

EFECTOS DEL ACOLCHADO CON PLASTICO NEGRO  
Y ALDICARB SOBRE EL NEMATODO AGALLADOR  
Meloidogyne incognita EN PAPA (Solanum tuberosum L.)  
EN NAVIDAD, NUEVO LEON.

OSMIN ANTONIO SANTOS EMESTICA

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.  
NOVIEMBRE DE 1990

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

COMITE PARTICULAR

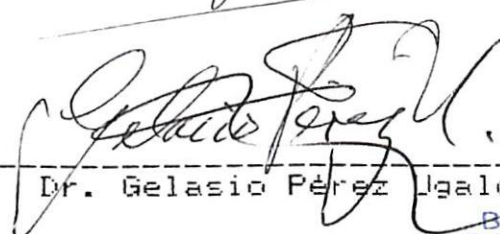
Asesor principal:

  
-----  
Ing. M.C. Melchor Cepeda Siller

Asesor:

  
-----  
Ing. M.C. Arturo Coronado Leza

Asesor:

  
-----  
Dr. Gelasio Pérez Ugalde

  
BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
U.A.A.A.N.  
SALTILLO, COAH.

  
-----  
Dr. JOSE MANUEL FERNANDEZ BRONDO  
SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 1990

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado la beca que hizo posible la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma de Guerrero por su invaluable apoyo en mi superación académica.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en especial al Departamento de Parasitología Agrícola por haberme brindado la oportunidad de lograr una formación profesional en sus aulas.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por su valiosa ayuda material y un adecuado asesoramiento.

Al Ing. M.C. Melchor Cepeda Siller, por su acertada orientación en mi programa de estudios, por las sugerencias, aportaciones y revisión del escrito de la presente investigación.

Al Ing. M.C. Arturo Coronado Leza y al Dr. Gelasio Pérez Ugalde, por la conducción y revisión del manuscrito.

Al Ing. M.C. Regino Morones Reza, por su asesoramiento en la parte estadística.

Al Ing. M.C. Luis Ibarra por sus consejos y la disposición que siempre ha mostrado de compartir su experiencia.

Al Ing. Roberto Blanco Ortiz por su apoyo desinteresado mostrado durante la realización del experimento.

A los compañeros Ings. Enrique Arandía, Ricardo Echeverría, Raúl Rodríguez, Javier Macías, Gil Virgen, Alberto Pineda y Alejandro Pérez, que tuvieron una destacada participación en esta investigación.

A todos mis maestros, colegas y demás personas que me brindaron su apoyo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: CON AMOR Y ADMIRACION.

LUIS SANTOS Y OTILIA EMESTICA.

A MIS HERMANOS: CON CARINO Y RESPETO.

VERA

ARELY

LUIS

RAFAEL



COMPENDIO

Efectos del Acolchado con Plástico Negro y Aldicarb sobre el Nematodo Agallador Meloidogyne incognita en Papa (Solanum tuberosum L.) en Navidad, Nuevo León.

FOR

OSMIN ANTONIO SANTOS EMESTICA

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE, 1990.

Ing. M.C. Melchor Cepeda Siller -Asesor-

Palabras clave: Control integrado, papa, nematodo agallador, Meloidogyne incognita.

El presente trabajo se llevó a cabo durante 1989, en el Campo Agrícola Experimental de Navidad de la UAAAN, localizado en la región papera de Navidad, Nuevo León, teniendo como objetivos: 1. Evaluar el efecto del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación del nematicida Aldicarb, solos y combinados para el control de

M. incognita en el cultivo de la papa. 2. Conocer el comportamiento del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación de Aldicarb, solos y combinados sobre el rendimiento y calidad de los tubérculos de papa. 3. Determinar la fluctuación poblacional de M. incognita en los diferentes tratamientos durante el desarrollo del cultivo.

Se corroboró la presencia de la especie M. incognita y se detectaron nueve géneros, sin embargo, M. incognita se estudió debido a su alta incidencia y daños a la producción de papa en esta región. Los resultados demuestran que todos los tratamientos afectaron el establecimiento de M. incognita, principalmente el Acolchado con Plástico Negro + Aldicarb, ya que redujo el índice de agallamiento de tubérculos en 98.95 por ciento, y además incrementó el rendimiento de tubérculos comerciales en 70.93 por ciento, con respecto al Testigo.

El Aldicarb redujo la población de M. incognita debido a sus características nematocidas e incrementó el rendimiento por las sustancias que contiene y que estimulan el desarrollo de las plantas. El Acolchado con Plástico Negro, impidió el desarrollo de las malezas, conservó la humedad y textura del suelo, lo que permitió un mejor desarrollo de las plantas, dando en consecuencia un buen rendimiento de tubérculos y desarrollo del follaje; pero no fue muy eficiente para controlar a M.

incognita.

La fluctuación poblacional de M. incognita estuvo influenciada por factores climáticos, principalmente: altas temperaturas ambientales y del suelo acolchado, así como de la precipitación. La mayor actividad nematológica se registró en julio y agosto cuando las temperaturas (ambiental y del suelo) y la precipitación eran altas en la región.

ABSTRACT

Effects of Black Plastic Mulch and Aldicarb on the Root-knot Nematode Meloidogyne incognita in Potato (Solanum tuberosum L.) in Navidad, Nuevo Leon.

BY

OSMIN ANTONIO SANTOS EMESTICA

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER, 1990.

Ing. M.C. Melchor Cepeda Siller -Advisor-

Key words: Integrated control, potato, root-knot nematode, Meloidogyne incognita.

The present work was carried out in the Experimental Agricultural Campus of Navidad, Nuevo Leon, with the following objectives: 1. Evaluate the effect of Black Plastic Mulch and the application of Aldicarb nematicide alone and combined for the control of M. incognita in potato. 2. Evaluate the effect of Black Plastic Mulch and the application of Aldicarb, alone and

combined on the yield and quality of the tuber of potato.  
3. To determine the population fluctuation of M. incognita in the treatments different during crop development.

