

Selección de Genotipos de Papa (Solanum tuberosum L.)  
Tolerantes al Nemátodo Borado Globodera rostrochiensis  
(Woll. 1923) Mulvey y Stone 1976

Raúl Rodríguez Herrera

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias  
en la Especialidad de Fitomejoramiento



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Junio de 1986

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

  
DR. GELACIO PEREZ UGALDE

Asesor:

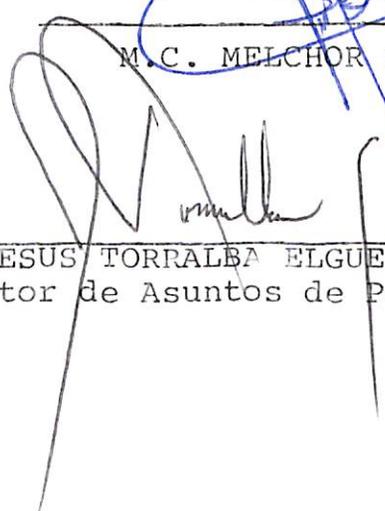
  
DR. HOMERO RAMIREZ RODRIGUEZ

Asesor:

  
M.C. JERONIMO LANDEROS FLORES

Asesor

  
M.C. MELCHOR CEPEDA SILLER

  
DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL  
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria "ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenvista, Saltillo, Coahuila.

Junio 1986.

## AGRADECIMIENTOS

A los Drs. Gelacio Pérez U., Homero Ramírez R. y a los MC. Jerónimo Landeros F. y Melchor Cepeda S. por su valiosa asesoría y revisión del escrito.

A la Dra. Ma. del Carmen Velazquez D. y al M.C. José L. Chávez Araujo, por sus sugerencias y opiniones durante el desarrollo del trabajo.

A los M.C. Jaime Rodríguez del Angel y Regino Morones R., por su asesoría en aspecto estadístico del presente estudio.

Al M.C. Jesús García C., al Ing. José G. Martínez C. y a la TLQ Dora Elia Guevara, quienes con su ayuda hicieron posible la culminación del trabajo.

Al INIA y a la Universidad de Cornell en Ithaca, N.Y. U.S.A. por proporcionar el material vegetativo de papa para la realización del experimento.

Al CONACYT, COSNET Y U.A.A.A.N. por su apoyo económico para la realización de mis estudios de Postgrado.

A todas aquellas personas que en cierta forma contribuyeron a la realización de este trabajo y que en este momento escapan de mi mente.

\* \* \* \* \*

## DEDICATORIA

A Ma. Teresa y José Trinidad, por darme el don más preciado  
..... la vida.

A Lety, por compartir conmigo alegrías, penas y grandes -  
triunfos.

A Ma. Teresa y César Alejandro de quien más los quiere ...  
su padre.

A Ma. del Refugio, Esperanza y José Trinidad, por ser algo  
más que hermanos.

A mis sobrinos: Guadalupe, Juan Carlos, Omar, Rolando, Osvaldo  
do, Homero y Horacio.

Con admiración y respeto, a mi maestro y amigo: M.C. Gustavo  
Olivares S., por su estímulo y desinteresado apoyo que siem-  
pre me ha brindado.

\* \* \* \* \*

## COMPENDIO

Selección de genotipos de papa Solanum tuberosum L. tolerantes al nematodo dorado Globodera rostochiensis (Woil 1923) Mulvey y Stone. 1976.

POR

RAUL RODRIGUEZ HERRERA

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1986.

Dr. Gelacio Pérez Ugalde - Asesor -

Palabras clave: Selección, papa, nematodo dorado, Globodera rostochiensis, clasificación de variedades, citocininas, niveles de inoculación.

Los objetivos principales de esta investigación fueron seleccionar y clasificar los diferentes genotipos de papa de acuerdo a su tolerancia al nematodo dorado, determinar la relación que existe entre el contenido de citocininas y la tolerancia a dicho nematodo, así como observar la agresividad del patotipo presente en la región de Navidad, N.L. - en particular y la de diferentes poblaciones de nematodos - del país en general.

Se realizaron pruebas en macetas en donde se inocularon 26 clones y variedades con G. rostochiensis a un nivel de 100 quistes/kg de suelo, se observó que las características

afectadas negativamente por el ataque de nematodo fueron, el peso de los tubérculos, peso de la raíz, la eficiencia del área foliar y el número de tubérculos.

Se detectaron diferencias significativas entre clones, para las distintas características evaluadas, lo que nos permite pensar que hay gran variabilidad genética entre ellos.

Los genotipos de papa más resistentes y con producción superior al testigo fueron; 57-31-72, atzimba, E-3-1, Diamante, 78-07-34 y D-142, asimismo, se encontró una correlación positiva aunque no significativa entre el contenido de citoquinas/gr de peso seco y la tolerancia al nematodo dorado.

Se detectó que el patotipo de la región de Navidad puede reproducirse sobre un cultivar resistente y que la población del nemátodo de Navidad, N.L. se comportó en forma muy similar a la del Estado de Guanajuato, siendo éstas más agresivas que la del Estado de México.

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum* L) genotype selection tolerant to Golden nematode (*Globodera rostochiensis* Woll 1923) Mulvey and Stone 1976.

BY

RAUL RODRIGUEZ HERRERA

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 1986.

Dr. Gelacio Pérez Ugalde -Advisor-

Key words: Selection, potato, golden nematode, *Globodera rostochiensis*, clasifiration of cultivars, cytokinins, level of inoculation.

The main objectives in this study were: to select and clasify different genotypes of potato on the basis of tolerance to golden nematode; to know relationship between cytokinins and tolerance to learn more about the pathotype against the nematode in Navidad, Nuevo León ann diferent populations of this pest in Mexico.

Several trials were conducted using pots where 26 clons were inoculated with *G. rostochiensis* (100 cyst/kg of soil) it was found that potato weight, root weight, foliar area efficiency and number of tubers were negative affected.

It was found statistical differences between clons - among different evaluated parameters. These findings suggest a high genetic variability among them. The genotype of potatoes more tolerant with high yield were 57-32-72, Atzimba, E-3-1, Diamante, 78-07-34 and D-142-8. It was also found a positive correlation although with no significance between cytokinins content and tolerance to nematode.

It was detected that the pathotype from Navidad, N.L. can be multiplied upon cultivar which are resistant. On the other hand, the nematode population from Navidad, N.L. was behaving very similar to that from Guanajuato. Both are more aggressive than those from Mexican State.

## INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS .....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xii
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	4
-IMPORTANCIA DEL NEMATODO DE QUISTE.....	4
-ORIGEN DEL NEMATODO DE QUISTE .....	6
-MORFOLOGIA Y TAXONOMIA DEL NEMATODO DORADO...	9
-DESCRIPCION DE <u>G. rostochiensis</u> ....	10
-UBICACION TAXONOMICA DE <u>G. rostochi-</u> <u>ensis</u> .....	11
-CICLO DE VIDA DEL NEMATODO.....	11
-RELACION HUESPED-PARASITO.....	13
-EFECTO DEL NEMATODO DEL QUISTE SOBRE LA PAPA	13
-INTERACCION DE <u>G. rostochiensis</u> con otros or- ganismos .....	15
-RESISTENCIA GENETICA DE LAS PLANTAS A LOS NE- MATODOS .....	16
-MECANISMOS BIOQUIMICOS DE LA RESISTENCIA DE - LAS PLANTAS A LOS NEMATODOS.....	20
-HIPOTESIS DEL MECANISMO DE RESISTENCIA DE LA PLANTA A <u>G. rostochiensis</u> .....	26
-CONTROL BIOLOGICO DE <u>G. rostochiensis</u> .....	28
-CONTROL QUIMICO DE <u>G. rostochiensis</u> .....	28
MATERIALES Y METODOS .....	30
-AREA DE ESTUDIO .....	30
-MATERIALES .....	31
-MATERIAL GENETICO .....	31
-PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	36

	Página
-DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CI.. TOCININAS .....	38
-PARAMETROS EVALUADOS .....	42
-METODOS .....	44
-ANALISIS ESTADISTICO .....	44
-PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA.....	45
-CORRELACIONES .....	45
-CARACTERIZACION DE VARIEDADES.....	46
RESULTADOS.....	47
-COMPARACION DEL GRADO DE TOLERANCIA DE 26 CLONES DE PAPA AL NEMATODO DORADO.....	47
-DETERMINACION DE CITOCININAS EN PLANTAS CON DIFERENTES GRADOS DE RESISTENCIA A <u>G. rostochiensis</u> .....	55
-RESPUESTA DE CINCO CLONES DE PAPA AL ATAQUE DE TRES POBLACIONES DE NEMATODO DORADO.....	59
-EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE INOCULACION DE <u>G. rostochiensis</u> SOBRE UN CULTIVAR RESIS- TENTE Y UNO SUSCEPTIBLE .....	64
DISCUSION .....	71
-COMPARACION DEL GRADO DE TOLERANCIA DE 26 - CLONES DE PAPA AL NEMATODO DORADO.....	71
-DETERMINACION DE CITOCININAS EN PLANTAS CON DIFERENTES GRADOS DE RESISTENCIA A <u>G. rostochiensis</u> .....	73
-RESPUESTA DE CINCO CLONES DE PAPA AL ATAQUE DE TRES POBLACIONES DE NEMATODO DORADO.....	74
-EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE INOCULACION <u>G. rostochiensis</u> SOBRE UN CULTIVAR RESIS - TENTE Y UNO SUSCEPTIBLE .....	74
CONCLUSIONES .....	76
RESUMEN .....	78
LITERATURA CITADA .....	81
APENDICE .....	90

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
2.1.	PAISES DONDE SE HA REPORTADO LA PRESEN- CIA DEL NEMATODO DE QUISTE DE LA PAPA.	5
2.2.	INVASION Y DESARROLLO DE <u>G. rostochien-</u> <u>sis</u> EN RAICES DE ALGUNAS SOLANACEAS....	7
3.1.	GENOTIPOS DE PAPA <u>Solanum tuberosum</u> L. QUE SE UTILIZARON PARA EVALUAR SU TOLE- RANCIA AL ATAQUE DE <u>G. rostochiensis</u> ...	32
3.2.	LISTA DE CLONES CON DIFERENTES GRADOS - DE RESISTENCIA A <u>G. rostochiensis</u> EN - LOS CUALES SE DETERMINO EL CONTENIDO DE CITOCININAS PRESENTE EN ELLOS .....	33
3.3.	TRATAMIENTOS USADOS EN LA EVALUACION DE LA PATOGENICIDAD DE TRES POBLACIONES DE <u>G. rostochiensis</u> SOBRE CINCO CLONES DE PAPA .....	34
3.4.	TRATAMIENTOS USADOS EN UN EXPERIMENTO FACTORIAL DE DIFERENTES CANTIDADES DE INOCULO SOBRE DOS VARIEDADES DE PAPA..	35
4.1.	CUADRADO MEDIO DE LAS VARIABLES MEDIDAS EN 26 CLONES DE PAPA INOCULADOS CON <u>G.</u> <u>rostochiensis</u> .....	48
4.2.	MATRIZ DE CORRELACION DE 18 VARIEDADES EVALUADAS EN 26 CLONES DE PAPA INOCULA- DOS CON <u>G. rostochiensis</u> .....	54

CUADRO

PAGINA

4.3.	CARACTERIZACION DE CLONES DE PAPA DE ACUERDO A SU PRODUCCION BAJO EL ATAQUE DE <u>G. rostochiensis</u> Y SU RESISTENCIA A ESTE .....	56
4.4.	CUADRADO MEDIO DE LAS VARIABLES ESTIMADAS EN CINCO CLONES DE PAPA INOCULADOS CON DIFERENTES POBLACIONES DE <u>G. rostochiensis</u> .....	61
4.5.	CUADRADO MEDIO DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN UN CLON RESISTENTE Y UNO SUSCEPTIBLE BAJO DIFERENTES NIVELES DE INOCULACION CON <u>G. rostochiensis</u> .....	67

## INDICE DE FIGURAS

CUADRO		Pagina
2.1.	DISTRIBUCION MUNDIAL DEL NEMATODO DE QUISTE DE LA PAPA .....	8
4.1.	EFECTO DEL ATAQUE DE <u>G. rostochiensis</u> PROCEDENTE DE NAVIDAD, N.L. SOBRE EL PESO DE VARIAS PARTES DE LA PLANTA DE 26 CLONES DE PAPA Y LA TASA DE MULTIPLICACION DEL NEMATODO EN LOS CLONES.	53
4.2.	CONTENIDO DE KINETINA EN RAICES DE DIFERENTES CLONES DE PAPA Y SU RELACION CON EL LOG. DEL NUMERO DE QUISTES DE <u>G. rostochiensis</u> QUE SE REPRODUJERON EN ESTOS CLONES .....	58
4.3.	CONTENIDO DE KINETINA EN RAICES DE DIFERENTES CLONES Y SU RELACION CON EL LOG. DEL NUMERO DE QUISTES DE <u>G. rostochiensis</u> QUE SE REPRODUJERON EN LOS CLONES .....	60
4.4.	EFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE <u>G. rostochiensis</u> SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DE CINCO CLONES DE PAPA. ....	65
4.5.	EFECTO DE LA POBLACION DE <u>G. rosto - chiensis</u> PROCEDENTE DE NAVIDAD, N.L. SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE	

4.5.	LA PLANTA DE CINCO CLONES DE PAPA Y LA MULTIPLICACION DEL NEMATODO SOBRE LOS CLONES .....	66
4.6.	EFFECTO DEL NIVEL DE INOCULACION SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE LA - PLANTA DE PAPA SOBRE UN CULTIVAR SUS- CEPTIBLE Y UNO RESISTENTE A <u>G. rosto-</u> <u>chiensis</u> Y LA MULTIPLICACION DE ESTA SOBRE LOS CLONES .....	70

## INTRODUCCION

La papa Solanum tuberosum L. es originaria de América, siendo uno de los principales cultivos que se introdujeron a Europa después del descubrimiento del Continente Americano, actualmente se cultiva en un gran número de países, ocupando el cuarto lugar de importancia después de los cultivos de maíz, trigo y arroz. Además se considera la hortaliza que más se consume en el mundo, esta aceptación se debe en parte a la gran producción que se tiene por unidad de superficie, lo cual ayuda a solucionar el problema de la falta de alimentos en países con pequeñas superficies cultivables y con alto índice de población por kilómetro cuadrado.

Como consecuencia de la amplia distribución del cultivo, este es dañado por un extenso número de plagas y enfermedades, que pueden causar grandes pérdidas económicas en la producción; dentro de los principales se encuentra el nematodo dorado Globodera rostochiensis (Woll, 1923) Mulvey y Stone, 1976, el cual puede reducir la producción hasta en un 40 % o más si no se toman medidas adecuadas de control.

Además de las pérdidas económicas anteriormente citadas, la presencia de este nematodo es causa de severas

medidas cuarentenarias, por lo que las pérdidas económicas pueden llegar a ser aún mayores.

Sobre lo anterior, se han utilizado varias medidas de control como son: control químico, control biológico, resistencia genética, rotación de cultivos y otras. El control químico además de ser uno de los métodos más caros, tiene el inconveniente de que muchos de los nematicidas son tóxicos y su uso resulta muy peligroso para el ser humano. Uno de los métodos que se considera más eficiente para el control de este nematodo es la incorporación de resistencia genética a las variedades comerciales. En México se detectó la presencia de este nematodo por primera vez en 1971, en la región de León, Gto. en donde fue necesario tomar medidas cuarentenarias para evitar la diseminación; sin embargo, desde entonces, su presencia se ha detectado en otras regiones paperas del país, entre ellas la región de Navidad, N.L.

Se ha detectado también que puede atacar a otras especies de plantas, tales como tomate, berenjena y otras que pertenecen a la familia de las solanaceas, donde se han reportado pérdidas en más de 30 % al cultivar especies de esta familia en suelos altamente infestados, por lo que su control resulta indispensable.

La resistencia genética de las plantas a este nematodo puede ayudar grandemente a solucionar el problema, dado que las poblaciones de nematodos tenderán a decrecer, se reducirían los costos de producción por la eliminación de productos químicos utilizados para el control de este. Además,

de que este método no implica en ninguna forma peligro para el ser humano, ni contaminación para el medio ambiente.

A la par con la discriminación de variedades susceptibles y resistentes se tienen que realizar estudios para de terminar la agresividad del patotipo existente en la región. Igualmente se tendrá que conocer qué papel juegan las diferentes sustancias bioquímicas en la resistencia genética de las plantas para tener una idea más clara de sus defensas al ataque de los nematodos. En base a los conceptos anteriores, el presente trabajo tiene como finalidad seleccionar materiales tolerantes al nemátodo dorado bajo los siguientes objetivos:

- 1) Selección de los genotipos de papa más tolerantes al ataque del nemátodo.
- 2) Observación de la agresividad del patotipo presente en Navidad, N.L. en un cultivar susceptible y uno resistente.
- 3) Estudiar la multiplicación de diferentes poblaciones de Globodera rostochiensis (Well, 1923) Mulvey y Stone, 1976..
- 4) Determinar la relación que existe entre el contenido de citocininas en las plantas, y el número de quistes del nemátodo que se forman en ellas.

## REVISION DE LITERATURA

### Importancia del nematodo del quiste

Scurrah (1981) reporta que los nematodos del quiste de la papa, Globodera rostochiensis y G. pallida (comúnmente llamados nematodos dorado y nematodo blanco) son organismos microscópicos que parasitan la raíz, las cuales a través del tiempo han tenido una coevolución con la papa, encontrándose actualmente distribuidos en una gran parte del mundo (Cuadro 2.1). Cuando llegan a infestar un suelo, es prácticamente imposible eliminarlos, de acuerdo a esto Evans y Brodie (1980) describen a este nematodo como una plaga endémica, dado que año con año está presente en algunos países, reportándose - pérdidas del 9 % de la producción total del cultivo de esta especie.

Las pérdidas ocasionadas por este organismo pueden - dividirse en pérdidas directas e indirectas; las primeras - son ocasionadas por el nematodo al penetrar a las raíces ali- mentándose así de la savia (Plant Pest Control Division, - 1969). Las pérdidas indirectas son debidas a restricciones cuarentenarias y rotaciones largas por la capacidad que tie- ne la hembra de formar un quiste que protege a los hueveci- llos por grandes períodos de tiempo, además de que pueden di- seminarse fácilmente (Camacho, 1979).

CUADRO 2,1. Relación de países donde se ha reportado la presencia del nematodo del quiste de la papa (Evans y Stone, 1977).

País		País	
Argelia	(+) 0	Argentina	(+)
Austria	(+)	Islas británicas	(+) 0
Bélgica	(+)	Canadá	(+) 0
Bolivia	(+) 0	Islas Canarias	+
Islas Chanel	(+) 0	Chile	(+)
Colombia	0	Cresta	+
Chipre	(+)	Checoslovaquia	+
Dinamarca	(+)	Ecuador	0
Islas Faeroe	(+) 0	Finlandia	(+)
Francia	(+) 0	Alemania Dem.	(+) 0
Alemania Fed.	(+) 0	Grecia	+
Holanda	(+) 0	Islandia	(+) 0
India	(+) 0	Israel	+
Italia	(+) 0	Japón	(+)
Libano	+	Luxemburgo	+
México	(+)	Marruecos	+
Noruega	(+) 0	Nueva Zelandia	(+) 0
Panamá	+	Perú	(+) 0
Polonia	(+)	Portugal	+
Sudáfrica	(+)	España	+
Suiza	(+) 0	Suecia	(+) 0
Túnez	(+) 0	URSS	(+) 0
E.U.A.	(+)	Venezuela	(+) 0
Yugoslavia	+		

+ Globodera rostochiensis (Sensu lato)

(+) Globodera rostochiensis (Sensu stricto)

0 Globodera pallida

Los nematodos de quiste causan daños que a menudo pasan inadvertidos en el suelo, una población de nematodos puede incrementarse diez veces en un año, mientras que los da-  
ños solo son visibles a cierto nivel de infestación (Franco, 1981). En México con poblaciones de 1500 quistes/kg de sue-  
lo se han encontrado pérdidas en el rendimiento de 50 % o más (Rodríguez, 1973).

### Origen del Nematodo del Quiste

Evans y Brodie (1980) reportaron que el nematodo del quiste de la papa Globodera sp se originó en los Andes de - América del Sur, siendo sus hospederos favoritos: la papa So-  
lanum tuberosum, el tomate Lycopersicon esculentum, la beren-  
jena Solanum melongena, atacando también a otras especies de la familia Solanaceae (Cuadro 2.2.).

Se cree que este nematodo se llevó a Europa en 1850, con la introducción de colecciones de papa para fines experi-  
mentales en el mejoramiento genético para la resistencia a la enfermedad conocida como tizón tardío, de donde se ha distri-  
buído a diferentes países por diferentes medios (Figura 1).

La primera vez que se descubrió este nemátodo atacan-  
do raíces de papa fue en 1881 por Julius Kuhn en Alemania, el cual lo identificó como Heterodera schachtii; posteriormen-  
te Wollenweber en 1923, encontró quistes esféricos en raíces de papa, asignándole el nombre de Heterodera rostochiensis, en virtud de que los quistes procedían de la provincia de -

CUADRO 2.2. Invasión y desarrollo de Globodera rostochiensis en raíces de algunas Solanaceas (Giebel, 1970).

Especies Buenos hospederos	Invasión de larvas	Formación de quistes.
<u>Solanum tuberosum</u>	+++	+++
<u>Lycopersicon esculentum</u> M.	+++	++(+)
<u>S. dulcamara</u> L.	+++	++
<u>S. melongena</u> L.	+++	++
<u>S. miniatum</u> Bernh	++	++
<u>S. polvadenium</u> Greenm	++	++
<u>L. pimpinellifolium</u> Mill	++	++
<u>Atropa belladonna</u> L.	++	+
<u>S. aethiopicum</u> Jacq.	++	+
<u>S. topiro</u> Humb. et Bonpl.	++	+
Hospederos dudosos		
<u>S. pseudocapsicum</u> L.	++	(+)
<u>Hyoscyamus niger</u> L.	+ (+)	(+)
No hospederos		
<u>Withania somnifera</u> L. (Dun)	++	0
<u>Datura stramonium</u> L. Var. <u>tatula</u>		
<u>D. innoxia</u> Mill	++	0
<u>D. metel</u> L.	++	0
<u>D. meteloides</u> Dun	++	0
<u>S. auriculatum</u> Ait	+ (+)	0
<u>Capsicum annum</u> L.	+ (+)	0
<u>C. capsicastrum</u> Link	(+)	0
<u>Nicotiana glauca</u> Graham	(+)	0

- NOTA: +++ Muchas larvas invaden las raíces; muchos quistes son formados sobre las raíces.
- ++ Muchas larvas (pero menos que +++\_ invaden las raíces y se forman muchos quistes.
- + Pocas larvas invaden las raíces, pocos quistes son formados.
- (+) Las larvas entran ocasionalmente a las raíces, - quistes simples son formados.
- 0 Las larvas no invaden las raíces; no se ven quistes.

