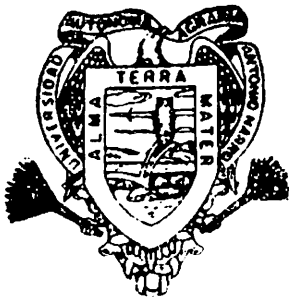


DETERMINACION DE LOS PATOTIPOS DEL NEMATODO  
DORADO *Globodera rostochiensis* (Woll.)  
BEHRENS 1975, EN UNA POBLACION DE NAVIDAD, N. L.  
Y SUS EFECTOS EN LOS RENDIMIENTOS DE  
TRES VARIEDADES DE PAPA

LEILA MINEA VASQUEZ SILLER

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.**

**MAYO DE 1994**

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PARASITOLOGIA AGRICOLA

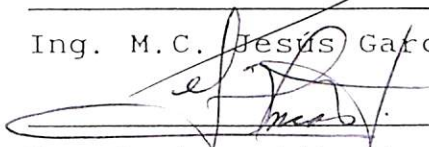
C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:



Ing. M.C. Jesús García Camargo

Asesor:



Dr. Gustavo Alberto Frías Treviño

Asesor:



Dr. Carlos Sosa Moss

Asesor:



M.C. Agustín Sánchez Olvera

Asesor:

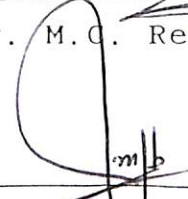


Dr. Gelacio Pérez Ugalde

Asesor:



Ing. M.C. Regino Morones Reza

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Postgrado



B I E N V E N I D O  
EGIDIO G. GILBERTO  
U. A. D. A. N.  
SALTILLO COAH.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me brindaron apoyo técnico y moral para realizar este proyecto.

Especialmente quiero agradecer al Ing. M.C. Victor Manuel Parga y al Ing. M.C. Francisco X. Flores Gutiérrez del Programa Nacional de Papa del INIFAP por otorgarme los materiales de papa utilizados en los experimentos.

Asimismo, agradezco al Centro de Apoyo al Desarrollo Rural de San Rafael, Galeana, N.L. de la Delegación de la SARH, la colaboración que me otorgaron para llevar a cabo los muestreos necesarios para esta investigación.

También expreso mi agradecimiento al Comité de asesores de este trabajo por su valiosa intervención que me orientó hasta el término del mismo.

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo al esfuerzo que realizan los maestros investigadores para enseñarnos los principios fundamentales de la investigación y sus aplicaciones.*

*También esta investigación la dedico a mi familia que con su comprensión y amor me alentó para llevar a cabo este trabajo.*



## COMPENDIO

Determinación de los Patotipos del Nemátodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens 1975, en una Población de Navidad, N.L. y sus Efectos en los Rendimientos de Tres Variedades de Papa

Por:

LEILA MINEA VASQUEZ SILLER

MAESTRIA EN

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO DE 1994

Ing. M.C. Jesús García Camargo. -Asesor-

Palabras clave: *Globodera rostochiensis*, patotipo, papa, efecto, rendimiento, densidades, inóculo.

Los objetivos de esta investigación fueron localizar una población de *Globodera rostochiensis* para extraer inóculo, determinar los patotipos presentes en ella y evaluar el efecto de diferentes densidades de inóculo del nemátodo en los rendimientos y algunas variables asociadas, en tres variedades de papa que fueron Norteña, Alpha y Atlantic.

Se localizó una población de nemátodo dorado cuya densidad fue de 403 quistes/l de suelo en el ejido Navidad, municipio de Galeana, N.L., para extraer inóculo; en ella se identificó la presencia única del patotipo R1A. Dicho patotipo no afectó los rendimientos de la variedad Atlantic debido a que expresó su resistencia hacia el mismo, sin embargo en las variedades Alpha y Norteña si, estableciéndose una correlación negativa entre las densidades de inóculo experimentadas y rendimientos y variables asociadas.

En la variedad Alpha se registraron pérdidas máximas de 51.52 por ciento en infestaciones de 178.06 huevecillos/g de suelo, y en Norteña de 80.27 por ciento en la densidad de inóculo de 244.84 huevecillos/g de suelo. Ambas variedades presentaron un máximo incremento de inóculo de 2897.19 por ciento en Alpha y 4297.97 por ciento en Norteña, cuando se inocularon las plantas respectivas con la mínima densidad utilizadas en el experimento que fue de 22.26 huevecillos/g de suelo.

## ABSTRACT

Pathotype Determination in a Population of Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens 1975 and its Effects on Yields in Three Varieties of Potato

By

LEILA MINEA VASQUEZ SILLER

MASTER DEGREE

AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, MAY, 1994

Ing. Jesús García Camargo -Advisor-

**Keywords:** *Globodera rostochiensis*, pathotype, potato, effect, yield, densities, inoculum

Objectives of this research were to locate a population of *Globodera rostochiensis* in order to extract inoculum from it, to determine pathotypes present in it as well as to evaluate effects of different densities of inoculum of the nematode on yields and some other associated variables in three varieties of potato; Norteña, Alpha and Atlantic.

A population of cyst nematode of 403 cysts per liter of ground was located in the ejido Navidad, in the municipality of Galeana, in the Mexican state of Nuevo Leon from where inoculum was extracted; in it the sole presence of pathotype RIA was detected. Such a pathotype did not affect yields of variety Atlantic since it proved to be resistant to it, however varieties Alpha and Norteña showed a negative correlation between densities of inoculum and yields, as well as with some other associated variables.

Variety Alpha registered a maximum loss of 51.52 per cent in infestations of 178.06 ovi per gram of ground, and of 80.27 per cent in inoculum density of 244.84 ovi per gram. Both varieties showed a maximum increment of inoculum of 2897.19 per cent in Alpha and of 4297.97 per cent in Norteña when inoculated with the minimum density of 22.26 ovi per gram of ground utilized in the experiment.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Posición Taxonómica de <i>Globodera rostochiensis</i> .	5
Evolución Taxonómica.....	5
Ubicación Taxonómica.....	6
Morfología e Identificación del Nemátodo Dora-	
rado.....	7
Morfología de Géneros Cercanamente Relacio-	
nados.....	7
Identificación del Nemátodo Dorado.....	8
Biología del Nemátodo Dorado.....	11
Ciclo Biológico.....	11
Rango de Hospedantes.....	16
Condiciones Ambientales Relacionadas con	
el Desarrollo del Nemátodo Dorado.....	17
Relación Hospedante-Parásito.....	22
Efecto del Nemátodo Dorado en las Plantas	
de Papa.....	22
Histopatología del Hospedante.....	23
Patotipos del Nemátodo Dorado.....	26
Aspectos Agronómicos del Nemátodo Dorado.....	33
Distribución.....	33

	Página
Dinámica de Población.....	36
Pérdidas.....	39
Medidas de Combate.....	41
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>46</b>
Localización de una Población Densa de <i>Globo-</i> <i>dera rostochiensis</i> Para Extraer Inóculo.....	46
Efecto de Diferentes Densidades de Inóculo so- bre el Rendimiento y Algunas Variables Asocia- das.....	49
Análisis Estadístico.....	58
Determinación de los Patotipos de <i>G. rostochien-</i> <i>sis</i> en una Población de Navidad, N.L.....	59
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>DISCUSION .....</b>	<b>83</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>89</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>92</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>103</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
2.1.	Características del área terminal de <i>Globodera</i> spp.....	12
2.2.	Medidas ( $\mu$ m) de juveniles de segundo estado de <i>Globodera</i> spp.....	13
2.3.	Esquema de identificación de patotipos de <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i> por clones diferenciales y sus equivalentes en otros esquemas. (Franco, 1981).....	32
3.1.	Dosificaciones del inóculo para el experimento de los efectos de <i>G. rostochiensis</i> en variedades de papa.....	51
3.2.	Clones diferenciales utilizados para identificar los patotipos de nemátodos del quiste de la papa.....	62
4.1.	Predios muestreados para detectar <i>Globodera</i> spp. en Navidad, N.L.....	65
4.2.	Características morfométricas del área terminal de quistes de diversas especies	

Cuadro No.	Página
de <i>Globodera</i> recolectados en el lote "La Pájara" de Navidad, N.L.....	65
4.3. Matriz de correlación entre ocho variables evaluadas de las variedades Alpha, Norteña y Atlantic a diferentes densidades de inóculo.....	67
4.4. Reacciones de los clones diferenciales a la población "La Pájara B" de Navidad, N.L.....	81
4.5. Comparación del esquema latino para identificar patotipos de <i>G. rostochiensis</i> y las reacciones de los clones inoculados..	82
A.1. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar rendimiento en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha....	104
A.2. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar pérdidas en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.....	104



Cuadro No.		Página
A.3.	Análisis de varianza del modelo logarítmico para estimar incremento de inóculo en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.....	104
A.4.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de cosecha en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.....	105
A.5.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de eficiencia de suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.....	105
A.6.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco de la raíz en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.....	105
A.7.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar rendimiento en	

Cuadro No.		Página
	suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.	106
A.8.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar pérdidas en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña....	106
A.9.	Análisis de varianza del modelo de logarítmico para estimar incremento de inóculo en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.....	106
A.10.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de cosecha en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.....	107
A.11.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de eficiencia de peso seco del follaje en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.....	107

Cuadro No.		Página
A.12.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco del follaje en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.....	108
A.13.	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco del follaje, en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Atlantic.....	108
A.14.	Variabes evaluadas en la variedad Atlantic inoculadas con <i>G. rostochiensis</i> a 12 densidades de inóculo.....	109
A.15.	Variabes evaluadas en la variedad Alpha inoculadas con <i>G. rostochiensis</i> a 12 densidades de inóculo.....	110
A.16.	Variabes evaluadas en la variedad Norteña inoculadas con <i>G. rostochiensis</i> a 12 densidades de inóculo.....	111
A.17.	Base de los datos para calcular algunas de las variables incluidas en las matri	

**Cuadro No.**

**Página**

	ces de correlaciones.....	112
A.18.	Resultados del análisis de suelo realiza- do por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	113
A.19.	Cálculo de lámina de riego para una mi- croparcela.....	114

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1.	Ubicación de los predios muestreados en la zona de Navidad, N.L.....	64
4.2.	Efecto de las densidades de inóculo sobre rendimientos, variedad Alpha.....	69
4.2.A.	Residuales del modelo para estimar rendimientos, variedad Alpha.....	69
4.3.	Efecto de las densidades de inóculo sobre pérdidas, variedad Alpha.....	69
4.3.A.	Residuales del modelo para estimar pérdidas, variedad Alpha.....	69
4.4.	Efecto de las densidades de inóculo sobre su incremento, variedad Alpha.....	71
4.4.A.	Residuales del modelo para estimar el incremento del inóculo, variedad Alpha...	71
4.5.	Efecto de las densidades de inóculo sobre el índice de cosecha, variedad Alpha.....	71

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
4.5.A. Residuales del modelo para estimar índice de cosecha, variedad Alpha.....	71
4.6. Efecto de las densidades de inóculo sobre índice de eficiencia del peso seco del follaje, variedad Alpha.....	73
4.6.A. Residuales del modelo para estimar índice de eficiencia del peso seco del follaje, variedad Alpha.....	73
4.7. Efecto de las densidades de inóculo sobre rendimientos, variedad Norteña.....	75
4.7.A. Residuales del modelo para estimar rendimientos, variedad Norteña.....	75
4.8. Efecto de las densidades de inóculo sobre pérdidas, variedad Norteña.....	75
4.8.A. Residuales del modelo para estimar pérdidas, variedad Norteña.....	75
4.9. Efecto de las densidades de inóculo sobre su incremento, variedad Norteña.....	78

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
4.9.A. Residuales del modelo para estimar el incremento del inóculo, variedad Norsteña.	78
4.10. Efecto de las densidades de inóculo sobre el índice de cosecha, variedad Norsteña.	78
4.10.A. Residuales del modelo para estimar índice de cosecha, variedad Norsteña.....	78
4.11. Efecto de las densidades de inóculo sobre índice de eficiencia del peso seco del follaje, variedad Norsteña.....	80
4.11.A. Residuales del modelo para estimar índice de eficiencia del peso seco del follaje, variedad Norsteña.....	80
4.12. Efecto de las densidades de inóculo sobre el peso seco del follaje, variedad Norsteña.....	80
4.12.A. Residuales del modelo para estimar el peso seco del follaje, variedad Norsteña....	80
A.1. Distribución de los tratamientos (1 al 12) en el campo. A= variedad Alpha, B= variedad Norsteña, C= variedad Atlantic.....	115

Figura No.	Página
A.2. Esquema de las microparcelas.....	116



## INTRODUCCION

Uno de los problemas fitosanitarios que enfrenta el cultivo de la papa en Navidad, N.L. es el nemátodo dorado de la papa que puede generar dos tipos de pérdidas en el cultivo, las directas que se refieren a las mermas en la producción, y las indirectas que incluyen gastos de control y medidas cuarentenarias que se aplican para evitar la dispersión del nemátodo y se convierten a menudo en una restricción tanto de papa para consumo como para semilla, siendo este último caso donde no se pueden aumentar las ganancias debido a que se impide la comercialización hacia zonas libres.

Tomando en cuenta que el control de este nemátodo implica el uso de nematicidas que son costosos, peligrosos al ambiente y poco efectivos, así como la rotación de cultivos que son prolongados y equivalen a no sembrar papa durante varios años, el uso de variedades resistentes es una práctica que puede ser muy eficaz al incluirlas en programas de manejo del cultivo donde existe este problema, pues al cultivarlas en predios infestados las poblaciones se disminuirían considerablemente, como cuando no se cultiva papa durante cinco a siete años en este tipo de predios.

Sin embargo, para hacer una elección y uso adecuado de este tipo de materiales genéticos es necesario conocer al patotipo de *G. rostochiensis* presente en el suelo donde se van a cultivar, para determinar que genes de resistencia deben usarse.

Desde que Ellenby en 1948 descubrió las primeras fuentes de resistencia de la papa hacia nemátodo dorado en *Solanum vernei*, se fueron detectando otros materiales que también ofrecían resistencia para diversas poblaciones distribuídas en diferentes partes del mundo, sin embargo se observó que dicha resistencia contenida en materiales genéticos como *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* y *S. vernei* se expresaba para unas poblaciones pero no para otras, observándose entonces que existían poblaciones de una sola especie de *G. rostochiensis* con características genéticas distintas a las que algunos investigadores las llamaron patotipos, de manera que si en un predio que contenga un patotipo determinado no se siembran variedades resistentes a el mismo, se obtendrán pérdidas considerables en su rendimiento.

Dichas observaciones llevaron a implementar programas de mejoramiento de la papa en países donde las pérdidas por este fitopatógeno eran considerables como para que se pugnara por el desarrollo de variedades resistentes que actualmente se han venido introduciendo a la región de

Navidad N.L., donde también se están adaptando otros clones avanzados y variedades generados en el Programa Nacional de Papa, que por su rendimiento y resistencia hacia otro tipo de fitopatógenos son del interés del agricultor.

Hay que subrayar el hecho de que pese a que el nemátodo dorado se detectó en Navidad en 1971, poco se han estudiado las poblaciones existentes en los diversos predios infestados en cuanto a determinar el o los patotipos que las constituyen y en relación a los efectos sobre los rendimientos que tienen las distintas densidades de población en las variedades que ahí se cultivan, y aunque se han realizado algunos estudios en invernadero para hacer determinaciones sobre este último aspecto, los resultados obtenidos se restringen a las diferencias observadas entre un máximo de cuatro niveles de inóculo, lo que impide que se tenga una visión más detallada del comportamiento de los rendimientos ante densidades no incluidas en esos estudios, además de que se ignora si dichos resultados son similares a nivel de campo, por lo que consideramos que es necesario conocer al menos en un predio infestado con *Globodera rostochiensis*, cual es el patotipo presente (o si hay mezcla de ellos), y cual es el comportamiento de algunos materiales genéticos de papa que se manejan en la citada región ante el parasitismo del nemátodo dorado mediante los siguientes objetivos:

1. Localizar una población de *G. rostochiensis* cuya densidad facilite la extracción masiva de inóculo.
  
2. Identificar en un bioensayo en invernadero, el o los patotipos presentes en una población de Navidad, N.L.
  
3. Determinar a nivel de campo, utilizando microparcels, el efecto que tienen diferentes densidades de inóculo de *G. rostochiensis* sobre el rendimiento y algunas variables asociadas a éste, de tres variedades de papa que se cultivan en Navidad, N.L.

## REVISION DE LITERATURA

### Posición Taxonómica de *Globodera rostochiensis*

#### Evolución Taxonómica

/Golden y Ellington (1972) señalan que fue Khun en 1881, quien por primera vez reportó el nemátodo dorado al creer que se trataba del nemátodo de la remolacha *Heterodera schachtii*, cuyo género fue descrito por Schmidt en 1871.

En el género *Heterodera* fueron incluidos todos los nemátodos formadores de quistes así como los que actualmente constituyen el género *Meloidogynę*, y debido al engrosamiento del género *Heterodera* con los nemátodos enquistados que posteriormente se siguieron describiendo, se empezó a notar que había diferencias entre las especies que lo constituyeron, a tal grado que se formaron "grupos" de especies dentro de este grupo como el "Punctata" que incluía quistes piriformes; el "Rostoch" con especies de quistes esféricos y subesféricos y el grupo "Citriiformes" compuesto por especies cuyos quistes tienen cono vulvar que les da su morfología característica (Quiñones, 1979).

/ Sin embargo, fue Wollenweber en 1923, quien al observar diferencias entre los quistes de remolacha y los obtenidos de papa originarios de Rostock, Alemania, concluye que se trata de una nueva especie, denominándola *Heterodera rostochiensis*, al que Chittwood en 1944 le llamó nemátodo dorado (Spears, 1968).

En 1959 Skarbilovich propuso dividir el género en dos subgéneros, *Globodera* y *Heterodera*, asignando al primero los quistes esféricos y al segundo los citriformes. En 1976, Mulvey y Stone, separan aún más a *Heterodera* asignando nombres a los grupos ya descritos; así a los citriformes se les llamó *Heterodera*, a los piriformes *Punctodera* y a los esféricos *Globodera*, por lo que las especies incluídas en el grupo "Rostoch", pasaron a ser género *Globodera* (Quiñones, 1979).

/ Es necesario señalar que Behrens en 1975 había realizado también una redescrición del nemátodo dorado, trabajo que Mulvey y Stone ignoraban se había efectuado, cuando llevaron a cabo su redescrición, por lo que actualmente por derecho de prioridad, se le atribuye a Behrens dicha redescrición (Decker y Loof, 1979).

### Ubicación Taxonómica

Maggenti (1985) y Luc et al. (1989) clasifican al nemátodo dorado de la papa de la siguiente manera:

PHYLUM: Nemata

CLASE: Secernentea

SUBCLASE: Diplogasteria

ORDEN: Tylenchida Thorne, 1949

SUBORDEN: Tylenchina Thorne, 1949

SUPERFAMILIA: Tylenchoidea Orley, 1880

FAMILIA: Heteroderidae Filip'ev &  
Schuurmans Stekhoven, 1941

GENERO: *Globodera* Skarbilovich, 1959

ESPECIE: *Globodera rostochiensis*  
(Wollenweber, 1923) Behrens,  
1975

## Morfología e Identificación del Nemátodo Dorado

### Morfología de Géneros Cercanamente Relacionados

Los nemátodos enquistados representan un grupo grande de nemátodos fitopatógenos que comprenden 75 especies o más que conforman seis géneros de la familia Heteroderidae: *Heterodera*, *Globodera*, *Cactodera*, *Punctodera*, *Dolichodera* y *Afenestrata* (Golden, 1985).

De los nemátodos formadores de quistes, *Globodera*, *Heterodera*, *Punctodera* y *Cactodera*, son de importancia agrícola, y de ellos los dos primeros se han detectado en el

área de Navidad, N.L., donde además *Punctodera* pudiese estar presente, aunque no se haya reportado por posibles confusiones debido a su morfología, sin embargo éste sí se ha encontrado en otras áreas del país (Sosa-Moss, 1985).

De acuerdo a las claves presentadas por Sosa-Moss (1990) los quistes de *Heterodera*, *Globodera* y *Punctodera* se identifican de la siguiente manera:

*Heterodera*: Quistes ovales, subesféricos o esféricos de cuello corto y con cono vulvar. Vulva terminal; fenestra únicamente vulvar y ambi o bifenestrada. Subpuente y bullae, presentes o ausentes. Ano terminal cerca de la vulva.

*Punctodera*: Quistes piriformes, subesféricos o esféricos, con cuello corto. Vulva y ano terminales, ambos circumfenestrados separadamente. Bullae ausente (rara vez presente).

*Globodera*: Quistes subesféricos o esféricos con cuello corto; vulva y ano terminales, pero únicamente la vulva es circumfenestrada; bullae ausente (rara vez presente).

#### Identificación del Nemátodo Dorado

No obstante los adelantos en otras técnicas, la morfología ha sido la técnica que más se ha utilizado,



incorporando modalidades como la estadística para hacer a la morfometría más precisa (Stone, 1983) y el microscopio electrónico de rastreo que ha descubierto características morfológicas que en algunos casos como el de *Globodera rostochiensis*, han permitido diferenciar inclusive sus patotipos Green (1971a) y Mulvey (1973).

La identificación de géneros y especies de los nemátodos Heteroderidae está basada en gran parte en la morfología de la hembra, quiste y juveniles de segundo estado, Siddiqui (1986); en los últimos, los caracteres de longitud del cuerpo del juvenil, longitud del estilete, ancho de los nódulos basales, longitud de la cola verdadera y longitud de la porción hialina de ésta, son de valor establecido en la subfamilia Heteroderinae (Stone, 1983).

En relación a las características de la parte terminal del quiste del *Globodera* que se utilizan para diferenciar las especies son:

**Relación de Granek:** Hesling (1978) define a la relación de Granek como:

$$\frac{\text{DISTANCIA DESDE EL ANO AL MARGEN MAS CERCANO DE LA FENESTRA}}{\text{LONGITUD DE LA FENESTRA}}$$

LONGITUD DE LA FENESTRA

**Patrón Perineal:** Se refiere a las líneas reticulares o "surcos" que las especies de este género tienen en el

perineo y que Green (1971a) y Hesling y Ellis (1974) consideraron que podían utilizarse para la identificación de quistes. Estas son de dos tipos: laberinto o patrón reticular (comúnmente usado cuando la longitud perineal excede 60  $\mu\text{m}$ ), y patrón de reticulaciones paralelas (comúnmente cuando la longitud del perineo es menor que 50  $\mu\text{m}$ ). El número de líneas presentes en cada caso sirve para diferenciar especies.