Nine different nematoda genus were detected in the experimental plot. However, this study was focused on M. incognita because it's high incidence and damage to the crop in the region. All treatments reduced the damage due to M. incognita. The lowest galling index was observed in plots treated with Black Plastic Mulch plus Aldicarb, which reduced galling index in 98.95 per cent. This treatment increased the yield of commercial tubers in 70.93 per cent, with relation the control.

Aldicarb reduced M. incognita population, for it's nematicide characteristics and increased yield, because it has substances which stimulate development of the plants. Black Plastic Mulch impired weeds development, conserved humidity and texture of the soil, and permitted better development of the plant, giving in consequence a good yield of tubers and development of foliage, but it wasn't efficient for control of M. incognita.

Fluctuation in the population of M. incognita was influenced for climatic factors, mainly: high soil temperature, environmental and precipitation. The greater nematological activity was registred in july and august, when temperatures and precipitation were higher in the region.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	6
HISTORIA Y ANTECEDENTES SOBRE <u>M.</u>	
<u>incognita</u> .....	6
CLASIFICACION ZOOLOGICA DEL GENERO	
<u>Meloidogyne</u> .....	7
ESPECIES DEL GENERO <u>Meloidogyne</u> .....	7
DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE <u>M. incognita</u> .....	10
PATOGENICIDAD, GAMA DE HOSPEDANTES Y	
VARIABILIDAD EN LAS ESPECIES DE <u>Meloidogyne</u> .	13
MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE <u>M. incognita</u> .....	14
CICLO DE VIDA DE <u>M. incognita</u> .....	18
PREPARASITICA.....	18
PARASITICA.....	18
ADULTO.....	20
REPRODUCCION.....	21
EFECTOS DE <u>Meloidogyne</u> spp. EN EL DESARROLLO	
DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS.....	21
DANOS DE <u>M. incognita</u> EN PAPA.....	24
PERDIDAS ECONOMICAS CAUSADAS POR <u>M.</u>	
<u>incognita</u> EN PAPA.....	26
ECOLOGIA DE <u>M. incognita</u> .....	27

FACTORES EDAFOCLIMATICOS QUE AFECTAN	
EL DESARROLLO DE <i>M. incognita</i> .....	27
TEMPERATURA.....	28
HUMEDAD.....	28
TEXTURA.....	29
AIREACION.....	29
PH DEL SUELO.....	29
EXUDADOS RADICALES.....	29
METODOS DE CONTROL DE <i>M. incognita</i> .....	30
CULTURAL.....	30
ROTACION DE CULTIVOS.....	31
BIOLOGICO.....	31
LEGAL.....	32
RESISTENCIA.....	32
QUIMICO.....	33
INTEGRADO.....	34
SOLARIZACION.....	35
DESCRIPCION DEL NEMATICIDA UTILIZADO.....	36
ACOLCHADO CON PLASTICO NEGRO.....	39
CARACTERISTICAS Y EFECTOS.....	39
RADIACIONES CALORIFICAS.....	41
RADIACIONES VISIBLES.....	41
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL	
ACOLCHADO.....	42
EFECTOS DEL ACOLCHADO.....	42
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA PAPA,	
VARIEDAD ALPHA.....	43

	Página
MATERIALES Y METODOS.....	45
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	45
ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	46
TRATAMIENTOS.....	46
VARIABLES EVALUADAS.....	48
TRABAJO DE CAMPO.....	49
MANEJO DEL CULTIVO.....	49
TRABAJO DE LABORATORIO.....	51
PROCESAMIENTO DE MUESTRAS.....	51
CONTEO E IDENTIFICACION.....	52
EVALUACION DE VARIABLES.....	52
ACOLCHADO PARCIAL DEL SUELO.....	54
COLOCACION DEL PLASTICO.....	54
CONTROL DE MALEZAS.....	56
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION.....	57
RESULTADOS.....	58
DISCUSION.....	79
CONCLUSIONES.....	84
RESUMEN.....	85
LITERATURA CITADA.....	89



## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1. PRINCIPALES ESPECIES VEGETALES HOSPEDANTES DE <u>M. incognita</u> EN LA REPUBLICA MEXICANA.....	15
2.2. FITOPATOGENOS QUE INTERACTUAN CON <u>M. incognita</u> PARA ATACAR PAPA ( <u>Solanum tuberosum</u> L.).....	23
2.3. PRINCIPALES GENEROS DE NEMATODOS QUE ATACAN PAPA ( <u>S. tuberosum</u> L.) Y SU DISTRIBUCION EN EL MUNDO.....	25
3.1. INDICE DE AGALLAMIENTO DE TUBERCULOS DE PAPA.....	53
4.1. POBLACION MEDIA DE LARVAS DE <u>M. incognita</u> EN OCHO MUESTREOS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	60
4.2. FLUCTUACION POBLACIONAL DE <u>M. incognita</u> EN OCHO MUESTREOS, POR TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE LA PAPA, EN 500 cc DE SUELO EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	63
4.3. PESO TOTAL DE TUBERCULOS COSECHADOS (kg) POR TRATAMIENTO EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	67
4.4. COMPARACION DE MEDIAS PARA EL PESO TOTAL DE TUBERCULOS COSECHADOS (kg), POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	67
4.5. PESO DE TUBERCULOS COMERCIALES DE PAPA (kg), POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	68