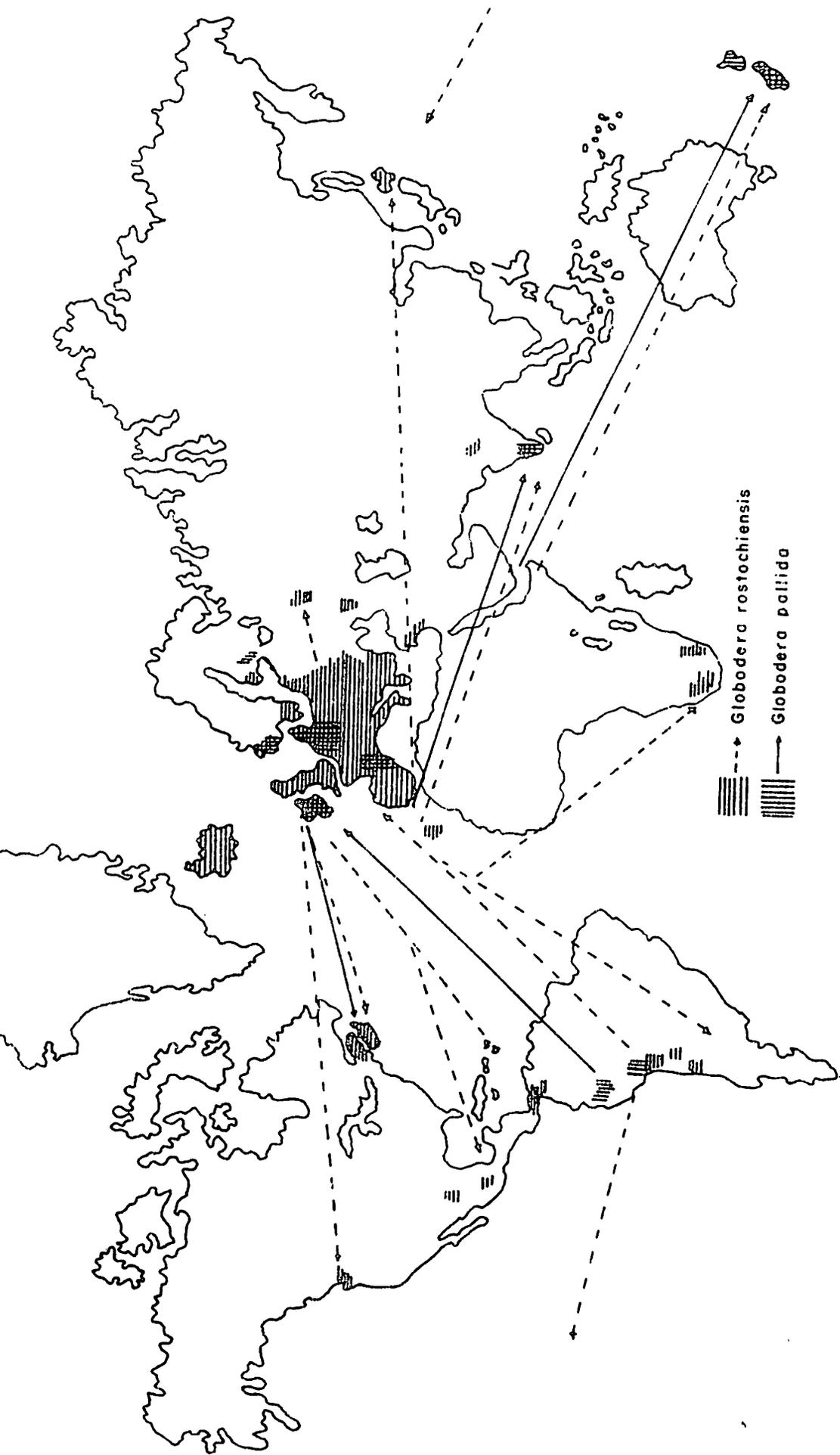


FIGURA 2.1. DISTRIBUCION MUNDIAL DEL NEMATODO DE QUISTE DE LA PAPA  
(EVANS Y STONE, 1977).

Rostock, Alemania. En 1976 de acuerdo con los estudios de Mulvey y Stone, el subgénero Globodera fue elevado al rango de género cambiándole el nombre a Globodera rostochiensis Woll y diferenciando por lo tanto las dos especies (Camacho, 1979).

La introducción de este nematodo a Norteamérica se cree que fue debido a diferentes factores; por ejemplo, Evans y Brodie (1980) sugieren que fue introducido a Estados Unidos en equipo militar traído de Europa; después de la primera Guerra Mundial, encontrándose solo Globodera rostochiensis raza 1, el cual fue confinado en tres Islas (Rowberry y Howlls, 1979). En México, el primer reporte de la presencia de este nematodo fue dado por Iverson en 1972, confirmando el diagnóstico hecho por Sosa-Moss en 1971, encontrando también solo la especie G. rostochiensis raza 1 (Rodríguez, 1973). El mismo investigador cree que la introducción se hizo de Holanda en la importación de tubérculos de cultivares mejorados.

#### Morfología y Taxonomía del Nematodo Dorado

Los patotipos del quiste de la papa caen dentro de dos grupos, los cuales se distinguen por diferencias morfológicas correspondientes a las especies Globodera rostochiensis y Globodera pallida. Las especies pueden ser distinguidas por las formas de las protuberancias del segundo estado juvenil, por la cutícula de las hembras y por la región entre el ano y la vulva, y finalmente, por la coloración de las

hembras maduras (Stone, 1975). Valiéndose del carácter colocación de hembras maduras Canto y Scurrah (1975 y 1976), lograron clasificar las especies existentes en Perú, ultimamente se han propuesto otras metodologías para la identificación de las especies como es la separación de proteínas de los quistes (Fleming y Marks, 1983). El cruzamiento entre ambas especies es difícil y solo algunos machos de G. rostochiensis fecundan a hembras de G. pallida (Franco y Evans, 1978). Sin embargo, en este estudio sólo se tratará con la primera especie, por lo que será la única en ser descrita.

Descripción de Globodera rostochiensis, basada en Golden y Ellington, 1972

Huevo ovoide, mide de 95 a 115 micras de largo y de 42 a 48 micras de ancho, dentro de éste se encuentra la larva de primer estadio, doblada tres o cuatro veces.

Larva de segundo estadio: Vermiforme, de 370 a 470 micras de longitud, la cola se hialina y aproximadamente de la misma longitud que el estilete.

Macho: Vermiforme, miden de 890 a 1,270 micras de longitud, la región cefálica tiene de seis a ocho anillos, monórquico (un solo testículo) espículas al final de la cola que casi no existe.

Hembra: Esférica a partir del cuello, con radio de 1,200 a 2,000 micras poseen una película de cera sobre la cutícula, la cual se observa sólo en hembras jóvenes.

Quieste. Esférico con la región pegada del cuerpo redondeado, la vulva está sobre una fina región cuticular que es más clara que el resto del cuerpo, el ano es poco visible, la distancia del ano a la vulva es de más de 2.7 veces el tamaño de la vulva (promedio 4.6 veces), el quieste presenta un trazo de zigzag con puntuaciones, esto se deriva de los anillos del cuerpo al enquistarse.

Ubicación Taxonómica de G. rostochiensis según Cornejo (1980 y Franco, 1981)

Clase	Fasmidia
Subclase	Secernetea
Orden	Tylenchina
Superfamilia	Heteroderoidea
Familia	Heteroderidae
Subfamilia	Heteroderinae
Género	<u>Globodera</u>
Especie	<u>Rostochiensis</u>

Ciclo de Vida del Nematodo

El ciclo de vida se inicia cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos, dentro de los quistes bajo el estímulo de una sustancia que exudan las raíces en crecimiento de buenos hospederos (Evans y Stone, 1977 y Franco, 1981). Los exudados de raíces de plantas no hospederas no estimulan la emergencia de larvas (Hesling, et al, 1961). Atraídos por exudados radicales

Perry et al. 1981). Los nematodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetrando en ellas y viviendo alimentándose durante dos mudas. Franco (1981), describe que en el tercer estado juvenil de desarrollo del nematodo se define el sexo. Las hembras se vuelven sedentarias y se adhieren a la raíz dentro del tejido de la corteza. Su cuerpo se ensancha, rompiendo las células de la raíz y llega a ser visible fuera de ésta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido.

Los machos conservan su forma elongada como de gusano, abandonando la raíz, localizan a las hembras que están rompiendo la superficie radicular y se aparean con ellas, después de que la hembra muere, la cutícula de su cuerpo esférico cambia químicamente y el color que era blanco o amarillo se torna marrón o bronceo; la hembra muerta se convierte en un quiste marrón y duro, resistente a las condiciones ambientales desfavorables (Sarakoski, 1976). Cada quiste contiene y protege desde unos pocos hasta 600 huevos, alcanza o permanece viable por 20 años o más. Todavía bajo la doble protección de la pared, del quiste y la cáscara del huevo, se desarrolla dentro de éste el primer estado juvenil; el segundo estado juvenil emerge cuando se presenta como estímulo el exudado de las raíces. El ciclo de vida toma de 6 a 10 semanas (Franco, 1981). Siendo éste afectado por la temperatura del suelo (Ferris, 1957; Wal y Vinke, 1982) y por la aplicación de giberelinas (Evans, 1982).

## Relaciones Huésped - Parásito

Según Hussey (1985) los nematodos endoparásitos sedentarios han sido envueltos en relaciones muy especializadas y complejas con sus hospederos. Franco (1981) describe que el segundo estado juvenil al perforar con un estilete las paredes celulares, inyecta la saliva que excretan las glándulas del esófago, haciendo que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan. Estas células agrandadas y unidas, que se llaman sincitos o células de transferencia, le suministran a la hembra alimento permanente y son necesarias para el desarrollo de los nemátodos. Jones (1981) agrega que los sincitos pueden formarse en la corteza, endodermis, periciclo o parenquima vascular. Por otra parte, el desarrollo y el sustento de los sincitos compite con el crecimiento de la planta. Además del daño que hacen los nematodos, causa estrés debido a la falta de agua y altera el metabolismo de los nutrientes (Franco, 1981).

### Efecto del Nematodo del Quiste Sobre la Papa

La reducción de la producción por la infestación del nemátodo dorado es una resultante del desbalance en la cantidad de nutrientes en las plantas, así como de la alteración de los procesos fisiológicos (Franco, 1981).

Trudgill et al. (1975 a 1975b y 1975c) encontraron una reducción en la altura de las plantas infestadas en relación al testigo, estas plantas crecen lentamente, teniendo hojas pequeñas y senesciendo primero. Al hacer análisis foliares, el contenido de fósforo, potasio y magnesio disminuyó, mientras que se incrementó el contenido de sodio y calcio, determinándose una correlación positiva entre el contenido de magnesio y la producción de tubérculos. Por otro lado, también se observa que con la adición de fertilizantes y nematocidas se reducen los daños y se demora la senescencia, así como también la capacidad fotosintética se reduce en las plantas altamente infestados.

Por lo que respecta a las relaciones hídricas en las plantas infectadas, también se han reportado diferencias entre las plantas susceptibles y resistentes. Evans et al. (1975), observaron que las plantas susceptibles bajo infestación, presentaron una mayor resistencia estomatal y un potencial hídrico más negativo que los cultivares resistentes; por otra parte, Lar y Franco (1979), encontraron que los cultivares resistentes presentaban resistencia difusiva más alta, menor tasa de transpiración y eran más resistentes a la sequía bajo altas infestaciones, por otro lado, los cultivares susceptibles en las mismas condiciones, tenían menor potencial hídrico en las hojas. Estos efectos sobre el cultivo pueden variar de acuerdo al cultivar, manejo del cultivo, densidad de población de nematodos y otros factores. Estos daños pueden reducirse y a la vez bajar la densidad de poblaciones con la cosecha precoz de la papa (Webley y Jones, 1981).

La densidad de población de nematodos juega un papel muy importante en las pérdidas de las cosechas de papa, - Brown y Sykes (1983), encontraron pérdidas de 6.25 ton/ha con 20 huevecillos por gramo en un rango de 0-40 huevos/gr de suelo y pérdidas máximas hasta de 22 ton/ha con infestaciones mucho más altas.

La densidad de población del nematodo tiene un máximo, después del cual tiende a decrecer (Kort, 1962).

En México se ha observado un incremento de la población de Globodera rostochiensis de un 624 % en una variedad susceptible de papa, mientras que en tomate no se encontró - aumento en las poblaciones (Huitzacha y Camacho, 1979). Sin embargo, para esta última especie, Landeros (1975) y Cornejo (1980), mencionan aumentos en la tasa de multiplicación de G. rostochiensis. En tabaco Cornejo (1979) no reporta aumentos en la población de nematodos usando como planta hospedera al tabaco.

#### Interacción de Globodera rostochiensis con otros Organismos

Se ha observado que este patógeno en unión con otros organismos puede incrementar los daños en el cultivo de la + papa. Camacho et al (1979) encontraron que la asociación de Globodera rostochiensis y Pseudomonas solanacearum provoca un desarrollo más rápido de los síntomas de "marchitez bacterial" y los rendimientos se mermaron un 91 %, más que cuando atacan las dos especies por separado, igualmente, Evans (1982)

reportó que la asociación de Verticillium dahliae y Globobera rostochiensis producen síntomas más severos en papa que ambos organismos por separado; esto puede ser debido a que las hembras adultas del nemátodo al alimentarse rompen la endodermis y periciclo, provocando una vía por la cual V. dahliae puede invadir el tejido vascular de la raíz.

### Resistencia Genética de las Plantas a los Nematodos

Una de las más importantes medidas que se tienen para la disminución del ataque de G. rostochiensis, es el empleo de la tolerancia y resistencia genética de las plantas. La siembra de una variedad resistente puede ser tan efectiva como no sembrar papa durante 5 a 7 años en el mismo campo; además, es menos costoso para el agricultor, no perjudica el ambiente. Esto ayuda a reducir el peligro de diseminación de los nematodos y a mantener la infestación dentro de los niveles tolerables de daño (Scurrah, 1981). También se ha observado que las producciones comerciales de cultivares resistentes son significativamente más grandes que la de cultivares susceptibles cuando se desarrollan en suelos infestados por nematodos (Fassuliotis, 1985).

Según Sidhu y Webster (1981) el mejoramiento genético de cultivares de papa resistentes a G. rostochiensis fue iniciado por Toxopeus, Huijisman y Howard en la década de los cincuentas, ellos fueron quienes primero publicaron la naturaleza de la resistencia al nematodo del quiste de la papa,

de acuerdo al grado de ploidía de este vegetal. Hay una gran cantidad de términos para definir la resistencia de las plantas, pero en términos generales se puede decir que una planta resistente es aquella en la cual los nemátodos se reproducen pobremente en la planta, a diferencia de la tolerancia - que se aplica a aquella planta que presenta poco daño bajo infestaciones grandes de nemátodos (Rodhe, 1972; Canto-Sáens, 1985).

Scurrah (1981) describe dos tipos de resistencia genética de la papa al ataque del nemátodo de quiste. El primero que implica la falta de la sustancia en los exudados - radicales que estimula la emergencia del segundo estado juvenil. El segundo que inhibe la formación de sincitos o si se forman no funcionan (en este caso se presenta una gran - ventaja; el segundo estado juvenil emerge ante el estímulo del exudado que no llega a completar su ciclo de vida, la - densidad de población de los nemátodos se reduce drásticamente cuando se interrumpe su ciclo de vida). Para Phillips et al. (1982), este segundo tipo puede contribuir no sólo a la resistencia, sino que también a la tolerancia de la papa al ataque del nemátodo. La herencia de la resistencia se - ha determinado que está gobernada por un par de genes para G. rostochiensis mientras que para G. pallida se ha descrito como herencia poligénica (Dale y Phillips, 1982). A menudo se usan diferentes términos para definir estos tipos de herencia, los más aceptados son resistencia vertical (específica), la cual es asociada con oligenes o genes mayores y la -

resistencia horizontal (no específica) asociada con poligenes o genes menores: también llamada resistencia general - (Sidhu y Webster, 1981 y Roberts y Stone, 1983). En el Centro Internacional de la Papa (1984), se ha propuesto la terminología de resistencia total y resistencia parcial para - los dos tipos de herencia.

En la obtención de cultivares resistentes, el primer paso es encontrar fuentes de resistencia, en este caso se - probarán grandes poblaciones de plantas para determinar cuáles son las más resistentes y que tengan buena producción (Howard et al., 1970). Se ha observado que algunos híbridos con resistencia a dos patotipos tienen menor producción que los híbridos resistentes a un patotipo (Cl , 1984). Sin embargo, para incrementar la resistencia a los nematodos se tienen - que incorporar mayores genes de resistencia (Fuller y Howard, 1974). Esta incorporación puede realizarse por medio de retrocruzamientos o bien utilizando los beneficios de la selección recurrente (Mendoza y Jatala, 1985).

Para la evaluación de la resistencia de las plantas se utiliza la siembra de tubérculos o bien si se desean probar grandes cantidades de progenies, en menor tiempo, se emplean plántulas provenientes de semilla botánica (Phillips, 1981; Phillips y Dale, 1982). Aunque este último método tiene desventajas por el escaso sistema radicular de las plántulas, dado que se ha observado que los híbridos resistentes - desarrollan y conservan un sistema radicular abundante que les permite superar el daño causado por la invasión y la - multiplicación de los nematodos (Centro Internacional de la

Papa, 1981) se encontró que es mejor la inoculación con guis-tes que con huevecillos.

Por otra parte, se tiene que conocer la aptitud combinatoria general de los padres para tener una idea de la resistencia que presentaran las progenies (Phillips, et al., 1979), igualmente en el proceso de evaluación se tienen que hacer pruebas en diferentes ambientes para tratar de contrarrestar el problema de la interacción genotipo - ambiente (Phillips, et al., 1979a). Sin embargo, la siembra repetida de una variedad con resistencia específica, en suelos de niveles altos de infestación, puede ocasionar una selección de patotipos compatibles con la planta, hasta el grado de que la resistencia deje de ser efectiva (Scurrah, 1981).

Trudgill y Parrott (1973), encontraron que cuando se siembra un híbrido con el gene  $H_1$  para resistencia al patotipo A, éste no se multiplicó sobre el híbrido pero en cambio el patotipo E se incrementó rápidamente sobre los híbridos. Turner et al. (1983), mencionan que este incremento es debido a la selección de genes de virulencia específica en cada pool genético de las poblaciones de nematodos. Algunas veces se presenta variación de la virulencia dentro de un patotipo, lo cual sugiere diferentes complementos y frecuencia de genes para virulencia. Estas diferencias en cuanto a virulencia de los nematodos sobre híbridos resistentes se ha observado por diferentes investigadores (Phillips y Trudgill, 1983; Forrest y Phillips, 1984 a).

Igualmente Forrest y Phillips (1984 b), describen un aumento de la fecundidad del nematodo sobre híbridos -

resistentes después de que se siembra estos en los mismos terrenos infestados por gran tiempo, apoyando estos resultados. Turner y Stone (1981) observaron emergencia de larvas de los huevecillos en las exudaciones radicales de híbridos resistentes. Sin embargo, también se ha descubierto que los híbridos tolerantes poseen un gen de resistencia. Para contrarrestar el problema del rompimiento de la resistencia, Scurrah (1981) propone que se entregue a los campesinos varios cultivares - con resistencia. Por otra parte, el rompimiento de la resistencia está controlada por la interacción de los genomas del parásito y del hospedero (Sidhu y Webster, 1981). De acuerdo a esta relación, Jones (1974) fue el primero en establecer que la resistencia contenida en las plantas por un par de genes dominantes, puede ser vencida cuando el nematodo posee un par de genes recesivos. Apoyando a este Parrot (1981), presentó la evidencia de que los nematodos que vencían la resistencia eran homocigotes para un gen recesivo simple, lo cual hace suponer la hipótesis de una relación gen por gen - entre el nematodo y su hospedero.

### Mecanismos Bioquímicos de la Resistencia de las Plantas A los Nematodos

Giebel (1974) describe cuatro tipos de resistencia de acuerdo al mecanismo envuelto en ellos. Más recientemente - todos los mecanismos bioquímicos se han agrupado en dos formas de resistencia (Giebel, 1982 y Veech, 1982).

Resistencia pasiva o pre-infeccional, es aquella - que está condicionada por barreras anatómicas, fisiológicas y químicas que pueden detener la invasión de los nemátodos o trastornar su ontogénesis, y se distinguen dos tipos en este grupo: a) las plantas pueden producir toxinas que destruyen a los nemátodos por ejemplo. Giebel (1974) comenta que el es párrago Asparragus officinalis contiene en las hojas, tallos y raíces un glucosido tóxico a Trichoderus christiei. b) No todas las plantas contienen sustancias necesarias para el desarrollo y reproducción de ciertas especies de nemátodos, o los contienen en cantidades insuficientes. Por ejemplo, Giebel (1974 y 1982), señala que los aminoácidos y el ácido indolacético son necesarios para la reproducción de Aphelenchoides ritzemabosi.

Resistencia activa o post-infeccional, es aquella - que opera en las plantas huésped debido al contacto con los nemátodos parásitos y está basada en la hipersensibilidad - del tejido de la planta hacia la infección nematoda. La interacción huésped-nematodo estimula en el huésped reacciones bioquímicas definidas que producen cambios bioquímicos. En este grupo se distinguen tres tipos: a) necrosado celular de los tejidos atacados, Giebel (1984) y la National Academy of Science (NAS) (1980), consignaron que el necrosado celular de los cultivos resistentes, se forma alrededor del nematodo aprisionándolo y retardando su crecimiento, causándole la muerte. b) formación de peridermo, lesionado o de las capas de corcho. La NAS (1980) mencionó que las capas de corcho, actúan como una pared para retardar el desarrollo de -

los nematodos en los tejidos de tubérculos de ñame cuando son atacados por Meloidogyne; c) suberización de las células atacadas. Wong et al. (1979) observaron células altamente suberizadas que restringen el desarrollo de Meloidogyne en especies forestales.

Al ser atacadas las plantas por los nematodos éstos exhiben cambios en su metabolismo. Giebel (1974), expresó que cuando un nematodo invade una planta, no solamente usa el estilete para alimentarse también secreta enzimas que estimulan cambios bioquímicos en el hospedero, en diferentes plantas se ha encontrado una mayor actividad enzimática en las plantas infectadas. Giebel et al. (1971), encontró que en las células necróticas en raíces de plantas resistentes una alta actividad de peroxidasa, tirosinasas y B-glucosidasas en comparación a las plantas susceptibles cuando eran infectadas con G. rostochiensis. Igualmente Noel y Mc Clure (1978), reportan una actividad enzimática más grande en raíces infestadas que en las no infectadas y también es mayor en las plantas resistentes que en las susceptibles. Por otra parte, Wilski y Giebel (1966), al estudiar la actividad enzimática en G. rostochiensis observaron que había una mayor actividad enzimática en larvas del patotipo que no rompe la resistencia de cruces de Solanum tuberosum subandinum, en comparación en las larvas que sí rompen la resistencia.

Asimismo, se han involucrado en las relaciones hospedero-parásito una gran cantidad de sustancias químicas, los compuestos fenólicos son uno de los más conocidos (Giebel, 1974).

Chia-ling y Rohde (1973), encontraron concentraciones más altas de fenoles en raíces de plantas resistentes a *Meloidogyne* en comparación a plantas susceptibles. El componente fenólico más importante aquí fue el ácido clorogénico.

En oposición a este, Mondy et al. (1985), reportaron que los tubérculos de las plantas resistentes al nematodo dorado tuvieron cantidades menores de fenoles que tubérculos de plantas susceptibles. De la misma manera, Giebel (1970), analizando las raíces de 21 especies susceptibles a *G. rostochiensis* observó que tenían un bajo radio de mono a polifenoles en los cuales inhibían la destrucción enzimática del ácido indolacético, Apstein (1972), indicó que se tuvo una reducción en la cantidad de fenoles de raíces sanas a raíces infestadas.