**Papilas vulvares:** Son protuberancias redondeadas que están ubicadas externamente en los límites dorsal y ventral de la vulva observados por Green (1971a) y Mulvey (1973) a través de microscopio electrónico de rastreo.

Otra característica que sirve para identificar a *G. rostochiensis* es la estructura de la pared del quiste, que Ferris y Siegel (1957), encontraron que era variable en su grosor y consistía de dos capas básicas, la exo y endo cutícula; ahora se sabe que consiste de cuatro capas a, b, c, y d por las observaciones que realizaron Shepard et al. (1980) en microscopio de transmisión de electrones. En el caso de *G. rostochiensis*, este posee en su pared la capa D, misma que no fue encontrada en especies de nemátodos citrifórmes, lo que valida la separación que hiciera Skarbilovich de *Globodera* sp. como un género aparte de *Heterodera* sp., por lo que esta característica adquiere un

valor filogenético considerable. (Golden, 1985).

Los valores de las características del área terminal de hembras adultas y las de las juveniles de segundo estado para *G. rostochiensis* indicadas por Hesling (1978) y Mulvey y Golden (1983) se citan en los Cuadros 2.1 y 2.2 respectivamente, donde también se señalan los valores de otras especies como *G. pallida*, *G. solanacearum*, *G. virginiae* y *G. tabacum*, que según estos últimos investigadores y Evans et al. (1975b) están presentes en América y muy frecuentemente se encuentran mezclados con poblaciones de *G. rostochiensis* en el campo, (Sosa-Moss, 1985).

## **Biología del Nemátodo Dorado**

### Ciclo Biológico

El ciclo del nemátodo dorado se asemeja al descrito por Raski para *Heterodera schachtii* que consta básicamente de las etapas que se indican subsiguientemente. El embrión, principia por incrementar su tamaño después de la gastrulación y empieza a moverse dentro del huevecillo desarrollándose al punto de enredarse más o menos tres veces y media. Cuando la primera muda ocurre, el estilete comienza a formar en su parte anterior. El segundo estado juvenil (J2), emerge del huevecillo mediante punciones y cortes que realiza con

Cuadro 2.1. Características del área terminal de *Globodera* spp.

ESPECIE	RELACION DE GRANECK	TIPO DE LINEAS CUTICULARES	No. DE LINEAS
<i>G. rostochiensis</i>			
* (CANADA)	3.7 (1.29-9.5)	RETICULADAS, PARALELAS	21.6 (16-31)
* (INGLATERRA)	3.6+/-0.8	RETICULADAS,	21.6 (16-31)
* (ALEMANIA DEL ESTE)	4.5 (2.0-7.0)	RETICULADAS, PARALELAS	21.6 (16-31)
	** 4.6 (2.7-8.9)	RETICULADAS,	>14
	4.5 (2-7)	PARALELAS	
<i>G. pallida</i>	* 2.1+/-0.9 ** 2.2+/- (2-3)		8-20 (prom.12.2)
<i>G. solanacearum</i>	* 2.1+/-0.4 (1.3-3.8)	CUTICULA PROFUNDAMENTE	--
	** 2.2 (1.3-3.8)	JASPEADA LINS. COMO	<14
	1.7 (1.3-2.8)	LABERINTO	
<i>G. tabacum</i>	* 1.7 (1.02-2.2)	CUTICULA MODERADA.	--
	(USA)	JASPEADA	
	** 1.5 (0.9-2.8)	LINS. COMO	<14
	1.8 (0.7-5.2)	LABERINTO	
	1.7 (1.0-2.2)		
	1.3 (1.0-1.5)		
<i>G. virginiae</i>	* 2.8+/-0.5 (1.5-4.2)	LINS. COMO LABERINTO	--
	** 2.8 (1.5-4.2)	RETICULADAS	<14
	3.7 (2.4-8.9)	PARALELAS	

\* Valores indicados por Mulvey y Golden (1983).

\*\* Valores indicados por Hesling (1978).

Cuadro 2.1. Características del área terminal de *Globodera* spp.

ESPECIE	RELACION DE GRANECK	TIPO DE LINEAS CUTICULARES	No. DE LINEAS
<i>G. rostochiensis</i>			
* (CANADA)	3.7 (1.29-9.5)	RETICULADAS, PARALELAS	21.6 (16-31)
* (INGLATERRA)	3.6+/-0.8	RETICULADAS,	21.6 (16-31)
* (ALEMANIA DEL ESTE)	4.5 (2.0-7.0)	RETICULADAS, PARALELAS	21.6 (16-31)
	** 4.6 (2.7-8.9)	RETICULADAS,	>14
	4.5 (2-7)	PARALELAS	
<i>G. pallida</i>	* 2.1+/-0.9 ** 2.2+/- (2-3)		8-20 (prom.12.2)
<i>G. solanacearum</i>	* 2.1+/-0.4 (1.3-3.8)	CUTICULA PROFUNDAMENTE	--
	** 2.2 (1.3-3.8)	JASPEADA LINS. COMO	<14
	1.7 (1.3-2.8)	LABERINTO	
<i>G. tabacum</i>	* 1.7 (1.02-2.2)	CUTICULA MODERADA.	--
	(USA)	JASPEADA	
	** 1.5 (0.9-2.8)	LINS. COMO	<14
	1.8 (0.7-5.2)	LABERINTO	
	1.7 (1.0-2.2)		
	1.3 (1.0-1.5)		
<i>G. virginiae</i>	* 2.8+/-0.5 (1.5-4.2)	LINS. COMO LABERINTO	--
	** 2.8 (1.5-4.2)	RETICULADAS	<14
	3.7 (2.4-8.9)	PARALELAS	

\* Valores indicados por Mulvey y Golden (1983).

\*\* Valores indicados por Hesling (1978).

Cuadro 2.2. Medidas ( $\mu\text{m}$ ) de juveniles de segundo estado de *Globodera* spp.

ESPECIE	LONGITUD CUERPO	LONGITUD ESTILETE	LONGITUD COLA	LONGITUD PORC. HIALINA COLA
<i>G. rostochiensis</i>				
	*468+/-20	21.8+/-0.7	43.9+/-11.6	26.5+/-1.8
	**468	22 (21-23)	44 (42-50)	24
	(425-505)	23 (19-26)		
<i>G. pallida</i>				
	*486+/-23	23.8+/-1.0	51.1+/-2.8	26.6+/-4.1
	**484	24 (21-26)	52 (46-62)	24
	(440-525)			
<i>G. solanacearum</i>				
	*497+/-32	23.9+/-0.5	50.3+/-3.9	24+/-2.7
	(390-577)	(22-26)	(33-60)	(16-30)
	**497			
	(390-577)	24 (22-26)	50 (33-60)	24 (16-30)
<i>G. tabacum</i>				
	*476	24 (22-26)	52 (46-59)	28 (22-31)
	(410-527)			
	**477	24 (22-26)	52 (46-59)	28 (22-31)
	(410-527)	22		
<i>G. virgineae</i>				
	*503.7+/-31.7	23.7+/-0.97	50.3+/-3.8	27.1+/-3.3
	(419-592)	(19-28)	(34-61)	(19-35)
	**504 (419-592)	24	50 (34-61)	27 (19-35)

\*Valores indicados por Mulvey y Golden, 1983.

\*\*Valores indicados por Hesling, 1978.

su estilete en la capa del huevecillo donde está inmerso; esta eclosión es estimulada por varios factores como la temperatura, la humedad, aireación (Jones, 1975) y los exudados radicales del hospedante en cuestión, siendo este último al que se considera como el principal factor de eclosión y atracción hacia las raíces del hospedante. (Ellenby y Smith, 1967). El J2 generalmente penetra al hospedante precisamente atrás del punto de crecimiento o donde emergen las raíces laterales y emigra a través de los tejidos de la raíz hasta que su cabeza alcanza el periciclo y la corteza (Cole y Howard, 1958) donde forma células de transferencia llamadas sincitios de los que extrae las sustancias necesarias para su alimentación. Dependiendo de la temperatura, el segundo estado es completado en siete días desde la entrada hasta que ocurre la segunda muda, dando lugar al tercer estado juvenil (J3), en el cual ya se han desarrollado el recto y los primordios genitales que ya se venían formando por divisiones celulares en los J2, de tal manera que la diferenciación sexual en este tercer estado se hace evidente (Wyss y Zunke, 1985); así, las hembras desarrollan dos ovarios y los machos un testículo. Algunas evidencias sugieren que la determinación del sexo está controlada por el ambiente, produciéndose más machos cuando la población de larvas dentro de la raíz es densa (Ellenby, 1954a; Den Ouden, 1960) descartándose la posibilidad de que se presente partogénesis (Ellenby, 1957). Los machos juveniles siguen su desarrollo

elongándose dentro de la cutícula del J3; esta última muda es completada a los 15 días, cuando aún el macho se encuentra enrollado dentro de la cutícula del J3 tres veces, en el que ya se pueden observar las espículas en proceso de elongación, cuyas puntas son ahusadas en forma distinta en las diferentes especies. Los machos emergen de la raíz a los 20 días después de la entrada del J2, para dirigirse al suelo y posteriormente buscar a las hembras cuya parte terminal que contiene la vulva, se ha expuesto a través de los tejidos (Green, 1971b). Muchos machos pueden rodear a cada hembra de manera que se efectúan cópulas múltiples Green *et al.* (1970). Los machos tienen corta vida, ya que permanecen activos por nueve o 10 días, (Evans, 1970). En relación al tercer estado juvenil de las hembras, este es más pequeño que el J2, y se pueden distinguir sus ovarios gemelos, los cuales crecen rápidamente en longitud durante este estado. El cuarto estado juvenil, J4, tiene forma de botella y mide aproximadamente 0.4 mm de longitud. La cavidad corpórea se empieza a llenar con los ovarios en crecimiento; el sistema reproductivo de los J4 se abre al exterior debido a la formación de la vulva. Para el décimotercer día, los ovarios han aplastado otros órganos dentro del cuerpo, el cual se llena de huevecillos; para entonces las hembras ya pueden verse fuera de la raíz, misma que por oxidación de fenoles aquinoles (Hominick, 1983) va cambiando de color pasando por blanco, crema, amarillo o dorado y por último café (Spears,



1968) cuando esto ocurre, la hembra ya está muerta quedando adherida a la raíz por el cuello y una substancia cementante que aparece en las hembras antes de teñirse de color café (Franco, 1986). El ciclo de vida de *G. rostochiensis* puede variar entre 6 y 9 semanas, (Siddiqui, 1986), o de 6-10 (Franco, 1986).

### Rango de Hospedantes

Las hembras de los nemátodos enquistados son parásitos sedentarios que establecen sitios especiales en donde se alimentan en las raíces del hospedante, ello asegura una fuente de alimentación a través de su desarrollo hasta que alcanzan el estado adulto y esto requiere de una relación muy íntima con sus hospedantes, que sólo se da en un rango limitado de los mismos; debido a esta especialización, los nemátodos enquistados probablemente han coevolucionado con su grupo de hospedantes. Este aspecto se refleja en el sentido de que *G. rostochiensis* y las especies relacionadas incidan específicamente en Solanaceae (Stone, 1983), siendo la berenjena (*Solanum melongena*), jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y papa (*Solanum tuberosum*) las plantas de importancia agrícola que dicho nemátodo parasita. Adicionalmente diversas solanáceas silvestres que incluyen a *Solanum rostratum*, *S. triflorum*, *S. blodgettii*, *S. dulcamara*, *S. xanthi*, *S. entegrifolium*, son ligeramente parasitadas,

asi como algunas especies silvestres del género *Lycopersicon* que mostraron ser hospedantes de este nemátodo. (Brodie y Mai, 1989).

### Condiciones Ambientales Relacionadas con el Desarrollo del Nemátodo Dorado

La actividad de los exudados es esencial para que los huevecillos de nemátodos enquistados eclosionen como *G. rostochiensis*, (Perry, 1985; Perry y Clarke, 1981) y puede variar de acuerdo a la edad y el estado del hospedante que los expele (Perry et al., 1980; Beane y Perry, 1983 y Evans, 1982b).

Donocaster y Shepard (1967) demostraron que la respuesta de los J2 de *G. rostochiensis* a los exudados se observa comúnmente tres días después de la aplicación del estímulo. También se ha reportado que los inactivos J2 se vuelven activos con los exudados, los cuales en su período inactivo desgastan sus reservas, lo que en algunas circunstancias merma su capacidad infectiva. (Robinson et al. (1985) y Clarke y Hennessy, 1984).

Los exudados radicales pueden actuar en la cubierta del huevecillo donde se estima que suplen al calcio induciendo la permeabilidad en las capas que lo constituyen, ge-

nerando cambios en los fluídos que contiene y en el entorno del J2 que ahí se alberga, de manera que esta serie de sucesos los estimulan a eclosionar (Clarke et al., 1977; Clarke y Perry, 1977; Clarke y Hennesy, 1983, 1984; Perry et al., 1982; Atkinson y Taylor, 1983 y Clarke y Perry, 1985).

Estudios han indicado que el pH, temperatura y presión osmótica pueden afectar el estímulo de los exudados para que los juveniles eclosionen (Lehman et al., 1971; Williams y Beane, 1979; Greco, 1981 y Perry et al., 1983).

Por otra parte en relación a la persistencia de los exudados radicales en el suelo, se les reporta como altamente inestables degradándose en cuatro días, lo cual se atribuye en parte a la actividad de degradación por microorganismos (Fenwick, 1956), aunque Widdowson (1958) observó una producción pico de exudados de papa a las cuatro semanas de desarrollo, los cuales mostraron mayor eficiencia estimulando la eclosión que aquellos de una semana o más. Sin embargo, Rawsthorne y Brodie (1986 y 1987), obtuvieron resultados que demostraron que el factor activo contenido en dichos exudados puede moverse a través del suelo y permanecer activo por más de 100 días. La constitución de este factor activo actualmente es desconocido.

Otro factor del medio ambiente que influye en la vida y actividad de los nemátodos es la temperatura, que en el caso del *G. rostochiensis* favorece su eclosión y desarrollo, Clarke y Perry (1977) encontraron que las poblaciones de campo e invernadero no eclosionan abajo de los 10 grados; (Franco, 1979), consigna que la temperatura óptima de invasión de esta especie es de 15 a 16 grados, una emergencia del quiste a los 21 y 25. Para su desarrollo dentro del hospedante Ferris (1957) reporta 18 a 20 grados, datos que concuerdan con observaciones realizadas por Foot (1978) donde encontró que *G. rostochiensis* incrementa su población en un rango de 10 a 25 grados teniendo un rango óptimo sobre los 15 y 20; asimismo Franco (1979) indica que en Sudamérica *G. rostochiensis* eclosiona y se multiplica mejor, arriba de los 20 grados. Por otra parte Robinson et al. (1987) indican que *G. rostochiensis* no se adapta tan bien a las bajas temperaturas como *G. pallida*.

La sobrevivencia de estados juveniles infectivos que no se alimentan, dependen de sus reservas lipídicas y su gasto ha sido correlacionado con una reducción en su movilidad e infectividad, Robinson et al. (1985); sin embargo, el movimiento es también dependiente de la película de agua que rodea a las partículas de suelo por lo que su saturación reduciría los espacios de los poros reduciendo también la oxigenación al bloquearlos. Wallace, (1958).

Por otra parte, LaMondia y Brodie (1990), encontraron que los quistes sometidos a estrés de calor que previamente habían sido almacenados en condiciones húmedas, murieron en alto índice, en comparación con los que habían sido almacenados en arena seca.

Otro factor que influye en la eclosión y desarrollo del nemátodo es el fotoperíodo, Ellenby (1958) encontró que el nemátodo dorado produce pocas hembras en papas crecidas bajo días cortos, y al contrario en días largos, sugiriendo que la habilidad de multiplicarse puede ser influenciada por la duración del día restringiendo la existencia del nemátodo a ciertas latitudes. También hay evidencia de que este factor afecta la eclosión; por ejemplo, Franco y Evans (1979), observaron más juveniles eclosionados de quistes de *G. rostochiensis* y *G. pallida* producidos en días de 16 h que de aquellos producidos en 12 h. Evans (1982b) reporta que fotoperíodos cortos redujeron la eclosión de huevecillos de quistes de *G. rostochiensis* recolectados de papa variedad Katahdina, pero fue incrementada en las variedades Superior y Sebago.

Clarke y Perry (1977) indican que otro fenómeno que también se da en este nemátodo, es la suspensión repentina de su desarrollo que algunos investigadores lo identifican como diapausa. En el caso de la diapausa, se ha encontrado que una alta tasa de emergencia de juveniles ocurre en

quistes amarillos y una menor proporción en aquellos de color café, y dado que aparentemente la única diferencia entre ambos es la edad, se considera que la dormancia se desarrolla durante la maduración del quiste (Ellenby y Smith, 1967); sin embargo Hominick et al. (1986) reportaron que la eclosión está determinada por la estación, sugiriendo que *G. rostochiensis* exhibe una diapausa facultativa, en la que el estímulo de los exudados radicales sincroniza el ciclo de vida del nemátodo con el de su hospedante.

Antoniou (1989) cita que los J2 engendrados por padres que no eclosionaron tardíamente, no mostraron dormancia, sugiriendo que este fenómeno está genéticamente controlado, además de que el fotoperíodo y la temperatura influyen en la diapausa principalmente en la eclosión de huevecillos, siendo la temperatura a la que se le atribuye el rompimiento de la misma.

Otra característica del desarrollo del nemátodo dorado que se sabe está influenciada por el medio ambiente es la determinación del sexo, Ellenby (1954a) lo sugirió, además de que encontró una mayor proporción de machos en las raíces laterales que en las principales.

Los resultados obtenidos en algunos experimentos establecen que aparentemente sólo J2 con células gigantes de

suficiente tamaño y contenido de nutrientes, pueden convertirse en hembras; si la densidad de J2 invasoras se incrementa progresivamente, pocas van a hallar un sitio que contenga una célula gigante que las sustente, operándose un mecanismo de regulación que aumenta la proporción de machos. (Den Ouden, 1960; Trudgill, 1967 y Ross y Trudgill, 1969).

### **Relación Hospedante-Parásito**

#### Efecto del Nemátodo Dorado en las Plantas de Papa

La invasión de las raíces de las plantas por los J2, reducen el crecimiento de las raíces y tallo así como las concentraciones de K, P y en menor cantidad Mg, por lo que la cosecha de los tubérculos decrece, en parte porque el desarrollo de las plantas infestadas es menor, pero también por que se presenta el fenómeno de la senescencia temprana, la cual se asocia, por observaciones realizadas en campo, con marchitamiento y estrés hídrico, atribuibles en gran parte a la progresiva muerte de la raíz inducida por el ataque del nemátodo, observándose que las variedades resistentes soportaron más este fenómeno y sus raíces sobrevivieron más que las susceptibles (Evans, et al., 1975a).

Por otra parte, Evans (1982a) asocia altas concentraciones de ácido abscísico en las plantas, que son

más tolerantes al ataque del nemátodo o en aquellas que no estaban infectadas.

Fatemy *et al.* (1985) encontraron que los efectos de resistencia estomatal y reducción en el uso de agua debido a la infección de *G. rostochiensis*, se daba tanto en una variedad resistente-tolerante como en una no resistente-intolerante; sin embargo los datos mostraron que las plantas del primer tipo contenían nueve veces más que las segundas, pero los cambios proporcionales del contenido del ácido abscísico debido al ataque del nemátodo, así como el estrés hídrico fueron mayores en la segunda.

### Histopatología del Hospedante

El proceso de parasitismo del nemátodo dorado en la papa sigue un patrón de comportamiento que comparte con otros nemátodos enquistados, especialmente del género *Heterodera*, y la respuesta del hospedante a nivel celular es, en general para éstos, la misma y hace posible denotar que dichos nemátodos no generan cambios a través de una reprogramación de eventos metabólicos sino que exagera o interrumpe el funcionamiento normal de la célula. (Jones, 1981).

La respuesta de las células de la planta a la alimentación de un nemátodo enquistado es la formación de



una célula de transferencia a través de la cual se va a alimentar hasta su madurez, la cual es llamada "sincitio". Las primeras células que pueden ser afectadas pueden estar en la corteza o cutícula, endodermis, periciclo o parénquima vascular, donde el nemátodo perfora la pared celular, generando un tapón que se asume se genera en las anfidias del nemátodo; dicho tapón es un material que rodea al estilete y adopta una forma característica propia de determinados géneros (Endo, 1978 y Rumpenhorst, 1984).

La digestión de la pared celular no ocurre cerca del estilete, según progresa su desarrollo más células son incorporadas al sincitio, en las que las vacuolas se pierden y el citoplasma comunal se mueve libremente dentro de este, las mitocondrias y cuerpos de Golgi se vuelven numerosos y el núcleo y nucleolo se alargan, volviéndose los contornos nucleares ameboides (Jones 1981); no se lleva a cabo cariocinesis por lo que su condición multinucleada se debe a la fusión de diferentes protoplasmas de las células que llegan a formar el sincitio (Mundo-Ocampo, 1985).

Después de que la hembra madura hasta ser quiste, el sincitio se vuelve necrótico y se reduce de tamaño, ocupando el lugar vacante los tejidos parenquimatosos de la planta, pero de todos modos el tejido vascular queda inoperante, traduciéndose en pérdida de nutrientes que impiden el

desarrollo de la planta. (Endo, 1985).

Adicionalmente al daño que causa la producción de sincitios, el nemátodo dorado y otros nemátodos enquistados forman galerías en la corteza de células necrosadas debido al empuje que ejerce el estilete tanto en la pared interior de una célula endodérmica como en células corticales cerca de la endodermis, especialmente en plantas resistentes. (Endo, 1964 y 1965; Johnson y Fushtey, 1966 y Ross, 1958).

Bleve-Zacheo *et al.* (1990) encontraron que una reacción hipersensitiva en el hospedante se hizo evidente siete días después de la inoculación del nemátodo y se caracterizó por ser una necrosis extensiva que rodeaba al sincitio, el cual mostraba una necrosis de su contenido citoplásmico cuando su núcleo y nucleolo eran severamente afectados, indicando interferencia en el mecanismo de transcripción.

Todos estos cambios y transformaciones celulares realizadas por el nemátodo inhiben el normal desarrollo de la planta, causándole según Spears (1968) achaparramientos, clorosis y marchitez; síntomas que están relacionados con determinados niveles de infestación presentes al momento de la siembra.