Cuadro	Página
4.6. COMPARACION DE MEDIAS PARA EL PESO DE TUBERCULOS COMERCIALES DE PAPA (kg), EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	69
4.7. NUMERO TOTAL DE TUBERCULOS DE PAPA COSECHADOS, POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	70
4.8. COMPARACION DE MEDIAS PARA EL NUMERO TOTAL DE TUBERCULOS DE PAPA COSECHADOS, POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	71
4.9. NUMERO DE TUBERCULOS COMERCIALES DE PAPA, POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	72
4.10. COMPARACION DE MEDIAS DEL NUMERO DE TUBERCULOS COMERCIALES DE PAPA, POR TRATAMIENTO, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	72
4.11. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE TUBERCULOS COMERCIALES DE PAPA, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	74
4.12. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL INDICE DE AGALLAMIENTO DE LOS TUBERCULOS DE PAPA CAUSADOS POR <i>M. incognita</i> , EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	76
4.13. TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES EN EL CULTIVO DE LA PAPA, EN EL CAEN-UAAAN, 1989.....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
2.1. DISTRIBUCION APROXIMADA DEL NEMATODO AGALLADOR, <u>Meloidogyne incognita</u> .....	12
2.2. ANATOMIA DE <u>Meloidogyne</u> spp.....	17
3.1. ARREGLO DE LOS TRATAMIENTOS Y BLOQUE EN EL CAMPO AGRICOLA DE NAVIDAD, MUNICIPIO DE GALEANA, NUEVO LEON, 1989.....	47
3.2. ACOLCHADO PARCIAL DEL SUELO. CAMPO EXPERIMENTAL DE NAVIDAD, NUEVO LEON, UAAAN, 1989.....	55
4.1. FLUCTUACION POBLACIONAL DE <u>M. incognita</u> , POR TRATAMIENTO, EN PAPA, (500 cc DE SUELO), EN OCHO MUESTREOS, CAEN-UAAAN, 1989.....	61
4.2. PRECIPITACION MEDIA Y TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DEL SUELO EN PAPA, (MAYO-OCTUBRE), EN EL CULTIVO DE PAPA, CAEN-UAAAN, 1989.....	66

## INTRODUCCION

El cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) es la planta dicotiledónea más importante como fuente de alimentación humana (Hooker, 1986), ocupa el cuarto lugar después del trigo, arroz y maíz; es el más sobresaliente de todos los cultivos productores de tubérculos. El centro de origen de las papas cultivadas se encuentra en las elevaciones de los Andes de Bolivia y Perú y su domesticación se remonta al año 2000 A.C. (Robinson, 1987).

La variedad y condiciones de crecimiento influyen en la calidad y cantidad de las sustancias constitutivas del tubérculo. La producción comercial se hace principalmente por propagación vegetativa y por medio de brotes laterales que se forman en el tubérculo, el cual es un tallo modificado, lo que permite que a través de dicha propagación muchas enfermedades sean transmitidas de generación en generación (Hooker, 1986).

A nivel mundial se cosechan aproximadamente 22 millones de ha con una producción de 293 millones de ton de tubérculos de papa, siendo los principales países productores: URSS, Polonia, Estados Unidos de América, China; sin embargo, para Inglaterra, Holanda, Alemania y

Suecia esta solanácea constituye un alimento básico (Agrios, 1988; SARH-INIFAP-CIFAP, 1989). En México la papa comenzó a cultivarse en 1940 en condiciones de temporal en las sierras y valles altos (Tlaxcala, Puebla, Veracruz y Edo. de México), principalmente en el área del eje volcánico; posteriormente se realizaron estudios de adaptación de este cultivo a otras zonas del país, donde se pudieron observar buenos resultados bajo condiciones de riego. La diversidad de climas encontrados en la República Mexicana han permitido la producción de papa para semilla, así como para consumo la mayor parte del año y en la mayoría de las entidades federativas, lo cual significa que se puede contar en los mercados con papa fresca en cualquier época del año. El rendimiento promedio nacional es de 13.3 ton/ha y los principales Estados productores son: Veracruz, Puebla, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán, México, Nuevo León, Tlaxcala, Hidalgo, Zacatecas, Baja California Norte, Sinaloa y Sonora (Ugent, 1968; Carmona, 1985).

En 1950, la región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, inicia la explotación del cultivo de la papa; el cual se ha visto limitado por problemas fitosanitarios. En la mencionada región se siembran alrededor de 3000 ha de papa de la variedad Alpha, con un rendimiento promedio de 25 ton/ha. La producción se destina al mercado fresco e industria nacional (Hernández,

1987).

El cultivo de la papa es afectado por las enfermedades que causan los fitoparásitos siguientes: 46 géneros de hongos, cuatro de bacterias, seis de nematodos, 18 virus y tres micoplasmas. Sin embargo, no todas estas enfermedades se presentan en una determinada área y también varía su severidad de acuerdo a condiciones edafoclimáticas (Calderoni, 1978; Hooker, 1986). En 1971 se conoció la presencia del nematodo dorado (Globodera rostochiensis) en México, el cual fue identificado por C. Sosa-Moss en quistes procedentes de Guanajuato. En 1973 la Dirección General de Sanidad Vegetal, dependiente de la SARH, inician una campaña para prevenir la diseminación del nematodo dorado en México, realizando muestreos de suelo en las principales regiones paperas, que permitieron detectarlo en dos áreas: una en Guanajuato (municipios de León, Romita, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Silao) y otra en el municipio de Galeana, Nuevo León. Por lo anterior, dichas regiones están en cuarentena permanente (Rodríguez, 1973).

La región de Navidad, Nuevo León presenta condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de enfermedades causadas principalmente por nematodos y tizones foliares, las cuales son de importancia económica en este cultivo. En esta región existen áreas bien

delimitadas y otras en extensión de la presencia de varias especies del género Meloidogyne que atacan al cultivo de la papa, por lo que son las más investigadas, no sólo porque el ataque de la hembra deforma las raíces, sino tanto hembras como machos ocasionan perforaciones a los tubérculos, por donde entran otros fitopatógenos del suelo; entre dichas especies tenemos a M. incognita, la cual ocasiona nódulos en las raíces y tubérculos, lo que origina pérdidas económicas en rendimiento y calidad comercial de los tubérculos (Franklin, 1979b; Carmona, 1985; Hernández, 1987 y Lara, 1988).