Otras de las sustancias químicas que se encuentran muy relacionadas en la interacción hospedero - parásito son las fitohormonas. Giebel (1974) expresa que los cambios causados por algunas especies de nematodos en las células de las plantas susceptibles son similares a esos causados por el ácido indolacético, ie, hipertrofia, raíces adventicias, división nuclear sin citoquinesis y el rompimiento de las paredes celulares, en apoyo a éste, Balasubramaniam y Rangaswami (1962), encontraron ácido indolacético y ácido indolbutírico en plantas susceptibles y concluyeron que las fitohormonas juegan un papel importante en la formación de células gigantes y agallas en los hospederos, causadas por el ataque de los géneros Meloidogyne sp y Heterodera sp.

Los principales reguladores de crecimiento o fito - hormonas que se han implicado en el desarrollo de las células gigantes y agallas, son las auxinas, las cuales promueven el crecimiento celular y las citocininas promotoras de la división celular (Hussey, 1985).

Se ha detectado un aumento en el contenido de auxinas en las plantas atacadas por nematodos en relación a las plantas no infectadas. Una explicación de este hecho es dada por Setty y Wheeler (1968), quienes mencionan que las larvas pueden hidrolizar las proteínas de la planta, lo cual produce triptofano, el que puede después reaccionar con los ácidos fenólicos para producir auxinas.

De la misma manera se ha encontrado mayor cantidad de citocininas en las plantas al ser éstas infestadas por los nematodos. Van Stoden y Dimalla (1977), reportaron una mayor cantidad de citocininas en las plantas susceptibles en comparación a las plantas resistentes. Por otra parte, los mismos autores también observaron que se incrementa la cantidad de citocininas en las plantas susceptibles y resistentes, después de ser atacadas por nematodos. Krupasagar y Barker (1966), mencionan un aumento en la cantidad de citocininas al ser infectadas las plantas por Meloidogyne incognita.

La aplicación de fitoreguladores en forma exógena puede alterar la resistencia de las plantas. Según Dropkin et al. (1969), la aplicación de citocininas ayuda a que los nematodos completen su ciclo de vida en cvs. resistentes y con este se incrementan los daños a las plantas y la resistencia se reduce. El mismo autor menciona que otras

sustancias como ácido indolacético, ácido giberelico, adenina, uracilo, timina, citidina y 6 metil-minopurina no revierten la resistencia de las plantas. Resultados similares fueron obtenidos por Kochba y Samish (1972) con aspersiones de kentina y ácido naftalenacetico encontraron que reduce la resistencia en portainjertos de durazno y se incrementa la actividad de citocininas en las raíces de portainjertos resistentes. En contraste con esto, Epstein (1972) no encontró actividad de citocininas en raíces de plantas atacadas por nematodos ectoparásitos.

Otros fitorreguladores que se han involucrado en las reacciones del hospedero en respuesta al ataque del parásito con el etileno y la hidrazida maleica. Glazer et al. (1983), observaron cantidades relativamente altas de etileno en cultivares susceptibles por el ataque de Meloidogyne javanica.

La hidrazida maleica es un inhibidor del crecimiento de la planta, la cual inhibe la división celular en la región meristemática; reduce la tasa de transpiración, bloquea la translocación de fotosintatos de hojas a raíces y afecta la apariencia general de la planta.

Según Hussey (1985), se desarrollan las especies de nematodos en plantas de tomate más fácilmente en aquellos que fueron asperjados con hidrazida maleica, teniéndose los mismos resultados con morfocina.

Las enzimas que secretan los nematodos al invadir las plantas estimulan a la planta a producir compuestos protectores o antibióticos llamados fitoalexinas (Veech, 1982;

NAS, 1984). Giebel (1982) indicó que la enzima B-glucosidasa puede estimular a una planta a producir fenoles, y que un incremento en la actividad de las oxidasas en tejidos de las plantas, que favorece la síntesis de ligninas que forman parte de los tejidos necrosados. Entre otras sustancias que se han involucrado en la resistencia de las plantas a los nematodos, destacan los terpeno aldehídos (Veech y McClure, 1977), calcio (Sherwood y Huisling, 1970 y Evans y France, 1977), glicocalcoides (Forrest y Coxon, 1982 y Mondy et al. 1985) y trifosfato de adenosina (Storey y Marks, 1983).

#### Hipótesis del Mecanismo de Resistencia de la Planta a G. rostochiensis

Esta hipótesis fue propuesta por Giebel (1974). De acuerdo a sus investigaciones, asumiendo que los cambios que ocurren en los tejidos de las plantas después de la invasión por nematodos son debidos a la auxina secretada por los nematodos o como resultado de complejos por la acción de las enzimas que secretan los nematodos, tales enzimas pueden ser glicosidasas o proteasas. Se ha observado que B-glucosidasa introducida dentro de las raíces de papa causó necrosis en plantas resistentes y células gigantes en las susceptibles. Esto indica que el factor que influye en la reacción resistencia - susceptibilidad ocurre en las plantas en una forma no activa como glicosidos. Estos componentes descompuestos por la B - glicosidasa del nematodo puede formar fisiológica y bioquímicamente aglicones activos.

En la invasión del segundo estado juvenil de G. rostopchiensis, una B-glucosidosa muy activa y una B-galactosidosa menos activa fueron encontrada. En G. pallida no se encontró B-galactosidosa y la actividad de B-glucosidosa fue cinco veces menor que en G. rostopchiensis, por lo que se asume que las plantas resistentes a G. rostopchiensis no son resistentes a G. pallida, porque el último no está disponible a realizar el factor de resistencia, ya que forma el glicosido no activo.

Como el resultado de actividad de la glicosidosa en el tejido de plantas susceptibles dañado por los nematodos es un sistema el cual favorece la acumulación de ácido indolacético, contrariamente en las plantas resistentes, un sistema el cual favorece la acumulación de ácido indolacético, contrariamente en las plantas resistentes, un sistema que destruye el ácido indolacético es formado el grado de auxinas en las plantas depende de la actividad del ácido indolacético - oxidada. Esta actividad puede ser modificada por los componentes fenólicos libres. Los polifenoles usualmente sinergizan la actividad del ácido indolacético, mientras que los monofenoles a menudo antagonizan con el ácido indolacético. Por otra parte, después de la infección de la raíz por larvas de G. rostopchiensis, el grado de fenoles capaces de inhibir la acción del ácido indolacético se incrementa en plantas de papa resistentes, mientras que decrece en las raíces de susceptibles.

Las reacciones energéticas para lignina fueron observados en células adyacentes a la cabeza y al poro excretor del nematodo, estas observaciones sugieren que el proceso de formación de lignina es estimulado por las sustancias excretadas por el nematodo. El proceso de lignificación no puede ocurrir sin un alto de la actividad del ácido indolacético. Esto es verdad, el sistema activo del ácido indolacético oxidasa puede ocurrir en plantas resistentes favoreciendo la síntesis de ligninas, así como se encontró una activa poroxidasa en la región necrótica, mientras que en las células gigantes la actividad de esta enzima no fue destacada.

#### Control Biológico de Globodera rostochiensis

En el Centro Internacional de la Papa (1982, 1984), se aisló un hongo Paecilomyces lilacinus, el cual parasitó los quistes y controló infestaciones de G. rostochiensis y Moloidogyne incognita; actualmente se utiliza en forma comercial para controlar G. rostochiensis en Filipinas.

#### Control Químico de G. rostochiensis

Franco (1981), menciona que los nematicidas raramente son bien efectivos y su acción dura muy poco tiempo. Además de costosos, son tóxicos para el ser humano y el ambiente, se utilizan comúnmente dos tipos de nematicidas fumigantes y no fumigantes.

Los fumigantes incluyen a los hidrocarburos alifáticos halogenados y a los liberadores de metil - isotiocianato. Su uso exige aplicadores especiales, muchos de estos nematocidas son fitotóxicos.

Los no fumigantes incluyen a los organofosforados y los organo carbonatos. Se aplican con facilidad y no se presenta fitotoxicidad, aunque la toxicidad para mamíferos (ser humano y otros animales) es muy alta.

Evans y Stone (1977) incluyen dentro del primer grupo de nematocidas al bromuro de metilo, Telone y el Desomet, en el segundo grupo a Fenamiphos, Aldicab, Oxamyil y carbofuran.

## MATERIALES Y METODOS

### Area de Estudio

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", durante los años de 1985 y 1986, institución ubicada a una longitud de  $100^{\circ}57'10''$  Oeste, latitud  $25^{\circ}21'$  Norte, altitud de 1743 msnm, teniendo una temperatura media anual de  $17^{\circ}\text{C}$ , se encuentra en una zona semi-árida, con un clima semicálido extremo y el tipo de suelo predominante es aluvi6n. En el interior de la Universidad se emplearon invernaderos en donde se sembr6 el material vegetativo de papa inoculado. Por otro lado, en el Laboratorio de Pomología se realizaron los análisis de citocininas end6genas.

El material biológico del nemátodo dorado para realizar las inoculaciones, se extrajo de diferentes lotes de producción de papa, de la región de Navidad, Nuevo León, que se localiza en el km 100, de la carretera 57, tramo Saltillo - Matchuala situada a  $25^{\circ}04'$  Latitud Norte y  $100^{\circ}36'$  de longitud Oeste y a una altura de 1910 msnm, con una temperatura media anual de  $14.30^{\circ}\text{C}$  y una precipitación anual de 516.2 mm. con un clima BSONW' (e).

## Materiales

Material Genético

En el presente estudio se evaluó la tolerancia de 26 clones y variedades de papa al nemátodo dorado Globodera rostochiensis (Woll 1923) (Mulvey y Stone, 1976 (Cuadro 3.1) y su relación con el contenido de citocininas. De los 26 clones evaluados, 21 provenían del Programa de mejoramiento genético de la Papa del INIA, ubicado en Toluca, Edo. de México, además, tres progenies  $F_1$  obtenidos en la Universidad de Cornell en Ithaca, N.Y. (U.S.A.). Asimismo, se incluyeron dos cultivares como testigo, el cultivar Alpha, mismo que es sembrado ampliamente en México y el cultivar Diamante desarrollada en Holanda y reportada como resistente a nematodo dorado patotipo A. Posterior a la evaluación de la tolerancia al nemátodo, se seleccionaron nueve clones (Cuadro 3.2) que variaba en su tolerancia y se determinó el contenido de citocininas presente en ellos.

A la par con este estudio, se incluyeron dos experimentos, el primero en el cual se observó la respuesta de cinco clones de papa al ataque de tres poblaciones diferentes de G. rostochiensis (Cuadro 3.3) y en el segundo se evaluó el efecto de diferentes densidades de poblaciones de G. rostochiensis sobre los cultivares Alpha y Diamante, reportados como susceptibles y resistentes a este nematodo respectivamente. (Cuadro 3.4).

CUADRO 3.1. Genotipos de papa Solanum tuberosum L. que se utilizaron para evaluar su tolerancia al ataque de Globodera rostochiensis (Woll, 1923) Mulvey y Stone, 1976 (Experimento No. 1).

Clon No.	Cultivar o población	Clón No.	Variedad ó población
1	López	14	67-60-37
2	78-1-48	15	75-07-08
3	78-2-67	16	80-8-67
4	75-08-26	17	80-8-29
5	78-7-76	18	D-121-3++
6	57-32-72	19	E-3-1 ++
7	ALPHA +	20	DIAMANTE
8	ATZIMBA	21	78-7-34
9	75-07-59	22	D-142 ++
10	75-05-71	23	80-8-10
11	75-07-83	24	80-35-38
12	75-06-01	25	AKK-69-1
13	75-04-39	26	GRETA

+ Testigo

++ Progenies F<sub>1</sub>

CUADRO 3.2. Lista de clones con diferentes grados de resistencia a G. rostochiensis, en los cuales se determinó el contenido de citocininas presente en ellos (Experimento No. 2).

Clon	Tasa de multiplicación	Clón	Tasa de multiplicación
D - 142	0.132	80-08-67	1.528
D - 121	0.128	75-06-01-2	1.716
ALPHA - 2	0.504	ALPHA - 3	1.812
75-06-01-3	1.024	78-07-76	5.420
75-05-71	1.428		

Tasa de multiplicación - población final/población inicial  
de G. rostochiensis

CUADRO 3.3. Tratamientos usados en la evaluación de la patogenicidad de tres poblaciones de G. rostochi-  
ensis sobre cinco clones de papa (Experimento  
No. 3).

Población	Clones
Estado de México	Alpha
	López
	Diamante
	75-07-83
	75-06-01
Guanajuato	Alpha
	López
	Diamante
	75-07-83
	75-06-01
Nuevo León	Alpha
	López
	Diamante
	75-07-83
	75-06-01

CUADRO 3.4. Tratamientos usados en un experimento factorial de diferentes cantidades de inóculo sobre dos variedades de papa (Experimento No. 4).

Clbn	Quistes/kg de suelo	Clón	Quistes/kg de suelo
Alpha	0	Diamante	0
	10		10
	100		100
	1000		1000

## Procedimiento Experimental

La extracción de los quistes del nemátodo dorado que sirvieron como inóculo en tres experimentos, se realizó en diferentes lotes de la región de Navidad, N.L. Para la extracción, primeramente se realizaron muestreos de varios lotes con el fin de encontrar las áreas más afectadas, de donde posteriormente se extrajeron los quistes.

Después de localizar una área altamente infestada, se procedió a tomar grandes muestras de suelo, el cual se procesó en el aparato de Fenwick, posterior a este paso del material de flotación, se procedió a extraer los quistes, por el método de rodamiento. Cuando se obtuvo una cantidad suficiente de quistes se realizaron cortes perineales con el fin de determinar el género y la especie. Estos cortes se realizaron en el laboratorio de nematología de la U.A.A.A.N., en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, en el Laboratorio de Nematodo dorado, de la Dirección General de Sanidad Vegetal en México, D.F. y en la Universidad de California en Riverside, U.S.A. La técnica que se siguió en el corte de los quistes fue la técnica de Cooper. En todos los cortes se determinó que los quistes pertenecían al género Globodera y la especie era rostochiensis.

La siembra de los 26 clones del primer experimento se realizó en macetas con una capacidad de 2.5 kg de suelo, material caracterizado como tipo aluvión, predominante en los terrenos agrícolas de la Universidad, al cual previamente se le agregó arena en una proporción de 4:1 de suelo y arena

se esterilizó con bromuro de metilo, dejándolo expuesta a este compuesto por 72 horas y posteriormente al aire libre.

Los tubérculos de todos los clones que se emplearon en la siembra fueron tratados con ácido giberelico a 10 ppm dos semanas antes de sembrarlos; esto con el fin de aumentar la brotación de los tubérculos. Después de la siembra se dejó que los tubérculos de todos los clones brotaran uniformemente, para hacer la inoculación durante la cual se agregaron a cada maceta 250 quistes, para calcular dicha cantidad, se pesaron varias veces quistes en una balanza analítica y posteriormente se contaron para obtener un promedio. Se determinó que 100 quistes pesaban .0062 gr con esto se calculó el peso para obtener el número de quistes.

Durante todo el ciclo del cultivo, se dieron riegos ligeros diariamente para no dejar que se secan las macetas, se fertilizó varias veces con una mezcla de diferentes nutrientes. A los 109 días del cultivo se cortó el follaje y la cosecha de los tubérculos se llevó a cabo 12 días después, haciéndose al mismo tiempo la extracción de quistes por medio del aparato de Fenwick y realizándose su conteo en un microscopio de disección.

Para el segundo experimento que consistió en la determinación de citocininas, se seleccionaron nueve clones de los 26, los cuales diferían en su grado de resistencia de acuerdo a la tasa de multiplicación (Cuadro 3.4) Se lavaron las raíces de todos los clones y se pusieron a congelar durante cinco días y luego se liofilizaron en el Centro de Investigaciones en Química Aplicada (CIQA) por 72 horas. Las

muestras liofilizadas se molieron en morteros y después se pesaron en una balanza analítica, identificadas las muestras se pusieron en papel aluminio y se colocaron en el congelador donde se dejaron por 72 horas.

### Determinación del contenido de citocininas

#### Extracción

En un matraz se pusieron las muestras y se les agregó metanol al 80 % y se pusieron en el congelador durante una noche. La mezcla se filtró en papel Whatman No. 1. Posteriormente se agregó 50 cc de metanol al 100 % al residuo del filtrado y se dejó en congelación, para volver a filtrar a las tres horas. Este procedimiento se repitió en tres ocasiones, para después dejar el filtrado resultante toda la noche en el congelador. El metanol se evaporó en un evaporímetro marca Rotavapor R110, con una temperatura de 40 °C, - acto seguido se pusieron en el congelador los matraces.

#### Purificación

Una vez que se obtuvieron las muestras residuos en evaporación en los matraces, se les agregó acetato de etilo para desprenderlos y pasarlas a jeringas, lavandose varias veces el matraz para evitar pérdida de la muestra. lo obtenido se pasó por columnas (Sep-pak), la muestra purificada se recogió en un matraz, luego las muestras se evaporan y -

posteriormente se recuperó la muestra con acetona más metanol en tubos de ensayo. Estos se pusieron en el congelador durante toda la noche. Luego el solvente se evaporó a baño María, quedando la muestra lista para la cromatografía.

## Cromatografía

El método de cromatografía que se utilizó fue de capa fina. Esta se hizo con el fin de separar las citocininas de las impurezas que pudieron quedar después del paso por las columnas.

Las placas que se utilizaron fueron de vidrio de 20 x 20 cm. Estos fueron bañados con una capa de 0.3 mm de sílica Gel GF 254. Luego de ser secado, éstos se lavaron en un tanque cromatográfico, usando como solvente acetato de etilo.

Una vez sacado el plato del tanque, se secó a temperatura ambiente. Cada muestra que estaba en el tubo de ensayo se desprendió con acetona:metanol (v/v) y se montó en el plato. Se hicieron dos repeticiones para cada muestra; luego se llevó al tanque esta vez con un solvente para revelar la muestra a base de isopropanol:amoníaco:agua, a una proporción de 10:1:1 respectivamente.

Una vez corrida la muestra totalmente, se sacaron los platos del tanque y se dejaron secar, para después marcar en ellos 10 Rf, los cuales permitieron ver a qué distancia se transportó la actividad biológica de las citocininas.

Después de esto, se separó la sílica de los platos, correspondientes a cada Rf, depositándolos en tubos de centrífuga y se les agregó 2 cc de acetona:metanol 1:1 (v/v), dejándolos así durante 12 hrs. Después de este tiempo, se agitaron y se centrifugaron a 70 rpm durante cinco minutos, para separar la sílica de la solución con citocininas. Con una pipeta Pasteur, se tomó la muestra, evitando mezclar la sílica, esta operación se hizo dos veces y la solución con citocininas se fue pasando a tubos de ensayo, evaporándose a baño María hasta obtener una muestra lista para pruebas biológicas.

#### Pruebas biológicas

Las pruebas biológicas para el análisis del contenido de citocininas se hicieron utilizando semilla de Amaranthus caudatus, llevándose a cabo de la siguiente manera: Se pusieron a germinar semillas de Amaranthus caudatus en cajas Petri con papel filtro húmedo en un cuarto obscuro durante 72 horas, esto último con el fin de que una vez germinadas las semillas no sintetizaran hormonas que alteran los bioensayos. Después de que las semillas germinaron, se les cortó la radícula y la testa, quedando solo parte del talluelo y cotiledón, haciendo toda esta operación en el cuarto obscuro con luz verde. Posteriormente se pusieron 10 de éstas secciones en cada caja petri de 5 cm, donde previamente se había agregado la muestra de los tubos y además 2 cc de solución Buffer más tirosina.

En cada etapa de bioensayos aparte de las dos repeticiones de las muestras, se pusieron dos cajas testigos y seis cajas con soluciones "standard" preparadas a base de kinetina a concentraciones de 0.1 y 1.0. Se dejaron las cajas ya montadas 24 hr más en la oscuridad. Al día siguiente, los cotiledones adquirieron una pigmentación púrpura, que es característica de la presencia de citocininas. Estas secciones fueron pasadas a vasos de precipitada con 10 cc de agua destilada, poniéndose estos a congelar totalmente, y luego se descongelaron a baño María, haciéndose esta operación por tres veces, a fin de que los cotiledones liberaran las citocininas que habían sintetizado durante el bioensayo.

La actividad biológica fue determinada utilizando un espectrofotómetro Colleman II ajustado a una densidad óptica de 542 y 620 nanómetros (nm).

### Análisis Estadístico

El análisis de los resultados fueron estadísticamente procesados con el método reportado por Ramírez (1970).

En el experimento 3 se obtuvo la respuesta de cinco clones de papa al ataque de tres poblaciones de G. rostochiensis (Cuadro 3.5) para este estudio, dos de estas poblaciones fueron proporcionadas en el laboratorio del nematodo dorado, de la Dirección General de Sanidad Vegetal en México, D.F. - Dichas poblaciones procedían, una del Estado de México y la otra del Estado de Guanajuato; la tercera que se incluyó fue

la recolectada en Navidad, N.L. Para esto, se sembraron las cinco variedades en macetas con capacidad de 300 gr, las cuales posteriormente se inocularon con 30 quistes cada una, logrando una proporción de 100 quistes/kg de suelo, luego se procedió en igual forma que en el experimento I, en cuanto a esterilización de suelo, labores culturales, inoculación, etc.

En el experimento 4, se determinó el efecto de dos cultivares. Uno reportado como susceptible Alpha y el otra como resistente Diamante a G. rostochiensis bajo diferentes densidades de inoculación (Cuadro 3.6) Se sembraron los dos cultivares en macetas con capacidad de 300 gr, los cuales se inocularon con 0, 3, 30, 300 quistes, lo cual haría una densidad de 0, 10, 100 y 1000 quistes/kg de suelo, luego se continuó con el mismo tratamiento que los experimentos I y 3 en cuanto a labores culturales, riegos, etc.

### Parámetros Evaluados

Se evaluaron los mismos parámetros en los experimentos, uno, tres y cuatro.

Altura de planta: se midió el nivel del suelo a la última bifurcación del tallo más alto.

Peso del tubérculo: Se pesaron todos los tubérculos que produjo la planta en la maceta.

Número de tubérculos: Se utilizó el conteo de todos los tubérculos que produjo la planta.

Peso fresco de raíz. Después de lavar cuidadosamente y separar de otros materiales se procedió a pesar la raíz de cada una de las plantas.

Peso seco de la raíz. Se colocaron las raíces frescas en una estufa eléctrica por espacio de 24 horas con el fin de eliminar el agua presente en ellos, posteriormente a esto se pesaron las raíces de cada planta.

Peso fresco de follaje. Se cortó el follaje 10 días antes de la cosecha y se pesó.

Peso seco de follaje. Se hizo el mismo procedimiento que para la raíz con el fin de eliminar el agua presente en el tejido para después pesarse.

Área foliar. Esta variable se midió por el método de la cuadrícula.

Número de folíolos. Se procedió a contar el número de folíolos presentes en cada planta.

Número de quistes. Se hizo el conteo de quistes por medio de un microscopio de disección, después de haber pasado la tierra de las macetas por el aparato de Fenwick.

Peso fresco total. Es la sumatoria del peso fresco de la raíz y el peso fresco del follaje.

Proporción peso fresco del follaje/peso fresco de la raíz. Es la división del peso fresco del follaje entre el peso fresco de la raíz.