## Patotipos del Nemátodo Dorado

### Búsqueda de Resistencia Hacia los Nemátodos del Quiste

La papa era cultivada extensivamente en Europa durante el siglo XIX, después de haber sido introducida de los Andes durante el siglo XVI, e indudablemente *G. rostochiensis* fue introducido en esos cargamentos incrementando su población en los lugares donde se sembraba papa debido a su monocultivo, esto condujo a que se registraran pérdidas considerables después de la Segunda Guerra Mundial. De esta manera se buscaron fuentes de resistencia (Sidhu y Webster, 1981); así Ellenby (1948) menciona que *Solanum vernei*, una papa silvestre proveniente de Argentina presentaba un grado de resistencia sobresaliente; posteriormente Ellenby así como Mai y Peterson en 1952 fueron los que iniciaron los programas de mejoramiento de papa para resistencia al nemátodo dorado incorporando plantas de *Solanum* formadoras de tubérculos en las que también se incluyeron cinco clones de *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* que fueron extraídos en 1954 de la colección del Commonwealth Institute, (Ellenby, 1954b). Por otra parte Huijsman y Toxopeus en 1952 y 1953 describen por vez primera un solo gene de resistencia (H1) en *Solanum tuberosum andigena*, lo que contribuyó que hacia 1970 ya se dispusiera de variedades resistentes, las cuales se sembra-

ron en Holanda, Gran Bretaña y Alemania, sin embargo se empezó a observar que algunas de ellas rendían bien en campos con bajos niveles de infestación, pero en otras localidades esos mismos cultivares eran seriamente dañados e inclusive incrementaron la población de quistes (Sidhu y Webster, 1981; Dropkin, 1988).

En parte la diferencia en el comportamiento de dichas poblaciones se debió a la presencia de especies diferentes; esta identificación se basó en que ciertas poblaciones presentaron diferencias morfológicas entre ciertas poblaciones de nemátodos, que aunadas a estudios realizados de apareamiento (Parrot, 1972), entre ellas, se concluyó que eran dos especies *G. rostochiensis* y *G. pallida*, las cuales se diferencian por sus fases de coloración en el quiste, ya que la primera adquiere un color dorado antes de volverse café en su maduración, y la segunda es blanca o crema hasta antes de ser café (Stone, 1973).

#### Concepto de Patotipo

Con el descubrimiento del gene H1 se fueron conociendo otras fuentes de resistencia para ambas especies, así como poblaciones que eran capaces de romper la resistencia de las variedades que ya se habían generado, a este tipo de poblaciones se les denominó razas biológicas, biotipos o

patotipos, terminos que aún actualmente son discutidos, aunque Kort *et al.* (1977) menciona qué patotipo es el que más se apega al fenómeno en cuestión ya que biotipo tiene una connotación que implica un grupo de individuos con un solo genotipo, por lo que se apega a la definición propuesta por Robinson la cual explica que un "patotipo" es una variante de una especie del nemátodo del quiste de la papa, el cual difiere de otros por su habilidad para multiplicarse en genotipos de papa particulares conocidos como "hospedantes diferenciales", definiciones que en su fundamento concuerdan con las indicadas por Dropkin (1988), quién además señala que el término raza es para designar una población con caracteres distintivos, ya sean morfológicos o fisiológicos o ambos y es parcialmente aislada de otros grupos intraespecíficos ya sea geográfica o genéticamente, y en especial en los nemátodos fitoparásitos se puede describir por su capacidad para reproducirse en ciertas especies de plantas (hospedantes diferenciales).

### Relación Gene por Gene

Jones (1974) explica que el hallazgo del gene de resistencia H1, en *ex andigena*, el cual se encontró que era dominante y específico, motivó a que se buscara explicación congruente, y fue Howard quién primero sugirió que estaba implicada una relación de gene por gene, que es el equiva-

lente botánico de la interacción antígeno-antisuero en los animales, donde la susceptibilidad de un hospedante es comúnmente recesiva a la resistencia, así la dominancia implica la producción de una sustancia específica reconocible, y recesividad su ausencia, de manera que un hospedante resistente producirá una sustancia H, que la susceptible no producirá; similarmente será para el parásito que producirá una sustancia P cuando es compatible, misma que no producirá uno incompatible, así se establecen relaciones de compatibilidad o su contrario de acuerdo al número de pares de sustancias H y P, cada una de las cuales corresponde a un gene de resistencia en el hospedante y a uno de patogenicidad en el parásito. La resistencia requeriría de la presencia de ambos miembros de un par y la susceptibilidad la ausencia de uno o de ambos.

Jones et al. (1981) indican que debido al modo de alimentación de las hembras del nemátodo que se mantienen largos períodos en un solo sitio, la saliva que ellas inyectan dentro del sincitio debe ser compatible con el citoplasma de la célula, donde el principal efecto de la saliva es iniciar el sistema de parasitismo y quizás continuarlo, lo cual puede depender de la relación parásito fuente de alimento, misma que puede ser alterada por los cambios propiciados por un solo gene dominante en el hospedante lo que puede causar la degeneración del sincitio

(reacción de hipersensibilidad por parte del hospedante). Una relación gene por gene se ha demostrado que existe entre resistencia generada a partir de *ex andigena* contra patotipo R1 y la capacidad de otros patotipos para reproducirse en las plantas resistentes al patotipo R1.

La resistencia derivada de genes dominantes no es la única forma de resistencia. Williams (1956) demostró que *Solanum vernei* difiere de *S. tuberosum* en su respuesta a la incidencia del nemátodo de diferentes maneras, una de las cuales es la de producir exudados radicales que se comportaron poco efectivos para inducir la eclosión de nemátodos. Este tipo de resistencia se piensa que la propician poligenes, característica que la hace difícil de manejar en los programas de cruza que los obliga a efectuar diversas retrocruzas para estandarizar los cultivares que incluyan *tuberosum*.

#### Esquemas de Identificación de Patotipos

Los patotipos que se fueron generando en distintos países, primero se les denominó con letras A, B C, aunque cabe recordar que algunos de ellos como el B británico luego se les identificó como la especie *G. pallida*. Después se propuso una nueva nomenclatura en la cual los patotipos de *G. rostochiensis* y *G. pallida* son codificados como Ro y Pa

respectivamente, seguidos del número correspondiente de patotipo, asimismo enlista una serie de clones de papas cultivadas y silvestres en los que se reproduce el nemátodo abundantemente, o poco, o nada, para los que se anota un signo (+) o un (-) respectivamente, con el objeto de deducir la presencia de determinados patotipos en base a las reacciones observadas (Kort et al., 1977). Casi simultáneamente Canto y Scurrah (1977) generan otro sistema, muy similar en el que se incluyen tres patotipos (nombrados ahí como razas) nuevos, y este esquema, consideran los autores, es más representativo de los genotipos de papa presentes en los Andes. Dicho esquema posteriormente lo publicó Franco (1981) el cual se presenta en la Cuadro 2.3. Este sistema está basado en la suposición de que hay una relación entre razas con una reacción similar hacia un gene particular o grupo de genes en un hospedante diferencial. Por otra parte, los genes en las diferenciales no siguen un orden jerárquico, por lo que este sistema no está orientado hacia la explicación evolutiva del organismo sino mas bien para ver en una forma práctica y ordenada cuál material genético que esté incluido en el grupo de diferenciales podría ser usado contra determinados patotipos.

Las bases de esta clasificación son: 1. Hay números y letras en orden alfabético y cronológico que se emplean para designar los patotipos (razas). También las hospedantes



Cuadro 2.3. Esquema de identificación de patotipos de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* por clones diferenciales y sus equivalentes en otros esquemas. (Franco, 1981).

*Globodera rostochiensis*

PLANTAS DIFERENCIALES	ESQUEMA		PATOTIPOS			
	Británico	A	F	B	C	
	Holandés	A	Ro4	Ro2	Ro3	
	Europeo	Ro1	R1B	R2A	R3A	
	Latino	R1A				
PLANTAS DIFERENCIALES		No. designado a diferenciales				
<i>Solanum tuberosum</i>	0	+	+	+	+	
<i>ssp. tuberosum</i>	1	- 1)	- 1)	+	+	
<i>Solanum tuberosum</i>	2	-	+	- 1)	-	
<i>ssp. andigena</i> (H1)	3	-	+	-	- 1)	
<i>Solanum kurtzianum</i>	4	-	-	-	-	
KTT/60.21.19						
<i>Solanum vernei</i>						
GLKS 58.1642.4						
<i>Solanum vernei</i>						
(VTn)2 62.33.3						

*Globodera pallida*

PLANTAS DIFERENCIALES	ESQUEMAS		PATOTIPOS				
	Británico	B				D	E
	Holandés					Pa2	Pa3
	Europeo	Pa1					
	Latino	P1A P1B*	P2A*	P3A*	P4A	P5A	
PLANTAS DIFERENCIALES		No. difs.					
<i>Solanum tuberosum</i>	0	+	+	+	+	+	+
<i>ssp. tuberosum</i>	1	- 1)	- 1)	+	+	+	+
<i>Solanum multidissectum</i>	2	+	+	- 1)	+	+	+
(H2)	3	+	+	+	- 1)	+	+
<i>Solanum kurtzianum</i>	4	-	+	-	-	- 1)	+
KTT/60.21.19							
<i>Solanum vernei</i>							
GLKS 58.1642.4							
<i>Solanum vernei</i>							
(VTn)2 62.33.3							

\* Patotipos no reportados previamente.

1) Reacción más importante para la clasificación.

diferenciales se les asignan números. 2. Las razas son ubicadas bajo cada hospedante diferencial, de tal manera que el número dado a la raza es siempre relacionado con el de la planta diferencial. 3. Las razas que tienen los mismos números pero diferentes letras no pueden reproducirse en el clón que le da el número a las razas. 4. Como en todo esquema de clasificación una identificación previa de la especie es necesaria. 5. *Solanum multidissectum* (H2) no diferencia razas de *G. rostochiensis* y *S. tuberosum* spp. *andigena* (H1), no diferencia especies de *G. pallida*, por lo que no se incluyen en los esquemas de clasificación respectiva.

### Aspectos Agronómicos del Nemátodo Dorado

#### Distribución

Aunque las especies de *Globodera* son parásitos de cultivos de áreas templadas, se les puede encontrar en muy diversas latitudes, identificándose ya como un nemátodo cosmopolita. Se le localiza en Algeria, Túnez, Asia, Europa continental, oeste de las anteriormente llamadas Repúblicas Soviéticas Socialistas, alrededor de la cuenca del Mediterráneo, Islandia, India (altas latitudes) Sudáfrica, en las regiones andinas de Sudamérica, así como Centroamérica, Este y Oeste de Canadá, y en lugares aislados de los Estados Unidos (Evans et al., 1975b; Spears, 1968).

Jones y Kempton (1978) indican en relación a la diseminación de *G. rostochiensis* en campos de papa en Escocia, que cuando el nemátodo se encuentra muy esparcido en el campo al punto de parecer que está ausente, es necesario de cultivar hospedante al menos cinco veces para producir poblaciones dañinas, y en ese punto a nivel de campo ya se pueden observar manchones. Una vez que una infestación se establece en un terreno en condiciones favorables, rápidamente se establecen nuevos focos de infestación que van acumulando espacio hasta ocupar virtualmente todo lugar disponible de dicho terreno.

Para verificar la dispersión del nemátodo a nivel regional e inclusive nacional, Spears (1968), indica que los muestreos con sistema de cuadrícula, son efectivos para detectarlo y señala dimensiones en metros de 3x3, 4x4, 5x5, los cuales determinan la probabilidad de encontrar al nemátodo.

En la cuarentena nacional interior No. 17 contra el nemátodo dorado de la papa, el sistema de muestreo recomendado es el de cuadrícula con dimensiones de 10x10m. Boag et al. (1992) sugieren el uso de un sistema en zig-zag estratificado que considera más preciso aún para observar la distribución horizontal del nemátodo, en el que el número de submuestras a tomarse determina el número de tramos en el zig-zag, y el lugar del tramo donde se va a tomar la

submuestra se elige al azar. Señala también que para nemátodos enquistados cada toma o submuestra puede ser de 2.5 cm<sup>3</sup> (20 g) para que conformen una muestra compuesta de 200-250 g con la que se pueda realizar una extracción eficiente en un tamiz estándar de 20 cm de diámetro.

Chitwood y Feldmesser (1948) encontraron que cerca del 99 por ciento de nuevos quistes en la capa superior de 25 cm de un suelo muy infestado, se obtuvieron en sus primeros 15 cm, en los cuales las nuevas hembras producidas se recolectaron a 5.1 cm de profundidad, estratos que se asocian con una máxima producción de raíces; Jones y Kempton (1978) mencionan que en la capa arable a 30 cm de profundidad se pueden detectar poblaciones de nemátodos enquistados que pueden tener una densidad que va desde 1 a 100 huevecillos/g de suelo, Boag *et al.* (1978) refieren en cuanto a la distribución vertical o de profundidad de los nemátodos, que si se muestrea en cualquier lugar en una capa de 20 cm de profundidad en la parte superior del suelo, se pueden obtener estimaciones razonables de las poblaciones de nemátodos enquistados; Jones y Kempton (1978), puntualizan que los muestreos deben hacerse después de la cosecha, después de las labores de barbecho cuando los nemátodos han sido distribuidos al azar por las mismas, pues si se hiciese con anterioridad, los nemátodos están concentrados debajo de las hileras cuando el cultivo se había recién levantado y sus raíces habían quedado esparcidas en la superficie, ni tampon-

co es conveniente hacerlo cuando las plantas están creciendo pues los nemátodos están concentrados en las raíces a unas densidades cuyo promedio es superior al que se pudiera obtener por unidad de peso o volumen de suelo de un conjunto de muestras obtenidas en un muestreo.

### Dinámica de Población

La vida pasiva de los nemátodos enquistados está restringida al segundo estado juvenil en el huevo, el cual es también el único estado capaz de sobrevivir por largo tiempo. Una vez que eclosionan del huevo, la tasa de mortalidad de los nemátodos es del orden del 50 por ciento si no encuentran las raíces de su hospedante para empezar a alimentarse.

Den Ouden (1960) encontró que generalmente sólo un 5 por ciento de los huevecillos de *G. rostochiensis* y *G. pallida* eclosionan en agua, y cerca de 35 por ciento de sus huevecillos eclosionan en el suelo durante un corto período en primavera cuando la temperatura es suficientemente alta, esta forma espontánea de eclosionar es prácticamente la única causa del abatimiento de las poblaciones en el suelo en ausencia de su hospedante, pese a este aspecto, también es conocida la capacidad de este nemátodo para sobrevivir dada su característica de enquistamiento que le permite hacerlo por largos períodos aún en condiciones secas de

almacenamiento los cuales se ha encontrados que son de 10 años (Evans, 1969), o 15 (Seinhorst, 1985).

Evans (1969) observó la presencia de una gran cantidad de machos durante junio y julio, cuando la fertilización de hembras probablemente ocurre; muchos quistes están presentes en los últimos de junio y los primeros de julio, y en mayo-junio hubieron muchos juveniles en las raíces de plantas jóvenes pero después se vieron pocos, incrementándose estos ligeramente en agosto, lo que sugiere una pequeña segunda generación que puede provenir de los quistes recientemente formados los cuales pueden ser estimulados ya sea por exudados radicales o por sustancias por otros organismos del suelo; Storey (1982) encontró evidencias de una segunda generación potencial, la cual consideró que no se materializó en las raíces probablemente por el estado de madurez de las plantas.

La distribución de los quistes en la capa arable del suelo influye para que sean los iniciadores de la nueva generación de *G. rostochiensis* a desarrollarse. Storey (1982) demostraron que los cambios poblacionales ocurren inicialmente a unos 10-15 cm de profundidad, cerca de la semilla en el suelo.

El incremento de la población a partir de los quistes presentes al momento de la siembra se ha estudiado a

través de la tasa de reproducción, donde se ha percibido por diversos investigadores que la tasa de reproducción decrece en la medida que el nivel inicial de densidad se incrementa, aunque también se observa que existe una baja tasa de reproducción a niveles de inóculo bajo, los cuales se incrementan rápidamente a un máximo y luego declina lentamente en tanto el nivel inicial de inóculo es incrementado, Kort (1962), y el número de huevecillos producidos por quiste decreció un poco con el incremento de la densidad de población inicial.

La disponibilidad de alimento es un factor determinante para que la población de *G. rostochiensis* decline o se incremente, ya que para que un juvenil de segundo estado llegue a adulto deberá alimentarse de una célula de transferencia durante toda su vida, y tal célula deberá ser lo suficientemente grande como para permitir al nemátodo desarrollarse a un mínimo de tamaño, de manera que si la población se incrementa, el espacio disponible para alimentarse se verá reducido por las células de transferencia adyacentes dando como resultado la exclusión por competencia de juveniles infectivos lo cual explica los cambios de la relación entre el número de huevecillos de la generación de los padres y el número de quistes y huevecillos producidos en la siguiente generación, (Seinhorst, 1985).

Dicha aseveración ya se había contemplado por Seinhorst (1967), quien experimentando en macetas encontró

que a densidades iniciales de huevecillos muy altas el contenido de quistes de la nueva generación fue en algunos casos la quinta parte del producido por quistes generados a partir de densidades iniciales pequeñas. puede decirse que en muchos casos la fuente de alimento es explotada de manera eficiente, independientemente de la muerte de grandes proporciones de juveniles que penetraron en las raíces. Seinhorst (1985).

### Pérdidas

Aunque en la actualidad el nemátodo dorado se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, existen pocos reportes de pérdidas en cosecha, Spears (1968) indica porcentajes de pérdidas hasta del 40 por ciento en lugares donde no se le combatía, porcentaje que ha sido limitado, según Evans y Brodie (1980) cerca de nueve por ciento anual, cuando se realiza rotación de cultivos; Franco (1986) reporta pérdidas del 15 por ciento sin que se percibieran síntomas aéreos, por otro lado Brown y Sykes (1983) reportan pérdidas de 6.25 ton/ha en suelos infestados con 20 huevecillos/g de suelo, llegándose a incrementar hasta 22 ton/ha a un nivel de 160 huevecillos/g de suelo. Den Ouden (1960) indica un umbral económico para pérdidas en el cultivo de papa debido a *G. rostochiensis* y *G. pallida* que fluctúa entre 20 - 30 huevecillos/gramo de suelo.



Las pérdidas en el cultivo pueden agravarse por el parasitismo de otros organismos como *Pseudomonas solanacearum* y *Verticillium dahliae* que facilitan la penetración del nemátodo dorado al hospedante debido a la ruptura de la corteza de la raíz que el nemátodo realiza causando una cantidad de pérdidas mayor que las que cada organismo pudiera producir por separado. (Camacho et al., 1979, Cobet y Hide, 1971).

Brown (1969) encontró que las pérdidas de papa se incrementan linealmente en relación a las densidades del nemátodo dorado en el momento de la siembra, en los experimentos realizados, en promedio, redujeron la cosecha en 1 ton/ha cada 10 huevecillos/g de suelo, cuando existían infestaciones iniciales en un rango de 0-150 huevecillos/g de suelo, aproximadamente.

Existe un patrón de relación entre la densidad de población del nemátodo dorado al momento de la siembra y el peso de la planta de papa o su producción explicados a través de regresiones lineales o modelos exponenciales que concuerdan en el hecho de que a menores densidades de inóculo, se presenta mayor producción, (Barker y Olthof, 1976).

Debido a la inquietud de observar las tendencias de las líneas de respuesta que así se crean y con el objetivo de que éstas sirvan como modelo para obtener determinado tipo de estimaciones, Shane y Tong (1987) indican que el uso apropiado de diseños con repeticiones completas para dicho propósito ha sido recientemente cuestionado, dado que muchos de estos diseños fueron originalmente creados para probar diferencias entre niveles de tratamientos y no para estimar respuesta. En experimentos de pérdidas por enfermedades el objetivo del conjunto de datos no es probar que un nivel de severidad de enfermedad causa pérdidas significativas cuando se compara con otro, sino el objetivo es casi sin excepción, determinar una respuesta de la relación entre pérdidas de cosecha e incremento con la severidad de la enfermedad. Para estimación de la respuesta se enfatiza en usar más tratamientos que número de repeticiones, por lo tanto se busca el modelo que mejor los describa.

### Medidas de Combate

Franco (1986) y Guskova y Gladkaja (1974) señalan que el control del nemátodo dorado tiene como objetivos prevenir la diseminación de los nemátodos del quiste a nuevas áreas, y mantener la densidad de población de los nemátodos en áreas ya infestadas a niveles que no afectan los rendimientos, por lo que considera que un programa integrado debe considerar diversas medidas de combate; cualquiera de estas

sería incapaz, por sí sola, de realizar un control efectivo del nemátodo.

Entre las más importantes medidas de combate tenemos el uso de variedades resistentes, Huijsman (1961) menciona que el cultivo de variedades resistentes redujo la densidad de población más que un cultivo inmune (frijoles), sin embargo, hubo algunas indicaciones de que después de tres generaciones ya no hubo tal reducción sino que se mantuvo a cierto nivel definitivo, el cual fue independiente del grado de infestación inicial; a este nivel el cultivo no era dañado notablemente; dados los resultados del experimento concluyó que era imposible la erradicación de dicha población pues siempre quedó una pequeña cantidad de nemátodos distribuidos muy irregularmente en el campo.

LaMondia y Brodie (1986) reportan que bajo cultivo continuo de un cultivar resistente el contenido de los huevecillos por quiste puede decrecer de 60-90 por ciento por ciclo en planta (cuatro semanas), y el número de quistes con huevecillos viables decreció en un 77 por ciento; Brodie (1976) y Cole y Howard (1962), reportan que se puede suprimir la densidad de población a través de esta medida en un 80 por ciento.

Cuando se vaya a sembrar un cultivar resistente en un terreno infestado no sólo se debe conocer su grado de re-

sistencia sino también de tolerancia (sensibilidad a la reducción de la cosecha) y el patotipo presente (Seinhorst, 1985), considerando que en algunas poblaciones se puede presentar mezclas de patotipos donde dependiendo de la fuente de resistencia de la variedad a usar por ejemplo *Solanum tuberosum ssp. andigena* o *S. vernei*, se disparará la población de alguno de ellos, (Olsson, 1985).

Dicho fenómeno se debe a que la siembra repetida de las variedades resistentes menoscaba la resistencia de las mismas debido al incremento de otros patotipos diferentes para los cuales fueron mejoradas, Franco (1986), hecho que se atribuye a que la frecuencia de genes de virulencia que se encuentran como recesivos en poblaciones de nemátodos que no habían sido sometidos a presión de selección, se incrementa, (Janssen et al., 1990).