En algunos países donde las especies de Meloidogyne causan daños severos al cultivo de la papa, se ha alcanzado un control económico a través del uso de fumigantes del suelo o de los nuevos nematicidas a base de Fosfatos Orgánicos y Carbamatos. El nivel de dosificación depende del tipo de suelo, condiciones del medio ambiente y tipo de planta cultivada (Hooker, 1986).

La plasticultura se inicia en Europa en 1960, aplicándose actualmente en más de 40 países incluyendo a México. Por las propiedades térmicas y fotométricas, los plásticos en la agricultura se han convertido en una innovación tecnológica. Así, con el acolchado con plástico, se tiene una especie de fumigación del suelo que permite incrementar el rendimiento de los cultivos en

papa hasta un 35 por ciento, Grinstein et al., (1979), elevar la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, así como el control de patógenos del suelo reducción de las poblaciones del nematodo agallador Meloidogyne en 24 por ciento, Sasser, (1979a); en 42 por ciento, Stapleton y DeVay, (1983) y en forma eficiente las de Pratylenchus thornei, Elad et al., (1980), malezas, precocidad inducida en los cultivos y el control de la erosión del suelo (Robledo y Martín, 1981; Gutiérrez, 1985).

Considerando el peligro potencial que representa el nematodo agallador M. incognita en la región en estudio, se realiza el siguiente trabajo cuyos objetivos son:

1. Evaluar el efecto del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación del nematicida Aldicarb, solos y combinados para el control de M. incognita en el cultivo de la papa.
2. Conocer el comportamiento del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación del nematicida Aldicarb, solos y combinados sobre el rendimiento y calidad de los tubérculos de papa.
3. Determinar la fluctuación poblacional de M. incognita en los diferentes tratamientos durante el desarrollo del cultivo.



## REVISION DE LITERATURA

### Historia y Antecedentes sobre M. incognita

El primer registro que se conoce del género Meloidogyne se hizo en 1855 por Berkeley quien observó un nematodo que causaba nudos en las raíces del pepino, en invernaderos de Inglaterra. En 1877 en la provincia de Río de Janeiro, Brasil; Jobert al observar árboles de cafeto enfermos encontró raíces fibrosas con numerosas agallas. Para 1887, Göeldi investigó el mismo problema y publicó un documento señalando al nematodo del nódulo de la raíz M. exigua como la causa de la enfermedad.

En los Estados Unidos de América el primer género fitoparásito de los nematodos noduladores de raíces Meloidogyne spp., fue reportado por Mai en 1888. Atkinson y Neal en 1889 reportaron independientemente los resultados de sus investigaciones sobre estos mismos nematodos. En 1949, Chitwood describió las cuatro especies más comunes y ampliamente distribuidas: M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla; con un 47, 40, 7 y 6 por ciento, respectivamente (Taylor y Sasser, 1983; Brodie, 1984 y Van Gundy, 1985).

En la República Mexicana la presencia de nematodos

fitopatógenos fue reconocida por Gándara desde 1906, quien determinó la presencia de Heterodera radicicola en plantas de cafeto e hizo observaciones de resistencia a nematodos en relación con la edad de las plantas (Bauer, 1984).

#### Clasificación Zoológica del Género Meloidogyne

Según Luc et al., (1987), la clasificación de este género es la siguiente:

Phylum .....Nematoda Rudolphi, 1908.

Clase .....Secernentea (Von Linstow, 1905), (Dougherty, 1958).

Orden .....Tylenchida Thorne, 1949.

Suborden .....Tylenchina (Oerly, 1880), Geraert, 1966.

Superfamilia..Heteroderoidea (Filipjev y Stekhoven, 1941), Golden, 1971.

Familia .....Meloidogynidae (Skarbilovich, 1959; Wouts, 1973).

Subfamilia ...Meloidogyninae (Skarbilovich, 1959).

Género .....Meloidogyne Göeldi, 1887.

#### Especies del Género Meloidogyne

Franklin (1979a), hace un listado de 36 especies de Meloidogyne, mediante la identificación basada en hembras, juveniles y machos. Para 1984 se reportan 54 especies de este género y para finales de 1985, aproximadamente 60 especies con dos subespecies habían

sido reportadas (Hirschmann, 1985), como se enlistan a continuación:

- Meloidogyne acrita (Chitwood, 1949); Esser, Perry y Taylor, 1976
- M. acrona Coetzee, 1956
- M. africana Whitehead, 1960
- M. aquatilis Ebsary y Eveleigh, 1983
- M. ardenensis Santos, 1968
- M. arenaria (Neal, 1889); Chitwood, 1949
- M. artiellia Franklin, 1961
- M. bauruensis (Lordello, 1956); Esser, Perry y Taylor, 1976
- M. brevicauda Loos, 1953
- M. camelliae Golden, 1979
- M. caraganae Shagalina, Ivanova y Krall, 1985
- M. carolinensis Eisenback, 1982
- M. chitwoodi Golden, O'Bannon, Santo y Finley, 1980
- M. coffeicola Lordello y Zamith, 1960
- M. cruciana Garcia-Martinez, 1982
- M. decalineata Whitehead, 1968
- M. deconinki Elmiligy, 1968
- M. elegans da Ponte, 1977
- M. enterolobii Yang y Eisenback, 1983
- M. ethiopica Whitehead, 1968
- M. exigua Gøeldi, 1887
- M. fujianensis Pan, 1985
- M. grahami Golden y Slana, 1978
- M. graminicola Golden y Slana, 1978
- M. graminis (Sledge y Golden, 1964)