Proporción peso seco del follaje/peso seco de la raíz. Resulta de dividir el peso seco del follaje entre el peso seco de la raíz.

Índice de cosecha. Resulta de dividir el peso de los tubérculos entre el peso seco del follaje.

Índice de área foliar. Es el resultado de la división del área foliar entre el espacio de terreno que ocuparía si se sembrara a nivel comercial.

Índice de eficiencia del área foliar. Se obtiene al dividir el peso de los tubérculos entre el área foliar presente al momento de la cosecha.

## Métodos

### Análisis Estadístico

Para el primer experimento se realizaron análisis de varianza en un diseño completamente al azar para todas las variables. El modelo lineal aditivo para el diseño completamente al azar es el siguiente:  $Y_{ij} = M + t_i + E_{ij}$ , donde:  $Y_{ij}$  = observación del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.  $M$  = media general.  $T_i$  = efecto de tratamiento.  $E_{ij}$  = Error experimental.

$$i = 1, 2, 3 \dots t \qquad J = 1, 2, 3 \dots r$$

$$\sum_{ij} \sim N(0, \sigma^2 e).$$

En los experimentos tres y cuatro se realizaron análisis de varianza de un diseño completamente al azar con arreglo factorial aditivo para un diseño completamente al azar con arreglo factorial el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + \alpha_i + B_j + B_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación del  $i$ -ésimo tratamiento con el  $j$ -ésimo factor de la  $k$ -ésima repetición

$M$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del factor A

$\beta_j$  = Efecto del factor B

$\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción del factor A y el factor B.

$i$  = 1,2,3 --- a

$j$  = 1,2,3 --- b

$k$  = 1,2,3 --- r

### Pruebas de significancia

En los análisis de varianza de los experimentos uno, tres y cuatro en donde se detectó significancia entre tratamientos, se procedió a realizar una prueba comparación de medias siguiendo el método de Duncan, cuya definición es la siguiente:  $RMS = R \times S \bar{x}$ .

### Correlaciones

Para el primer experimento se realizó una matriz de correlación para las 18 variables con el fin de determinar el grado de asociación entre éstos, la significancia se determinó en comparación con los niveles de correlación de las tablas de correlación.

Igualmente en el segundo experimento se realizó una prueba de correlación entre el número de quistes que se multiplicó en la planta y el contenido de citocininas presente en la raíz de las plantas.

### Caracterización de variedades

Tomando como base el incremento quiste por quiste de la población del nematodo y su producción bajo el efecto del inóculo con relación al testigo, esta clasificación se hizo de acuerdo al método utilizado por Cornejo (1980).

## RESULTADOS

Comparación del Grado de Tolerancia de 26 Clones de Papa  
al Nematodo Dorado (*G. rostochiensis* (Woll, 1923)  
Mulvey y Stone, 1976)

En el cuadro 4.1 se observa el cuadrado medio, para las diferentes fuentes de variación y la significancia de las 18 variedades evaluadas. A continuación se procederá a analizar variable por variable.

Altura de planta: En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los clones, por lo cual se procedió a la realización de una prueba de comparación de medias de Duncan (Cuadro 1) en la cual se observó que los clones López, 78-1-48, 78-2-67 y 75-08-26 fueron los que presentaron la mayor altura, mientras que los clones Greta, D-121-3, 75-05-71 y 57-32-72 reflejan menor altura en promedio.

Número de tubérculos: Igualmente que para la altura se determinó diferencias significativas entre clones y en la prueba de comparación de medias (Cuadro 2) se observa que los clones con el mayor número de tubérculos fueron 67-60-37, 75-06-01 y 75-04-89, por otra parte, los clones 78-1-48, -

CUADRO 4.1. Cuadrado medio de las variables medidas en 26 clones de papa (Solanum tuberosum L), inoculados con el nematodo dorado G. rostochiensis.

F.C.	Altura	No. de tubérculos	Peso fresco de follaje	Peso seco de raíz	Peso fresco de la raíz	Peso seco de follaje	Area foliar
Clones	89.8++	104.9 ++	37.4 ++	0.04++	296.3 ++	40.9 ++	100432.4++
Error	28.5	107.8	7.8	0.01	79.9	9.9	30515.7
Total							

F.V.	No. de foliolos	No. de quistes.	Peso fresco total	Peso seco total	Peso fresco de follaje/peso seco de raíz.	Peso seco de follaje/peso seco de raíz.
Clones	1179.4 ++	30792.0	506.3 ++	42.6 ++	66.9	3121.4 ++
Error	489.5	24351.2	111.8	10.4	43.1	1309.0
Total						

R.V.	Indice de cosecha.	Indice de area foliar	Eficiencia de area foliar.	Tasa de multiplicación	Peso de tubérculos
Clones	131.8 ++	0.15 ++	0.04	0.05	1529.9 +
Error	46.8	0.01	0.03	0.4	757.7
Total					

+ Indica significancia al 5 % de probabilidad

++ Indica significancia al 1 % de probabilidad

Greta y D-142 fueron los que presentaron el menor número de tubérculos.

Peso fresco del follaje. En la realización del análisis de varianza se detectó diferencias entre clones y el resultado de la prueba de Duncan (Cuadro 3) arroja que los clones 78-7-34, E-3-1 y 80-8-10 fueron los que presentaron los más altos valores. Lo contrario ocurrió con los clones 75-07-08, Alpha, 75-04-89 presentan los más bajos valores.

Peso seco de la raíz. Se detectó igualmente diferencias entre los clones en el análisis de varianza. Asimismo, en las pruebas de medias (Cuadro 8) se determinó que los clones más sobresalientes fueron D-121-3, 78-7-34, y E-3-1, mientras que los que presentaron los más bajos valores fueron 67-60-37, 75-07-08 y 75-04-89.

Peso fresco de la raíz. También se observó diferencias entre clones para esta variable y la prueba de medias (Cuadro 1) muestra que los clones con valores más altos son 78-7-34, E-3-1 y D-121-3. Por el contrario, los de valores inferiores fueron 75-04-89, 78-2-67 y 75-07-08.

Peso seco del follaje. Para esta variable se presentan diferencias entre los clones al realizar el análisis de varianza y en la prueba de separación de medias (Cuadro 5) se presenta una gran variabilidad para este parámetro sobresaliendo los clones 8-8-10, 67-60-37 y 75-07-59, mientras que los clones de más bajo valor fueron los 75-04-89, 80-35-88 y 75-06-01.

Area foliar: Al presentarse diferencias entre los clones en el análisis de varianza, también se realizó la

prueba de medias (Cuadro 5) en donde se determinó que los mejores clones fueron 78-7-31, Greta y E-3-1 mientras que los clones 75-04-89, Alpha y 78-08-26 presentaron los más bajos valores.

Número de foliolos: En este parámetro al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los clones por lo que se procedió a la realización de la prueba de medias (Cuadro 1) en la cual se puede ver que los clones 80-8-67, 80-8-10 y 75-5-71 presentan el mayor número de foliolos, mientras que los clones Diamante, 78-2-67 y 75-04-89 presentan el menor número.

Número de quistes. En el análisis de varianza no se presentó diferencias entre los clones, sin embargo, al hacer la prueba de Duncan (Cuadro 7) se observa que el clón 78-7-76 difiere del resto.

Peso fresco total. Para este parámetro el análisis de varianza si detectó diferencias significativas y en la prueba de rango múltiple (Cuadro 7) se determinó que los clones más sobresalientes fueron 78-7-34, E-3-1 y 80-8-10, mientras que 75-07-08, Alpha y 75-04-89 resultaron inferiores.

Peso seco total. Al igual que para la variable anterior se detectó diferencias entre los clones y la prueba de Duncan (Cuadro 4) arrojó que los clones 80-8-10, 75-07-71 y 75-07-59 presentaron el mayor peso mientras que el menor peso lo tuvieron los clones 75-04-89, 80-35-88 y 75-06-01.

Peso fresco del follaje. Peso fresco de la raíz. En esta relación no se detectó diferencias entre los clones

en el análisis de varianza, mientras que por otra parte al realizar la prueba de medias (Cuadro 3) se encontró que los clones con el más alto valor fueron 80-8-67, 75-07-08 y 78-2-67 por el contrario los clones López, D-121-3 y 78-7-34 presentan el más bajo valor.

Peso seco del follaje/peso seco de la raíz. Al contrario de la relación anterior, en esta si se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza y en la prueba de medias (Cuadro 4) se observó que los clones más sobresalientes fueron 67-60-37, 75-87-83 y 75-07-08, mientras que los clones López, 0-121-3 y 78-7-34 presentan los menores valores.

Indice de cosecha. En esta relación se observaron diferencias significativas entre los clones en el análisis de varianza y la prueba de medias (Cuadro 6) dio como resultado que los mejores clones fueron AKK-69-1, 80-35-88 y 75-06-01.

Indice de area foliar. Para esta relación se encontró diferencias significativas entre clones, pero no se realizó la prueba de medias.

Indice de eficiencia de area foliar. No se encontraron diferencias para esta relación en el análisis de varianza, ni en la prueba de medias entre los clones.

Tasa de multiplicación. Para esta variable se encontró diferencias significativas entre los clones (Cuadro 8), sólo al realizar la prueba de medias resultando el clon con el más alto valor el 78-07-76.

Peso de tubérculos. Después de hacer el análisis de varianza y la prueba de medias (Cuadro 6) se determinó que los mejores clones fueron D-121-3, E-3-1 y Diamante.

En la figura 4.1. se observa con mejor claridad el efecto de G. rostochiensis sobre diferentes partes de la planta de los 26 clones evaluados, así como la multiplicación del nematodo sobre los clones, se puede ver que algunos de los clones con mayor producción, la multiplicación del nemátodo fue menor, mientras que la cantidad de raíces aumentó.

Al hacer una matriz de correlación entre las variables evaluadas (Cuadro 4.2) se detectó que el número de quistes de G. rostochiensis afecta negativamente al peso de tubérculos, número de tubérculos, peso fresco de la raíz, índice de la cosecha a la relación peso seco de follaje/peso seco de la raíz y a la eficiencia del área foliar.

Mientras que para el rendimiento las variables correlacionadas positivamente resultaron, peso seco de la raíz, área foliar, índice de área foliar, índice de cosecha, la relación peso seco del follaje/peso seco de la raíz y el peso fresco total. Por el contrario, las variables número de tubérculos, número de quistes, peso seco del follaje/peso seco de la raíz, tasa de multiplicación, peso seco del follaje/peso fresco de la raíz y el peso fresco total afectan el rendimiento negativamente.

Al hacer la clasificación de los clones de acuerdo a la reproducción del nemátodo en estos y su reducción de la producción por el ataque del nemátodo se clasifica al clon --

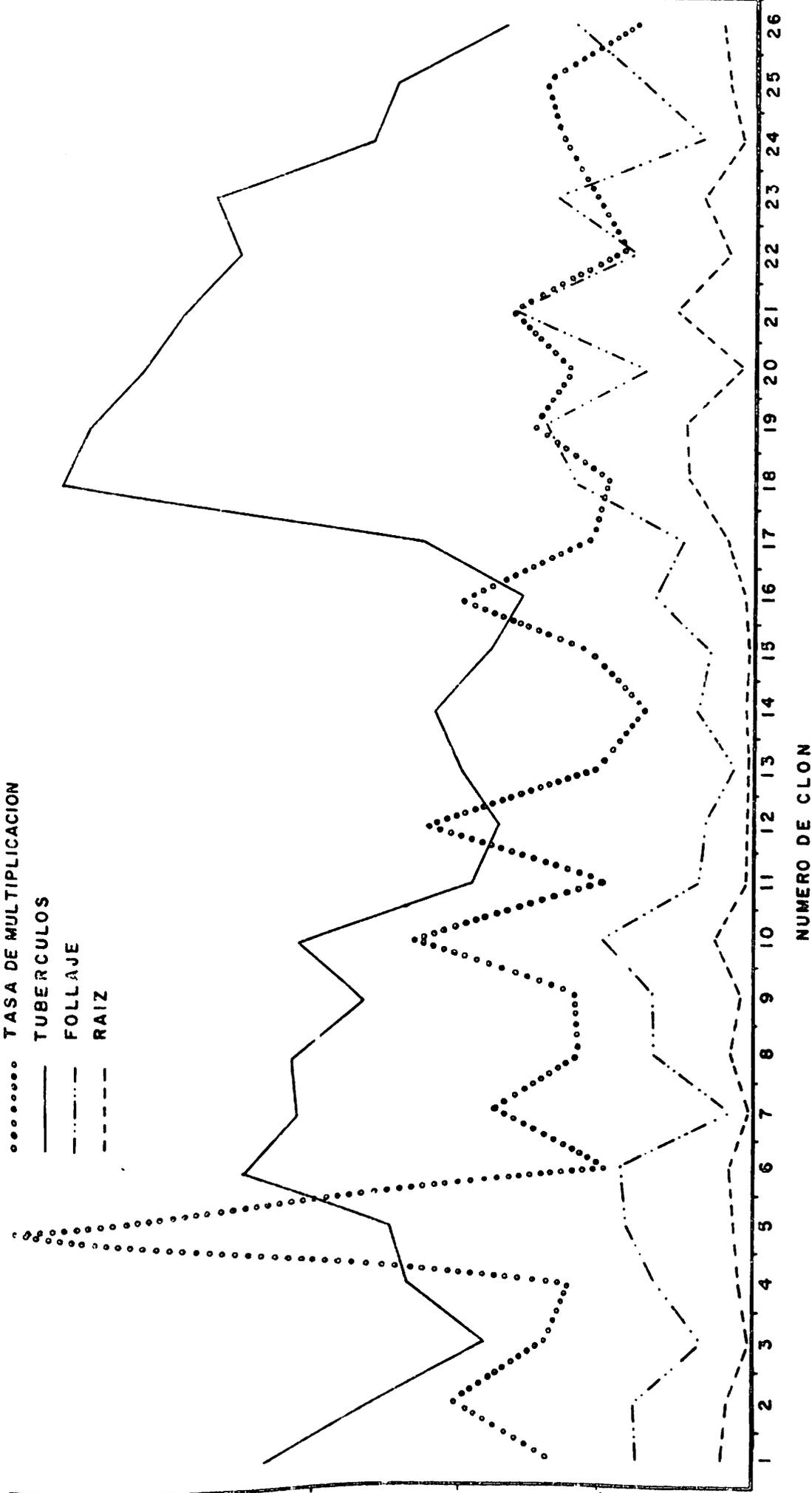


FIGURA 4.1. EFECTO DEL ATAQUE DE *G. rostochiensis*, PROCEDENTE DE NAVIDAD, N.L., SOBRE EL PESO DE VARIAS PARTES DE LA PLANTA DE 26 CLONES DE PAPA Y LA TASA DE MULTIPLICACION DEL NEMATODO EN LOS CLONES.

CUADRO 4.2. Matriz de correlación de 18 variables evaluadas en 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	.12																
2	-.06	.22															
3	-.50*	.73*	.71*														
4	-.53*	-.51*	-.51*	.94*													
5		.94*			.10												
6						.16											
7						.02	.17										
8						-.08	.06	.16	.06	.06	.08	-.29	-.01	.02	-.22	.16	.06
9						-.03	-.03	-.53*	-.44*	.55*	.30*	-.35*	.15	-.09	-.49*	-.68*	-.08
10						.00	.51*	.89*	.82*	.82*	.13	-.60*	.25	.00	-.40*	-.55*	.26
11						-.03	.39*	.92*	.85*	.85*	.15	-.52*	.19	-.04	-.51*	.91*	.53*
12						.16	.37*	.24*	.19	.19	-.80*	.36*	.99*	.15	-.55*	.94*	-.50*
13							.19	.06	.14	.14	-.19	-.17	.15	.99*	.04	.23	-.21
14								.50*	.50*	.50*	-.35*	-.22	.41*	.19	.00	.04	-.09
15								.94*	.94*	.94*	-.02	-.55	.33	.06	.01	.47*	-.60
16											-.04	-.51*	.27	.13	-.40*	.99*	-.65*
17											-.05	-.52*	.27	.13	-.33*	.93*	-.74*
18												-.39*	-.77*	-.19	-.33*	.93*	-.73*
													.29	-.17	-.30*	.00	.31*
														.15	.30*	-.54*	.36*
															.00	-.31*	-.26
															.01	.03	-.09
																-.43*	.00
																	-.62*

11.	Indice de área foliar
12.	Indice de cosecha
13.	Peso seco de follaje/peso seco de raíz
14.	Peso secto total
15.	Tasa de multiplicación
16.	Peso fresco de follaje/peso fresco de la raíz
17.	Peso fresco total
18.	Eficiencia de área foliar

1.	Altura
2.	Peso de tubérculos
3.	Número de tubérculos
4.	Peso seco de raíz
5.	Peso fresco de raíz
6.	Peso seco de follaje
7.	No. de quistes
8.	Número de folíolos
9.	Peso fresco de follaje
10.	Area foliar

como susceptible, si por el contrario no se reproduce se clasifica en resistente, para estos dos casos susceptibilidad y resistencia se hace otra segunda clasificación, dependiendo si la producción se reduce se clasifican en intolerantes y si no se reduce en tolerante por lo que pueden tener cuatro tipos en la clasificación susceptibles - tolerantes (si se reproduce el nematodo pero la producción no se reduce), susceptibles - intolerantes (si se reproduce el nematodo y la producción se reduce), resistentes - tolerantes (no se reproduce el nemátodo y la producción disminuye en relación al testigo) de acuerdo a esto se realizó la caracterización de clones (Cuadro 4.3) en donde los mejores clones resultaron los del grupo resistentes - tolerantes.

#### Determinación de Citocininas en Plantas con Diferentes grados de Resistencia a Globodera rostochiensis

En las nueve plantas seleccionadas para su resistencia al nematodo dorado se detectó actividad biológica típica de citocininas, tenemos que en la primera gráfica de la Figura 1, se puede observar la cantidad biológica presente en las raíces del clon 78-7-76, dicha actividad en términos cuantitativos representó 5.27  $\mu\text{g}$  de equivalente de kinetina por gramo de peso seco. En la siguiente gráfica de la misma figura se detecta actividad biológica para el clón D-142-8, esta actividad está limitada del  $R_f$ 's 0,2-1.0, este representó 10.10  $\mu\text{g}$  de kinetina/gr de peso seco.

CUADRO 4.3. Caracterización de clones de papa (Solanum tuberosum L) de acuerdo a su producción bajo el ataque de Globodera rostochiensis y su resistencia a éste.

-----Susceptibles-----		-----Resistentes -----	
Tolerantes	Intolerantes	Tolerantes	Intolerantes
López	78-2-67	57-32-72	75-08-26
78-1-48	78-7-76	Atzimba	75-07-59
Alpha	75-06-01	E-3-1	75-07-83
75-07-71	80-08-67	Diamante	75-04-89
D-121-3	80-35-88	78-07-34	67-60-37
80-08-10	A K K - 69-1	D-142-8	75-07-08
			80-08-29
			Greta

En la primera gráfica de la Figura 2, se observó actividad biológica sólo en las  $R_f$ 's 0.2 al 1.0 representando cuantitativamente 19.75  $\mu$ gr de kinetina/gr de peso seco, esto para el clón D-121-3.

En la segunda gráfica de la segunda Figura se muestra una actividad biológica para el clon 75-05-71, la cual se presentó en todos los  $R_f$ 's a excepción del 0.3 dicha actividad correspondió cuantitativamente a 7.86  $\mu$ g de kinetina/gr de peso seco.

Se encontró actividad biológica de citocininas presentes en los clones 80-06-67 y 75-06-01 -3 la cual se presenta en la primera y segunda gráfica de la figura 3 representativamente la actividad biológica para el clón 80-06-67 representó 14.84  $\mu$ g de kinetina/gr de peso seco, mientras que para el clon 75-06-01-3 representó 46-36  $\mu$ g de kinetina/gr de peso seco.

De igual forma para los clones 75-06-01 -2, Alpha -3 y Alpha -2 se detectó actividad biológica, la cual se puede observar en la Figura 4 para los dos primeros clones y para el tercero en la Figura 5, dicha actividad representó cuantitativamente 169.39, 6.269 y 21.44  $\mu$ g de kinetina/gr de peso seco para los tres clones respectivamente.

Para tener una mejor panorámica de la relación entre los contenidos de citocininas presentes en la raíz y la resistencia de la planta al nematodo dorado. Se muestra en la Figura 4.2 como clones más resistentes tienen un contenido de citocininas mayor, mientras el contenido de estas hormonas

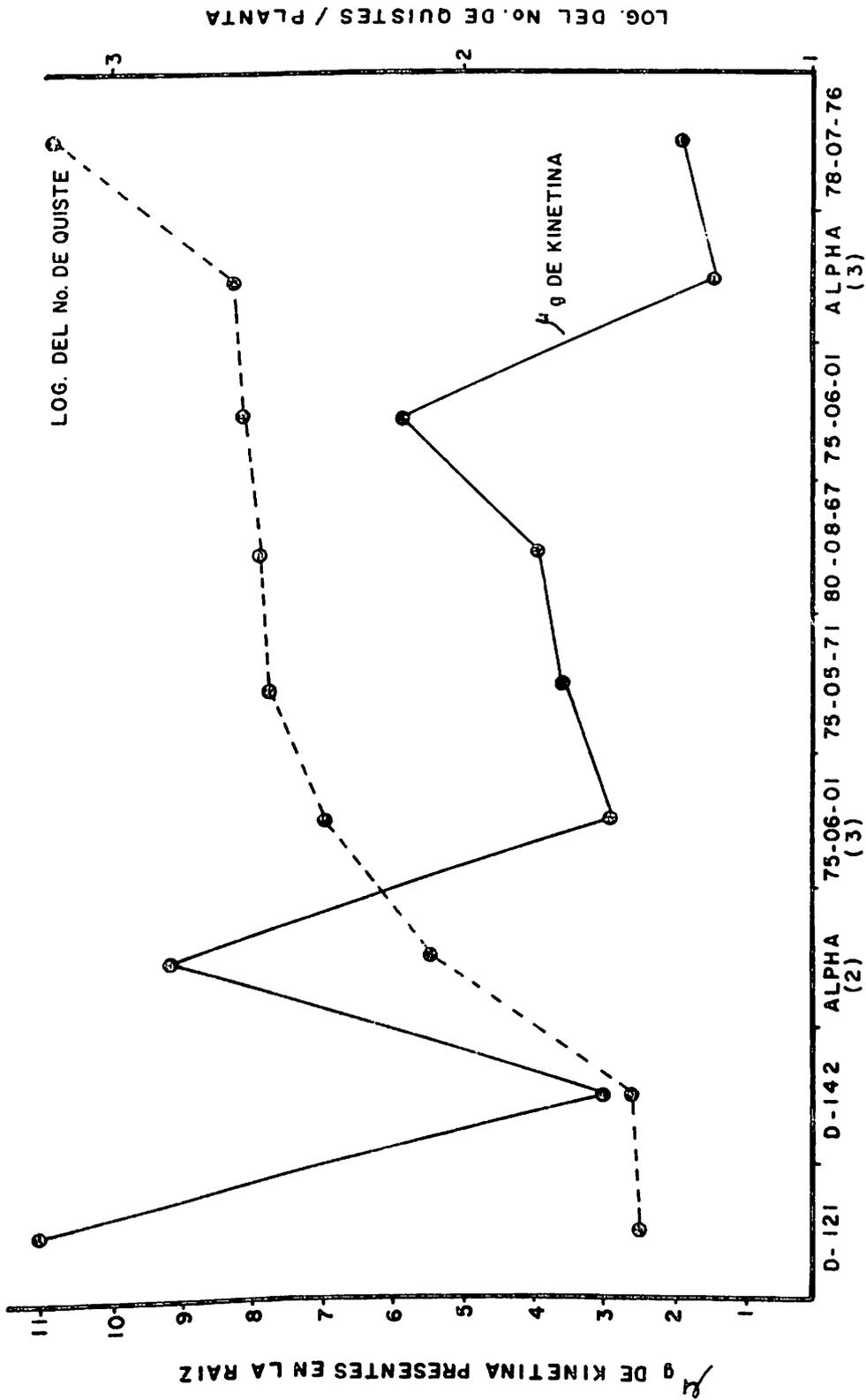


FIGURA 4.2. CONTENIDO DE KINETINA EN RAICES DE DIFERENTES CLONES DE PAPA Y SU RELACION CON EL LOG. DEL NO. DE QUISTES DE *G. rostratensis* QUE SE REPRODUJERON EN ESTOS CLONES.

disminuye en los clones susceptibles, al hacer una prueba de correlación se encontró un valor de correlación de -0.56 lo que da una idea de la tendencia de estos parámetros evaluados. Sin embargo, al hacer la transformación de los  $\mu\text{g}$  de kinetina encontrados en las raíces a  $\mu\text{g}$  de kinetina por gr de peso seco, se observó otra tendencia diferente en la cual se presentó una correlación positiva de 0.14 entre la susceptibilidad al nemátodo dorado y el contenido de citocininas (Figura 4.3).

