
4. Iniciar trabajos sobre fuentes de resistencia al Nemátodo Dorado de la Papa, Heterodera (G) rostochiensis.
5. Continuar estudios taxonómicos sobre la especie no identificada a nivel de invernadero, para establecer su verdadero grupo.

APENDICE 1

DISTRIBUCION MUNDIAL DEL NEMATODO DORADO DE LA PAPA
HETERODERA (G) ROSTOCHIENSIS

Algeria	(1960)	Austria	(1954)	Alemania	(1881)
Argentina	(1955)	Bélgica	(1949)	Argelia	(?)
Australia	(?)	Canadá	(1962)	Canadá	(1962)
Chile	(1966)	Checoslovaquia	(1954)	Colombia	(?)
Ecuador	(?)	Dinamarca	(1928)	Escocia	(1913)
Egipto	(?)	Finlandia	(1946)	Islas Channel	(?)
Irlanda	(1922)	Grecia	(1951)	India	(1961)
Japón	(?)	Francia	(1947)	Holanda	(1941)
Islas Canarias	(1960)	Gales	(1917)	Islandia	(1953)
Jersey	(1938)	Inglaterra	(1917)	Irlanda	(1922)
Islas Feroe	(1951)	Líbano	(?)	Israel	(1957)
Italia	(1962)	Lituania	(?)	Bolivia	(1952)
México	(?)	Luxemburgo	(1955)	Suiza	(1958)
Mozambique	(?)	Noruega	(1956)	Perú	(1952)
Nueva Zelanda	(?)	Panamá	(1967)	Venezuela	(1971)
Polonia	(1967)	Portugal	(1956)	Suecia	(1922)
Sudáfrica	(?)	E.U.A.	(1941)	Rusia	(1948)
España	(1953)	Guernsey	(1952)	Yugoslavia	(1964)

APENDICE 2

INDICE DE GRANEK

I.G. =
$$\frac{\text{Distancia del ano al borde más cercano de la fenestra vulvar}}{\text{Diámetro de la fenestra vulvar}}$$

APENDICE 3

Ecuación de Mortalidad de Peters:

% de Mortalidad=

$$100 \quad 1 - \frac{(L/g.s.D) \quad t}{(L/g.s. D) \quad c}$$

Ecuación de Control de Abbott:

% de Control=

$$100 \quad 1 - \frac{(L/g.s.D) \quad t \quad x \quad (L/g.s.A)c}{(L/g.s.A) \quad t \quad x \quad (L/g.s.D)c}$$

donde: $(L/g.s.D) \quad t$ y $(L/g.s.A) \quad t$ representa el potencial biótico en cualquier tratamiento, después y antes de la aplicación respectivamente.

$(L/g.s.D) \quad c$ y $(L/g.s.A) \quad c$, representan el potencial biótico en el testigo o control correspondiente a después o antes de la aplicación, respectivamente.

APENDICE 4

COMPOSICION DE LA SOLUCION TAF
PARA MATAR Y FIJAR NEMATODOS

Agua destilada	97 ml.
Formol 40%	6 ml.
Trietanolamina	14 ml.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- BAZAN DE SEGURA, C. The golden nematode in Peru. Plant Disease Report 36:253, 1952.
- 2.- BECERRA, L. E. N. Identificación de nemátodos - fitoparásitos (formadores de quiste) presentes en el Valle de Toluca. Edo. de México. México, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Monterrey. Tesis (Biólogo) 1976. pp. 27-30.
- 3.- BRODIE, B.B., and MAI, W. F. Nematode Control - strategy. Apendix I. The International Potato Center. Position paper. Lima 1974. - pp. 41-16.
- 4.- CAMPOS VELA, ARMANDO. Taxonomy, life cycle and host range of Heterodera mexicana N. Sp. - (Nematoda: Heteroderidae). Madison. Thesis (Ph. D.) University of Wisconsin 1967. pp. 1-72.
- 5.- CANTO SAENZ, M. and DE SCURRAH, M. M. Races of the potato cyst nematode in the Andean Region and a new system of classification. Nematológica 23:1-22. 1977.
- 6.- ----- . Identificación de especies del nemátodo de quiste de la papa en poblaciones andinas, según la secuencia del color de la hembra. Nematológica 6 (1):1-9, 1976.
- 7.- COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. - El Nemátodo de quiste o nemátodo dorado de la papa. Programa de Fitopatología, División de Investigación, Ministerio de Agricultura. Colombia, (Hoja divulgativa No. 004) 1970, - pp. 1-4.
- 8.- CHRISTIE, J. R. Nemátodos de los vegetales, su ecología y control. Trad. por: Centro Regional de Ayuda Técnica. México, Limusa, 1970. pp. 61-137.