- M.        hapla Chitwood, 1949
- M.        incognita (Kofoid y White, 1919); Chitwood, 1949
- M.        incognita acrita Chitwood, 1949
- M.        incognita wartellei Golden y Birchfiel, 1978
- M.        indica Whitehead, 1968
- M.        inornata Lordello, 1956
- M.        javanica (Treub, 1885); Chitwood, 1949
- M.        kikuyensis de Grisse, 1969
- M.        kirjanovae Terentyeva, 1965
- M.        kralli Jepson, 1983
- M.        litoralis Elmiligy, 1968
- M.        lordelloi da Ponte, 1969
- M.        lucknowica Singh, 1969
- M.        mali Itoh, Ohshima e Ichinohe, 1969
- M.        megadora Whitehead, 1968
- M.        megatyla Baldwin y Sasser, 1979
- M.        megriensis (Poghossian, 1971); Esser, Perry Taylor, 1976
- M.        microcephala Cliff e Hirschmann, 1984
- M.        microtyla Mulvey, Townshend y Potter, 1975
- M.        naasi Franklin, 1965
- M.        oryzae Maas, Sanders y Dede, 1978
- M.        oteifae Elmiligy, 1968
- M.        ottersoni (Thorne, 1969); Franklin, 1971
- M.        ovalis Riffle, 1963
- M.        pini Eisenback, Yiang y Harman, 1985
- M.        platani Hirschmann, 1982
- M.        poghossianae Kirjanova, 1963
- M.        propora Spaul, 1977

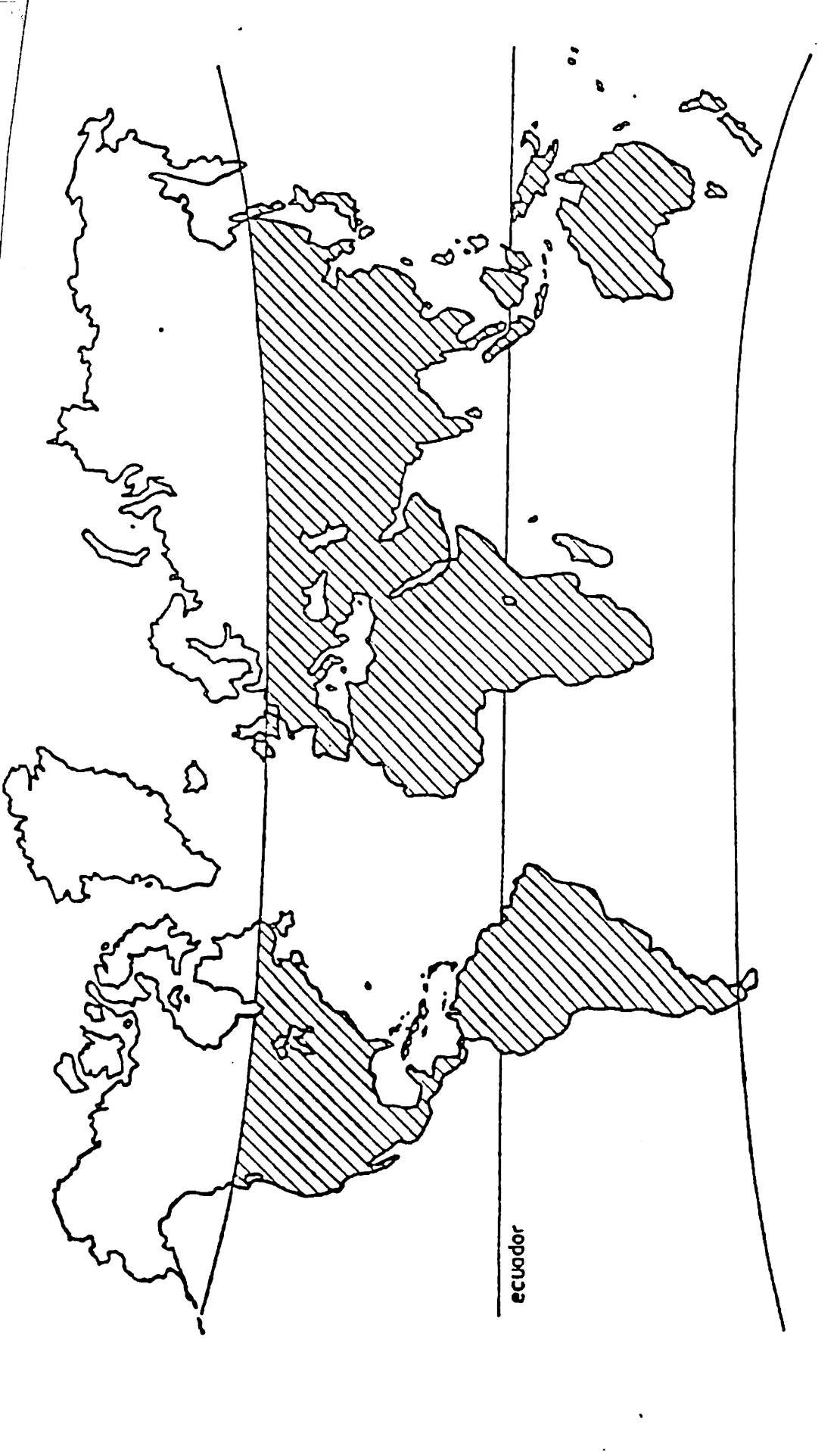
- M. guersiana Golden, 1979
- M. salasi López, 1984
- M. sewelli Mulvey y Anderson, 1980
- M. spartinae (Rau y Fassuliotis, 1965);  
Whitehead, 1968
- M. subarctica Bernard, 1981
- M. tadshikistanica Kirjanova e Ivanova, 1965
- M. thamesi (Chitwood y Chitwood, Specht y  
Havis, 1952
- M. turkestanica Shagalina, Ivanova y Krall,  
1985
- M. viale (Lavergne, 1901); Chitwood y Oteifa,  
1952
- (Esser et al., 1976; Franklin, 1979a; Taylor  
y Sasser, 1983 e Hirschmann, 1985).