#### Respuesta de Cinco Clones de Papa al Ataque de Tres Poblaciones de Nemátodo Dorado

En el Cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios de las variables evaluados en cinco clones de papa bajo el ataque del nemátodo dorado. Las variables en las cuales no se detectó significancia para poblaciones, clones y la interacción, población por clon fueron: índice de área foliar, área foliar, tasa de multiplicación, peso de follaje fresco/Peso fresco de la raíz, número de tubérculos, peso fresco de raíz, peso fresco total, número de quistes, peso fresco de follaje, número de foliolos y altura.

Para la eficiencia del área foliar se detectaron diferencias entre población y entre la interacción poblaciones por clones, al hacer la prueba de medias para poblaciones de Nuevo León es la que menos afecta esta variable (Cuadro 9) y para la interacción, se determinó que la población de Nuevo León al inocularla en el cultivar López es la que menos redujo la eficiencia en el área foliar (Cuadro 11).

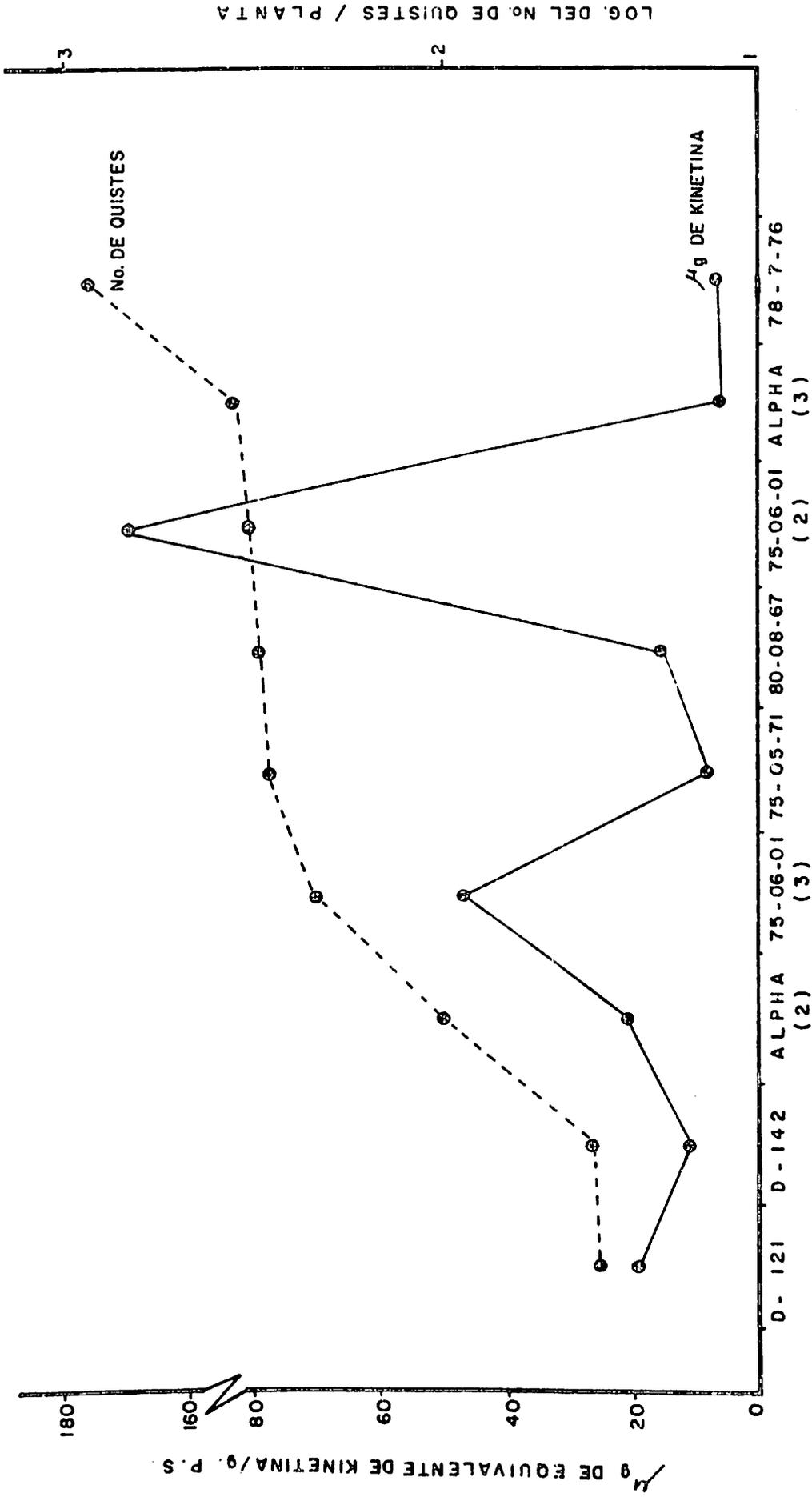


FIGURA 4.3. CONTENIDO DE KINETINA EN RAICES DE DIFERENTES CLONES Y SU RELACION CON EL LOG. DEL NO. DE QUISTES DE *G. rostochianis* QUE SE REPRODUJERON EN LOS CLONES.

CUADRO 4.4. Cuadrado medio de las variables estimadas en cinco clones de papa inoculados con diferentes poblaciones de Globodera rostochiensis.

	Indice de área foliar	Eficiencia de área foliar	Indice de cosecha	Peso seco de follaje/peso seco de raíz
Poblaciones	.00017	0.23++	64.47	32.88 +
Clones	.00006	0.09	303.75	13.82
Poblaciones x clones	.00009	0.11 +	295.94 +	7.85
Error	.00021	0.04	99.77	8.28

	Area foliar	Peso seco total	Tasa de multiplicación	Peso fresco de follaje/peso fresco de raíz.
Poblaciones	933.95	8.43*	0.17	0.93
Clones	1040.47	1.27	0.12	2.38
Poblaciones x clones	812.42	2.85	0.11	4.18
Error	557.57	1.75	0.11	6.82

+ Indica significancia al 5 % de probabilidad

++ Indica significancia al 1 % de probabilidad

	Peso seco de raíz	Peso seco de tubérculos	Número de tubérculos	Peso fresco de raíz	Peso seco de follaje
Poblaciones	0.001	23.89	0.02	1.98	8.55+
Clones	0.184+	117.30 ++	4.44	2.03	1.40
Poblaciones x clones	0.033	61.30 ++	2.32	1.63	2.34
Error	0.056	25.82	2.77	0.79	1.61

	Peso fresco total	Número de quiistes	Peso fresco de follaje	Número de foliolos	Altura
Poblaciones	10.95	154.75	4.46	122.60	482.02
Clones	5.48	114.13	1.50	207.24	170.92
Poblaciones x clones	5.90	103.53	1.74	240.21	153.52
Error	3.34	100.80	3.03	138.44	213.24

+ Indica significancia al 5 % de probabilidad

++ Indica significancia al 1 % de probabilidad

Para el índice de cosecha se presentaron diferencias significativas solo entre clones y entre la interacción población por clon, al realizar la prueba de medias (Cuadro 10). Resultó que el clon con valor más alto para este parámetro fue el 75-07-83, mientras que para las interacciones población Estado de México x el clon 75-07-81 y Nuevo León x el clon López fueron los que menos afectaron el índice de cosecha (Cuadro 12).

Por lo que respecta a la relación peso seco del follaje/peso seco de la raíz se detectó diferencias sólo entre poblaciones. Al realizar la prueba de comparación de medias se obtuvo que la población de nemátodo dorado del Estado de México fue la que menos afectó a esta variable (Cuadro 9).

Al igual que la variable anterior para el peso seco, se detectó diferencias sólo para poblaciones. En la prueba de Duncan se observa que la población de nematodos del Estado de México fue la que menos afectó el peso seco total (Cuadro 9).

En el análisis de varianza para el peso seco de la raíz se encontró diferencias significativas sólo entre clones, la prueba de medias reportó que el clon 75-06-01 fue el que tuvo el más alto valor.

Para el peso de tubérculos hubo diferencias entre clones y entre la interacción entre poblaciones y clones, en la prueba de medias (Cuadro 10) se puede observar que el clon más sobresaliente fue Diamante y la interacción que menos afectó el rendimiento fue la población de nematodos del

Estado de México x Diamante (Cuadro 13).

En la variable peso seco de follaje se encontraron diferencias sólo entre poblaciones. En el Cuadro 9 se muestra que la población de nemátodos del Estado de México fue la que menos redujo esta variable.

Con los promedios de la tasa de multiplicación, peso de tubérculos, peso de follaje y peso de raíces se realizaron gráficas para un mejor entendimiento y la primera gráfica de la Figura 4.4 se observa que el clon con más producción, también presentó mayor peso de follaje y mayor peso de raíz, mientras que la tasa de multiplicación fue menor.

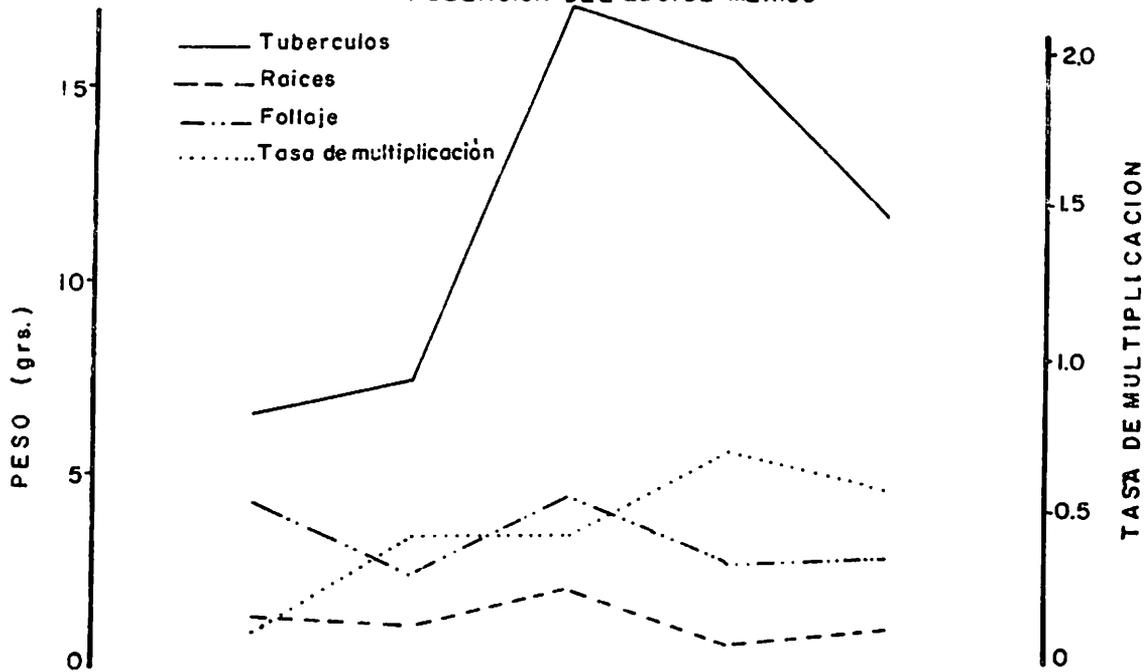
En la segunda gráfica de la misma figura se observa que en el cultivar Diamante, se reduce el peso del follaje y de la raíz, también se aumentan la tasa de multiplicación, lo mismo se observa en la figura 4.5 para el mismo cultivar.

Efecto de Diferentes Niveles de Inoculación de

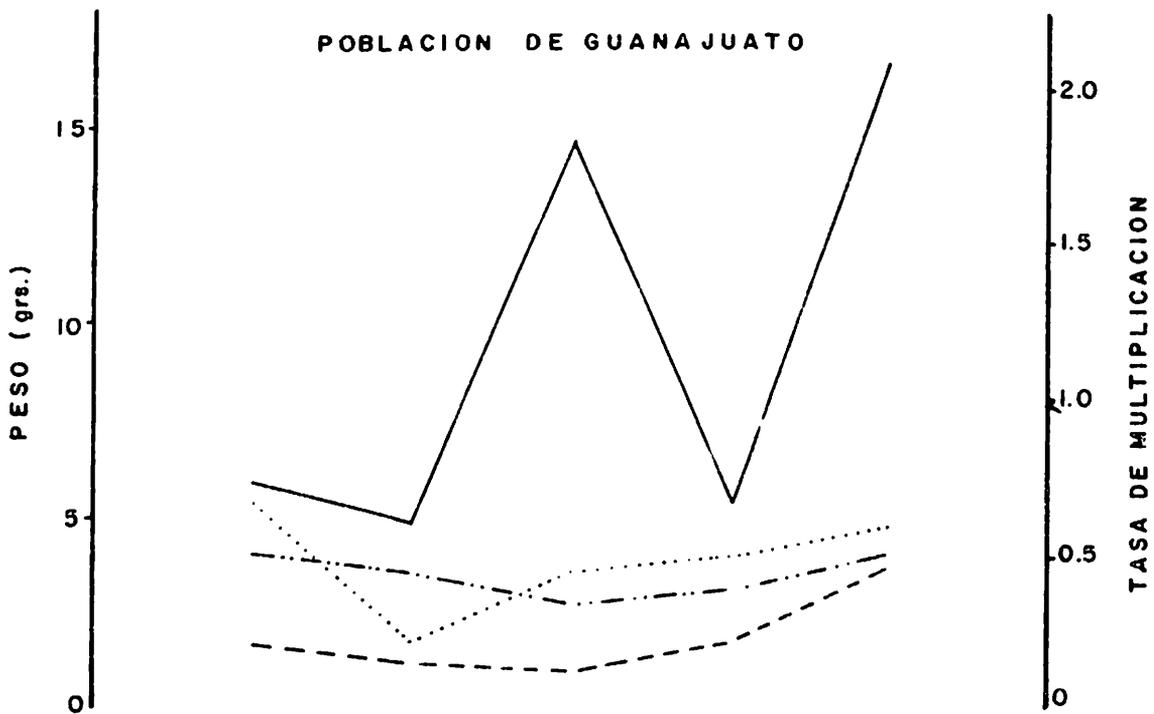
G. rostochiensis sobre un Cultivar resistente y uno susceptible

Las diferencias significativas que se encontraron al realizar el análisis de varianza para cada una de las variables se muestran en el Cuadro 4.5 para las relaciones peso fresco del follaje/peso fresco de la raíz y peso seco del follaje/peso seco de la raíz no se detectaron diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación, por lo que respecta a la tasa de multiplicación se encontró que el nivel que tuvo el más alto valor fue el de 10 quistes/kg

POBLACION DEL EDO. DE MEXICO



POBLACION DE GUANAJUATO



ALPHA    LOPEZ    DIAMANTE 75-07-83    75-06-01  
C L O N E S

FIGURA 4.4. EFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE *G. rostochiensis* SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DE CINCO CLONES DE PAPA.

## POBLACION DE NUEVO LEON

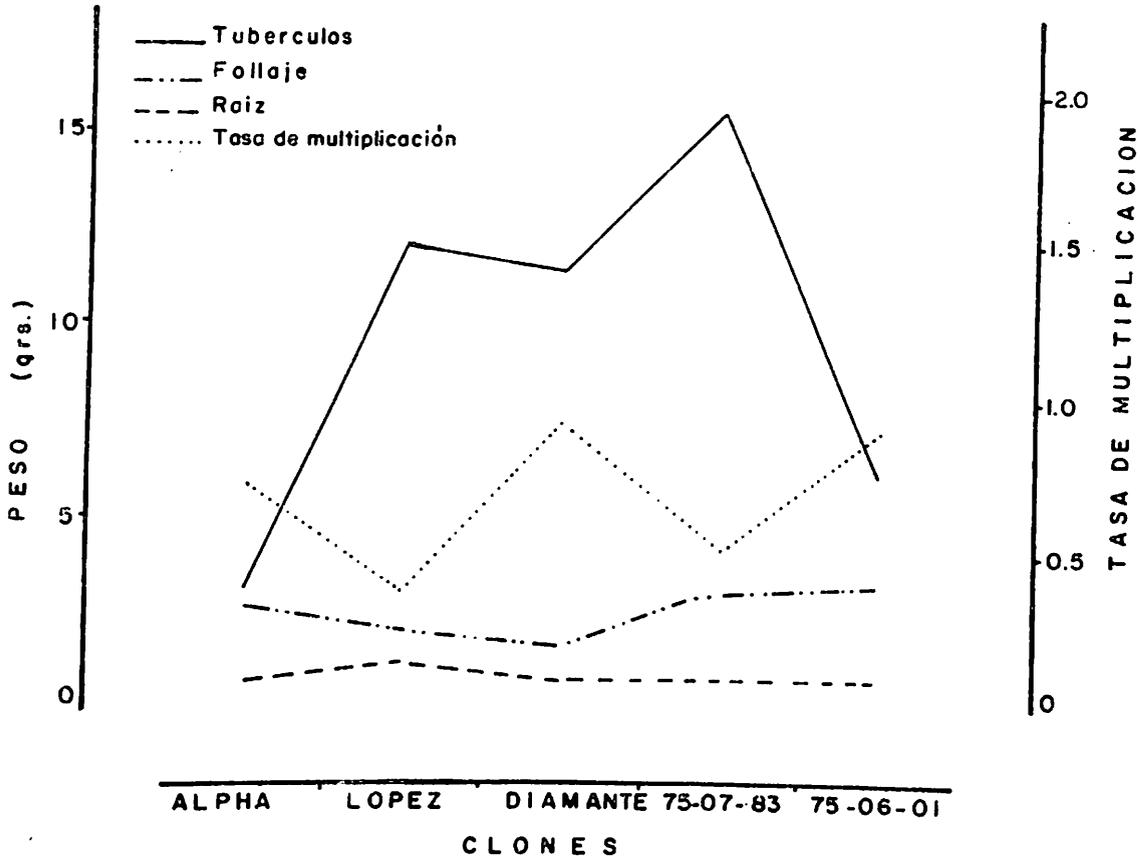


FIGURA 4.5. EFECTO DE LA POBLACION DE *G. rootochiensis* PROCEDENTE DE NAVIDAD, N.L. SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DE CINCO CLONES DE PAPA Y LA MULTIPLICACION DEL NEMATODO SOBRE LOS CLONES.

CUADRO 4.5. Cuadrado medio de las variables evaluadas en un clon resistente y uno susceptible bajo diferentes niveles de inoculación con Globodera rostochiensis.

	Peso fresco del follaje/peso fresco de la raíz	Peso seco del follaje/peso seco de la raíz.	Tasa de multiplicación
Clones	21.07	2.24	126.17
Densidad de inoculación	2.05	1.67	170.66 +
Clones x densidad	22.15	0.22	94.63
Error	25.92	2.06	43.94

	Peso seco Total	Índice de cosecha	Eficiencia de área foliar.	Índice de área foliar.	Peso de tubérculos	No. de quistes.
Clones	5.60++	11.84++	0.67++	.0013++	340.60+	11353.50++
Densidades de inoculación	1.70 ++	0.75	0.09	.0003 +	6.21	10050.83++
Clones x densidad	0.83	0.90	0.10	.0001	24.14	1283.82
Error	0.34	0.93	0.04	.0001	24.71	945.83

CUADRO 4.5. . . . ., C o n t i n u a c i ó n

	Peso fresco total	Peso seco del follaje	Número de tubérculos.	Peso fresco del follaje	Peso fresco de la raíz.	Altura
Clones	57.66 ++	0.26 ++	7.04 ++	3.22 ++	3.45 ++	108.37+
Densidad de inoculación	8.55 +	0.06	0.48	1.17 +	0.86	36.81
Clones x densidad	12.98 ++	0.03	0.37	0.51	2.33+	25.81
Error	1.86	0.05	0.37	0.30	0.55	24.91

	Número de folíolos	Peso fresco de follaje	Área foliar
Clones	1666.66 ++	32.90	4959.37 +++
Densidad de inoculación	59.44	5.72	1254.81
Clones x densidad	103.22	4.56	705.70
Error	98.04	1.82	529.62

+ Indica significancia al 5 % de probabilidad  
 ++ Indica significancia al 1 % de probabilidad

de suelo (Cuadro 15) y el clon en el cual se reproduce el nematodo fue Alpha (Cuadro 14).

En el peso seco total se observó que el clon que presentó el mayor valor fue Alpha, y el nivel con el valor más alto fue el de 10 quistes/kg de suelo. Para el índice de cosecha el cultivar.

Diamante fue el más sobresaliente (Cuadro 14) al igual que para las variables. Eficiencia de area foliar, peso de tubérculos, número de tubérculos y altura mientras que el cultivar Alpha presentó los más altos valores para índice de área foliar. Número de quistes, peso seco de raíz, peso seco del follaje, peso fresco de la raíz, número de foliolos, peso fresco de follaje y el área foliar.

En el índice de área foliar el nivel de 10 quistes/kg de suelo tuvo el más alto valor. En la interacción de clon por densidad de inoculación sólo se encontró diferencias significativas para las variables, peso fresco total y peso fresco de la raíz. Para las dos, el cultivar Alpha con el nivel de 10 quistes/kg de suelo presentó los valores más altos.

En las gráficas de la Figura 4.6 se observa con mayor claridad el efecto del nivel de inoculación sobre los cultivares Alpha y Diamante, en los dos el nivel en el cual se multiplica más el nematodo es el de 10 quistes/kg de suelo y a niveles más altos de infestación se reduce en los dos cultivares el peso del follaje, de la raíz y de los tubérculos.

Mientras que la producción en Alpha se reduce grandemente, Diamante conserva una producción regular.