Las variedades resistentes, al igual que cultivares susceptibles inducen la eclosión de un gran número de juveniles que cuando penetran raíces de variedades con el gene H1, su desarrollo se ve deteriorado por la reacción de hipersensibilidad del hospedante, por lo que se considera que las variedades resistentes pueden usarse no sólo para prevenir el incremento de la población, sino también para reducirla (Forrest et al. 1986; Brodie y Mai, 1989).

En cuanto a la rotación de cultivos Mai y Lownsbery (1948) señalan que esta medida que fue aplicada con pastos durante períodos que fluctúan entre cuatro, cinco o seis años, dependiendo del grado de infestación del campo, llegaron a suprimir los nemátodos considerablemente, pero no garantizaba la reducción de población necesaria como para incluirla en un programa de control, a menos que se usaran variedades resistentes cuya cantidad de raíces presente en el cualquier sitio en particular del terreno, se correlaciona con la declinación de la población del nemátodo. (La Mondia y Brodie, 1986 y Rawsthorne y Brodie (1986).

^ Otra alternativa que puede ayudar en una rotación es la utilización de variedades trampa de papa, las cuales pueden madurar antes de que se complete el ciclo de vida de los nemátodos, y por ello se convierten en malas hospedantes de las mismas, aunque hasta la fecha se reporta como impráctica, Whitehead (1986).

Dentro de las medidas de combate contra el nemátodo dorado está el uso de nematicidas que es considerado como necesario para el manejo de un control integrado. Los nematicidas disponibles para el manejo integrado del nemátodo dorado pueden ser fumigantes y no fumigante; entre los primeros encontramos hidrocarburos alifáticos halogenados (bromuro de metilo, dibromuro de metilo y 1,3 dicloropropano), así como compuestos del precursor methyl isotiocianato. Por

otro lado, en los no fumigantes se encuentran los organofosforados (ethoprofos, fenamifos, fensulfotión, tionazin) y carbamatos (carbofuran, aldicarb y oxamyl) (Whitehead, 1985).

Los fumigantes del suelo tienen la ventaja de matar nemátodos profundamente en el suelo y se mueven por sí mismos. Las desventajas son la fitotoxicidad que presenta, la cual fuerza a alargar el período entre la aplicación y la fecha de siembra; por otro lado está el hecho de que escapa rápido de la superficie y su relativa baja toxicidad, en relación a las fuertes dosis que requieren los nemátodos para morir. Los no fumigantes comúnmente no son fitotóxicos, sin embargo son más tóxicos a los nemátodos y usualmente muy persistentes, pero son muy tóxicos a vertebrados y tienen que ser mezclados en el suelo para que sean efectivos. (Harrison et al., 1963 y Whitehead et al., 1970).

Otra medida de combate hacia el nemátodo dorado son las medidas de regulación fitosanitaria que están encaminadas principalmente a evitar la diseminación de un campo a otro, a través de la semilla de papa o instrumentos de labranza, Franco (1981).

## MATERIALES Y METODOS

### Localización de una Población Densa de *Globodera* *rostochiensis* para Extraer Inóculo

#### Caracterización del Area de Estudio

La presente investigación se realizó en Navidad, N.-L., dicha región se ubica a los 25° 04' latitud norte y 100° 36' de longitud oeste y a una altura de 1910 msnm, con una temperatura media anual de 14.30°C y una precipitación anual de 516.2 mm, con un clima semiárido, templado, muy extremoso con lluvias abundantes en verano. Sus suelos son de reacción alcalina con pH de 7.6 a 8.0, siendo más profundos en el norte que en el sur.

#### Muestreos

Los muestreos se efectuaron en el período comprendido entre febrero de 1991 hasta marzo de 1992, realizándolos en terrenos donde se permitía tener acceso y preferentemente en aquellos que se hubieran sembrado con papa para por lo menos dos años atrás. El sistema de muestreo utilizado en esta actividad fue el de cuadrícula

utilizando una distancia entre muestreadores de 10 metros, haciendo tomas cada 5 metros con "caladores" que consistieron de tubos de aluminio de 2.5 cm de diámetro que fueron cortados diagonalmente en uno de sus extremos para que sirvieran como cucharas para extraer las muestras de suelo; dichos tubos se insertaban a una profundidad que fluctuaba entre 10-20 cm de profundidad en la capa superior del suelo. Las tomas se depositaban en bolsas de plástico debidamente identificadas con una letra que designaba al predio en cuestión y el número de hilera (muestreador).

#### Procesamiento de Muestras e Identificación del Nemátodo Dorado

Las muestras obtenidas se secaron a la sombra para posteriormente extraer los quistes del nemátodo mediante el método de flotación de Fenwick; el material de flotación se colectó con un tamiz de 60 mallas y se pasó a papel secante para que se deshidratara hasta que quedase seco. El extracto se desprendía del papel por fricción del mismo recuperándose en una caja petri, misma que se llevaba a observar en el microscopio estereoscópico, donde se examinaba para separar nemátodos enquistados.

Los nemátodos así extraídos, se identificaron a nivel de género en base a su forma, considerando la posible



presencia de tres que son *Globodera*, *Punctodera* y *Heterodera* (esféricos, piriformes y citriformes respectivamente), los cuales se separaron, registraron y contaron aquellos que eran esféricos; se seleccionó el predio cuyas muestras tuvieran la mayor densidad de *Globodera* spp. para proceder a identificar la especie.

Una vez elegida la población a utilizar se procedió a realizar cortes del área terminal de los quistes mediante la técnica de Cooper modificada (Hesling y Ellis, 1974), pasando los cortes por una solución de agua oxigenada de 20 volúmenes durante un minuto, luego en alcohol al 90 por ciento por un minuto y por último en xilol 2:2 durante 30 segundos; ya lavados y aclarados, se montaron en portaobjetos con bálsamo del Canadá. La identificación de la especie se realizó por morfometría, en la que se tomó en cuenta la relación de Granek, el número de líneas o estrías y su forma en la región perineal; dichas características se compararon con literatura especializada Hesling (1978) y Mulvey y Golden (1983), cuyos datos referentes a la morfometría se enlistan en los Cuadros 2.2 y 2.3.

#### Extracción Masiva del Inóculo

Una vez que se detectó la presencia de *Globodera rostochiensis* en un lote determinado, se procedió a extraer-

lo masivamente mediante el acarreo de suelo recolectado con palas de los primeros 10-20 centímetros de profundidad del suelo, y se colocaron en costales de aproximadamente 20 kg, mismos que se vaciaron en tambos de 200 litros llenos de agua a 3/4 de su capacidad, el sobrenadante se recogió con un tamiz de 60 mallas directamente de la superficie, para posteriormente depositarlo en un pliego de papel secante, el cual una vez saturado de dicho sobrenadante, se enrollaba y guardaba en un costal para llevarse al laboratorio donde se secaba a la sombra; después ya seco se sacudía dentro de recipientes de plástico con un fondo de malla de mosquitero obteniéndose un tamo que se espolvoreaba sobre una placa de vidrio inclinada, en la que se separaban los quistes del grueso de la materia orgánica y polvo, por rodamiento, para incrementar la limpieza de los quistes.

### **Efecto de Diferentes Densidades de Inóculo del Nemátodo Dorado sobre el Rendimiento y Algunas Variables Asociadas en Tres Variedades de Papa**

#### Dosificación del Inóculo

Una vez que se obtuvo inóculo en cantidad suficiente, se estimó el contenido de huevecillos-larva por quiste para conocer que cantidad de los mismos se iban a manejar en las doce densidades de inóculo que se aplicarían,

dato que los quistes obtenidos como inóculo diferían tanto en tamaño como en contenido; esto se logró a través de romper 10 quistes elegidos al azar en un macerador de tejidos para liberar los huevecillos-larva que se pasaron a un tubo de ensaye de 20 ml aforando con agua a 10 ml, logrando así una suspensión que se homogenizó mediante su agitación en un vibrador Vortex. Se tomó un ml con pipeta y se depositó en una caja petri cuadrículada que facilitara el conteo; esta operación se repitió tres veces. Las cantidades resultantes se promediaron, se les restó el porcentaje correspondiente a especies extrañas que determinara el proceso de identificación para determinar el contenido por quiste.

Para dosificar el inóculo del experimento, se pesaron tres veces 100 mg de inóculo y se contaron los quistes ahí contenidos, para extrapolar esa cantidad a contenido por unidad de peso. De esta manera se calculó el peso del inóculo según la densidad como se indica en el Cuadro 3.1, la cual se iba incrementando en 100 quistes/l de suelo hasta la densidad 1100, para una capa de suelo correspondiente a 18.84 l, considerando que en ella era donde se iban a depositar. Asimismo en ese cuadro se menciona la cantidad de huevecillos/g de suelo que tendría cada densidad de inóculo, dividiendo la cantidad de huevecillos/quiste por el número de quistes contenidos en el litro, entre el peso del suelo de un litro.

Cuadro 3.1. Dosificaciones del inóculo para el experimento de los efecto de *G. rostochiensis* en variedades de papa.

DOSIFICACION DEL INOCULO			EQUIVALENCIA
Densidad (quistes/ l de suelo	(mg/l)	(mg/18.84 l)	huevecillos/g suelo
0	0.0	0.0	0.0
100	7.1428	134.5703	22.26
200	14.2957	269.1425	44.52
300	21.4286	403.7148	66.77
400	28.5714	538.2851	89.03
500	35.7143	672.8574	111.28
600	42.8571	807.4276	133.55
700	50.0000	942.0000	155.80
800	57.1429	1076.5722	178.06
900	64.2857	1211.1426	200.32
1000	71.4285	1345.7129	222.58
1100	78.5714	1480.2852	244.84

### Establecimiento del Experimento

El experimento fue establecido el 3 de junio de 1992 en el Campo Experimental de la Universidad situado en Navidad, N. L. y consistió en probar tres variedades de papa, Alpha, Atlantic y Norteña con 12 densidades de inóculo para encontrar la relación grado de infestación (densidad de inóculo) del suelo con el rendimiento y otras variables asociadas al mismo.

Las densidades de inóculo partieron de cero quistes/l de suelo, hasta llegar a 1100, en incrementos de 100 quistes/l suelo, utilizándose microparcels, una para cada densidad; dichas microparcels eran medios tambos de plástico de 200 l sin fondo que fueron insertados en pozos cavados con pocera mecánica en el terreno a una profundidad de 35 cm, en cuatro hileras de nueve y una distancia entre hileras de 50 cm y 30 cm entre tambo y tambo; los tratamientos se distribuyeron al azar (Figura A.1); no hubo repeticiones.

Cada microparcels fue llenada primero con 5 cm de grava, luego 18 cm de suelo que resultó de una mezcla de suelo de bosque y suelo del campo resultando una textura de migajón con tendencia a arenoso (se presenta su análisis en el Cuadro A. 18), en el centro de la microparcels se colocó un tubo de 40 cm de diámetro y se llenó con suelo infestado con quistes, el inóculo en cada caso fue calculado para confinarse en el tubo de 40 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, (Figura A.2). Cabe señalar que el suelo utilizado fue previamente esterilizado con bromuro de metilo.

En el centro de cada tubo y a una profundidad de 10 cm de la superficie se colocó una semilla (previamente desinfestada con Thiabendazole), se tapó con suelo y se agregó también el faltante de éste alrededor del tubo para

que de esta manera, acabar de llenar la microparcela; esto se realizó así para todas las micropacelas.

En la misma fecha en que se sembró se aplicó el primer riego que fue a saturación, efectuándose posteriormente en una cantidad establecida según cálculos (mencionados en el Cuadro A.19) y a una frecuencia que varió dependiendo de la fenología del cultivo y la evaporación, por lo que se tomaba suelo del perímetro interior de cada microparcela y a diferentes profundidades con un tubo de aluminio para constatar al tacto si se encontraban a capacidad de campo y así considerar si se regaba o no. Es necesario puntualizar que se resembraron el 31 de junio las microparcelas de la variedad Norteña, tres de la Atlantic y dos de la Alpha por falta de brotación.

Se fertilizó con la fórmula 18-46-00 aplicándose 1.5 g/l de agua al momento de la siembra y en la floración; se realizaron aspersiones de plaguicidas no sistémicos (2 g de manzate y 1 ml de permetrina), a intervalos de 4-6 días. Se hicieron aporques a cada planta según se fuera necesitando.

La cosecha se llevó a cabo el dos de octubre de 1992; a esta fecha 11 plantas de la variedad Atlantic habían completado un ciclo de 90 días; sin embargo, dos de la variedad Alpha no, y a todas las de la variedad Norteña se les

cosechó inmaduras faltando aproximadamente mes y medio para su madurez. Esto se debió a que se presentó una helada que no permitió llegar a madurar las microparcels que fueron resembradas, aunque es necesario mencionar que en el caso de Atlantic y Alpha una de las resiembras realizadas no brotó y en Norteña una planta fue cortada accidentalmente antes de su madurez y dos no brotaron.

### Variables Evaluadas

#### **Altura de Planta**

Esta variable fue observada al final del ciclo vegetativo del cultivo para cada variedad, utilizando una cinta métrica para medir de la base del tallo a la última bifurcación del tallo más alto.

#### **Peso Seco del Follaje**

Los follajes que fue posible recolectar frescos, se metieron a una estufa a 55°C hasta que se observara peso constante; en el caso de las plantas que se helaron, una vez cosechadas se les pasó directamente a la estufa para también secarse y pesarse.

#### **Peso Seco de la Raíz**

Para poder extraer las raíces lo más íntegramente posible, se extrajo el suelo de cada microparcels en dos

partes, primeramente y en forma manual se obtuvo el suelo que estuviera 10 cm hacia adentro, a partir del perímetro y hasta el fondo de la misma; esto con el propósito de dejar libre el cepellón de la planta donde se supone que existe la mayor concentración de raíces el cual seguidamente se extrajo, guardándose el suelo de la periferia y el del cepellón ya identificados.

Las raíces se recolectaron manualmente expulgando minuciosamente el suelo del cepellón; luego se lavaron, sobre un tamiz de 60 mallas para retener quistes que se soltaran con el lavado; se dejaron aerear al ambiente del laboratorio para secarse posteriormente en una estufa a 55°C hasta obtener peso constante.

#### **Número de Tubérculos**

Los tubérculos encontrados en cada microparcela se lavaron sobre un tamiz de 60 mallas y se contaron, considerándose para tal efecto, aquellos que midieran más de 3 cm.

#### **Rendimientos**

Los rendimientos se estimaron a través de los tubérculos que después de ser recolectados por cada planta se lavaron sobre un tamiz de 60 mallas y posteriormente se pesaron.



## Pérdidas

Se estimaron restando el peso de los tubérculos recolectados en cada microparcela al del testigo en cada variedad, la pérdida de peso se expresó en por ciento.

## Incremento del Inóculo

Para estimarla se introdujo suelo de cada microparcela en un cilindro descentrado, revolviendo poco a poco todo su contenido para desahogar el cilindro sobre un plástico antes de introducirle otra porción de suelo. Cuando ya se tenía todo el suelo de la microparcela sobre el plástico, se revolvía con una pala, extendiéndolo por último para tomar 10 alícuotas de 25 ml, distribuídas al azar, constituyendo una muestra de 250 ml de tierra.

La muestra de cada microparcela fue procesada en el flotador de Fenwick para extraer los quistes, mismos que fueron contados y cuyo contenido de huevecillos fue estimado por el método ya descrito anteriormente.

Los quistes extraídos se multiplicaron por cuatro para saber los que contenía un litro y la cantidad resultante por el contenido promedio de un quiste teniendo así la cantidad de huevecillos por litro, resultado que se dividía entre el peso de litro en g para determinar cuantos hueveci-

llos por gramo teníamos en la microparcela después de la cosecha, a la que se denominó población final.

El incremento del inóculo se estimó a través de la tasa de crecimiento mediante la siguiente fórmula:

$$Tc = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

Tc = Tasa de crecimiento  
 Pi = Población inicial  
 Pf = Población final

### Indice de Cosecha

Es el peso seco de los tubérculos sobre peso seco de la biomasa (constituída por peso seco de los tubérculos más peso seco del follaje más peso seco de la raíz). Para calcular el peso seco de los tubérculos se obtuvo un kilogramo de cada variedad y se secaron en la estufa a 50°C, hasta alcanzar peso constante y esos datos se tomaron para que mediante una regla de tres simple, se estimara la materia seca contenida en el peso de los tubérculos de cada microparcela y para cada variedad.

### Índice de Eficiencia del Peso Seco del Follaje

Se propone este índice en el presente trabajo para establecer una proporción entre la cantidad de follaje necesario para producir determinado peso de tubérculos, se estima dividiendo el peso seco de los tubérculos entre peso seco del follaje.

#### **Análisis Estadístico**

Este tipo de análisis se realizó a través del programa Statistical Analysis System (SAS). 1985. SAS Institute Inc., Cary N (27511), USA, efectuando en primera instancia una matriz de correlación entre las variables: altura de planta (ALTP); peso seco de la raíz (PSR); peso seco del follaje (PSF); rendimiento por microparcela (REND); número de tubérculos; índice de cosecha (IC); índice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF); incremento del inóculo (CREC) y densidades de inóculo (POB).

De la correlación obtenida, se eligieron las variables cuyo coeficiente de correlación con la variable POB fuese arriba de 0.5 y que tuviera un porcentaje de probabilidad de error (el cual también lo proporciona el SAS), máximo del 5 por ciento. Esto con el objeto de elegir un modelo que describa la relación densidad de

inóculo-variable.

Para elegir el modelo que se ajustara mejor con cada variable, se consideró su análisis de varianza en el que se tomó en cuenta que fuera significativo a un mínimo del 5 por ciento, su coeficiente de determinación, distribución de residuales y el criterio de ajuste al fenómeno biológico que se trataba de explicar.

**Determinación de los Patotipos de *Globodera rostochiensis* en una Población Detectada en Navidad, N.L.**

#### Caracterización del Area de Estudio

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se localiza a los 25°21' de latitud norte, y a una longitud oeste de 100°57'10"; tiene una temperatura media anual de 17°C, se encuentra en una zona semiárida, con un clima semicálido extremo.

#### Establecimiento del Experimento

El experimento se estableció el 23 de junio de 1992 en un invernadero ubicado en el campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para identificar el patotipo

se utilizaron clones y variedades de papa que sirvieron como diferenciales para dicho objetivo; estos materiales fueron proporcionados por el Centro Internacional de Papa (CIP) a través del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, constando de siete clones en forma de minitubérculos cuyos nombres y características alusivas a la prueba se mencionan en el Cuadro 3.2, utilizándose a la variedad Alpha, donada por la UAAAN, como testigo susceptible, los cuales se desinfestaron con Thiabendazole y se sembraron en macetas de plástico transparente de 500 g, disponiendo un minitubérculo en cada una de las macetas que conformaron las tres repeticiones establecidas para cada clón o variedad; cada maceta fue llenada hasta tres cuartos de su capacidad, se depositó la semilla, luego una capa de suelo de la misma constitución que la del experimento en microparcels, de aproximadamente 1 cm, sobre ésta se depositaron 100 quistes de la población detectada inicialmente, y por último otra capa de suelo. Las macetas se cubrieron exteriormente con una banda de plástico negro de manera que se pudiera remover para observar la raíz, y por otra parte evitar el paso de la luz y la subsecuente formación de algas; se etiquetaron y pusieron en una mesa de concreto donde se regaron cada 4-6 días y se les asperjó Permetrina y manzate a intervalos de 8-10 días. Debido a problemas con la temperatura del invernadero las macetas se removieron de él para ser depositadas en una cámara

bioclimática y posteriormente a otro invernadero cuya temperatura fluctuó entre 25-26° C.

A partir de los los 55 días después de la siembra se hicieron observaciones de las raíces de cada planta cada cuatro días registrando con un signo (+) si habían hembras en estado lechoso o amarillo, en cantidad considerable, o un signo (-) si su presencia era escasa o nula. Las observaciones y los resultados se compararon con las reacciones indicadas para dichas diferenciales en el esquema latino de identificación de patotipos, publicado por Franco (1981), (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Clones diferenciales utilizados para identificar los patotipos de nemátodos del quiste de la papa.

CLON	REACCION		PATOTIPOS QUE IDENTIFICAN
	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>	
ATLANTIC (H1)	R	S	R1A, R1B
KT - 60.21.29 ( <i>Solanum kurtzianum</i> )	R	R	R2A, P2A
GLKS - 58 - 1642.4 ( <i>Solanum vernei</i> )	R	R	R3A, P3A
(VTN)2 - 62.33.3 ( <i>Solanum vernei</i> )	R	R	P4A
P - 55.7 (H2) ( <i>Solanum multidissectum</i> )	S	R	P1A, P1B
GPGAD	--	R	P5A
65 - 346.19*	R	S	

\* Diferencia especies. Nota: Como testigo susceptible se utilizo semilla variedad Alpha (*Solanum tuberosum*, ssp. *tuberosum*)

R= resistente

S= susceptible

## RESULTADOS

### Localización de una Población Densa de *Globodera rostochiensis* para Extraer Inóculo

En el área papera de Navidad, N. L., se muestrearon 12 predios o lotes que comprendieron 710 ha de una superficie total aproximada de 2172 ha correspondiente a la superficie de los lotes muestreados, encontrándose que los lotes con mayor infestación están ubicados al oeste del Ejido Navidad (Figura 4.1), que corresponden en general al área de cultivo de papa de más antigüedad; en cuatro lotes se detectó el género *Globodera*, siendo el predio llamado "La Pájara B" el que presentó una densidad de población de 403 quis-tes/kg de suelo, la más alta de los lotes como se muestra en el Cuadro 4.1.

Por su alta densidad de población el lote de "La Pájara" fue elegido para ser la fuente del inóculo a utilizar en posteriores experimentos. Se analizó su población morfométricamente, encontrándose, según los resultados que se muestran en el Cuadro 4.2, que consta de tres especies: *Globodera rostochiensis*, *G. virginiae* y *G. solanacearum*, de las cuales la primera es la que predomina en la población con un 87.4 por ciento.



Cuadro 4.1. Predios muestreados para detectar *Globodera* spp. en Navidad, N. L.