#### Distribución Geográfica de M. incognita

Esta especie es la más ampliamente distribuida y se encuentra en zonas tropicales, subtropicales y del mediterráneo de todo el mundo (Franklin, 1979b; Sasser, 1979a y Sosa-Moss, 1985). Esta característica de los nematodos agalladores de las raíces y tubérculos se debe a varios factores: la capacidad de su organismo de soportar condiciones adversas, las condiciones ambientales favorables para que incrementen rápidamente las poblaciones, el efecto de transportarse en material vegetativo o implementos y maquinaria agrícola infestada, y la facilidad para establecerse en nuevas áreas (Winslow y Willis, 1972 y Sasser, 1977).

Estos nematodos son de distribución e importancia económica mundial (Figura 2.1), pero están limitados a áreas específicas por la temperatura, tipo de suelo y prácticas de cultivo. *M. incognita* es probablemente la de mayor distribución y la que causa daños económicos en muchos vegetales, entre los cuales se encuentra la papa *Solanum tuberosum* L. *M. hapla* es la especie dominante que parasita papa en Europa y América del Norte, seguida de *M. incognita* y *M. incognita acrita*. En Africa y Asia las especies predominantes son: *M. incognita* y *M. javanica*, seguidas por *M. incognita acrita* y *M. hapla*, esta última se ha encontrado en Japón. *M. incognita*, *M. incognita acrita*, *M. javanica* y *M. hapla* atacan papa en América del Sur; *M. arenaria* se encuentra atacando papa en la mayoría de los continentes (Brodie, 1984 y Hooker, 1986).

En México *M. incognita* está presente en los siguientes Estados: Baja California Norte, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz; atacando principalmente: algodón, cacahuate, cafeto, calabaza, chayote, chile, frijol, garbanzo, jitomate, maíz, melón, papa, papayo, pepino, plátano, sandía, tabaco, tomate verde, vid y otros (Montes, 1988).



ecuador

Patogenicidad, Gama de Hospedantes y Variabilidad  
en Meloidogyne spp.

Los nematodos agalladores de raíces son endoparásitos sedentarios y obligados de las plantas hospedantes. La infección sólo ocurre cuando el segundo estadio larval "infectivo" penetra en las raíces u otras partes subterráneas de una planta hospedante, incita el desarrollo de células gigantes de las cuales pueda alimentarse y desarrollarse, hasta convertirse en hembras adultas que producen huevos. En las raíces, su desarrollo y reproducción son determinados por su habilidad para interaccionar compatiblemente con el hospedante (Santo y O'Bannon, 1981; Taylor y Sasser, 1983 y Brodie, 1984).

El daño en células hospedantes por M. incognita se atribuye a:

1. Reduce el movimiento y traslocación de agua y nutrientes
2. Disturbios metabólicos y desequilibrio de auxinas
3. Acción sinérgica entre nematodos y otros fitopatógenos
4. Rompimiento prematuro de raíces y tubérculos por invasiones secundarias de otros fitopatógenos (Bergeson, 1968).

La gama de hospedantes de Meloidogyne spp. comprende más de 2000 especies de plantas, que representan



casi todas las familias vegetales (Sosa-Moss, 1985; Hooker, 1986 y Agrios, 1988). En México los cultivos de importancia económica y otras especies vegetales hospedantes de M. incognita se concentran en el Cuadro 2.1.

Con respecto a la variabilidad en las especies de Meloidogyne, las larvas de M. incognita y otras especies que invaden raíces de plantas resistentes pueden:

1. Desarrollarse como hembras adultas; pero sin producir huevos o produciéndolos defectuosos
2. Desarrollar machos hasta llegar a adultos
3. Detener su desarrollo antes de completar la segunda, tercera y cuarta muda
4. Ser muertas por una reacción inmune (Taylor y Sasser, 1983).

Para determinar el alcance de la variación patogénica de Meloidogyne spp. se utilizan las especies: M. incognita, M. javanica, M. hapla y M. arenaria. Para estudiar dicha variación es necesario el uso de hospedantes diferenciales (Sasser, 1979b; Eisenback et al., 1983; Hartman y Sasser, 1985 y Carrillo, 1989).

#### Morfología y Anatomía de M. incognita

La morfología y anatomía son importantes en estudios taxonómicos para la identificación de especies de

Cuadro 2.1. Principales especies vegetales hospedantes de *M. incognita* en la República Mexicana.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	ESTADOS
<i>Allium cepa</i>	Cebolla	Morelos
<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranto	Morelos
<i>Arachis hypogaea</i>	Cacahuate	Morelos
<i>Capsicum annum</i>	Chile	Oaxaca, Guerrero
<i>Carica papaya</i>	Papayo	Morelos
<i>Cicer arietinum</i>	Garbanzo	Oaxaca
<i>Citrullus vulgaris</i>	Sandía	Morelos
<i>Coffea arabica</i>	Cafeto	Veracruz, Colima
<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	Michoacán
<i>Cucumis melo</i>	Melón	Coahuila, Durango
<i>Cucurbita pepo</i>	Calabaza	Oaxaca, Morelos
<i>Chenopodium album</i>	Quelite	Nuevo León
<i>Gossypium hirsutum</i>	Algodón	Baja California Norte
<i>Ipomoea purpurea</i>	Manto de la Virgen	Oaxaca
<i>Lycopersicum esculentum</i>	Jitomate	Morelos, Sinaloa
<i>Malva parviflora</i>	Malva	Oaxaca
<i>Musa sapientum</i>	Plátano	Colima, Michoacán
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco	Veracruz
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	Morelos, Oaxaca
<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	Nuevo León, Puebla
<i>Vitis vinifera</i>	Vid	Baja California Norte
<i>Zea mays</i>	Maíz	México

(Montes, 1988).