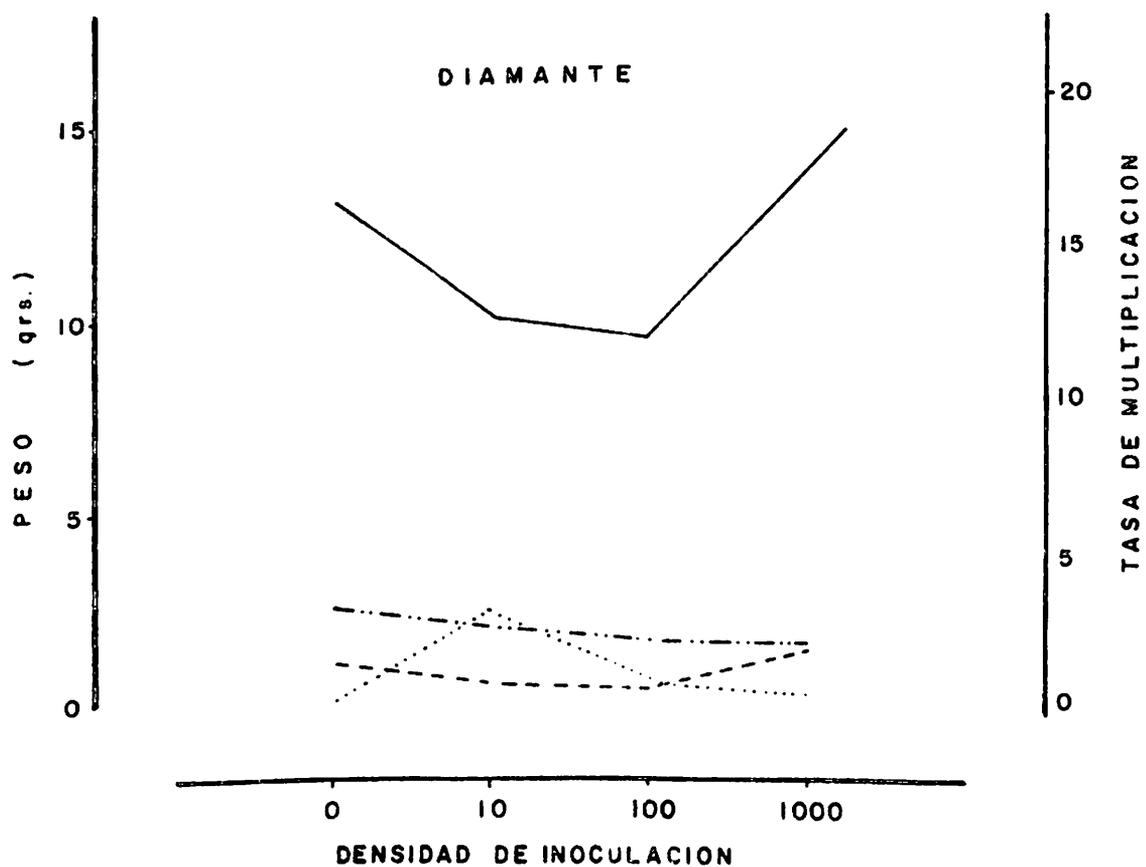
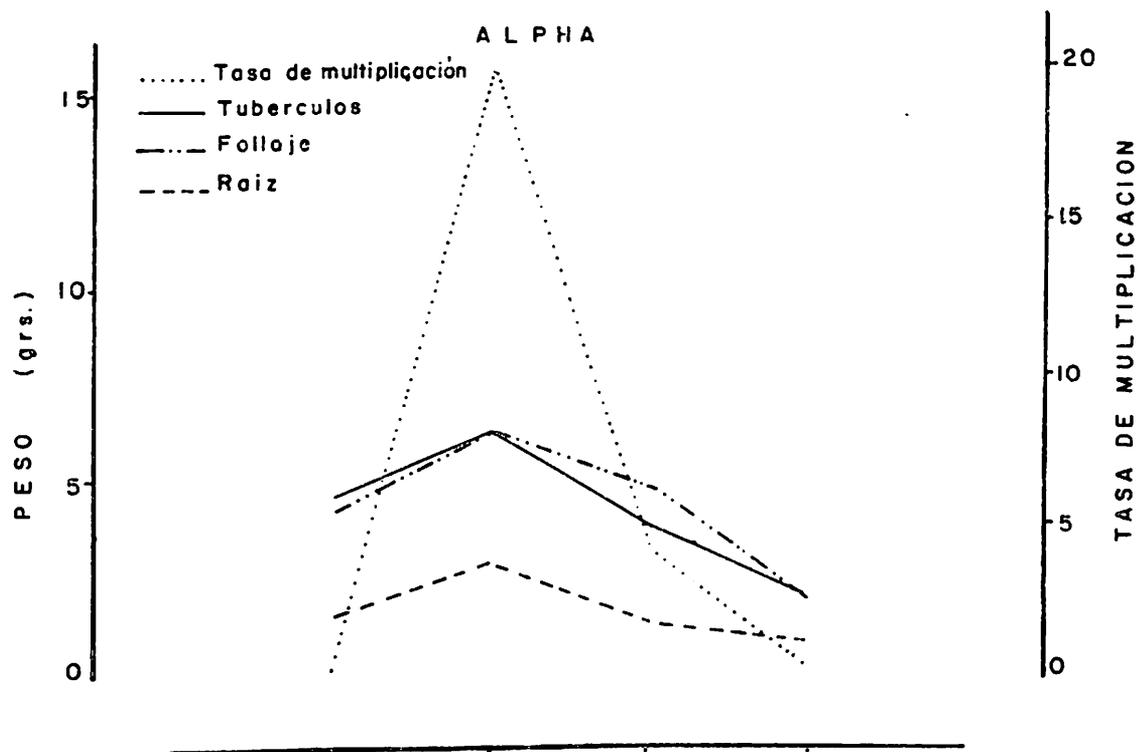


FIGURA 4.6. EFECTO DEL NIVEL DE INOCULACION SOBRE EL PESO DE DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DE PAPA UN CULTIVO SUSCEPTIBLE Y UNO RESISTENTE A *G. rostochiensis* Y LA MULTIPLICACION DE ESTA SOBRE LOS CLONES.

## DISCUSION

### Comparación del grado de tolerancia de 26 clones de papa al nemátodo dorado

En la mayoría de las variables evaluadas se encontraron diferencias significativas entre los clones, lo cual indica que existe gran variabilidad genética entre ellos. Siendo esto esencial en cualquier programa de mejoramiento genético (Scurrah, 1981).

En el Cuadro 2.4 se presenta el grado de asociación entre las variables, dentro de las más importantes correlaciones entre el número de quistes y las otras variables se puede enumerar los siguientes:

La correlación negativa entre el peso de los tubérculos y el número de quistes encontrada en este estudio concuerda con los trabajos de diferentes autores (Rodríguez, 1973, Franco, 1981), lo que demuestra la agresividad del nematodo dorado presente en la región de Navidad, N.L. y su peligro potencial si no se establece un manejo adecuado del citado organismo.

El peso de la raíz también se vió afectado negativamente, esto es importante dado que las plantas con menor cantidad de raíces tendrían menos oportunidad de explorar el suelo y tomar los nutrientes y el agua necesaria, respecto a esto Evans et al. (1979) mencionan que puede ser debido a que el nematodo provoca una muerte progresiva de las raíces. Por otra parte, también se detectó que la infestación del nematodo reduce el área foliar presente al momento de la cosecha, la cual se estimó por la relación eficiencia de área foliar, esto concuerda con lo reportado por Trudgill et al. (1975a), los que exponen que las plantas más susceptibles tienen hojas pequeñas y senecen precozmente, esto es importante, dado que una planta afectada tendrá menos superficie fotosintética por lo cual su producción de fotosintatos se reduce y se tiene menos materia prima para almacenamiento en los tubérculos lo que traerá por consecuencia bajos rendimientos.

De la clasificación de los clones de acuerdo a su producción y tolerancia al ataque de G. rostochiensis podemos definir que en terrenos infestados se puede cultivar los clones del grupo resistente - tolerantes, dado que no se multiplicaría el nematodo y se tendría una producción mayor que el testigo, el grupo de resistentes - intolerantes se puede utilizar en un programa de mejoramiento como fuente de resistencia al nematodo dorado, mientras que el grupo de susceptibles - tolerantes es el grupo al cual habría que incorporarlo más resistencia para que su producción no disminuyera y el nematodo no se llegara a reproducir.

En el grupo resistentes - tolerantes se observó que el clon D-142 se comportó diferente a los demás dado que redujo grandemente la población lo que tal vez se deba a que este clon produce sustancias que estimulen la emergencia de las larvas de los quistes, pero inhiba la formación de los sincitios mientras que los demás clones como Diamante, E-3-1, 57-32-72, Atzimba, y 78-07-34 probablemente su mecanismo de resistencia se deba a que no producen las sustancias que estimulen la emergencia de larvas.

#### Determinación de citocininas en plantas con diferentes grados de resistencia a Globodera rostochiensis

En todas las plantas utilizadas para este experimento se encontró actividad biológica típica de citocininas, lo cual concuerda con lo propuesto por Noel y McClure (1978), quienes mencionan que el ataque de los nematodos altera el metabolismo de las plantas infectadas.

En la figura 4.2 se observa que los clones más resistentes presentaban más cantidades de kinetina presentes en las raíces que los clones susceptibles, lo cual representaba una correlación negativa; sin embargo, no todos los clones tenían igual cantidad de raíces, por lo que al hacer la transformación a ug de kinetina por gr de peso seco de la raíz se presenta otra situación muy diferente, dado que la tendencia que siguen las variables es una correlación positiva aunque no significativa, esto concuerda con lo expuesto por Krupasag

y Barker (1966) quienes encontraron mayor cantidad de citocininas en plantas de tabaco susceptibles a Meloidogyne incognita.

Al respecto Staden y Dimalla (1977), reportaron que el aumento en la actividad de las citocininas, en plantas susceptibles y resistentes.

Respuesta de cinco clones de papa al ataque de tres poblaciones de Nematodo Dorado

En las pruebas de comparación de medias (Cuadro 9), se observa que la población de nematodos de Nuevo León y la población de nematodos de Guanajuato se comportaron en forma muy similar, siendo éstos más agresivos que la población de nematodos del Estado de México. Phillips y Trudgill (1983) también detectaron diferencias en cuanto a virulencia entre diferentes poblaciones de Globodera pallida.

Estas diferencias en cuanto a virulencia pueden deberse según Turner et al (1983), a diferentes complementos y frecuencia de genes para virulencia en el nematodo.

El cultivar Diamante fue el que mejor rendimiento presentó bajo el ataque de las diferentes poblaciones.

Efecto de diferentes niveles de inoculación de Globodera rostochiensis sobre un cultivar resistente y uno susceptible

El cultivar Diamante presentó la tasa de multiplicación más baja que el cultivar Alpha. En las gráficas de la

Figura 4.6 se observa que se abaten más los rendimientos en el cultivar Alpha que en el cultivar Diamante cuando se incrementa el nivel de inoculación en el cultivar de Alpha con un nivel de inoculación de 10 quistes/kg de suelo se presentó un aumento con respecto al testigo en el peso del follaje, peso de la raíz y peso del tubérculo, esto puede deberse a que a bajos niveles de inoculación se promueve un aumento en el peso de las raíces, lo que origina que se incremente el peso de los tubérculos, resultados semejantes fueron encontrados en tomate por Landeros (1975).

Se encontró que la tasa de multiplicación a bajos grados de inoculación tiene más altos incrementos que los niveles más altos, para Kort (1962) este incremento tienen que llegar a un máximo, desde donde tendería a decrecer.

En este experimento se observó que en el cultivar Alpha al aumentar el grado de inoculación disminuye el peso de follaje, el peso de la raíz y el peso del tubérculo, mientras que para el cultivar Diamante esta reducción no es tan fuerte.

## CONCLUSIONES

En concordancia con los objetos planteados al inicio del presente estudio y con el apoyo de los resultados obtenidos se pueden derivar las siguientes conclusiones:

Se encuentra suficiente variabilidad genética entre los clones evaluados.

El patotipo del nematodo dorado presente en la región de Navidad, N.L. afecta negativamente el peso del tubérculo, el número de tubérculos, peso fresco de la raíz, el índice de cosecha y la eficiencia del área foliar.

Los clones más resistentes y con producción superior al testigo fueron 57-32-72, Atzimba, E-3-1, Diamante, 78-07-34 y D-142, mientras que los clones en los cuales se multiplicó más el nematodo y tuvieron los más bajos rendimientos fueron 78-2-67, 73-7-76, 75-06-01, 80-08-67, 80-35-88 y AKK-69-1.

Se encontró una correlación positiva aunque no significativa entre el contenido de citocininas por gramo de peso seco en las raíces y la multiplicación del nematodo en los clones.

La población de Globodera rostochiensis procedente de la región de Navidad, N.L., tiene mucha semejanza en el

comportamiento con la población de E. rostochiensis del Estado de Guanajuato siendo estas las dos poblaciones que más afectan los diferentes parámetros evaluados, siendo el cultivar Diamante el que presentó la más alta producción bajo el ataque de las diferentes poblaciones.

El nematodo dorado presente en Navidad, N.L. tiene la más alta reproducción a niveles bajos de inoculación, mientras que al incrementar el nivel de inoculación se afectan grandemente el peso del follaje, el peso de la raíz y el peso de los tubérculos en el cultivar Alpha, mientras que la producción del cultivar Diamante no se reduce tanto en el cultivar Alpha.

## RESUMEN

El cultivo de la papa ocupa un importante lugar a nivel mundial, dada su gran producción por unidad de superficie, dentro de las principales plagas y enfermedades de este cultivo se encuentra el nemátodo dorado Globodera rostochiensis - (Woll, 1923) Mulvey y Stone, 1976.

Este parásito llega a reducir considerablemente los rendimientos, además de que su presencia es causa de medidas cuarentenarias, por lo que las pérdidas económicas pueden llegar a ser aún mayores.

En nuestro país la presencia de este nematodo se reportó por primera vez en 1971 en la región de León, Gto., sin embargo a la fecha se ha distribuido por gran parte de México (Rodríguez, 1973).

Se han utilizado diferentes métodos de control, uno de estos es la resistencia genética, la cual no implica costos directos para el agricultor ni contaminación en el medio ambiente. En base a esto, se plantearon como objetivos del presente estudio los siguientes: La selección de genotipos de papa más tolerantes al ataque del nematodo, la relación entre el contenido de citocininas en las raíces de las plantas y su tolerancia al nematodo y la observación de la agresividad del patotipo presente en la región de Navidad, N.L.

en particular y la de diferentes poblaciones de nemátodos - del país en general.

Durante 1985 y 1986 se realizó el presente trabajo en la U.A.A.A.N. bajo condiciones de invernadero donde se evaluaron 26 clones los cuales se sembraron en macetas con capacidad de 2.5 kg de suelo, las cuales fueron inoculadas con 250 quistes por maceta. Se observó que el número de quistes - afecta negativamente el peso de los tubérculos, el número de tubérculos, el peso de las raíces y la eficiencia del área foliar. Los clones que tuvieron mayor rendimiento que el testigo y no permitieron que se reprodujera el nematodo fueron Diamante, D-142, K-3-1, 57-32-72, Atzimba y 78-07-34.

Para el segundo objetivo, se seleccionaron clones que diferían en su nivel de resistencia, determinándose el contenido de citocininas de las raíces de los clones por medio de cromatografía de capa fina encontrándose una correlación positiva aunque no significativa.

Entre el contenido de citocininas presentes en la raíz y el número de quistes que se reproducen en ellas. Para el tercer objetivo, se estudió el efecto de diferentes niveles de inoculación sobre un cultivar susceptible y uno resistente, presentándose en este experimento una reducción en el peso del follaje, de la raíz y de los tubérculos. Asimismo, - se observó que en el cultivar susceptible a medida que aumentaba el nivel de inoculación en el cultivar resistente, la reducción del peso de los tubérculos no fue tan drástica.

En el estudio del comportamiento de cinco clones de papa al ataque de diferentes poblaciones de nematodos se observó que las poblaciones provenientes de Nuevo León y Guanajuato resultaron ser los más agresivos, además de que el comportamiento de las dos poblaciones fue muy similar.

## LITERATURA CITADA

- Balasubramanian, M. and G. Rangaswami. 1962. Presence of indole compound in nematode galls. *Nature* 194:774-775. Great Britain.
- Brodie, B.B., R.G. Rowberry and R.H. Coffin. 1983. Resistance of the potato cv. Simcoe to the golden nematode - Globodera rostochiensis Woll. *Am. Potato. J.* 60(8): 644. United States of America.
- Brown, E.B. and G.B.S. Ykes. 1983. Assessment of the losses caused to potatoes by the potato cyst nematode Globodera rostochiensis and G. pallida. *An. Appl. Biol.* 103:271-276. Great Britain.
- Camacho G., J.S. 1979. El nematodo dorado de la papa Globodera rostochiensis (Woll. 1923) Mulvey y Stone 1976. *Boletín de información técnica*. Dirección de Sanidad Vegetal. S.A.R.H. México.
- Camacho G., J.S., C. Soma M y L. Fucikowsky. 1979. Interacción de Globodera rostochiensis (Woll. 1923) Mulvey y Stone 1976 y Pseudomonas solanacearum, E.F. Smit en papa cv. Alpha. III Reunión de Nematólogos de México, pag. 1. México.
- Canto S., M. 1985. The nature of resistance to Meloidogyne incognita (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949. - pag. 225-231. In: J.N. Sasser and C.C. Carter (eds) *Advanced treatise on Meloidogyne*. Vol. I Biology and Control. North Carolina State Univ. Graphics. United States of America.
- Canto S., M. y M. Scurrah. 1975. Variability potato cyst-nematode (Heterodera spp) in the Andean Region. *Menatropica* 5 (2):20. Costa Rica.
- Canto S., M. y M. Scurrah. 1976. Identificación de especies del nematodo de quiste de la papa en poblaciones andinas según la secuencia del color de la hembra. *Nematropica*. 5(1):1-19. Costa Rica.

- Cornejo C., R. 1979. Efecto de Globodera rostochiensis sobre el cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum). III Reunión de Nematólogos de México. pag. 10 México.
- Cornejo C., R. 1980. Evaluación de la susceptibilidad de seis variedades de jitomate Lycopersicon esculentum Mill. Al ataque de Globodera rostochiensis (Woll) Mulvey y Stone. 1976. (Nematoda:Heteroderidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas U.A.N.L. Monterrey, N.L. México. 70 p.
- Cornejo G., R. S. Delgado S y J.S. Camacho G. 1979. Comportamiento de las variedades de papa Alpha y Hudson inoculadas con Globodera rostochiensis (Woll 1923) Mulvey y Stone 1976. III Reunión de Nematólogos de México. p. 2. Monterrey, N.L. México.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1981. Informe anual - del CIP, 1980. Lima, Perú. 144 p.
- Centro Internacional de la papa (CIP). 1982. Informe anual - del CIP, 1981. Lima, Perú. 134 p.
- Centro Internacional de la papa (CIP). 1983. Informe anual - del CIP. 1982. Lima, Perú. 158 p.
- Centro Internacional de la papa (CIP). 1984. Informe anual + del CIP. 1983. Lima, Perú. 176 p.
- Chia-ling, H. and R.A. Rohde. 1973. Phenol accumulation related to resistance in tomato to infection by root-knot and lesion nematodes. J. Nematol. 5 (4):253-258. United States of América.
- Dale, M.F.B. and M.S. Phillips. 1982. An investigation of resistance to the White potato cyst-nematode. J. Agric. Sci. Comb. 99:325-328. Great Britain.
- Dopkin, V.H., J.P. Helgeson and D.C. Upper. 1969. The hypersensitivity reaction of tomatoes resistance to Meloidogyne: Reversal by cytokinins. J. Nematol. 1(1): 55-61. United States of America.
- Epstein, E. 1972. Biochemical changes in terminal roots galls caused by an ectoparasitic nematode, Longidorus africanus: phenols carbohydrates and cytokinins. J. Nematol. 4(4):246-250. United States of America.
- Epstein, E. Cohn. 1971. Biochemical changes in terminal roots galls caused by an ectoparasitic nematode. Longidorus africanus: aminoacids. J. Nematol. 3(4):334-340. United States of America.

- Evans, K. 1982. Effects of host variety, photoperiod and chemical treatments on hatching of Globodera rostochiensis. J. Nematol. 14(2):203-207. United States of America.
- Evans, K. 1982. Interactions between Globodera pallida, G. rostochiensis and Verticillium dahliae on four potato cultivars. Nematologica 28(2):143-144. The Netherlands.
- Evans, K. and B.B. Brodie. 1980. The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the U.S.A. An. Potato J. 57:79-89. United States of America.
- Evans K. and J. Franco. 1977. Tolerance to cyst - nematode attack in commercial potato cultivars and some possible mechanisms for its operation. Nematologica 25(2):153-162. The Netherland.
- Evans, K., K.J. Parkinson and D.L. Trudgill. 1975. Effects of potato cyst-nematodes on potato plants. III. Effects on the water relation and growth of a resistant and - susceptible variety. Nematologica 21:273-280. The Netherland.
- Evans, K. and A.R. Stone. 1977. A review of the distributions and biology of the potato cyst-nematodes Globodera rostochiensis and G. pallida. PANS 23 (2):173-189. Great Britain.
- Fassuliotis, G. 1985. The role nematologist in the development of resistant cultivars. pag. 233-240 in: J.N. Sasser and C.C. (Earler eds). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and Control Nort Carolina State Univ. Graphics. United States of America.
- Ferris, J. M.M. 1957. Effects of soil temperature on the life cycle of the golden nematode in host and non host species. Phytopathology 47:221-230. United States of America.
- Fleming, C.C. and R.J. Marks. 1983. The identification of the potato cyst-nematodes Globodera rostochiensis and G. pallida by isoelectric focusing of proteins on polyacrylamide gels. Ann Appl. Biol. 103:277-281. Great Britain.
- Forrest, J.M.S. and D.T. Coxon. 1980. The relationships between glycoalkaloids and resistance to the white potato cyst nematodes Globodera pallida in potato clones derived from Solanum vernei. Ann. Appl. Biol. 94:265-268. Great Britain.
- Forrest, J.M.S. and M.S. Phillips. 1984 a. The effects of Solanum tuberosum y S. vernei hybrids on hatching of the potato cyst nematode Globodera pallida. Ann. Appl. Biol. 104:521-526. Great Britain.

- Forrest, J.M.S. and M.S. Phillips. 1984b. The effect of continuous rearing of a population of Globodera pallida (Pa 2) on susceptible or partially resistant pathology. Plant Pathology. 33:53-56. Great Britain.
- Franco, J. 1981. Nematodos del quiste de la papa Globodera spp. Boletín de Información técnica. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú.
- Franco, J. and K. Evans. 1978. Mating of British and Peruvian populations of potato cyst-nematodes Globodera spp. Nematologica 8 (1):5-9. Costa Rica.
- Fuller, J.M. and H.W. Howard. 1974. Breeding for resistance to the white potato cyst-nematode Heterodera pallida. Ann. Appl. Biol. 77:121-128. Great Britain.
- Giebel, J. 1970. Phenolic content in roots of some Solaceae and its influence on IAA-Oxidase activity as an indicator of resistance to Heterodera rostochiensis nematologica. 16:22-32. The Netherlands.
- Giebel, J. 1974. Biochemical mechanism of plant resistance to nematodes: A review. J. of Nematol. 6(4):175-184. United States of America.
- Giebel, J. 1984. Mechanism of resistance to plant nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 20:257-279. United States of America.
- Gibel, J., J. Krens and A. Wiliki. 1971. Localization of some enzymes in roots of susceptible and resistant potatoes infected with Heterodera rostochiensis. Nematologica 17:29-33. The Netherlands.
- Glazer, I., D. Orion and A.A. Pelbaum. 1983. Interrelationships between ethylene production, gall formation and root-knot nematode development on tomato plants infected with Meloidogyne javanica J. Nematol. 15(4): 539-544. United States of America.
- Hesling, H.S., K. Pawelska and A.M. Shepheed. 1961. The response of potato root eelworm, Heterodera rostochiensis Woll and eelworm, H. Schachtii Schmidt to root diffusates of some grasses, cereals and of Tagetes minuta. Nematologica 6:207-213. The Netherlands.
- Howard, H.W., C.S. Cole and J.M. Fuller. 1970. Further sources of resistance to Heterodera rostochiensis Woll. in the andigena potatoes. Euphytica 19:210-216. The Netherlands.
- Huang, J. 1985. Mechanism of resistance to root-knot nematodes. pag. 165-173. In: J.N. Sasser and C.C. Carter (eds) An advanced treatise on Meloidogyne Vol. I Biology and Control. North Carolina State Univ. Graphics. United States of America.