LOTE	SUPERFICIE		DENSIDAD POBL. (quistes/kg suelo)
	TOTAL (ha)	MUESTREADA	
La Trinidad	250	250	0
La Paz *	180	20	0
El Arranque	600	120	0
El Berrendo *	360	60	0
La Nueva Esperanza*	72	25	64
La Pájara A	100	30	88
La Pájara B	20	5	403
La Pequeña	100	60	0
San Gerardo	250	80	0
La Estancia	75	20	0
Ej. Las Esperanzas	65	20	3
Navidad 17	100	20	0
TOTAL	2172	710	

\* En estos lotes también se detectó *Heterodera* spp.

Cuadro 4.2. Características morfométricas del área terminal de quistes de diversas especies de *Globodera* recolectados en el lote "La Pájara" de Navidad, N. L.

ESPECIE	RELACION DE GRANEK ( $\bar{x}$ )	TIPO LINEAS PERINEALES	No.* ESTRIAS	No. CORTES	% sp.
<i>G. rostochiensis</i>	3.9	Continuas y paralelas	19-21	90	87.4
<i>G. virginiae</i>	2.4	Un tanto discontinuas y paralelas	8-10	9	8.7
<i>G. solanacearum</i>	2.2	Como laberinto	--	4	3.9
			TOTAL	103	100.0

\* Para *G. rostochiensis* el dato se obtuvo de 37 quistes.  
Para *G. virginiae*, este dato se obtuvo de 5 quistes.

**Efecto de Diferentes Densidades de Inóculo del Nemátodo Dorado sobre el Rendimiento y Variables Asociadas, en Tres Variedades de Papa**

Variedad Alpha

Respecto a la matriz de correlación que se llevó a cabo para la variedad Alpha, se aprecia en el Cuadro 4.3, se puede decir que seis de las ocho variables observadas están correlacionadas con las densidades de inóculo (POB) y éstas son rendimiento (REND), pérdidas (PERD), índice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF), índice de cosecha (IC), incremento del inóculo (CREC) y peso seco de la raíz (PSR) mismas que presentan coeficientes de correlación negativos (excepto en pérdidas) arriba del 0.500 y cuyos porcentajes de probabilidad de error fluctuaron entre 0.0034 y 0.0418, por lo que estas asociaciones se eligieron para ser explicadas mediante un modelo que mejor describa la tendencia correspondiente.

Respecto a la variable REND, su respuesta hacia las distintas densidades de inóculo se puede describir a través de una ecuación cuadrática que estima una línea que tiene tendencia negativa (Figura 4.2), donde se presenta un máximo de rendimiento de 1637.4 g en la densidad de cero

Cuadro 4.3. Matriz de correlación entre nueve variables evaluadas de las variedades Alpha, Nortea y Atlantic a diferentes densidades de inóculo (1).

	ALTP	NOTUB	REND	PERD	IC	IEPSF	CREC	PSR	PSF
<b>VARIEDAD ALPHA</b>									
POBa	-0.0365	0.0266	-0.7591	0.7591	-0.8037	-0.8242	-0.7902	-0.6502	-0.4674
b	0.9204	0.9418	0.0109	0.0109	0.0051	0.0034	0.0113	0.0918	0.1731
<b>VARIEDAD NORTEÑA</b>									
POBa	-0.4913	-0.6057	-0.9015	0.9015	-0.7384	-0.7791	-0.778	-0.5099	-0.8219
b	0.1792	0.0838	0.0009	0.0008	0.0231	0.0133	0.023	0.1608	0.0066
<b>VARIEDAD ATLANTIC</b>									
POBa	0.2979	0.2755	-0.4751	0.4751	-0.2015	-0.0977	-0.543	0.0723	-0.6152
b	0.3736	0.4123	0.1397	0.1397	0.5524	0.7752	0.0843	0.8623	0.0439

POB = población (quistes/lt de suelo); ALTP = Altura de plantas (cm); NOTUB = No. de tubérculos;  
 REND = rendimientos; PERD = pérdidas; IC = índice de cosecha; IEPSF = índice de eficiencia del peso  
 seco del follaje; CREC = incremento de inóculo; PSR = peso seco de la raíz; PSF = peso seco del follaje

a= Índice de correlación (r)

b= Nivel de significancia

\* Significativo (5%)

\*\*Altamente significativo (1%)

(1) Sólo se indican los valores de la relación de variables -densidad de inóculo (POB)

inoculación (testigo), para, posteriormente declinar hasta un mínimo de 762.5 g en la densidad de 800 quistes/l de suelo (178.06 huevecillos/g de suelo), y por último ascender a 885.8 g en la densidad de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo). Los residuales de esta curva se presentan en la Figura 4.2.A, donde se observa que se distribuyen al azar, y a lo largo de la línea estimada, donde  $e=0$ , por lo que este modelo se adecúa para estimar rendimientos a los niveles de infestación ya señalados.

En el caso de PERD, la línea de respuesta se presenta con una tendencia inversa a la de REND (Figura 4.3), la cual es estimada a través de una ecuación cúbica que indica una pérdida máxima de 51.52 por ciento en la densidad de 800 quistes/l de suelo (178.06 huevecillos/g de suelo), para luego atenuarse a 37.15 por ciento en el máximo nivel de inóculo de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo), registrándose pérdidas mínimas en las primeras densidades de inóculo de 2.94 por ciento en el nivel de 100 quistes/l de suelo (22.26 huevecillos/g de suelo). Los residuales se presentan en la Figura 4.3.A, mismos que se distribuyeron al azar, alrededor y a lo largo de la línea que estimó el modelo, lo que permite considerar al modelo como adecuado para describir el fenómeno en cuestión.

0	-	0.0
100	-	22.26
200	-	44.52
300	-	66.77
400	-	89.03
500	-	111.28
600	-	133.55
700	-	155.80
800	-	178.06
900	-	200.32
1000	-	222.58
1100	-	244.84

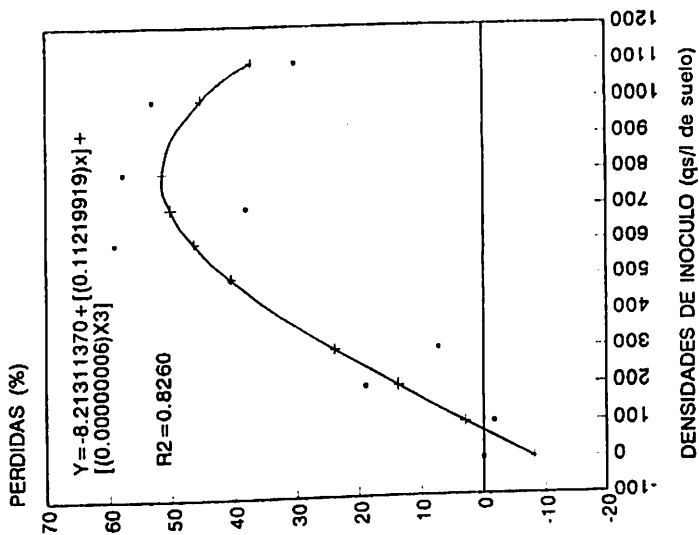


Fig. 4.3. Efectos de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre pérdidas, Variedad Alpha.

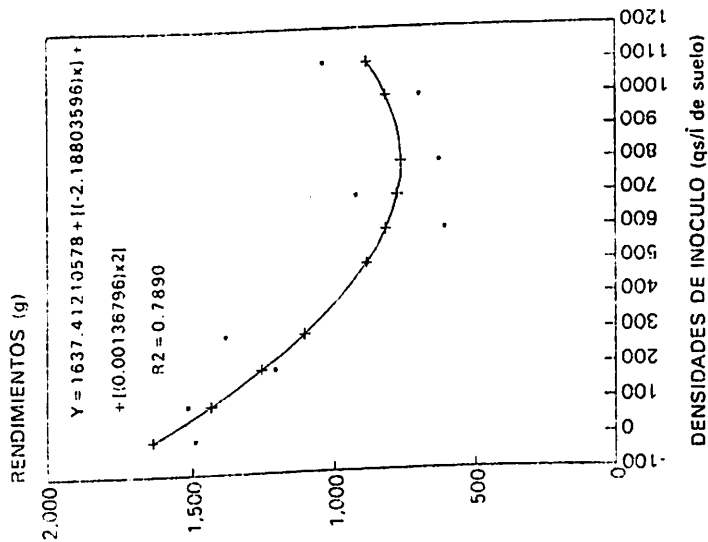


Fig. 4.2. Efecto de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre rendimientos, Variedad Alpha.

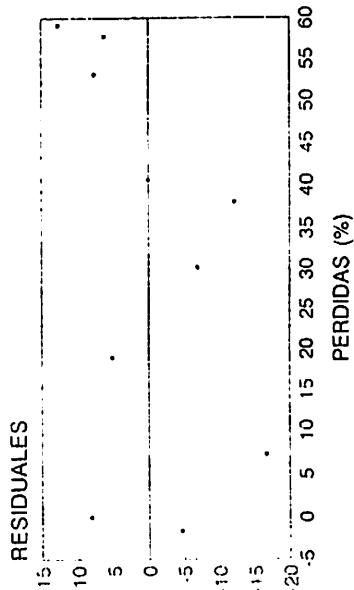


Fig. 4.3a. Residuales del modelo para estimar pérdidas, Variedad Alpha.

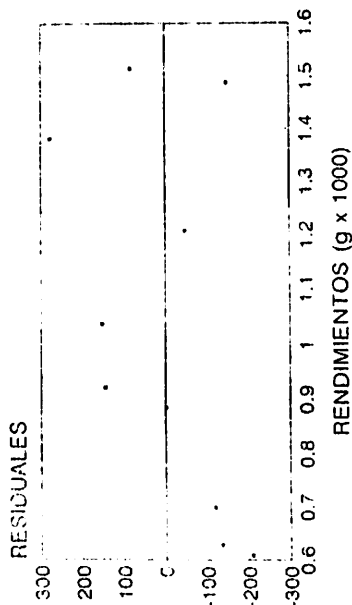


Fig. 4.2a. Residuales del modelo para estimar rendimientos, Variedad Alpha.

En la variedad Alpha CREC, calculado a través de la tasa de crecimiento, tuvo una respuesta respecto a las densidades de inóculo, que se ilustra con la línea descrita a través de un modelo logarítmico en la Figura 4.4, la cual es de tendencia negativa, y muestra que en las densidades de inóculo más bajo, dicha tasa alcanzó sus porcentajes más altos, así en la densidad de 100 quistes/l (22.26 huevecillos/g de suelo se incrementó drásticamente hasta un 2897.19 por ciento en el nivel para descender de hasta un 95.14 por ciento en la densidad de inóculo de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo).

Los residuales ilustrados en la Figura 4.4.A presentan tendencia a agruparse, sin embargo el modelo se acepta debido a que es el que mejor explica este fenómeno biológico.

El modelo para estimar IC se ilustra en la Figura 4.5 donde se observa que aquel es de tendencia cuadrática negativa, detectándose los menores índices de cosecha en las más altas densidades de inóculo, siendo el nivel de 1000 quistes/l de suelo (222.58 huevecillos/g de suelo) el que registró el índice más bajo, que es de 0.6710. Respecto a los residuales, éstos se distribuyeron alrededor de la línea estimada Figura 4.5.A.

0	0.0
100	22.26
200	44.52
300	66.77
400	89.03
500	111.28
600	133.55
700	155.80
800	178.06
900	200.32
1000	222.58
1100	244.84

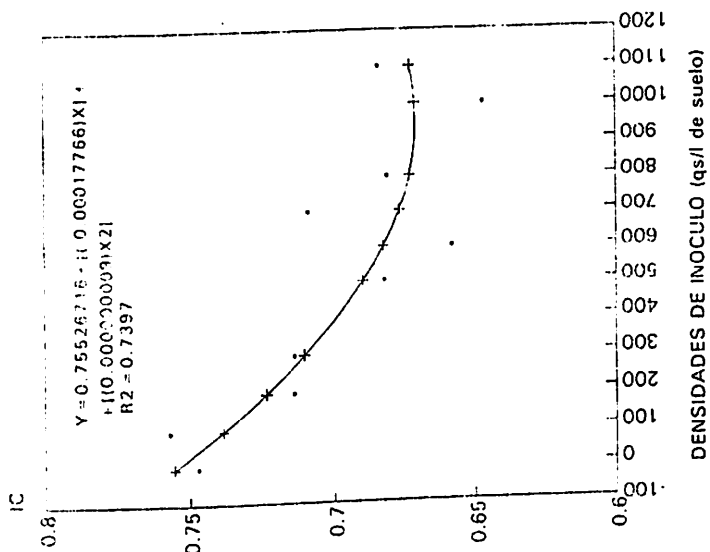


Fig.4.5. Efectos de las densidades de inculo del nematodo dorado sobre el indice de cosecha (IC), Variedad Alpha.

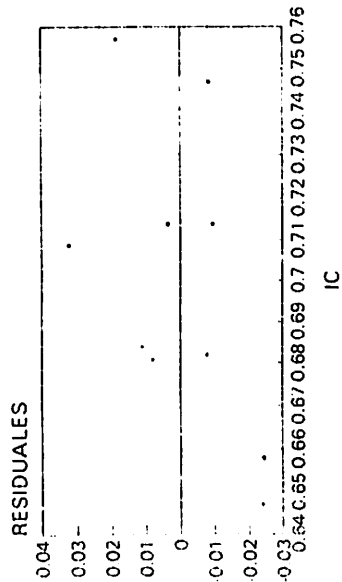


Fig. 4.5a. Residuales del modelo para estimar el indice de cosecha Variedad Alpha.

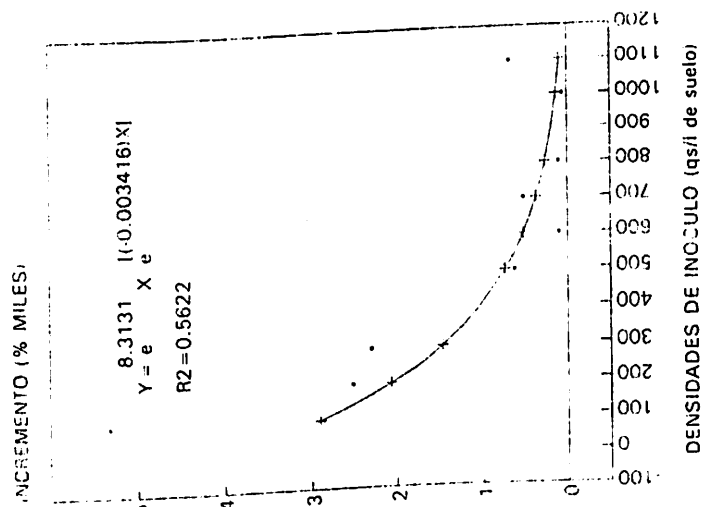


Fig.4.4. Efecto de las densidades de inculo del nematodo dorado sobre su incremento, Variedad Alpha.

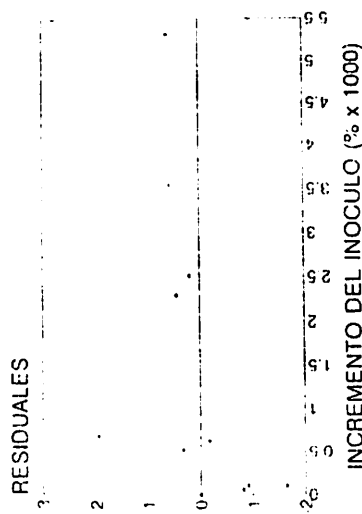


Fig. 4.4a. Residuales del modelo para estimar incremento del inculo, Variedad Alpha.

El modelo estimado para describir el efecto de las densidades de inóculo sobre el índice de eficiencia del peso seco del follaje expresado a través de una ecuación cuadrática se presenta en la Figura 4.6, donde se observa que es similar al del índice de cosecha, ya que en el nivel 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo), se registra el índice más bajo; respecto a los residuales del modelo, en su mayoría se distribuyeron al azar y a lo largo de la línea estimada (Figura 4.6.A).

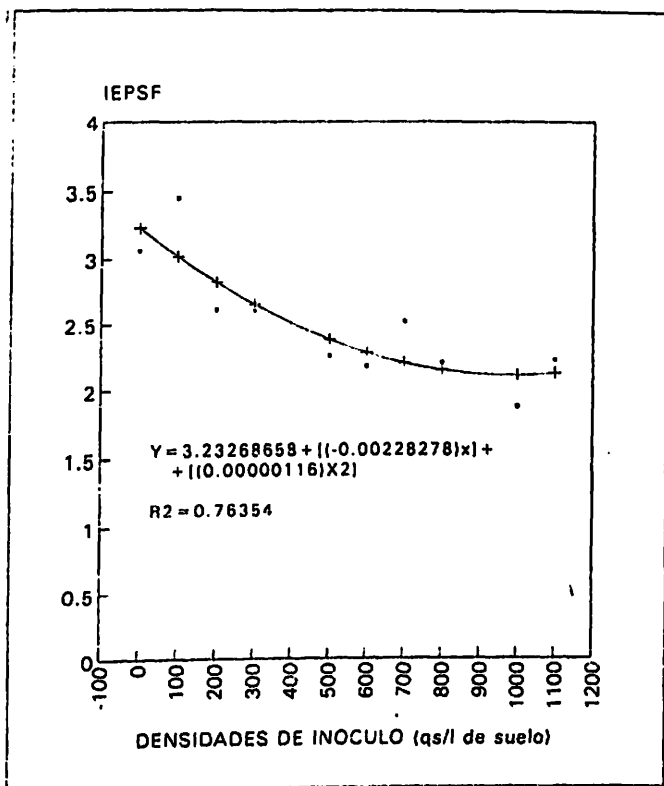
En cuanto al peso seco de la raíz no se observó que lo afectara el inóculo, pues el análisis de varianza para el modelo que la estima, aunque resultó significativo (Cuadro A.6), el coeficiente de determinación calculado para el mismo resultó muy bajo para considerar a este modelo apropiado para describir dicho efecto.

Los análisis de varianza de los modelos mencionados se indican en los Cuadros del A.1 al A.6.

### Variedad Norteña

De acuerdo a la matriz de correlación realizada para la variedad Norteña presentada en el Cuadro 4.3, las variables que mostraron coeficientes de correlación arriba del 0.5, con un porcentaje máximo de probabilidad de error del 5 por ciento respecto a los niveles de inóculo (POB), fueron





**EQUIVALENCIA  
quistes- huevecillos**

0	0.0
100	22.26
200	44.52
300	66.77
400	89.03
500	111.28
600	133.55
700	155.80
800	178.06
900	200.32
1000	222.58
1100	244.84

Fig.4.6.Efectos de las densidades de inoculo del nematodo, dorado sobre el indice de eficiencia del peso seco del follaje.(IEPSF).Variedad Alpha.

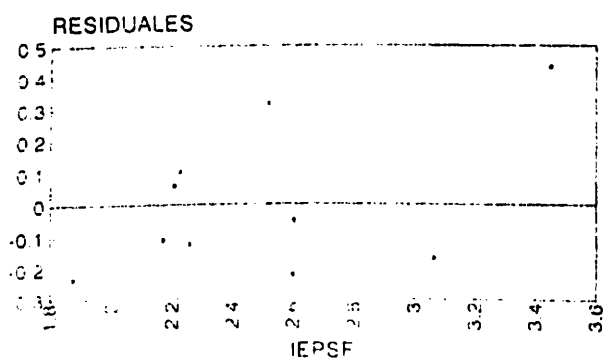


Fig.4.6a Residuales del modelo para estimar el indice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF) Variedad Alpha

rendimiento (REND), pérdidas (PERD), índice de cosecha (IC), índice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF) e incremento del inóculo (CREC) y peso seco del follaje (PSF) por lo que se eligieron para buscar un modelo que ilustre la tendencia de una línea de respuesta de estas variables respecto a las densidades de inóculo probadas.

En relación al modelo que determina el comportamiento para REND, éste consistió de una regresión lineal simple con tendencia negativa, en la que según se advierte en la Figura 4.7 un máximo peso de tubérculos o rendimiento de 966.5 g, se obtiene en el nivel de infestación cero, estimándose un mínimo de peso, 192.3 g, en la máxima densidad de inóculo de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo); los residuales que se pueden observar en la Figura 4.7.A denotan una distribución un tanto al azar respecto a la línea estimada, sobre la cual, algunos de ellos se sitúan, denotándose con ello la adecuación de este modelo para describir el comportamiento del peso de tubérculos o rendimiento.

Respecto a la línea de respuesta calculada para estimar PERD, se obtuvo a través de una ecuación de regresión lineal simple, cuya tendencia es positiva (Figura 4.8), al contrario de los rendimientos, siendo la densidad de cero inóculo la que registró una pérdida mínima de 0.8536

**EQUIVALENCIA**  
quistes- huevecillos

0	0.0
100	22.26
200	44.52
300	66.77
400	89.03
500	111.28
600	133.55
700	155.80
800	178.06
900	200.32
1000	222.58
1100	244.84

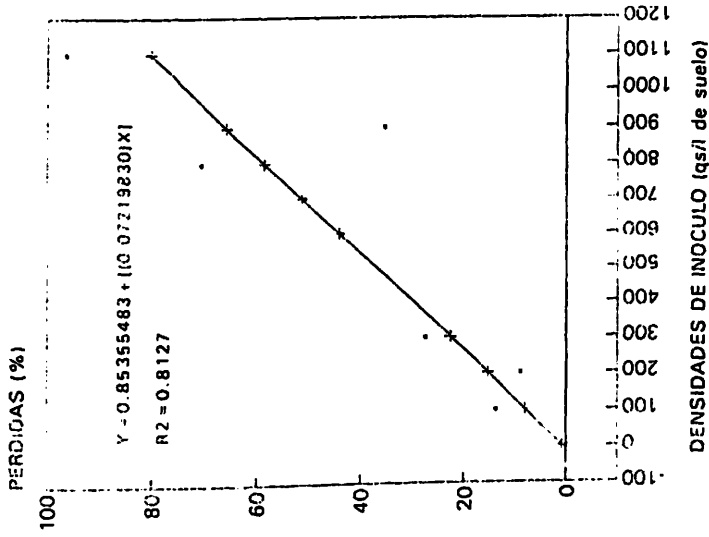


Fig. 4.8. Efecto de las densidades de inocular del nematodo dorado sobre perdidas. (%). Variedad Nortena.

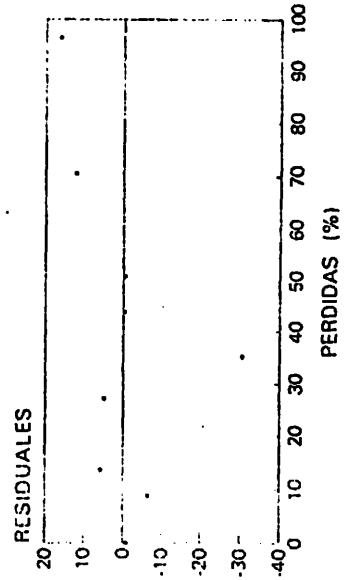


Fig. 4.8a. Residuales del modelo para estimar perdidas. Variedad Nortena.