Meloidogyne, y en la comprensión de las funciones fisiológicas. La morfología de los nematodos agalladores cambia durante su ciclo de vida. El primer estadio juvenil se forma al final de la embriogénesis, inmediatamente muda dentro del huevo pasando a juvenil de segundo estadio "estado infectivo", llamado así, porque es el único capaz de penetrar en la raíz de las plantas hospedantes; se considera en esta etapa como ecto o endoparásito migratorio; mide 400 micras ( $\mu\text{m}$ ) de largo y 15  $\mu\text{m}$  de ancho (Eisenback, 1985 e Hirschmann, 1985).

Los nematodos adultos del género Meloidogyne presentan dimorfismo sexual (Figura 2.2). El macho es filiforme aunque en los primeros estadios de su desarrollo larvario es ligeramente engrosado, se considera como ecto o endoparásito migratorio; mide 1400  $\mu\text{m}$  de largo y 30  $\mu\text{m}$  de ancho. La hembra se engruesa en forma de pera o de limón y se encuentra en las raíces de las plantas, embebida o adherida, como endoparásitos o semiendoparásitos; mide 700  $\mu\text{m}$  de largo y 400  $\mu\text{m}$  de ancho; su cutícula está finamente estriada y adapta un modelo en la región perineal el cual es característico y permite diferenciar a las especies (Esser et al. ., 1976; Eisenback et al., 1983 y Eisenback, 1985).

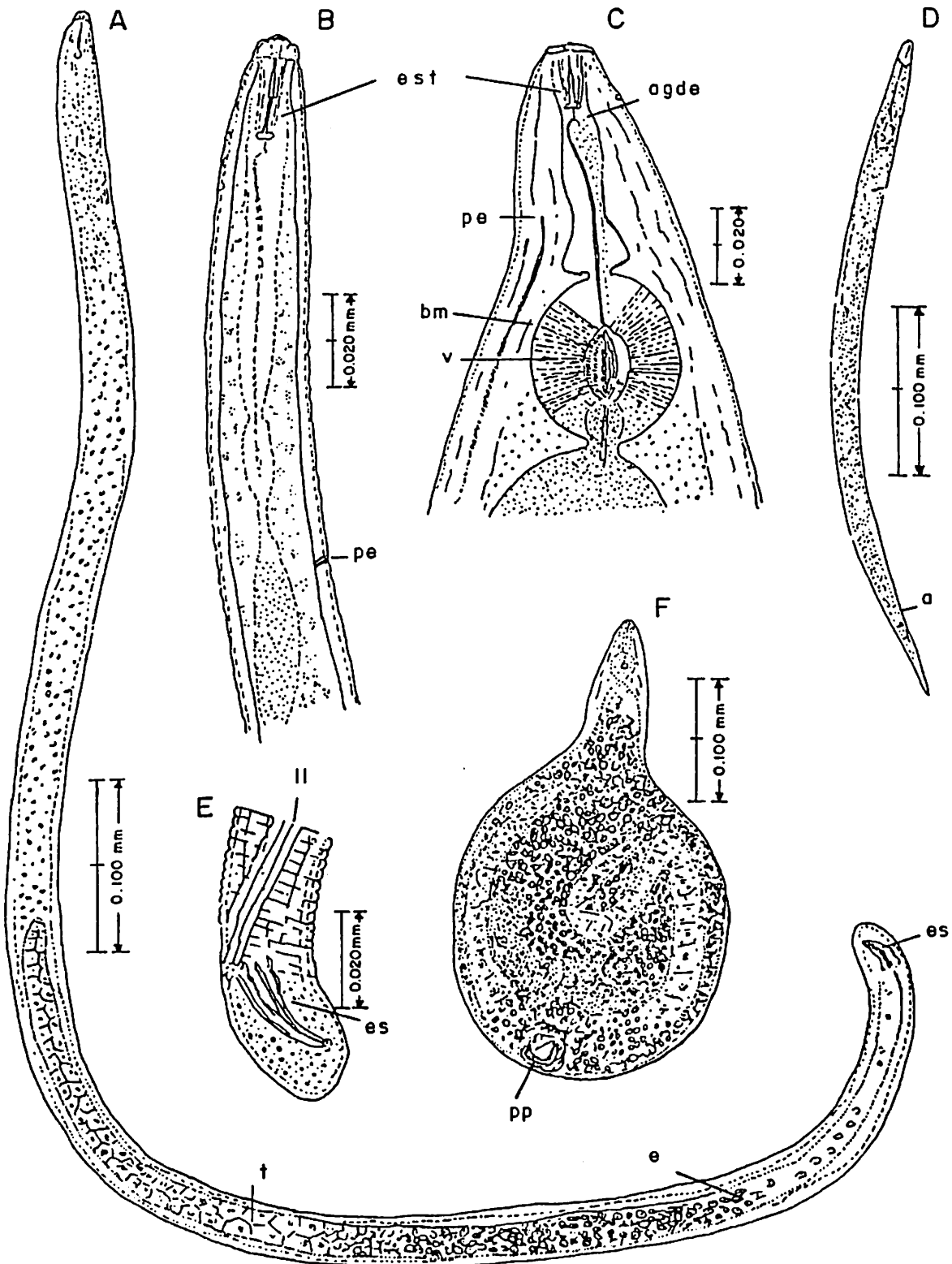


Figura 2.2 Anatomía de *Meloidogyne* spp. A. macho, en longitud total, testículos (t), espermatozoides (e) y espículas (es); B. macho en porción anterior, mostrando estilete (est), esófago y poro excretor (pe); C. hembra en porción anterior, mostrando estilete (est), abertura de la glándula dorsal esofágica (agde), poro excretor (pe), bulbo medio (bm) y válvula (v); D. larva, mostrando estilete, bulbo medio y ano (a), la cola es la porción del cuerpo posterior del ano; E. macho en porción posterior, mostrando líneas laterales (ll), anillos y espículas (es); F. hembra, mostrando esófago, ovario y patrón perneal (pp) (tomado de Taylor y Sasser, 1983).