- Huitzacua A., M. y J.S. Camacho G. 1979. Dinámica de población del nematodo dorado en papa y jitomate. III Reunión de Nematólogos en México. p. 7. Monterrey, N.L. México.
- Hussey, R.S. 1985. Host-parasite relationships and associated physiological changes. pag. 143-153. In: J. N. Sasser and C.C. Carter (eds.) An advanced treatise on Meloidogyne Vol. I. Biology and Control. North Carolina State Univ. Graphics. United States of America.
- Jones, F.G.W. 1974. Host-parasite relationships of potato cyst-nematodes a speculation arising from the gene for gene hypothesis. *Nematologica* 20:437-443. The Netherlands.
- Jones, M.G.K. 1981. Host cell responses to endoparasitic nematodes attack. structure and function of giant cells and syncytia. *Ann. Appl. Biol.* 97:353-372. Great Britain.
- Klar, A. E. and J. Franco. 1979. Effects of cyst-nematodes on the water relations of two potato varieties. *Turrialba* 29 (1): 41 - 44. Costa Rica.
- Kochba, J. and R.M. Samish. 1972. Level of endogenous cytokinins and auxin roots of nematode resistant and susceptible peach rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97 (1):115-119. United States of America.
- Kort, J. 1962. Effects of population density on cyst production in Heterodera rostochiensis Woll. *Nematologica* 7: 305-308. The Netherlands.
- Krupasagar, V. and K.R. 1966. Increased cytokinin concentrations in tobacco infected with the root-knot nematode Meloidogyne incognita. *Phytopathology* 56(8): 885. United States of America.
- Landeros F., J. 1975. Estudio de la respuesta del tomate Lycopersicon esculentum Mill. inoculado con diferentes poblaciones de Heterodera rostochiensis Woll. (1923) - (Nematodo: Heterodorida) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. UANL. Monterrey, N.L. México. 57 p.
- Mendoza, N.A. and P. Jatala. 1985. Breeding potatoes for resistance to the root-knot nematode Meloidogyne species. pag. 217-224. in J.N. Sasser and C.C. Carter (eds.) An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I Biology and Control. North Carolina State Univ. Graphics. United States of America.

- Momeni, D.A., R.L. Plaisted, L.C. Peterson and M.B. Harrison. 1969. The inheritance of resistance to the golden nematode (Heterodera rostochiensis) in solanum fomatinal and S. Neohawkesii. Am. potato J. 46:123-131. United States of America.
- Mondy, N.I., S. Chandra and W.D. Evans. 1985. Enzimatica discoloration and phenolic content of potato tubers from cultivars resistente and susceptible to the golden nematode. Am. Potato J. 62: 207-213. United States of America.
- National Academy of Sciences (NAS). 1980. Control de nematodos de parasitos de plantas. Ed. LMUSA, S.A. México. 220 p.
- Noel, G.R. and M.A. Mc Clure. 1978. Perosicose and 6-Phosphogluconate dehydrogenose in resistant and susceptible cotton infected by Meloidogyne incognita. J. Nematol. 10(1): 34-38. United States of America.
- Parrot, D.M. 1981. Evidence for gene-for gene relationships between resistance gene H. from Solanum tuberosum ssp andigena and a gene in Globodera rostochiensis, and between Hw from S. multidissectum and a gene in G. pallida. Nematologica 27 (3) 372-384. The Netherlands'
- Perry, R.N., J.A. Hodges and J. Beorne. 1981. Hatching of - Globodera rostochiensis in response to potato root - diffusate persisting in soil. Nematologica 27(3): - 348 - 350. The Netherlands.
- Phillips, M.S. 1981. A method of assessing potato seedling progenies for resistance to the white cyst-nematode. Potato Res. 24:101-103. The Netherlands.
- Phillips, M.S. and M.F.B. Dale. 1982. Assessing potato seedling progenies for resistente to the white potato cyst-nematode. J. Agric. Sci. Comb. 99:67-70 Great Britain.
- Phillips, M.S., J.M.J. Forrest and L.A. Farrer. 1982. Inva - sion and development of Globodera pallida in hybrids of Solanum vernei x S. tuberosum. Am. Appl. Biol. 100: 337-334. Great Britain.
- Phillips, M.S., J.M.S. Forrest and A.M. Hayter. 1979a. Geno - type x environment interaction for resistance to the white potato cyst-nematode (Globodera pallida Pathotype) in Solanum vernei x S. tuberosum hybrids. Euphtica 28:515-519. The Netherlands.
- Phillips, M.S., J.M.S. Forrest and L.A. Wilson. 1980. Scree - ning for resistance to potato cyst-nematode using for resistance to potato cyst-nematode using closed contain - ners. Ann. Appl. Biol. 96:317-322. Great Britain.

- Phillips, M.S. and D.L. Trudgill. 1983. Variation in the ability of Globodera pallida to produce females on potato clones bred from Solanum vernei of S. tuberosum esp. andigena CPC 2802. Nematologica 29:217-226. The Netherlands.
- Phillips, M.S., L.A. Wilson and J.M.S. Forrest. 1979b. General and specific combining ability of potato parents for resistance to the white potato cyst-nematode (Globodera pallida). J. Agri. Sci. Comb. 92:255-256. - Great Britain.
- Plant Pest Control División (PPCD). 1969. The golden nematode of potatoes and tomatoes. Bolletín No. 361. U.S. Department of Agriculture p. 4. United States of America.
- Roberts, P.A. and A.R. Stone. 1983. Comparisons of invasion and development of Globodera spp and European potato cyst-nematode pathotypes in roots of resistant Solanum sp. leptostomonum spp. Nematologica. 29:95-108. The Netherlands.
- Rodríguez C., E. 1973. Estudio preliminar sobre el nematodo dorado de la papa Heterodera rostochiensis Woll. (Nematodo: Heteroderidae) en México. Tesis Maestría, C.P. Chapingo, México.
- Rohde, R.A. 1972. Expression of resistance in plants to nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 10:233-252. United States of America.
- Rowberry, R.G. and A.J.D. Howells. 1979. Potato production marketing and use in Nort America. potato Res. 22: - 163-175. Great Britain.
- Sarakoski, M.L. 1976. Potato cyst-nematode Heterodera rostochiensis discovered in Finnish lopland Nematologica. 22N2230225. The Netherlands.
- Scurrah M. 1981. Evaluación de la resistencia en papa a los nematodos del quiste. Boletín de información técnica. 10. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- Setty, K.G.H. and A.W. Wheeler. 1968. Growth substances in roots of tomato (Lycopersicon esculentum M.) infected with root knot-nematodes (Meloidogyne spp) Ann. Appl. Biol. 61:495-50. Great Britain.
- Sherwod, R.T. and D. Huisingh. 1970. Calcium nutrition on resistance of alfalfa to Ditylenchus dipsasi. J. Nematol. 2(4):316 - 323. United States of America.

- Sidhu, G.S. and J.M. Webster. 1981. The genetics of plant nematode parasite system. *Bot. Rev.* 43(3): 387 - 419. United States of America.
- Staden J. Van and G.G. Dimalla. 1977. A comparación of the endogenous cytokinin in the roots and xylem exudate - of nematode-resistant and susceptible tomato cultivars. *J. Exp. Bot.* 28(107): 1351-1356. United States of America.
- Stone, A.R. 1975. Taxonomy of potato cyst-nematodes. EPP0 - conference on Heterodera rostochiensis. 32-36 Denmark.
- Storey, R.M. and R.J. Morks. 1983. Screening for resistance to potato cyst-nematodes using bioluminescent photometry. *Ann. Appl. Biol.* 103:321-326. Great Britain.
- Trudgill, D.L. and L.M. Cotes. 1983a. Differences in the tolerance of potato cultivars to potato cyst-nematode (Globodera rostochiensis and G. pallida) in field - trials with and without nematicides. *Ann Appl. Biol.* 103:373-384. Great Britain.
- Trudgill, D.L. and L.M. Cotes. 1983b. Tolerance of potato to potato cyst-nematodes (Globodera rostochiensis and G. pallida) in relation to the growth and efficiency of the root system. *Ann. Appl. Biol.* 102:385-397. Great Britain.
- Trudgill, D.L., K. Evans and D.M. Parrott. 1975a. Effects of potato cyst-nematodes on potato plants. I. Effects in a trial with irrigation and fumigation and the growth and nitrogen and potassium contents of a resistant and susceptible variety. *Nematologica* 21:169-182. The Netherlands.
- Trudgill, D.L., K. Evans and D.M. Parrot. 1975b. Effects of potato cyst-nematodes on potato plants. II Effects on haulm size, concentration of nutrients in haulm. *Nematologica*. 21:183-191. The Netherlands.
- Trudgill, D.L. and D.M. Parrott. 1973. Effects of growing resistant potatoes with gene H. from Solanum tuberosum spp andigena on population of Heterodera rostochiensis British Pathotype A. *Ann. Appl. Biol.* 73:67-75. Great Britain.
- Trudgill, D.L., D.M. Parrott, K. Evans and F.V. Widdewson. 1975 b. IV Effects on fertilizers and Heterodera rostochiensis on the yield of two susceptible varieties. *Nematologica*. 21:281-286. The Netherlands.
- Turner, S.J. and A.R. Stone. 1981. Hatching of potato cyst-nematodes (Globodera rostochiensis), G. pallida) in root exudates of Solanum vernei hybrids. *Nematologica* 27:316-318. The Netherlands.

- Turner, S.J., A.R. Stone and H.N. Perry. 1983. Selection of potato cyst-nematodes on resistant Solanum vernei hybrids. *Euphytica* 32:911-917. The Netherlands.
- Veech, J.A. 1982. Phytoalexins on their role in resistance of plants to nematodes. *J. Nematol.* 14(1):2-9 United States of America.
- Veech, J.A. and M.A. McClure. 1977. Terpenoid aldehydes in cotton roots susceptible and resistant to the root-knot nematode, Meloidogyne incognita. *J. Nematol.* 9(3)::225-229. United States of America.
- Wal, A.F. Vander and J.H. Vinke. 1982. Soil temperatura and moisture control in relation to screening Solanum spp for resistente to the potato cyst-nematode (Globodera sp) in greenhouse. *Potato Res.* 25:23-29. Great Britain.
- Wang, K.G. 1975. Effect of Meloidogyne incognita en selected forest tree species. *J. Nematol.* 7N146-149. United States of America.
- Webley, D.P. and F.G.W. Jones. 1981. Observations on Globodera pallida and G. rostochiensis on early potatoes. *Pl. Path.* 30:217-244. United States of America.
- Wilski, A. and J. Giebel. 1966. B. glucosidose in Heterodera rostochiensis and its significance in resistance of potato to this nematode. *Nematologica.* 12:219:224. - The Neterhlands.

A P E N D I C E

CUADRO 1. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Número de foliolos	Clon	Altura
80-8-67	a	López	a
80-8-10	a b	78-1-48	a
75-05-71	a b c	80-8-10	b c
78-7-34	a b c d	78-8-34	b c d
80-8-29	a b c d	80-8-29	b c d e
Atzimba	a b c d	75-08-26	b c d e
78-7-76	a b c d	E-3-1	b c d e
7 5-07-83	a b c d	80-8-67	b c d e
AKK-69-1	a b c d	D-142-8	b c d e
57-32-72	a b c d	75-06-01	b c d e f
75-06-01	a b c d	75-07-59	b c d e f
Greta	a b c d e	AKK-69-1	b c d e f
D-142-8	b c d e	Atzimba	b c d e f
75-08-26	b c d e	80-35-88	b c d e f
López	b c d e	78-7-76	b c d e f
E-3-1	c d e	Diamante	b c d e f
75-07-08	c d e	67-60-37	c d e f
75-07-08	c d e	75-07-83	c d e f
67-60-37	c d e	75-07-83	c d e f
D-12-13	c d e	Alpha	c e d f
78-1-48	d e	75-07-08	c e d f
Atzimba	d e	75-04-89	c e d f
Alpha	d e	78-2-67	d e f
80-35-88	d e	Greta	e f
Diamante	d e	D-121-3	f
78-2-67	d e	75-05-71	
75-04-89	e	57-32-72	

Tratamiento con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad.

CUADRO 2. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculada con Globodera rostochiensis.

Clon	Número de tubérculos	Clon	Peso fresco de raíz
67-60-37	a	78-7-34	a
75-06-01	a b	E-3-1	a b
75-07-83	a b c	D-121-3	a b c
80-8-67	a b c d	80-8-10	a b c d
80-35-88	a b c d e	75-05-71	b c d e
80-8-29	a b c d e	Greta	c d e f
Diamante	a b c d e	López	c d e f
78-2-67	a b c d e	78-1-48	d e f
75-04-89	b c d e	AKK-69-1	d e f
75-07-08	c d e	D-142-8	d e f
78-7-76	c d e	80-829	d e f
78-734	c d e	57-32-72	d e f
75-07-59	c d e	Atzimba	d e f
Atzimba	c d e	78-7-76	e f
80-8-26	d e	75-07-59	e f
López	d e	Diamante	e f
75-05-71	d e	75-08-26	e f
75-04-89	d e	80-35-88	e f
57-32-72	d e	80-8-67	e f
Alpha	e	75-07-83	e f
E-3-1	e	Alpha	f
AKK-69-1	e	75-06-01	f
75-07-59	e	67-60-37	f
D-121-E	e	75-04-89	f
D-142-8	e	78-2-67	f
Greta	e	75-07-08	f
72-1-48	e		

Tratamientos con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad

CUADRO 3. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Peso fresco de follaje	Clon	Peso fresco de follaje/peso fresco raíz.
78-7-34	a	80-8-67	a
E-3-1	a b	75-07-08	a b
80-8-10	a b c	78-2-67	a b
Greta	a b c d	Diamante	a b c
D-121-3	a b c d	75-07-83	a b c
75-05-71	a b c d e	75-08-26	a b c
57-32-72	b c d e f	75-06-01	a b c
D-142-8	b c d e f g	57-31-72	a b c
78-7-76	b c d e f g	78-7-77	a b c
78-1-48	b c d e f g h	67-60-37	b c
López	b c d e f g h	75-07-59	b c
AKK-69-1	c d e f g h	Atzimba	b c
Diamante	c d e f g h	Greta	c
75-07-59	c d e f g h	D-142-8	c
Atzimba	c d e f g h	80-35-88	c
70-867	d e f g h	80-829	c
75-08-26	e f g h	75-04-89	c
80-8-29	e f g h	Alpha	c
67-60-3 7	e f g h	AKK-69-1	c
80-35-88	e f g h	78-1-48	c
78-2-67	e f g h	75-05-71	c
75-07-83	e f g h	80-8-10	c
75-06-01	e f g h	E-3-1	c
75-07-08	e f g h	López	c
Alpha	g h	D-121-3	c
75-04-89	h	78-7-34	c

Tratamiento con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad.

CUADRO 4. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Peso seco de follaje/peso seco de la raíz	Clon	Peso seco total
67-60-37	a	80-8-10	a
75-07-83	a b	75-05-71	a b
75-07-08	a b c	75-07-59	a b c
Alpha	a b c	67-60-37	a b c
75-04-89	b c d	E-3-1	a b c d
78-2-67	c d	75-07-08	a b c d
75-07-59	c d	78-7-76	a b c d e
75-08-26	c d	78-1-48	a b c d e
78-7-76	c d	Atzimba	a b c d e f
Diamante	c d	Alpha	b c d e f g
Atzimba	d	D-142-8	b c d e f g g
30-8-67	d	75-08-26	c d e f g g
78-1-48	d	80-8-67	c d e f g g
75-05-71	d	75-07-83	c d e f g g
80-8-10	d	78-7-34	c d e f g
57-32-72	d	Greta	d e f g h
Greta	d	57-32-72	d e f g h
D-142-8	d	78-12-77	d e f g h
E-3-1	d	López	d e f g h
80-8-29	d	Diamante	d e f g h
80-35-88	d	D-121	e f g h
75-06-01	d	80-8-29	e f g h
AKK-69-1	d	AKK-69-1	f g h
López	d	75-04-89	g h
78-734	d	80-35-88	g h
D-121-3	d	75-06-01	h

Tratamientos con letras iguales son no significativos al 5% de probabilidad.

CUADRO 5. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de para inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Peso seco del follaje	Clon	Area foliar
80-8-10	a	78-7-34	a
67-60-37	a b	Greta	a b
75-07-59	a b c	E-3-1	a b
75-07-71	a b c	D-121-3	a b c
75-07-08	a b c d	80-8-10	a b c
78-7-76	a b c d e	78-7-76	a b c d
E-3-1	a b c d e f	75-05-71	a b c d e
78-1-48	a b c d e f g	80-8-67	a b c d e
Atzimba	a b c d e f g h	78-1-48	a b c d e
Alpha	a b c d e f g h i	D-142-8	a b c d e
75-08-26	b c d e f g h i	Diamante	a b c d e
75-07-83	b c d e f g h i	57-32-72	b c d e
75-06-01	c d e f g h i	Atzimba	b c d e
80-8-67	c d e f g h i j	AKK-69-01	c d e
Greta	d e f g h i j	López	c d e
78-7-34	d e f g h i j	80-8-29	c d e
57-31-72	d e f g h i j	80-35-88	c d e
78-2-67	d e f g h i j	75-07-59	d e
Diamante	e f g h i j	67-60-37	d e
López	e f g h i j	75-07-83	d e
80-8-29	f g h i j	75-07-08	d e
D-121-3	g h i j	78-2-67	d e
AKK69-1	h i j	75-06-01	e
75-04-89	h i j	75-04-89	e
80-35-88	i j	Alpha	e
75-06-01	j	75-08-26	e

Tratamientos con letras iguales son no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 6. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Peso de tubérculo	Clon	Indice de cosecha
D-121-3	a	AKK-69-1	a
E-3-1	a b	80-35-88	a b
Diamante	a b c	75-06-01	a b c
78-7-34	a b c d e	Diamante	a b c d
80-8-10	a b c d e	López	a b c d e
D-142-8	a b c d e	57-32-72	a b c d e
57-32-72	a b c d e	75-04-39	a b c d e f
López	a b c d e	AKK-69-1	a b c d e f
Atzimba	a b c d e	80-8-29	a b c d e f
Alpha	a b c d e	78-7-34	a b c d e f
75-05-71	a b c d e	D-142-1	a b c d e f
75-07-59	a b c d e	75-07-83	b c d e f
80-35-88	a b c d e	E-3-1	c d e f
78-1-48	a b c d e	Alpha	c d e f
AKK-69-1	b c d e	Atzimba	c d e f
78-7-76	b c d e	80-8-10	d e f
75-08-26	c d e	78-2-67	d e f
80-8-29	c d e	75-08-26	d e f
67-60-37	c d e	78-1-48	d e f
75-04-89	c d e	Greta	e f
75-07-83	d e	75-05-71	e f
75-07-08	d e	78-7-76	e f
78-2-67	d e	80-8-67	e f
75-06-01	d e	75-07-59	e f
Greta	d e	75-07-03	e f
80-8-67	e	67-60-37	f

Tratamientos con letras iguales son no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 7. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Número de quistes	Clon	Peso fresco total
78-7-76	a	78-7-34	a
75-05-71	b	E-3-1	a
75-06-01	b	80-8-10	a b
78-1-48	b	López	a b c
80-8-67	b	Greta	a b c d
Alpha	b	75-05-71	a b c d e
E-3-1	b	57-32-72	b c d e f
78-7-34	b	D-142-8	b c d e f g
78-2-67	b	López	b c d e f g
AKK-69-1	b	78-148	b c d e f g
López	b	78-7-76	b c d e f g h
80-35-88	b	AKK69-1	b c d e f g h
80-8-10	b	Atzimba	c d e f g h
75-08-26	b	Diamante	c d e f g h
Diamante	b	75-07-59	c d e f g h
75-07-59	b	75-08-26	d e f g h
Atzimba	b	80-8-67	d e f g h
75-07-08	b	80-8-29	e f g h
80-8-29	b	80-35-88	e f g h
75-04-89	b	75-07-83	f g h
57-32-79	b	67-60-37	f g h
75-07-83	b	78-2-67	f g h
D-121-3	b	75-06-01	f g h
D-142-8	b	75-07-08	f g h
Greta	b	Alpha	g h
67-60-37	b	75-04-89	h

Tratamientos con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad.

CUADRO 8. Preuebas de separación de medias utilizando Dun - can al 0.05 para 26 clones de papa inoculados con Globodera rostochiensis.

Clon	Tasa de multiplicación	Clon	Peso seco de raíz
78-7-75	a	D-121-3	a
75-05-71	b	78-7-34	a b
75-06-01	b	E-3-1	a b c
78-1-48	b	80-8-10	a b c d
80-8-67	b	75-05-71	a b c d e
Alpha	b	López	a b c d e f
78-7-34	b	Atzimba	a b c d e f
E-3-1	b	D-142-8	a b c d e f g
AKK-69-01	b	57-32-72	b c d e f g h
78-2-67	b	80-8-29	b c d e f g h i
López	b	78-1-48	b c d e f g h i
80-35-88	b	Greta	c d e f g h i
80-8-10	b	AKK-69-1	d e f g h i
Diamante	b	80-8-67	e f g h i
78-826	b	75-05-59	e f g h i
75-07-59	b	78-7-76	e f g h i
Atzimba	b	80-35-88	e f g h i
75-07-08	b	75-08-26	f g h i
80-8-29	b	Diamante	f g h i
75-04-89	b	75-06-01	f g h i
57-31-72	b	75-07-83	f g h i
75-07-83	b	Alpha	f g h i
D-121-3	b	78-2-67	g h i
D-142-8	b	67-60-37	h i
57-32-72	b	75-07-08	h i
67-60-37	b	75-04-89	i

Tratamientos con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad.