- 9.- DAO, D.F. y GONZALEZ, J. A. El nemátodo dorado de la papa, Heterodera rostochiensis Woll. Su distribución en los Andes Venezolanos. Enfoque dado a su control. s.n.t. (miemografiado).
- 10.- DE SCURRAH, MARIA M., PLAISTED, R.L., and HARRISON M. L. Resistance to the potato nematode, Heterodera rostochiensis Woll, in clones derived from Solanum vernei. Reprinted from American Potato Journal. 50 (1) : 9-18, Jan, 1973.
- 11.- _____ . More about the potato nematode, Heterodera rostochiensis Woll, in Peru.
Reprinted from American Potato Journal. 50 (2) : 58-61, Feb, 1973.
- 12.- EVANS, K., FRANCO, J. and DE SCURRAH M.M. Distribution of species of potato cyst nematodes in South America. Nematológica 21: 365-369, 1975.
- 13.- FRANCO P., J. Control químico del nemátodo dorado, Heterodera rostochiensis Woll, en el cultivo de la papa. Revista de la Dirección de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura del Perú. 1 (2): 1-18, 1971.
- 14.- GOLDEN, A. M., and ELLINGTON, DONNA, M.S. Redescription of Heterodera rostochiensis (Nematoda: Heteroderidae) with a key and notes on closely related species. Proceedings of the Helminthological Society of Washington. 39 (1): 64-78, Jan. 1972.
- 15.- MAI, W.F. Worldwide distribution of the potato cyst nematodes and their importance in crop production Journal of Nematology 9 (1) : 30-34, Jan. 1977.
16. MILLER, L. I., and GRAY, B. J. Horsenettle cyst nematode, Heterodera virginiae N. Sp., a parasite of solanaceous plants. Nematológica 11: 535-543, 1968
- 17.- _____ . Heterodera solanacearum N. Sp., a parasite of solanaceous plants. Nematológica 18: 404-413, 1962.

- 18.- MUNDO, O. M. Estudio sobre control, razas fisiológicas y algunas plantas hospedantes del nemátodo "barrenador" R. similis (Cobb) Thorne, en el Estado de Tabasco, México. Tesis (Biólogo) Colegio Superior de Agricultura Tropical, 1977. pp. 13-15, 48-49.
- 19.- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Control de nemátodos - parásitos de plantas. Versión española, José Mesa Fallines. México, Limusa, 1978. pp. 95-100, 113-117, 147-157.
- 20.- ROMERO, M. D. Morfología e identificación de las especies españolas del género Heterodera Schmidt 1871 (Nematoda). Bol. Serv. Plagas 2: 123-143, 1976.
- 21.- SOSA, M., C., STONE, A. R. and Miller, L. I. Cyst nematodes survey, México 1975. Survey notes organized by: Lorraine S. Ormron, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1977. s.p. (Mimeografiado).
- 22.- SPEARS, J. F. The golden nematode handbook. United States Department of Agriculture No. 353, 1968. - pp. 1-81.
- 23.- STONE, A. R. Recent developments and some problems in the taxonomy of cyst nematodes, with a classification of the Heteroderoidea. Nematológica 23:273-288, 1977.
- 24.- ----- . Effect of the processing on measurements of Heterodera rostochiensis larvae. Nematológica - 17:167-171, 1971.
- 25.- ----- . Heterodera pallida N. Sp. (Nematoda: Heteroderidae) a second species of potato cyst nematode. Nematologica 18:591-696, 1972.
- 26.- STUART, L. C. El ambiente del Hombre en Guatemala. En Seminario de Integración Social Guatemalteca. Guatemala, Tipografía Nacional, 1956. Vol. I. pp. - 17-28.

- 27.- THORNE, G. Principles of nematology. New York, McGraw 1961, pp. 270-311.
28. UNTIVEROS, O. D. Hallazgo de hongos parasíticos del "nematode dorado" (Heterodera rostochiensis - Woll.) de la papa, en la Sierra Central del Perú. Perú, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Investigaciones Agropecuarias. 4 (1-2): 1-9, 1974.
- 29.- VILLANUEVA R., M. de J. Comparación morfométrica entre una población inglesa y una mexicana de Heterodera punctata Thorne, (Nematoda: Heteroderidae) Influencia de exudados radiculares en la eclosión de huevecillos en la población mexicana. (Tesis). México Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 1974. pp. 1-56.
- 30.- ZUCKERMAN, B. M., MAI, W. F. and RHODE, R. A. Plant - parasitic nematodes. Volume I: Morphology, anatomy, taxonomy and ecology. New York, Academic Press, 1971. 345 p.

Perusado
Tamaru, m
5/12/79
Biblioteca Central





Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Código Postal No. 1543

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

" I M P R I M A S E "


Dr. Antonio A. Sandoval S.