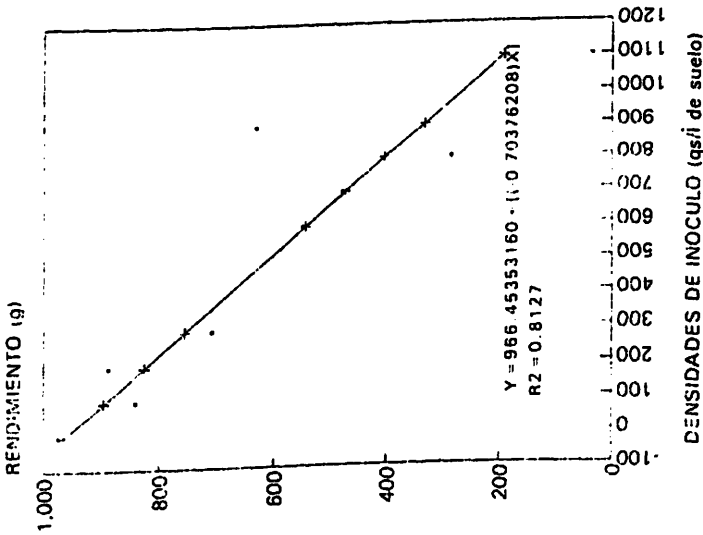


Fig. 4.7. Efecto de las densidades de inocular del nematodo dorado sobre rendimiento. Variedad Nortena.

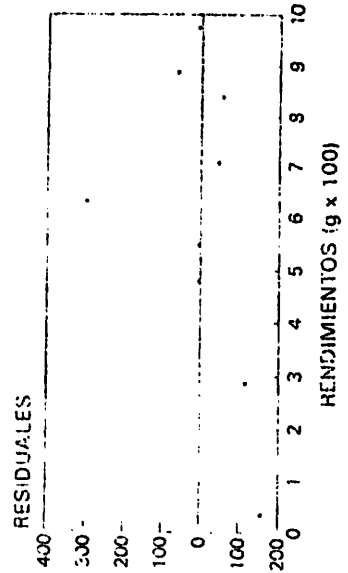


Fig. 4.7a. Residuales del modelo para estimar rendimientos. Variedad Nortena.

por ciento, estimándose pérdidas hasta del 80.27 por ciento cuando se tiene una densidad de inóculo de 1100 quistes/l de suelo, es decir 244.84 huevecillos/l de suelo.

En la Figura 4.8.A se indican los residuales de dicha línea, que en similitud con los de rendimientos algunos de ellos tocan la línea, distribuyéndose al azar alrededor de la misma.

Para determinar la línea de respuesta para la variable CREC, se hizo uso de un modelo logarítmico que calcula una línea de tendencia negativa (Figura 4.9) que estima un incremento de inóculo del orden de 4294.97 por ciento para una densidad de inóculo de 100 quistes/l de suelo (22.26 huevecillos/g de suelo), declinando considerablemente las densidades mayores hasta un 181.58 por ciento en el de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo).

En este caso los residuales se distribuyeron con cierta tendencia alrededor de la línea de respuesta aproximándose algunos de ellos a dicha línea (Figura 4.9.A), y aunque estos no muestran alto grado de aleatoriedad, se estima el modelo apto para explicar el fenómeno biológico.

El efecto que tienen las densidades de inóculo sobre el IC se ilustran en la Figura 4.10; en ella se observa una línea de respuesta calculada a través de una ecuación

cúbica, en la que se estima un máximo de índice de cosecha en la primera densidad de inóculo (no inoculado) de 0.5768, con una tendencia muy ligera, aún no muy bien definida para las densidades de inóculo que preceden a los 700 quistes/l de suelo (155.80 huevecillos/g de suelo), las cuales se comportan similarmente; sin embargo, a partir de los 700 quistes/l la tendencia se hace más pronunciada, marcando un índice de cosecha mínimo de 0.2009 en la máxima densidad de inóculo de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo).

En la Figura 4.10.A se indican los residuales, de los cuales dos se encuentran algo distantes de la línea de respuesta, aunque por otra parte la mayoría de las observaciones se acercan y sobreponen en ella, por lo que se elige este modelo para explicar dicho efecto.

En relación al efecto que tienen las densidades de inóculo sobre IEPSF, éste se observa en la línea de respuesta de la Figura 4.11, la cual es resultado de la aplicación de una ecuación cúbica, de tendencia negativa que indica un índice de eficiencia del peso seco del follaje máximo de 1.2329 en la primera densidad de inóculo de 0 quistes/l de suelo y declinar hasta 0.3171 en la máxima densidad que es de 1100 quistes/l de suelo, es decir 244.84 huevecillos/g de suelo. Sus residuales se presentan poco aleatorizados en sus

EQUIVALENCIA  
quistes-ñuevecinos

0	-	0.0
100	-	22.26
200	-	44.52
300	-	66.77
400	-	89.03
500	-	111.28
600	-	133.55
700	-	155.80
800	-	178.06
900	-	200.32
1000	-	222.58
1100	-	244.84

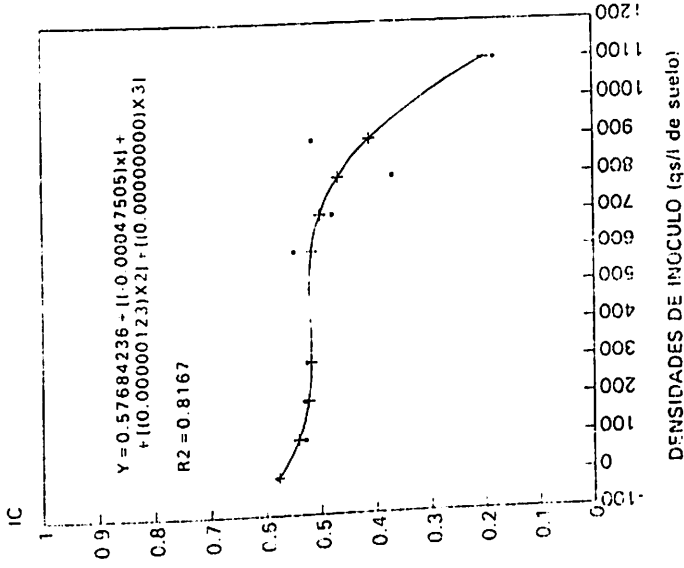


Fig. 4.10. Efectos de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre el índice de cosecha (IC) Variedad Nortena.

RESIDUALES

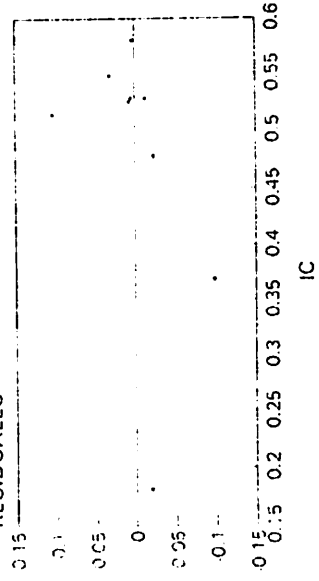


Fig. 4.10a. Residuales del modelo para estimar el índice de cosecha. Variedad Nortena.

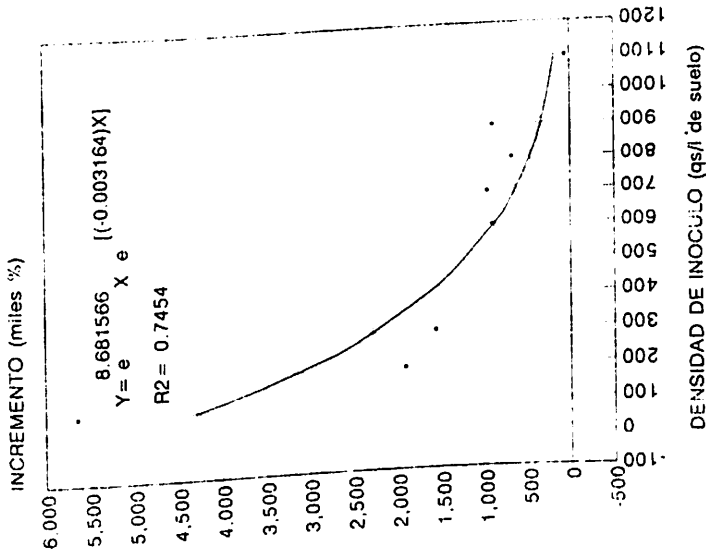


Fig. 4.9. Efectos de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre su incremento. Variedad Nortena.

RESIDUALES

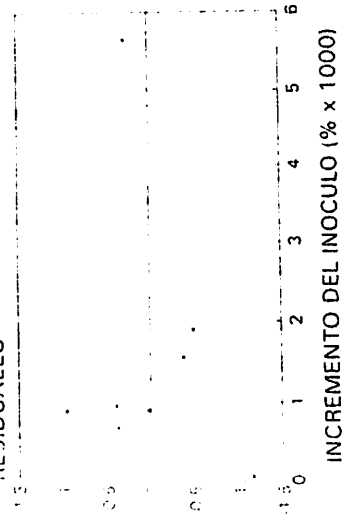


Fig. 4.9a. Residuales del modelo para estimar incremento del inóculo. Variedad Nortena.

valores más bajos; sin embargo, se acepta considerando que el modelo se aplica al fenómeno biológico en cuestión (Figura 4.11.A).

En relación al modelo que estima el peso seco del follaje, una ecuación cúbica es la que lo explica, presentando un peso máximo de 126.3 g en la densidad sin inóculo (testigo), y el mínimo de 36.94 en la de 1100 quistes/l de suelo (244.84 huevecillos/g de suelo), Figura 4.12. Respecto a sus residuales, se puede considerar que su aleatorización no es alta; sin embargo, se distribuyen cerca de la línea estimada, por lo que se acepta dicho modelo (Figura 4.12.A).

Los análisis de varianza de los modelos se encuentran el Apéndice en los Cuadros del A.7 al A.13.

### Variedad Atlantic

En base a la correlación expuesta en el Cuadro 4.3 en que no se detectó correlación entre POB y las variables relación con rendimiento se puede suponer que las densidades de inóculo sólo se correlacionaron con el peso seco del follaje (Cuadro 4.3) cuyo análisis de varianza para elegir modelo resultó no significativo (Cuadro A.14).

0	-	0.0
100	-	22.26
200	-	44.52
300	-	66.77
400	-	89.03
500	-	111.28
600	-	133.55
700	-	155.80
800	-	178.06
900	-	200.32
1000	-	222.58
1100	-	244.84

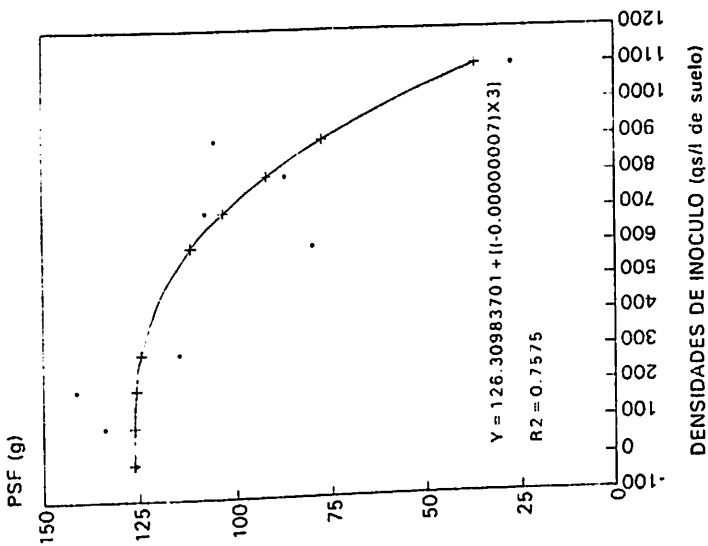


Fig. 4.12. Efectos de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre el peso seco del follaje (PSF). Variedad Nortena.

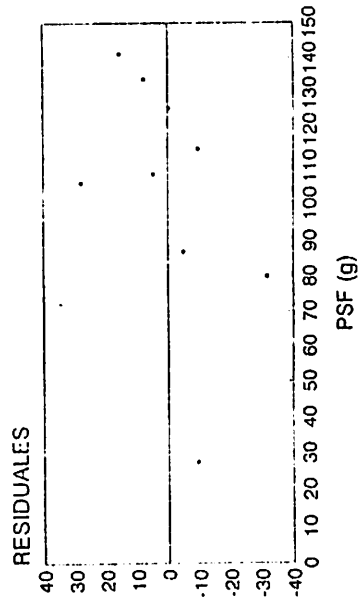


Fig. 4.12a. Residuales del modelo para estimar el peso seco del follaje (PSF). Variedad Nortena.

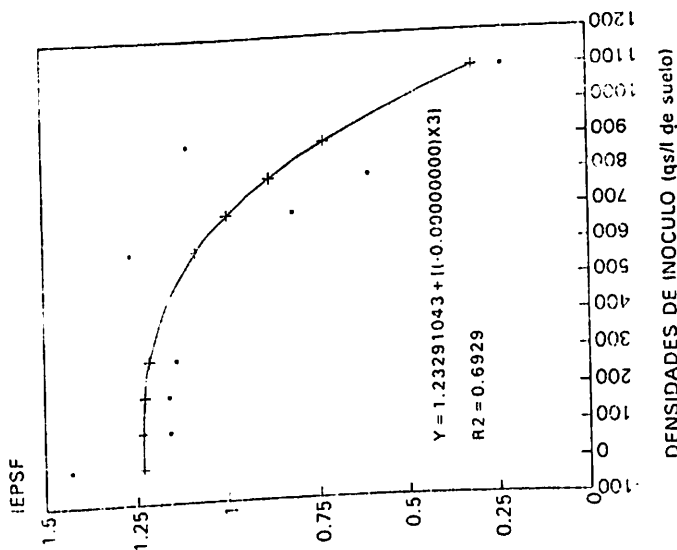


Fig. 4.11. Efectos de las densidades de inóculo del nematodo dorado sobre el índice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF). Variedad Nortena.

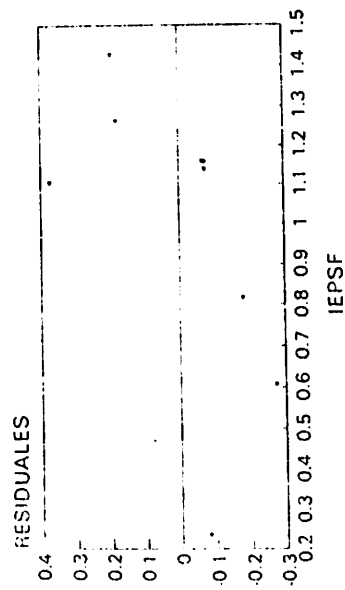


Fig. 4.11a. Residuales del modelo para estimar el índice de eficiencia del peso seco del follaje (IEPSF). Variedad Nortena.



Los resultados de las observaciones realizadas en las tres variedades se desglosan en los Cuadros del A.14 al A.16 relativas a las variables asociadas al rendimiento las cuales son POB, ALTP, NOTUB, REND, PERD, IC, IEPSF, PSR, CREC, y PSF a las que se añaden las observaciones que fueron necesarias para calcularlas (Cuadro A.17).

**Determinación de los Patotipos de *G. rostochiensis* Presentes en una Población de Navidad, N.L.**

Respecto a los resultados para la determinación del nemátodo dorado en la población "La Pájara" de Navidad N.L., tenemos que de los clones probados sólo fueron parasitados la variedad Alpha (el testigo susceptible), el GPGAD, 65.346.19 y P.55.7 como se señala en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Reacciones de los clones diferenciales a la población "La Pájara B" de Navidad, N.L.

CLON	REACCION
ALFA*	POSITIVA (+)
ATLANTIC*	NEGATIVA (-)
KTT/60.21.19*	NEGATIVA (-)
GLKS-58.1642.4*	NEGATIVA (-)
(VTN) 2 62.33.3*	NEGATIVA (-)
P-55.7	POSITIVO (+)
GPGAD	POSITIVO (+)
65-346.19	NEGATIVA (-)

\* Clones diferenciales para identificar patotipos de *G. rostochiensis*.

Considerando las reacciones de las diferenciales específicas para el nemátodo dorado, podemos observar al comparar con el esquema de clasificación de patotipos que concuerdan con las señaladas para el patotipo R1A, Cuadro 4.5, donde la reacción más importante es la de la variedad Atlantic, como ahí se señala, por lo que se asume que este patotipo está presente en la población analizada.

Cuadro 4.5. Comparación del esquema latino para identificar patotipos de *G. rostochiensis* y las reacciones de los clones inoculados.

PLANTAS DIFERENCIALES	PATOTIPOS				REACCIONES OBSERVADAS
	R1A	R1B	R2A	R3A	
ALPHA	+	+	+	+	+
ATLANTIC	-(*)	-(*)	+	+	-
KTT/60.21.19	-	+	-(*)	-	-
GLKS-58.1642.4	-	+	-	-(*)	-
(VTN)2 62.33.3	-	-	-	-	-
	↑	-	-	-	↑

- \* Reacción más importante para su clasificación
- + Parasita a la diferencial correspondiente.
- No parasita a la diferencial correspondiente.

Respecto a los otros clones utilizados para identificar patotipos, como P-55.7, GPGAD, y 65-346.19, sus reacciones confirman que la población de "La Pájara B" pertenece al patotipo R1A, ya que el primero de estos clones fue parasitado por el nemátodo dorado, en el segundo se reporta una reacción ambigua hacia éste y el tercero se menciona como resistente a *G. rostochiensis* según la información expuesta en el Cuadro 3.2.

## DISCUSION

Las actividades de muestreo para detectar una población de nemátodo dorado en los diferentes lotes de Navidad, N.L., señalaron diferencias contrastantes de densidades de población, circunscribiéndose las más altas en los predios propios del ejido Navidad, donde precisamente están los lotes donde se ha cultivado por más tiempo la papa.

El hecho de que se encontraran tres especies de *Globodera* spp. en un solo lote subraya la importancia de la identificación a nivel de especie del citado género, debido a las restricciones cuarentenarias que pudieran aplicarse injustificadamente si se hiciera una identificación errónea de los quistes encontrados.

La presencia del patotipo R1A en la población que se utilizó como inóculo fue corroborada por el comportamiento de la variedad Atlantic que tiene resistencia específica hacia éste, en la que no se detectó correlación de las variables del rendimiento con las densidades de inóculo. A pesar de la falta de significancia estadística de la relación densidades de inóculo e incremento de inóculo, se observó una reducción de la infestación inicial, lo que es

un indicio de que esta variedad no solo impidió el incremento del inóculo sino que también lo abatió, aspecto que concuerda con lo mencionado por Forrest *et al.* (1986) y Brodie y Mai (1989) para las variedades resistentes al nemátodo dorado.

La ausencia de mezclas de patotipos en la población estudiada puede deberse a que en dicho predio no se han cultivado variedades resistentes en forma continua lo que hubiera causado posiblemente la generación de nuevos patotipos según lo señalan Franco (1986) y Seinhorst (1985).

Los rendimientos para la variedad Alpha y Norteña presentan tendencias cuadrática y lineal simple, respectivamente, en las que los mayores rendimientos se dan en las menores densidades de inóculo; tendencias similares obtuvieron para la variedad Alpha Rodríguez (1973) y Rodríguez (1986) al trabajar con poblaciones mexicanas de nemátodo dorado en pruebas de invernadero.

La variedad Alpha presentó pérdidas del 51.52 por ciento a una densidad de 178.06 huevecillos/g de suelo y la Norteña de 80.27 por ciento en la de 244.84 huevecillos/g de suelo. Pérdidas mínimas de 2.9 en Alpha y 8.07 en Norteña fueron observadas cuando el suelo se inocula con 22.26 huevecillos/g de suelo, lo que difiere de otros países en los

que dicha densidad no causa pérdidas, pues se ubica apenas en un umbral de pérdidas de 20-30 huevecillos/g de suelo (Den Ouden, 1960).

En el caso de la variedad Alpha, en las más altas densidades de inóculo, los rendimientos tendieron a recuperarse posiblemente por el fenómeno que Barker y Olthof (1976) mencionan en cuanto a que en altas densidades de población del nemátodo se presenta un estímulo aparente en la planta para que crezca después de un período de retraso de su desarrollo causado por el nemátodo.

La tendencia del incremento de inóculo en la variedad Alpha y Norteña coincide con lo reportado por Kort (1962), quien observó que en las infestaciones menores se daban los mayores incrementos de población. En este estudio las densidades de inóculo comprendidas entre 22.26 y 66.78 huevecillos/g de suelo, registraron los mayores incrementos de población del nemátodo dorado, que fluctuaron entre 2897.19 y 1463.08 por ciento en la variedad Alpha y 4294.97 y 2281.29 por ciento para la variedad Norteña, por lo que se considera a este rango de densidades de inóculo como las de mayor potencial para incrementar la población.

Los modelos que estiman el índice de cosecha y el índice de eficiencia del peso seco del follaje para las variedades Alpha y Norteña, nos indican la poca redituabili-

dad de estas variedades cultivadas en terrenos cuya densidad de población estuviera dentro del rango de densidades probadas en el experimento.

La falta de correlación encontrada entre el peso seco de la raíz y las densidades de inóculo utilizadas no concuerda con lo observado por Rodríguez (1986) quien señaló que existía una correlación negativa entre estas dos variables. Esta diferencia se pudo deber a que la técnica de recolección de raíces no fue lo suficientemente sensible como para detectar la cantidad presente al momento de la cosecha.

Las tendencias que presentaron los modelos nos permiten apreciar la necesidad de abatir las poblaciones de nemátodo dorado existentes en Navidad, N.L. que sean mayores de 22.26 huevecillos/g de suelo a densidades aún más bajas, de manera que se obtengan infestaciones con bajo potencial de reproducción, lo cual se puede lograr cultivando variedades resistentes como la Atlantic cuando en la población a combatir esté presente el patotipo R1A de *Globodera rostochiensis*, lo que permitiría que en un plazo considerable se incluyeran en una rotación del cultivo de papa, algunas variedades susceptibles que por determinadas características el agricultor quisiera sembrar, lo cual evitaría el rompimiento de la resistencia de la variedad Atlantic debido a su uso continuo.