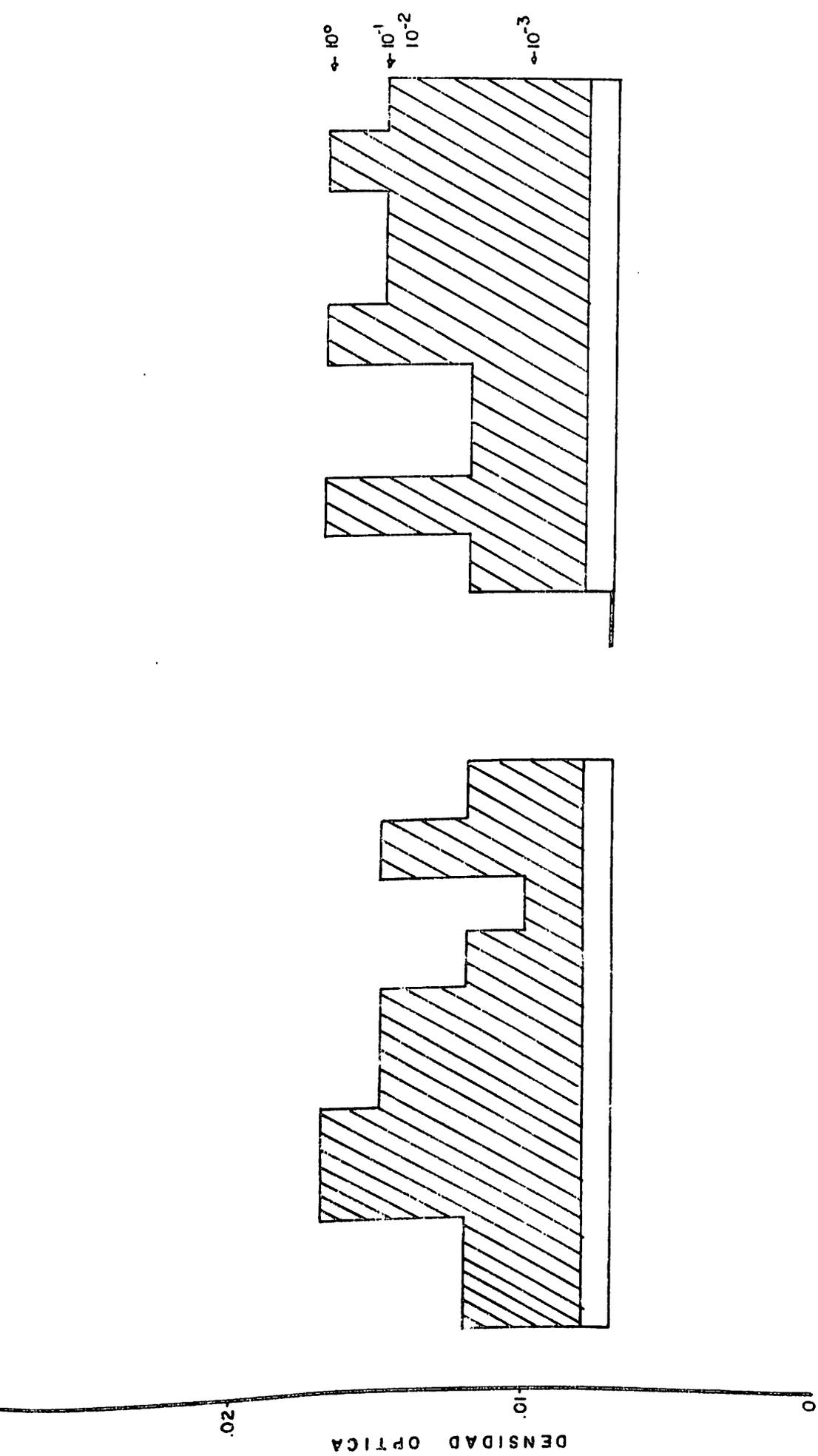


FIGURA 1. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CITOCININAS EXTRAÍDAS DE RAÍCES DE PAPA CVS. 78-07 - 76 Y D - 142 - 8 RESPECTIVAMENTE SEGUN LA PRUEBA DE *Amaranthus caudatus*.

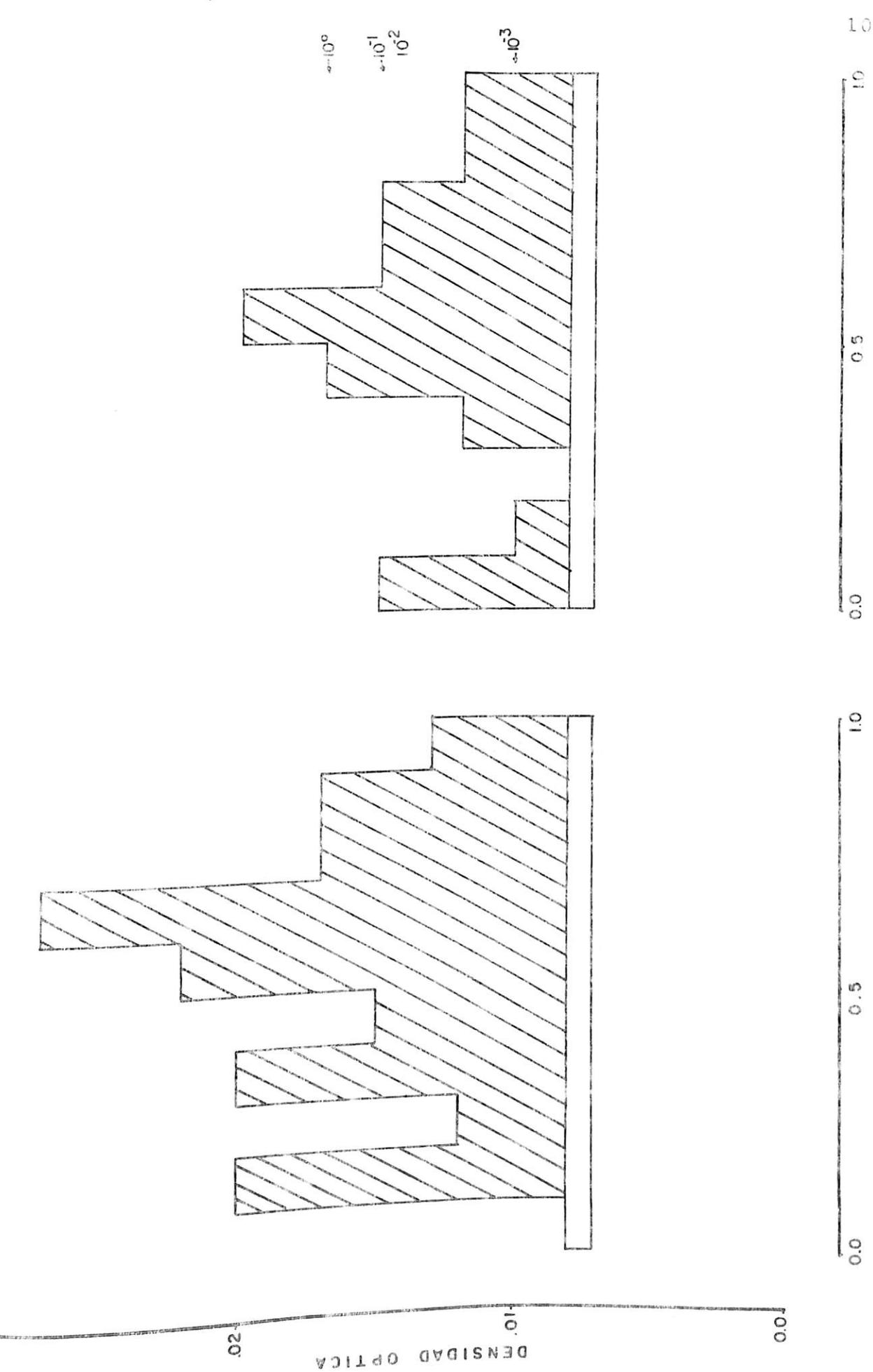


FIGURA 2. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CITOCININAS EXTRAÍDAS DE RAICES DE PAPA CLONES D-121-3 Y 75-05-71 RESPECTIVAMENTE SEGUN LA PRUEBA DE *Amaranthus caudatus*.

0.02  
DENSIDAD OPTICA  
0.0

U.A.A.A.N.

98200

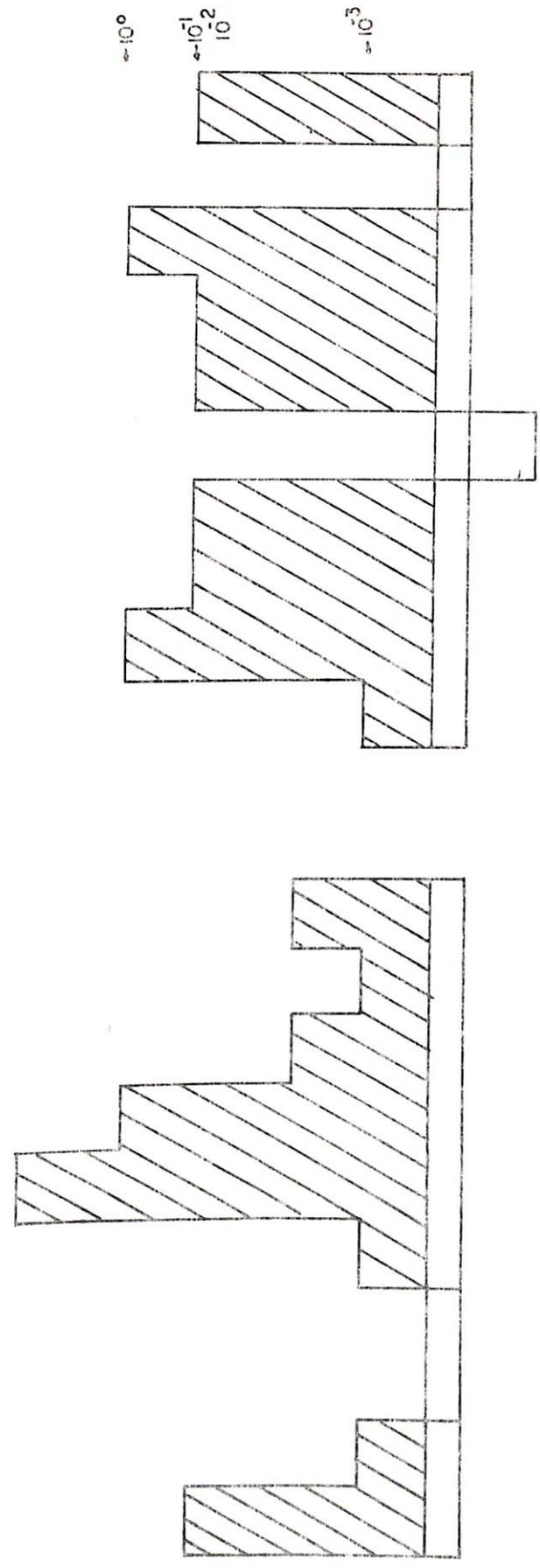


FIGURA 3. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CITOCININAS EXTRAIDAS DE RAICES DE PAPA CLONES 80-08-67 Y 75-06-01 RESPECTIVAMENTE SEGUN LA PRUEBA DE Amaranthus caudatus.

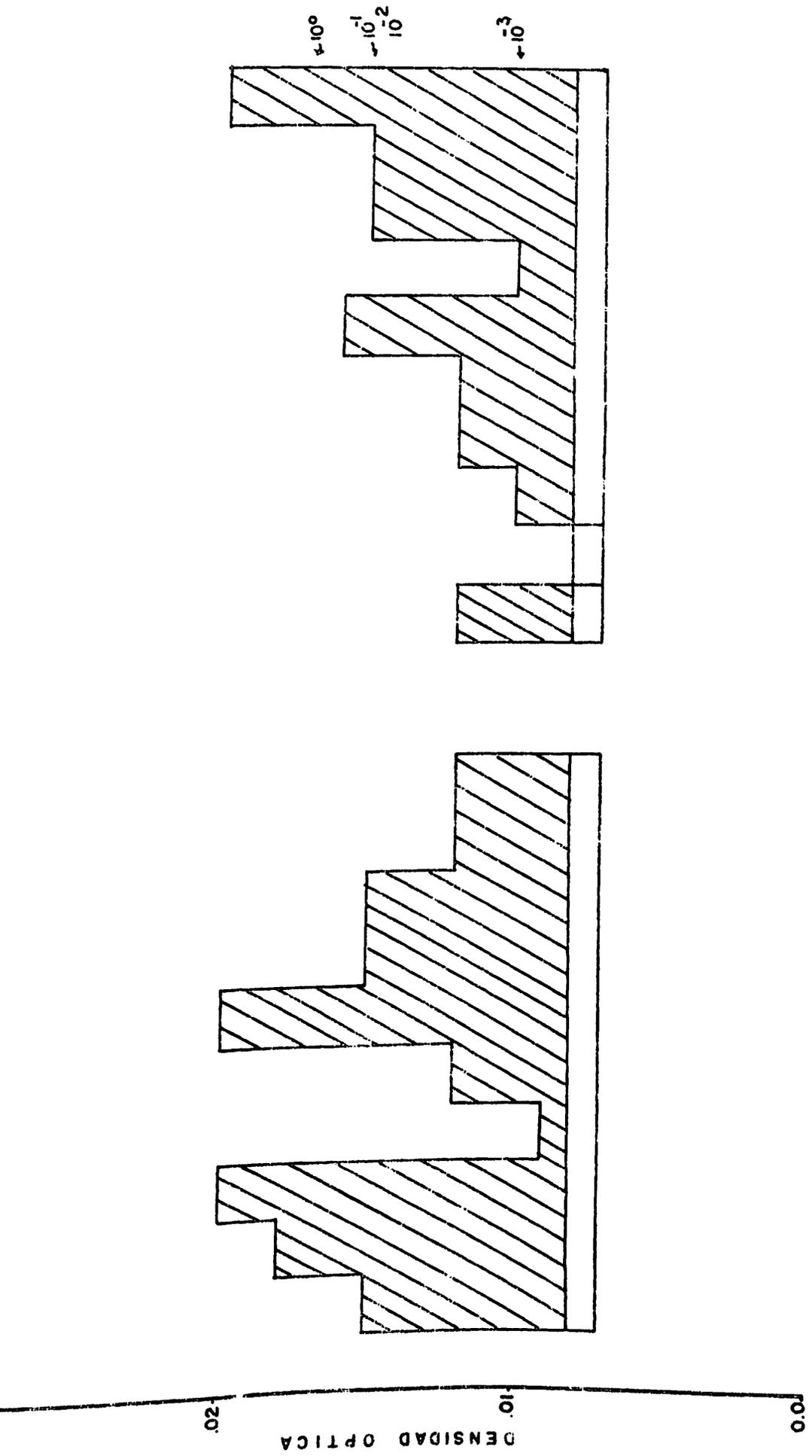


FIGURA 4. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CITOCININAS EXTRAIDAS DE RAICES DE PAPA CLONES 75-06-01-3 Y ALPHA - 3 RESPECTIVAMENTE, SEGUN LA PRUEBA DE Amorpha condolius.

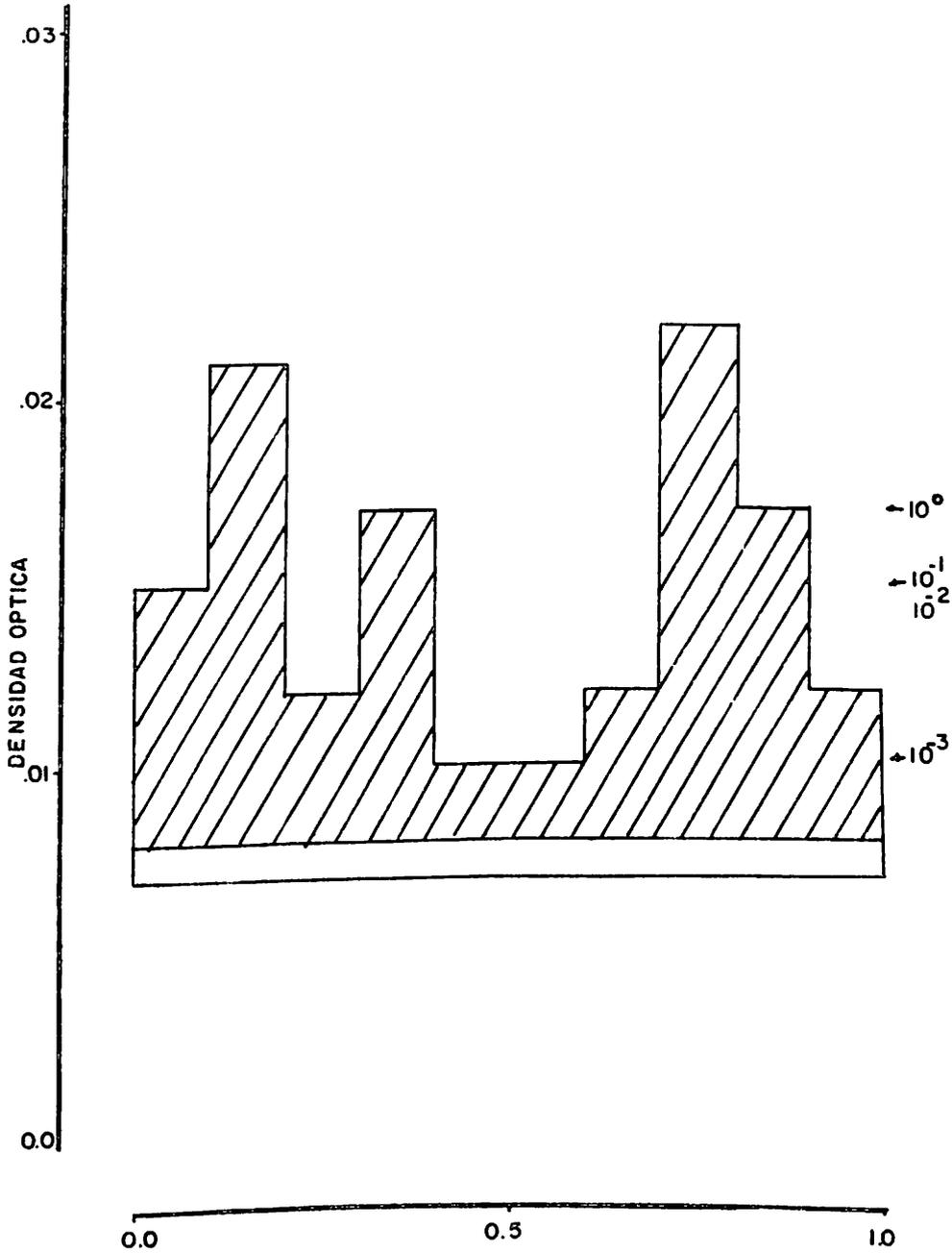


FIGURA 5. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CITOCININAS EXTRAIDAS DE RAICES DE PAPA CVS ALPHA -2, SEGUN LA PRUEBA DE Amaranthus caudatus.

CUADRO 9. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para tres poblaciones de Globodera rostochiensis parasitando cinco clones de papa.

Eficiencia del area foliar		<u>Peso seco del follaje</u> Peso seco de la raíz	
Población		Población	
Nuevo León	a	Edo. de México	a
Edo. de México	b	Guanajuato	b
Guanajuato	b	Nuevo León	b
Peso seco total		Peso seco de follaje	
población		población	
Edo. de México	a	Edo. de México	a
Guanajuato	b	Guanajuato	b
Nuevo León	b	Nuevo León	b

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 10. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para cinco clones de papa inoculados con tres poblaciones de Globodera rostochiensis.

Indice de cosecha		Peso seco de la raíz		Peso de tubérculo
75 - 07 - 83	a	75 - 06 - 01	a	Diamante a
López	a b	Alpha	b	75 = 07 - 83 a b
Diamante	a b	López	b	75 - 06 - 01 a b c
75 - 06 - 01	b	Diamante	b	López b c
Alpha	b	75 - 07 - 83	b	Alpha d

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 11. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para la interacción entre el clon y la población de nemátodos

Población	Clon	Eficiencia del area foliar.
Nuevo León	López	a
Estado de México	75-07-83	b
Guanajuato	75-06-01	b c
Nuevo León	75-07-83	b c
Nuevo León	Diamante	c d
Estado de México	75-06-01	c d e
Nuevo León	Alpha	c d e f
Nuevo León	75-06-01	c d e f
Estado de México	Diamante	c d e f g
Estado de México	López	d e f g
Guanajuato	López	e f g h
Guanajuato	Diamante	f g h
Guanajuato	75-06-83	g h
Guanajuato	Alpha	g h
Estado de México	Alpha	h

Tratamientos con letras iguales son significativamente al 5 % de probabilidad.

CUADRO 12. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para la interacción entre los clones y la población de nemátodos.

Población	Clon	Indice de cosecha
Edo. de México	75-07-83	a
Nuevo León	López	b
Nuevo León	Diamante	b c
Nuevo León	75-07-83	b c
Guanajuato	López	b c
Guanajuato	75-06-01	b c
Edo. de México	75-06-01	b c
Guanajuato	Diamante	b c
Edo. de México	López	c d
Nuevo León	Alpha	d e
Edo. de México	Diamante	e f
Nuevo León	75-06-01	f g
Guanajuato	Alpha	f g
Edo. de México	Alpha	g
Guanajuato	75-07-83	g

Tratamiento con letras iguales son no significativas al 5 % de probabilidad.

CUADRO 13. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05, para la interacción entre clones y poblaciones de nemátodos.

Población	Clon	Peso de tubérculo
Edo. de México	Diamante	a
Guanajuato	75-06-01	a b
Edo. de México	75-07-83	a b c
Nuevo León	75-07-83	a b c
Guanajuato	Diamante	a b c
Nuevo León	López	b c d
Edo. de México	75-06-01	b c d e
Nuevo León	Diamante	c d e f
Edo. de México	López	d e f g
Edo. de México	Alpha	d e f g
Nuevo León	75-06-01	e f g
Guanajuato	Alpha	g
Guanajuato	75-07-83	g
Guanajuato	López	g
Nuevo León	Alpha	g

Tratamientos con letras iguales son no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 14. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para dos clones inoculados con diferentes niveles de Globochera rostochiensis.

Parámetros estimados	Clones	
	Alpha	Diamante
<u>Peso seco del follaje</u>		
<u>Peso seco de la raíz</u>	N S	N S
<u>Peso fresco del follaje</u>		
<u>Peso fresco de la raíz</u>	N S	N S
Tasa de multiplicación	a	b
Peso fresco total	a	b
Peso seco total	a	b
Índice de cosecha	b	a
Eficiencia de área foliar	b	a
Índice de área foliar	a	b
Peso de tubérculos	b	a
Número de quistes	a	b
Peso seco de raíz	a	b
Número de tubérculos	b	a
Peso seco de follaje	a	b
Peso fresco de raíz	a	b
Altura	b	a
Número de folíolos	a	b
Peso fresco de follaje	a	b
Área foliar	a	b

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente no significativos al 5 % de probabilidad.

CUADRO 15. Pruebas de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para los diferentes niveles de inoculación de Globodera rostochiensis en dos clones de papa.

Tasa de multiplicación		Peso fresco total	
Nivel de inoculación		Nivel de inoculación	
10	a	0	a
100	b	10	a b
1000	b	100	b
0	b	1000	b
Peso seco total		Indice de área foliar	
Nivel de inoculación		Nivel de inoculación	
10	a	10	a
100	a b	0	a b
1000	b	100	b
0	b	1000	b

Tratamientos con letras iguales son no significativos estadísticamente al 5 % de probabilidad.

CUADRO 16. Prueba de separación de medias utilizando Duncan al 0.05 para la interacción entre clon y nivel de inoculación.

Clon	Quistes/kg de suelo	Peso fresco de la raíz	Clon	Quistes/kg de suelo	Peso fresco total
Alpha	10	a	Alpha	10	a
Diamante	100	b	Alpha	100	b
Alpha	0	b c	Alpha	0	b
Alpha	100	b c d	Diamante	0	c
Diamante	0	b c d	Alpha	1000	c
Alpha	1000	b c d	Diamante	10	c
Diamante	10	c d	Diamante	100	c
Diamante	1000	d	Diamante	1000	c

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente no significativas al 5 % de probabilidad.