Por último, no obstante los resultados obtenidos, hay que mencionar que el uso de microparcelas tiene sus limitaciones, pues son una intermediación entre el bioensayo en invernadero y el experimento de campo, además las condiciones proporcionadas siempre son artificiales, sin embargo, a nivel de campo fue la técnica más práctica que se encontró para que por un lado se pudiera controlar el inóculo dosificado, y por otro lado se evitará la diseminación del nemátodo para áreas libres.

## CONCLUSIONES

1. Los predios con mayor infestación de nemátodo dorado se encuentran en el ejido Navidad.
2. Existen más de una especie de *Globodera* en un solo terreno.
3. El patotipo R1A está presente en la población del predio "La Pájara" en Navidad, N.L.
4. Los rendimientos y algunas variables asociadas en las variedades Alpha y Norteña se correlacionaron negativamente con las densidades de inóculo utilizados.
5. En la variedad Alpha las pérdidas estimadas con una ecuación cúbica alcanzan un máximo de 51.52 por ciento cuando se tienen infestaciones de 178.06 huevecillos/g de suelo, y un mínimo de 2.94 por ciento con una infestación de 22.26 huevecillos/g de suelo.
6. El incremento de inóculo en la variedad Alpha y Norteña es mayor cuando la densidad de inóculo inicial es pequeña.
7. Los rendimientos y variables asociadas en la variedad Atlantic no son afectados por el patotipo R1A de *Globodera rostochiensis* cuando la población fluctúa entre 22.26 y 244.84 huevecillos/g de suelo.



## RESUMEN

En este trabajo se plantearon los objetivos de localizar una población de nemátodo dorado en Navidad, N.L. para extraer inóculo; identificar el o los patotipos presentes en ella y determinar a nivel de campo sus efectos sobre los rendimientos y variables asociadas en tres variedades de papa.

Durante el período 1991-1992 se realizaron muestreos en los que se localizó una población de nemátodo dorado con una densidad de 403 quistes/l de suelo en el predio "La Pájara" en el ejido Navidad, N.L. Se encontró que en dicha población estaban presentes *G. virginiae*, *G. solanacearum* y *G. rostochiensis* que predominó con un 87.2 por ciento. El experimento para determinar patotipos se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, utilizando clones diferenciales, en los que se examinaron sus raíces para ver cuales fueron parasitados. Las reacciones observadas en los mismos denotaron la presencia del patotipo R1A.

Las variedades Alpha, Norteña y Atlantic se probaron con 12 densidades de inóculo que fluctuaron entre 22.26 y

244.84 huevecillos/g de suelo de nemátodo dorado; en cada una de ellas se evaluaron rendimientos, pérdidas (por ciento), incremento de inóculo (por ciento), índice de cosecha, índice de eficiencia del peso seco del follaje, peso seco de la raíz y peso seco al follaje. El experimento se efectuó en el campo experimental de la UAAAN en Navidad, N.L., se utilizaron microparcelas, destinándose una, para cada densidad de cada variedad.

En la variedad Alpha y Norteña se encontró una correlación negativa entre algunas variables y las densidades de inóculo; de dichas variables se obtuvieron modelos matemáticos que las estimaran para cada densidad de inóculo inicial experimentado. En la variedad Alpha los rendimientos tuvieron una pérdida máxima de 51.52 por ciento en la densidad de inóculo de 178.06 huevecillos/g de suelo y en la variedad Norteña de 80.27 por ciento en una densidad de 244.89 huevecillos/g de suelo.

El incremento del inóculo en la variedad Alpha y Norteña, tuvo su mayor valor en los 22.26 huevecillos/g de suelo que fueron de 2897.19 y 4299.97 por ciento respectivamente.

La variedad Atlantic no presentó correlación entre las variables evaluadas y las densidades de inóculo, hecho

que se atribuye a que esta variedad es resistente al patotipo R1A, al que no sólo impidió que se incrementara, sino que también lo abatió en cada una de las densidades que se experimentaron.

## LITERATURA CITADA

- Antonioniou, M. 1989. Arrested development in plant parasitic nematodes. Helminthological Abstracts (Series B). 58-(1):1-19.
- Atkinson, H.J. and J.P. Taylor. 1983. A calcium binding sialoglycoprotein associated with an apparent egg shell membrane of *Globodera rostochiensis*. Ann appl. Biol. 102:345-354.
- Barker, K.R. and T.H.A. Olthof. 1976. Relationships between nematode population densities and crop responses. Ann. Rev. Phytopath. 327-353.
- Beane, J. and R.N. Perry. 1983. Hatching of the cyst nematode *Heterodera goettingiana* in response to root diffusate from bean (*Vicia faba*). Nematologica. 29:360-362.
- Bleve-Zacheo, T., M.T. Mellilo and G. Zacheo. 1990. Ultra structural response of potatoe roots resistant to cyst nematode *Globodera rostochiensis* pathotype Rol. Revue Nématol 13(7):29-36.
- Boag, B., D.J.F. Brown and P.B. Topham. 1978. Vertical and horizontal virus vector nematodes and implications for sampling procedures. Nematologica. 33:83-96.
- Boag, B., R. Neilson and D.J.F. Brown. 1992. Seminar: Nematode Sampling and prediction. Nematologica. 38:459-465.
- Brodie, B.B. 1976. Managing population densities of *Heterodera rostochiensis*. J. Nematol. 14:432 (Abstr.).
- Brodie, B.B. and W.F. Mai. 1989. Control of the Golden Nematode in the United States. Ann. Rev. Phytopath. 27:443-461.
- Brown, E.B. 1969. Assessment of the damage caused to potatoes by potato cyst elworm, *Heterodera rostochiensis*. Ann. appl. Biol. 63:493-502.
- Brown, E.B. and G.B. Sykes. 1983. Assessment of the losses caused to potatoes by the potatoes cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Ann. appl. Biol. 103:271-276.

- Camacho G., J.J., C. Sosa-Moss y L. Fucikovsky. 1979. Interacción de *Globodera rostochiensis* (Woll. 1923) Mulvey y Stone 1976, y *Pseudomonas solanacearum*, E.F. Smith, en papa Alpha. III Reunión de Nematología de México. Monterrey, N.L.
- Canto, S.M. and M.M. de Scurrah. 1977. Races of the potato cyst nematode in the Andean Region and a new system of classification. *Nematologica*. 23:340-349.
- Chitwood, B.G. and J. Feldmesser. 1948. Golden nematode population studies. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 15:43-55.
- Clarke, A.J. and J. Hennessy. 1983. The role of calcium in the hatching of *Globodera rostochiensis*. *Revue Nématol.* 6:247-255.
- Clarke, A.J. and J. Hennessy. 1984. Movement of *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) juveniles stimulated by potato root exudate. *Nematologica*. 30:206-212.
- Clarke, A.J. and R.N. Perry. 1977. Hatching of cystnematodes. *Nematologica*. 23:350-368.
- Clarke, A.J. and R.N. Perry. 1985. Eggshell calcium and the hatching of *Globodera rostochiensis* interactions. *J. Parasitol.* 15:511-516.
- Clarke, A.J., R.N.P. Perry and J. Hennessy. 1977. Osmotic stress and the hatching of *Globodera* *Nematologica*. 24:384.
- Cobet, D.C.M. and A.G. Hide. 1971. Interactions between *Heterodera rostochiensis* Woll. and *Verticillium dahliae* Kleb. on potatoes and the effect of C.C.C. on both. *Ann. appl. Biol.* 68:71-80.
- Cole, C.S and H.W. Howard. 1958. Observations on giant cells in potato roots infected with *Heterodera rostochiensis*. *J. Helminth.* 30:135-137.
- Cole, C.S. and H.W. Howard. 1962. Further results from a field experiment on the effect of growing resistant potatoes on a potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis*) population. *Nematologica*. 7:52-61.
- Decker, H. and P.A.A. Loof. 1979. *Globodera* Skarbilovich, 1959, raised to generic rank in 1975. *Nematologica*. 25:151-152.
- Den Ouden, H. 1960. A note on parthenogenesis and sex determination in *Heterodera rostochiensis*. *Nematolo-*

gica. 5:215-216.

- Donocaster, C.C. and A.M. Shepherd. 1967. The behaviour of second stage *Heterodera rostochiensis* larvae leading to their emergence from the egg. *Nematologica*. 13:476.
- Dropkin, J.H. 1988. The concept of race in Phytonematology. *Ann. Rev. Phytopathol.* 26:145-161.
- Ellenby, C. 1948. Resistance to the potato root eelworm. *Nature* 162-704.
- \_\_\_\_\_. 1954a. Environmental determination of the sex ratio of a plant parasitic nematode. *Nature* 174:1016.
- \_\_\_\_\_. 1954b. Tuber forming species and varieties of the genus *Solanum* tested for resistance to the potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenwebwer. *Euphytica* 3:195-202.
- \_\_\_\_\_. 1957. An investigation into the possibility of parthenogenesis in the potatoe-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Nematologica*. II:250-254.
- \_\_\_\_\_. 1958. Day length and cyst formation in the potatoe root eelworm *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Nematologica*. 3:81-90.
- Ellenby, C. and L. Smith. 1967. Emergence of larvae from new cysts of the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica*. 13:273-278.
- Endo, B.Y. 1964. Penetration and development of *Heterodera glycines* and related anatomical changes. *Phytopathology*. 64:79.
- \_\_\_\_\_. 1965. Histological responses of susceptible and resistant varieties and backcross progenie to entry and development of *Heterodera glycines*. *Phytopathology*. 55:375.
- \_\_\_\_\_. 1985. Histology and ultrastructural modification induced by cyst nematodes. In *Cyst Nematodes*. (Eds.) F. Lamberti and C.E. Taylor. Plenum Press. New York. 133-146 pp.
- Evans, K. 1969. Changes in a *Heterodera rostochiensis* population trough the growing season. *Ann. Appl. Biol.* 64:34-41.

- \_\_\_\_\_. 1970. Longevity of males and fertilization of females of *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica*. 16:369-374.
- \_\_\_\_\_. 1982a. Water use, calcium uptake and tolerance of cyst nematodes attacking potatoes. *Potato Res.* 25:71-88.
- \_\_\_\_\_. 1982b. Effects of host variety, Photoperiod and chemical treatments on hatching of *Globodera rostochiensis*. *J. Nematol.* 14(2):203-207.
- Evans, K. and B.B. Brodie. 1980. The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the USA. *Am. Pot. Jour.* 57:78-89.
- Evans, K., J. Parkinson and D.L. Trudgill. 1975a. Effects of potato cyst nematodes on potato plants. *Nematologica*. 21:273-280.
- Evans, K., J. Franco and M. M. Scurrah. 1975b. Distribution of species of potato cyst nematodes in South America. *Nematologica*. 21:365-369.
- Fatemy, F., P.K.E. Trinder, N. Wingfed and K. Evans. 1985. Effects of *Globodera rostochiensis*, water stress and exogenous abscisic acid on stomatal function and water use of Cara and Pentland Dell potato plants. *Revue Nématol.* 8(3):249-255.
- Fenwick, D.W. 1956. The breakdown of potato-root diffusate in soil. *Nematologica*. 1:290.
- Ferris, J.M. 1957. Effect of soil, temperature on the cycle of golden nematode in host and non host species. *Phytopathology*. 47:221-230.
- Ferris, V.R. and B.M. Siegel. 1957. Electron microscopy of golden nematode cyst wall. *Nematologica*. 2:16-18.
- Foot, M.A. 1978. Temperature responses of three potato cyst nematode populations from New Zealand. *Nematologica*. 24:412-417.
- Forrest, J.M.S., D.L. Trudgill and L.M. Cotes. 1986. The fate of juveniles of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* in roots of susceptible and resistant potato cultivars with gene H1. *Nematologica*. 32:106-114.
- Franco, J. 1979. Effect of the temperature on hatching multiplication of potato cyst nematodes. *Nematologica*. 25:237-244.

- \_\_\_\_\_. 1981. Nemátodos del quiste de la papa *Globodera* spp. Centro Internacional de Papa. Lima, Perú. 33 p.
- \_\_\_\_\_. 1986. Nemátodos del quiste de la papa *Globodera* spp. Boletín de información técnica No. 9. Centro Internacional de Papa, Lima, Perú. 19 p.
- Franco, J. and K. Evans. 1979. Effects of daylight on the multiplication of potato cyst nematode (*Globodera* spp.) populations. *Nematologica*. 25:184-190.
- Greco, N. 1981. Hatching of *Heterodera carotae* and *Heterodera avenae*. *Nematologica*. 27:366-371.
- Golden, A.M. 1985. Morphology and identification of cyst nematode. 23 pp. In *Cyst Nematodes*. (Eds.) F. Lamberti and C.E. Taylor. Plenum press, New York and London.
- Golden, A.M. and D.M.S. Ellington. 1972. Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda: Heteroderidae) with a key and notes on closely related species. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 39(1):64-78.
- Green, C.D. 1971a. The morphology of the terminal area of the round cyst nematodes, *Heterodera rostochiensis* and allied species. *Nematologica*. 17:34-46.
- \_\_\_\_\_. 1971b. Mating and host finding behavior of plant parasitic nematodes. In *Plant Parasitic Nematodes*. Vol. II. (Eds.) B.M. Zuckerman, W.F. Mai and R.A. Rohde. Academic Press. New York, San Francisco, London. pp 247-267.
- Green, C.D., D.N. Greet and F.G.W. Jones. 1970. The influence of the multiple mating on the reproduction and genetics of *Heterodera rostochiensis* and *H. schachtii*. *Nematologica*. 16:309-326.
- Guskova, L.A. and R.M. Gladkaja. 1974. Integrated approach to the control of the golden nematode, *Heterodera rostochiensis*. *J. Nematol.*(6)4:185-186.
- Harrison, B.D, J.E. Peachey and R.D. Winslow. 1963. The use of nematicides to control the spread of arabis mosaic virus by *Xiphinema diversicaudatum*. *Ann. appl. Biol.* 52:243.
- Hesling, J.J. 1978. Morphology and identification of *Heterodera*, *Globodera* and *Punctodera*. 125-155 pp. In: *Plant Nematology*. (Ed.) J.F. Southey. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Her Majesty's Stationery Office. London.



- Hesling, J.J. and P.R. Ellis. 1974. The fenestralia of *Heterodera rostochiensis* and *H. Pallida*. *Nematologica*. 20:43-51.
- Hominick, W.M. 1983. Oxygen uptake during tanning of *Globodera rostochiensis*. *Revue Nématol.* 6(2):199-206.
- Hominick, W.M., M.S. Forrest and A.F. Evans. 1986. Diapause in *Globodera rostochiensis* and variability in hatching trials. *Nematologica*. 31:159-170.
- Huijsman, C.A. 1961. The influence of resistant potato varieties on the soil population of *Heterodera rostochiensis* Woll. *Nematologica*. 6:177-180.
- Janssen, R., J. Bakker and F.J. Gommers. 1990. Selection of virulent and avirulent lines of *Globodera rostochiensis* for the H1 resistant gene in *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* CPC1673. *Revue Nématol.* 13(3):265-269.
- Johnson, P.W. and Fushtey, S.G. 1966. The biology of the oat cyst nematode *Heterodera avenae* in Canada II. Nematode development and related anatomical changes in roots of oats and corn. *Nematologica*. 12:630.
- Jones, F.G.W. 1974. Host parasite relationships of potato cyst nematodes a speculation arising from the gene for gene hypothesis. *Nematologica*. 20:437-433.
- \_\_\_\_\_. 1975. The soil as an environment for plant nematodes. *Ann. Appl. Biol.* 79:112-139.
- Jones, M.G.K. 1981. Host cell responses to endoparasitic nematode attack: structure and function of giant cell and syncytia. *Ann. Appl. Biol.* 97:353-372.
- Jones, F.G.W. and R.A. Kempton. 1978. Population dynamics, population model and integrated control. 333 pp. In *Plant Nematology*. (Ed.) J.F. Southey. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Her Majesty's Stationery Office. London.
- Jones, F.G.W., D.M. Parrot and J.N. Perry. 1981. The gene for gene relationship and its significance for potato cyst nematodes and their Solanaceous hosts. 23 pp. In *Plant Parasitic Nematodes Vol. III*. (Eds.) B.M. Zuckerman, W.F. Mai and R.A. Rohde. Academic Press. London.
- Kort, J. 1962. Effect of population density on cyst production in *Heterodera rostochiensis* Woll. *Nematologica*. 7:305-308.

- Kort, J., H. Ross; H.J. Rumpenhorst and A.R. Stone. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica*. 23:333-339.
- LaMondia, J.A. and B.B. Brodie. 1986. Effects of initial nematodes density on population dynamics of *Globodera rostochiensis* on resistant and susceptible potatoes. *J. Nematol.* 18(2):159-165.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1990. The effect of moistures on the thermosensitivity of *Globodera rostochiensis*. *Am. Potato Jour.* 67:349-352.
- Lehman, P.S., K.K. Barker and D. Huising. 1971. Effect of pH and inorganic ions on emergence of *Heterodera glycines*. *Nematologica*. 17:467-473.
- Luc, M., R. Fortuner, E. Gerard, A.R. Maggenti and D.J. Raski. 1989. A Reappraisal of Tylenchina (Nemata). *Revue Nématol.* ORSTOM. 166-167 p.
- Maggenti, A.R. 1985. La importancia de la Sistemática para los fitonematólogos. 1 pp. En *Fitonematología Avanzada*. (Eds.) N. Marbán M. I.J. Thomason. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México.
- Mai, W.F. and B.F. Lownsbery. 1948. Studies on the host range of the golden nematode (*Heterodera rostochiensis* Woll). *Am. Potato Jour.* 25:290-294.
- Mulvey, R.H. 1973. Morphology of the terminal areas of white females and cyst of the genus *Heterodera* (s.g. *Globodera*). *J. Nematol.* 5(4):302-311.
- Mulvey, R.H. and A. Golden. 1983. An illustrated key to the cyst-forming genera and species of *Heteroderidae* in the Western Hemisphere with species, morphometrics and distribution. *J. Nematol.* 15:1-59.
- Mundo-Ocampo, M. 1985. Cambios celulares inducidos por algunos géneros de la familia *Heteroderidae* en sus hospedantes. 37 pp. En *Fitonematología Avanzada I*. (Eds.) N. Marbán M. e I.J. Thomason. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México.
- Olsson, E. 1985. The pathotypes of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens and *G. pallida* (Stone) Behrens in Sweden. *Potato Research*. 28 (4): 497-506.

- Ouden, H. Den. 1960. Periodicity in spontaneous hatching of *Heterodera rostochiensis* in the soil. suppl. II:101.
- Parrot, D.M. 1972. Mating of *Heterodera rostochiensis* pathotypes. Ann. appl. Biol. 71:271-273.
- Perry, R.N. 1985. Physiology of hatching. 119 pp. In: Cyst Nematodes. (Eds.) F. Lamberti and C.E. Taylor. Plenum Press. New York and London.
- Perry, R.N. and A.J. Clarke. 1981. Hatching mechanisms of nematodes. Parasitology. 83:390.
- Perry, R.N., A.J. Clarke, and J. Beane. 1980. Hatching of *Heterodera goettingiana* in vitro. Nematologica. 26:493-495.
- Perry, R.N., D.A. Wharton and A.J. Clarke. 1982. The structure of the egg-shell of *Globodera rostochiensis* (Nematoda: Tylenchida). Int. J. Parasitol. 12:481.
- Perry, R.N., A.J. Clarke, J. Hennessy and J. Bean. 1983. The role of trehalose in the hatching mechanism of *Heterodera goettingiana*. Nematologica. 29:323-334.
- Quiñones F., J.A. 1979. Comparación morfométrica entre tres poblaciones mexicanas del género *Globodera* y las especies descritas del mismo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico. 74 p
- Rawsthorne, D. and B. Brodie. 1986. Root growth of susceptible and resistant potato cultivars and the population dynamics of *Globodera rostochiensis* in the field. J. Nematol. 18:501-504.
- Rawsthorne, D. and B.B. Brodie. 1987. Movement of potato root diffusate through soil. J. Nematol. 19:119-122.
- Robinson, M.P., H.J. Atkinson and R.N. Perry. 1985. The effect of delayed emergence on infectivity of juveniles of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. Nematologica. 31:171-178.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1987. The influence of temperature on the hatching, activity and lipid utilization of second stage juveniles of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Revue Nématol. 10(3):349-354.
- Rodríguez Ch., E. 1973. Estudio preliminar sobre el nemátodo dorado de la papa *Heterodera rostochiensis* Woll. (Nematoda: Heteroderidae) en México. Tesis Maestría. C.P. Chapingo, México.

- Rodríguez H., R. 1986. Selección de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) tolerantes al nemátodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll. 1923), Mulvey y Stone, 1976. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah.
- Ross, J.P. 1958. Host-parasite relationship of the soybean cyst nematode in resistant soybeans roots. *Phytopathology*. 48:578.
- Ross, G.J.S. and D.L. Trudgill. 1969. The effect of population density on the sex ratio of *Globodera rostochiensis*; a two dimensional models. *Nematologica*. 15:601-607.
- Rumpenhorst, H.J. 1984. Intracellular feeding tubes associated with sedentary plant parasitic nematodes. *Nematologica*. 30:77-85.
- Seinhorst, J.W. 1967. The relationships between population increase and population density in plant parasitic nematodes. II. Sedentary Nematodes. *Nematologica*. 13:157-171.
- \_\_\_\_\_. 1984. Relation between population density of potato cyst nematodes and measured degrees of susceptibility (resistance) of resistant potato cultivars and between these densities and cyst content in the new generation. *Nematologica*. 30:66-76.
- \_\_\_\_\_. 1985. The development of individuals and populations of cyst nematodes on plants. In: *Cyst Nematodes*. (Eds.) F. Lamberti and C.E. Taylor. Plenum Press. New York and London.
- Shane, W.W. and P.S. Tong. 1987. Generating the data base for disease-loss modeling. 82 pp. In: *Crop Loss Assessment and Pest Management*. (Ed) A.P.S. Press. St. Paul, Minn.
- Shepherd, A.M., S.A. Clark and P.J. Dart. 1972. Cuticle structure in the genus *Heterodera*. *Nematologica*. 18:1-17.
- Sidhu, G.S. and V.M. Webster. 1981. Genetics of Plant-nematode Interactions. 79 pp. In: *Plant Parasitic nematodes*. Vol. III. (Eds.) B.M. Zuckerman and R.A. Rodhe. Academic Press. London.
- Siddiqui, M.R. 1986. Family Heteroderidae (cyst and cystoid nematodes). 323 pp. In: *Tylenchida Parasites of Plants and Insects*. Commonwealth Institute of Parasitology, St. Albans. United Kingdom.

- Sosa-Moss, C. 1985. Cyst nematode in Mexico, Central and South America. 397 pp. In: cyst Nematodes. (Eds.) F. Lamberti and C.E. Taylor. Plenum Press. New York and London.
- \_\_\_\_\_. 1990. Claves para Géneros de Nemátodos Fitoparásitos del Suborden Tylenchina (Sensu Luc et al.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mex. 45 p.
- Spears, J.F. 1968. The Golden Nematode Handbook. Agriculture handbook No. 353. United States Department of Agriculture. Agriculture Research Service Washington, D.C. 81 p.
- Stone, A.R. 1973. *Heterodera pallida* n.s.p. (Nematoda: Heteroderidae). A second species of potato cyst nematode. *Nematologica*. 18:591-606.
- \_\_\_\_\_. 1983. Three approaches to the status of a species complex, with a Revision of some species of *Globodera* (Nematoda: Heteroderidae). 221 pp. In: Concepts in Nematode Systematics. Systematics Association Special Spetial Vol. No. 22. (Eds.) A.R. Stone, H. M. Platt and L.F. Khalil. Academic Press, London and New York.
- Storey, G.W. 1982. The relationship between potato root growth and reproduction of *Globodera rostochiensis* (Woll.). *Nematologica*. 28:210-218.
- Trudgill, D.L. 1967. The effect of environment on sex determination in *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica*. 13:263-272.
- Wallace, H.R. 1958. Movements of eelworm I. The influence of pore size and moisture content of the soil on the migration of the larvae of the beet eelworm, *Heterodera schachtii*. *Ann appl. Biol.* 46:74-85.
- Whitehead, A.G. 1985. Chemical and Integrated control of cyst nematodes. 413 pp. In: Cyst Nematodes. (Eds.) F. Lamberti and C.F. Taylor. Plenum Press, New York and London.
- \_\_\_\_\_. 1986. Problems in the integrated control of potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*, and their solution. *Helmithological Abstracts*. Aspects of Applied Biology No. 13:363-372.
- Whitehead, A.G., J.E. Fraser and D.N. Greet. 1970. The effect of D-D chloropicrina and previous crops on numbers of migratory root-parasite nematodes on the growth of sugar beet and barley. *Ann. appl. Biol.* 65:351.

- Widdouson, E. 1958. Potato root diffusate production. *Nematologica*. III:6-14.
- Williams, T.D. 1956. The resistance of potatoes to root eelworm. *Nematologica*. I:88-93.
- \_\_\_\_\_. 1978. Biology of *Heterodera* and *Globodera*. 156 pp. In: Plant Nematology. (Ed.) J.F. Southey. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Her Majesty's Stationery Office London. 156-171.
- Williams, T.D. and J. Beane. 1979. Temperature and root exudate on the cereal cyst nematodes *Heterodera avenae*. *Nematologica*. 25:397-405.
- Wyss, U. and U. Zunke. 1985. Gnotobiology of Cyst Nematodes. 147 pp. In: Cyst Nematodes. (Eds.) F. Lamberti and CE. Taylor. Plenum Press, New York and London.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar rendimiento en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	2	854475.74261240	427237.87130620	13.08	0.0043**
Error	7	228575.52238760	32653.64605537		
Totales	9	1083051.265000			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.2. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar pérdidas en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	2	4032.17197635	2016.08598818	16.62	0.0022**
Error	7	849.14398365	121.30628338		
Totales	9	4881.31596000			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.3. Análisis de varianza del modelo logarítmico para estimar incremento de inóculo en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Modelo	1	11.30688	11.30688	8.988	0.0200*
Error	7	8.80622	1.25803		
Totales	8	20.11310			

\* Significativo (5%)



Cuadro A.4. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de cosecha en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	2	0.00846230	0.00423115	9.95	0.0090**
Error	7	0.00297780	0.00042540		
Totales	9	0.01144010			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.5. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de eficiencia del peso seco del forraje en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	2	1.49933238	0.74966619	11.30	0.0064**
Error	7	0.46431722	0.06633103		
Totales	9	1.96364960			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.6. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco de la raíz en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Alpha.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	1	5.76634371	5.76634371	7.95	0.0225*
Error	8	5.80265629	0.72533204		
Total	9	11.56900000			

\* Significativo (5%)

$R^2 = 0.4984$

Cuadro A.7. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar rendimiento en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norsteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	1	592136.03211896	592136.03211896	30.38	0.0009**
Error	7	136449.48788104	19492.78398301		
Totales	8	728585.52000000			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.8. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar pérdidas en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norsteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	1	6231.94621235	6231.94621235	30.38	0.0009**
Error	7	1435.85023254	205.12146179		
Totales	8	7667.79644489			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.9. Análisis de varianza del modelo de logarítmico para estimar incremento de inóculo en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norsteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Modelo	1	8.89461	8.89461	17.568	0.0057**
Error	6	3.03769	0.50628		
Totales	7	11.93230			

\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.10. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de cosecha en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	3	0.10047687	0.03349229	7.43	0.0273*
Error	5	0.02255135	0.00451027		
Totales	8	0.12302822			

\* Significativo (5%)

Cuadro A.11. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar índice de eficiencia de peso seco del follaje en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	1	0.76504444	0.7650444	15.80	0.0054**
Error	7	0.33899312	0.04842759		
Totales	8	1.10403756			

\*\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.12. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco del follaje en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Norteña.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	1	7284.14993015	7284.14993015	21.86	0.0023**
Error	7	2332.34506985	333.19215284		
Totales	8	9616.49500000			

\* Altamente significativo (1%)

Cuadro A.13. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal para estimar peso seco del follaje, en suelo con diferentes densidades de inóculo del nemátodo dorado. Variedad Atlantic.

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Prob >F
Regresión	3	597.15843726	199.05281242	2.61	0.1340ns
Error	7	534.86701728	76.40957390		
Totales	10	1132.02545455			

ns no significativo

Cuadro A.14. Variables evaluadas en la variedad Atlantic inoculadas con *G. rostochiensis* a 12 densidades de inóculo

POB	ALTP (cm)	NOTUB	REND (g/parcela)	PERD (%)	IC	IEPSF	CREC (%)	PSR (g)	PSF (g)
0	37	12	1486,5	0,000	0,831	5,416	0,00	7,9	75,00
100	32	8	1400,1	5,812	0,819	4,910	-54,17	6,8	77,85
200	37	12	1409,6	5,173	0,835	5,350	-47,80	4,2	72,00
300	---	---	---	---	---	---	---	---	---
400	31	3	930,4	37,410	0,778	3,775	-50,10	5	67,35
500	35	15	1392,4	6,330	0,811	4,829	-59,31	11,7	78,80
600	37	7	1017,4	31,557	0,819	4,844	-57,40	4,0	57,40
700	25	9	660,6	55,560	0,784	4,117	-60,32	5,8	43,85
800	34	12	957,4	35,597	0,811	4,700	-34,88	5,3	55,50
900	36	17	1479,4	0,478	0,843	6,170	-66,21	10	65,50
1000	36	8	1106,2	25,584	0,817	4,837	-46,79	5,0	62,50
1100	47	15	998,4	32,836	0,799	4,510	-67,09	8,0	60,50

POB = población (quistes/<sup>1</sup> de suelo); ALTP = Altura de plantas (cm); NOTUB = No. de tubérculos;

REND = rendimientos; PERD = pérdidas; IC = índice de cosecha; IEPSF = índice de eficiencia del peso seco del follaje; CREC = incremento de inóculo; PSR = peso seco de la raíz; PSF = peso seco del follaje

Cuadro A.15. Variables evaluadas en la variedad Alpha inoculadas con *G. rostochiensis* a 12 densidades de inóculo.

POB	ALTP (cm)	NOTUB '(g/parcela)	REND (%)	PERD (%)	IEPSF	IC	CREC (%)	PSR (g)	PSF (g)
0	59,50	17	1489,4	0	3,065	0,747	0	4,3	123,85
100	60,00	13	1514,7	-1,69	3,450	0,757	5317,71	3,9	111,90
200	62,00	4	1207,1	18,96	2,600	0,714	2512,18	5,0	118,35
300	57,00	11	1381,7	7,23	2,602	0,714	2296,38	5,8	135,35
400	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
500	55,00	23	884,2	40,63	2,257	0,682	624,81	5,3	99,85
600	52,00	10	608,4	59,15	2,170	0,658	101,26	4,2	71,45
700	54,00	9	922	38,1	2,518	0,709	518,65	3,1	93,35
800	52,00	6	627,8	57,84	2,207	0,681	106,67	2,8	72,50
900	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1000	56,00	13	698,3	53,12	1,874	0,647	58,78	2,3	95,00
1100	68,00	17	1038,9	30,24	2,225	0,684	675,67	3,4	119,00

POB = población (quistes/1 de suelo); ALTP = Altura de plantas (cm); NOTUB = No. de tubérculos;

REND = rendimientos; PERD = pérdidas; IC = índice de cosecha; IEPSF = índice de eficiencia del peso seco del follaje; CREC = incremento de inóculo; PSR = peso seco de la raíz; PSF = peso seco del follaje

Cuadro A.16. Variables evaluadas en la variedad Norteña inoculadas con *G. rostochiensis* a 12 densidades de inóculo

POB	ALTP (cm)	NOTUB	REND '(g/parcela)	PERD (%)	IEPSF	IC	CREC (%)	PSR (g)	PSF (g)
0	58,00	21	974,8	0	1,428	0,580	0	4,1	126,00
100	48,00	13	840,2	13,800	1,158	0,528	5643,75	4,8	134,00
200	51,00	16	887,8	8,925	1,160	0,528	1905,32	5,1	141,35
300	49,00	8	708,5	27,318	1,139	0,525	1563,1	3,5	114,85
400	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
500	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
600	52,00	11	548,1	43,770	1,265	0,548	903,7	3,5	80,00
700	50,00	15	478,5	50,913	0,818	0,478	959,7	4,1	108,00
800	53,00	12	286,3	70,630	0,608	0,369	680,92	3,2	87,00
900	53,00	14	631,0	35,269	1,105	0,514	897,38	5,2	107,45
1000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1100	38,00	3	35,2	96,389	0,236	0,182	56,98	1,8	27,50

POB = población (quistes/1 de suelo); ALTP = Altura de plantas (cm); NOTUB = No. de tubérculos;  
 REND = rendimientos; PERD = pérdidas; IC = índice de cosecha; IEPSF = índice de eficiencia del peso  
 seco del follaje; CREC = incremento de inóculo; PSR = peso seco de la raíz; PSF = peso seco del follaje



Cuadro A.17. Base de los datos para calcular algunas de las variables incluidas en las matrices de correlaciones.

Población inicial		Población final			Peso	
Qs/l suelo	Inóculo equiparado (hvs/g suelo)	Qs/l suelo	Huevec/ quiste	Huevec/ g de suelo	Peso seco de los tubérc. (g)	Peso seco biom (g)
<b>Variedad Alpha</b>						
0	-----	-----	-----	-----	379.60	512.65
100	4.80	576.00	347.33	260.05	386.10	505.30
200	9.77	585.00	335.67	256.21	307.69	434.94
300	14.66	970.00	278.67	351.31	352.20	495.65
400	19.59	-----	-----	-----	-----	-----
500	24.43	866.00	157.33	177.07	225.38	334.43
600	29.32	600.00	75.67	59.01	155.08	235.53
700	34.20	888.00	183.33	211.58	235.02	334.67
800	38.10	568.00	106.67	78.74	160.03	236.33
900	43.98	-----	-----	-----	-----	-----
1000	48.86	484.00	123.33	77.58	178.00	280.50
1100	53.75	1430.00	224.33	416.92	264.81	390.82
<b>Variedad Norteña</b>						
0	-----	-----	-----	-----	179.98	310.08
100	4.80	740.00	286.67	275.70	155.26	293.93
200	9.77	676.00	223.00	195.92	163.92	310.37
300	14.66	1103.53	170.00	243.81	130.81	249.16
400	19.59	-----	-----	-----	-----	-----
500	24.43	-----	-----	-----	-----	-----
600	29.32	1124.00	201.33	294.40	101.20	184.70
700	34.20	1418.00	196.66	362.92	88.35	200.45
800	38.10	1752.00	130.67	297.53	52.86	143.06
900	43.98	1719.15	196.33	438.65	116.50	226.70
1000	48.86	-----	-----	-----	-----	-----
1100	53.75	454.00	143.00	84.38	6.50	35.20
<b>Variedad Atlantic</b>						
0	-----	-----	-----	-----	406.24	489.14
100	4.80	15.00	97.60	2.20	382.62	467.27
200	9.77	25.00	136.33	5.10	385.22	461.42
300	14.66	-----	-----	-----	-----	-----
400	19.59	48.00	136.33	9.75	254.26	326.61
500	24.43	72.00	92.33	9.94	380.52	471.02
600	29.32	90.00	93.33	12.49	278.04	339.44
700	34.20	156.00	58.00	13.57	180.53	230.18
800	38.10	188.00	88.67	24.81	261.64	322.44
900	43.98	139.00	70.67	14.86	404.30	479.80
1000	48.86	345.00	97.67	26.00	302.31	369.81
1100	53.75	125.00	94.33	17.69	272.85	341.35

Inóculo equiparado= Huevecillo/g de suelo presente en toda la microparcela



Cuadro A.18. Resultados del análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Textura	42.8 % 21.2 % 36.0 % ----- 100.0 %	arena arcilla limo	Suelo con textura de migajón
pH	7.4		Ligeramente alcalino
Materia orgánica	11.20		Extremadamente rico
Nitrógeno aprovechable (kg/ha)	268.0		Extremadamente rico
Fósforo aprovechable (kg/ha)	67.5		Medianamente rico
Potasio intercambiable (kg/ha)	+421.0		Extremadamente rico
Capacidad de campo	50.43		
Punto de marchitez permanente	34.54		
Densidad aparente	0.74		

Cuadro A.19. Cálculo de lámina de riego para una microparcela.

---


$$Lr = (Ha) (Da) (Prt)$$

Lr = lámina de riego  
 Ha = humedad aprovechable  
 Da = densidad aparente  
 Prt = profundidad de riego

$$Ha = CC - PMP$$

ha = humedad aprovechable  
 CC = capacidad de campo  
 PMP = punto de marchitez permanente

$$V = (A) (Lr)$$

V = volumen  
 A = área  
 Lr = lámina de riego

$$Ha = 50.43 - 34.54 = 15.89$$

$$Lr = (0.08) (0.74) (15 \text{ cm}) = 0.88 \text{ cm}$$

$$V = (0.0088 \text{ m}) (0.26 \text{ m}) = 0.00228 \text{ cm}^3 = 2.28 \text{ l}$$


---

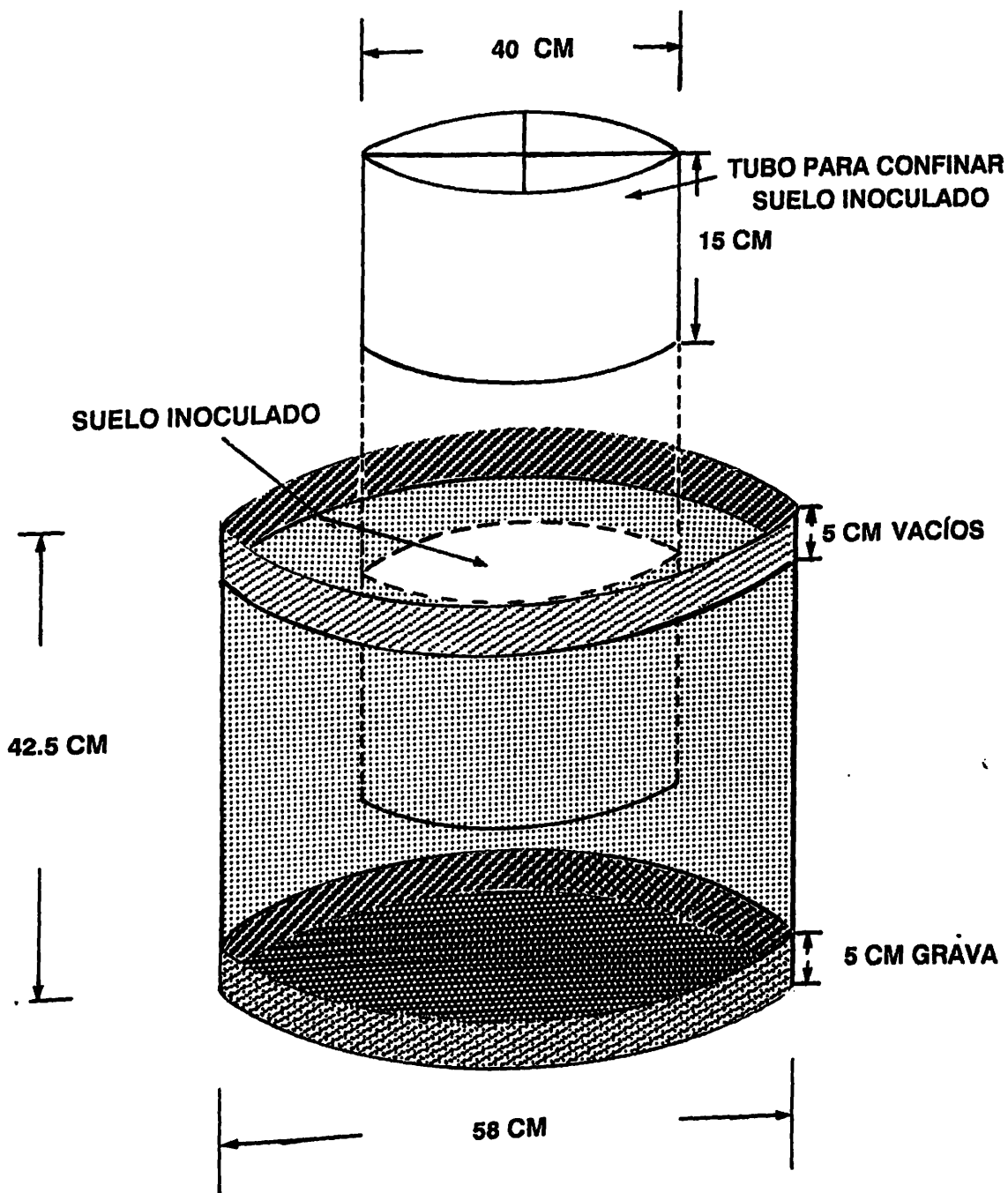
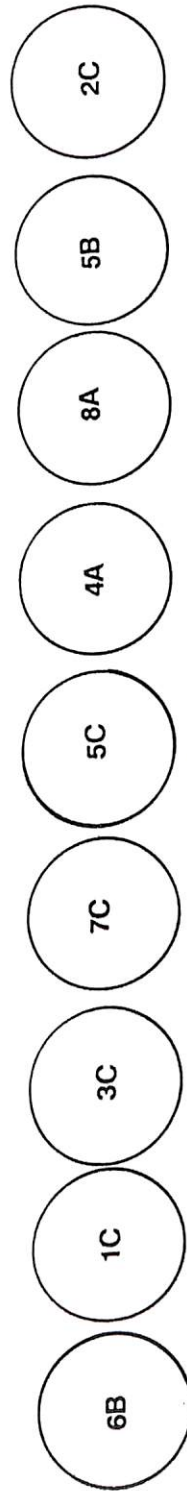
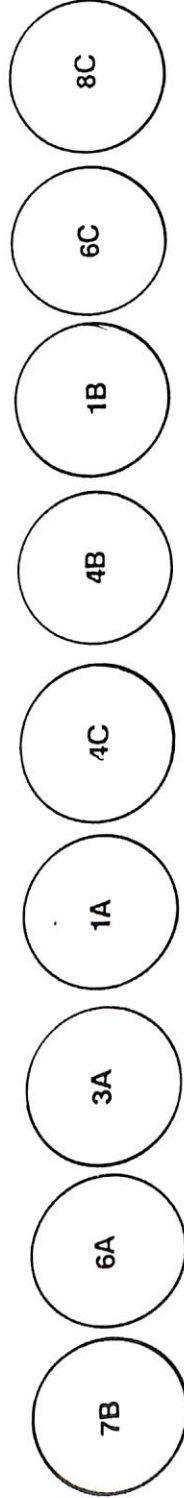
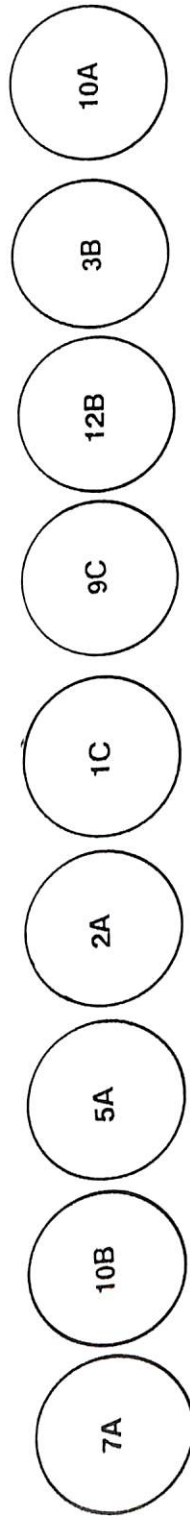
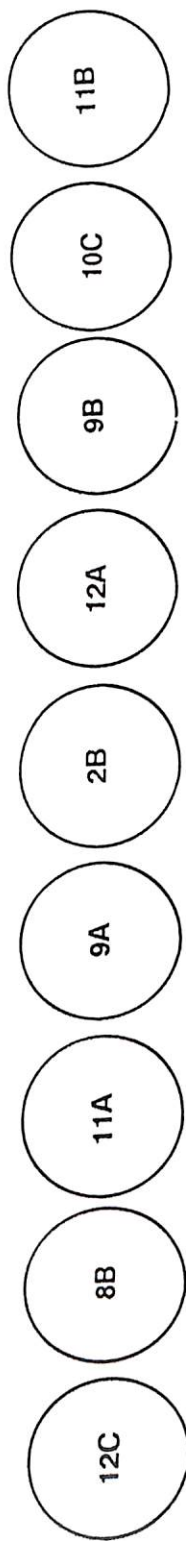


Figura A. 2. Esquema de las microparcels.

PASTO



CAMINO

Figura A.1. Distribución de los tratamientos (1 al 12) en el campo. A = Variedad Alpha, B = Variedad Norsteña, C = Variedad Atlantic.