## Ciclo de Vida de M. incognita

### Pre-parasítica

El ciclo de vida de todas las especies de Meloidogyne es esencialmente el mismo (Brodie, 1984) y se inicia en un huevo (ovoide-alargado cerca de dos veces el largo por el ancho) en estado unicelular, ya sea libres en el suelo o embebidos en una matriz gelatinosa la cual puede estar adherida a los tejidos de la raíz de la planta hospedante o a la hembra, la cual produce de 500 a 1000 huevos (Guiran y Ritter, 1979; Taylor y Sasser, 1983 y Brodie, 1984).

El desarrollo del huevo comienza breves horas después de la oviposición, dividiéndose en dos, cuatro, ocho o más células, hasta que se observa una "larva" completamente desarrollada con un estilete enrollado en la membrana del huevo; ésta puede moverse dentro del huevo, pero no es muy activa. Hasta esta etapa se tiene el primer estado larval y en él sucede la primera muda (Guiran y Ritter, 1979; Taylor y Sasser, 1983; Brodie, 1984 y Mai y Abawi, 1987).

### Parasítica

A los diez días después de la oviposición, la larva emerge del huevo si las condiciones ambientales son favorables, dando lugar al segundo estadio larval (Brodie, 1984). La infectividad de la larva del segundo

estado de Meloidogyne spp. está en función de la temperatura ambiental, aireación, humedad, densidad del suelo, así como en función de la distancia de la larva a la raíz (Griffin y Jorgenson, 1969; Griffin, 1979 y Taylor y Sasser, 1983). En esta etapa puede entrar a la raíz (Brodie, 1984), principalmente cerca de la punta (zona de actividad meristemática) y se mueven principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz e introducen sus cabezas en el cilindro central en desarrollo; en hospedantes susceptibles, estas larvas inducen la formación de células gigantes de las cuales continúan alimentándose (Guiran y Ritter, 1979), y es a través de su estilete con el que perforan la pared de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. Dichas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumenta la proporción de la división celular en el periciclo, esto da lugar a la formación de células gigantes (sincitos) formadas por un agrandamiento de las células (hipertrofia). Al mismo tiempo hay una intensa multiplicación de las células vegetativas (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva. Estos cambios son acompañados por el engrosamiento de la raíz o tubérculos para formar agallas conspicuas. Cuando se completan la segunda y tercera muda en la hembra, el estilete y el bulbo medio esofágico desaparecen (Taylor y Sasser, 1983; Mai et al., 1986 y Agrios, 1988).

sobre las larvas de M. incognita y M. javanica, por concentraciones de sales en el suelo. Los machos de M. incognita son más abundantes que las hembras bajo condiciones adversas de desarrollo (Davidson y Townshend, 1967; Guiran y Ritter, 1979; Mai et al., 1986 y Mai y Abawi, 1987).

### Reproducción

Estudios citológicos recientes han demostrado que muchas especies del género Meloidogyne se reproducen por partenogénesis, como el caso de M. incognita (Santo y O'Bannon, 1981). El sistema reproductivo de la hembra de M. incognita consiste de dos ovarios, cada uno con una zona germinal, zona de crecimiento, oviducto, espermateca y útero. Los huevos pasan a través de la vagina y son depositados en estado unicelular en la masa de huevos. Esta clase de reproducción se llama partenogénica (mitótica) y es muy común en M. incognita, M. arenaria, M. javanica y M. hapla. Y de esa manera se conserva el número diploide de cromosomas (Taylor y Sasser, 1983; Hirschmann, 1985).

### Efectos de Meloidogyne spp. en el Desarrollo de las Plantas Hospederas

#### Efísicos

Las especies de Meloidogyne, además de causar la formación de células gigantes y agallas; provoca en raíces

y tubérculos, altamente infestados, el acortamiento, disminución de raíces laterales y escasos pelos radicales; al romperse los elementos vasculares en las agallas, se interrumpe en forma mecánica el flujo de agua y nutrientes (Taylor y Sasser, 1983; Bauer, 1984 y Brodie, 1984).

### Fisiológicos

Los ataques de M. incognita traen un aumento en la producción de proteínas en las agallas y un mal funcionamiento de los reguladores de crecimiento entre las raíces y el tallo. Estos cambios fisiológicos contribuyen a la reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas (Taylor y Sasser, 1983; Bauer, 1984).

### Predisposición

Las papas cultivadas son muy susceptibles a M. incognita causando daños importantes a los tubérculos; sin embargo, éstos pueden escapar de un ataque cuando en una época del año M. incognita no es activa (Brodie, 1984; Jiménez y López, 1987). La especie M. incognita, al atacar raíces y tubérculos, causa cambios fisiológicos en dichas partes y favorecen invasiones posteriores de hongos, bacterias, virus, otros nematodos y plagas insectiles del suelo (Powell, 1971; Taylor y Sasser, 1983 y Mai y Abawi, 1987).

En la naturaleza es frecuente encontrar a M. incognita asociada con otros microorganismos que pueden



inhibir, acelerar o incrementar la gravedad del agallamiento o de la enfermedad en general de la papa, dándose lo que se conoce como "enfermedades complejas". Tres sistemas biológicos se encuentran involucrados en estas interacciones: nematodos, plantas y hongos, bacterias o virus (Powell, 1971; Mai y Abawi, 1987). Entre los fitopatógenos que interactúan con *M. incognita* para atacar al cultivo de la papa tenemos los siguientes (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Fitopatógenos que interactúan con *M. incognita* para atacar papa (*Solanum tuberosum* L.).

HONGOS	NEMATODOS	BACTERIAS
<i>Alternaria</i> spp.	<i>Belonolaimus</i> spp.	<i>Agrobacterium</i> spp.
<i>Fusarium</i> spp.	<i>Criconemella</i> spp.	<i>Corynebacterium</i> spp.
<i>Gomus</i> spp.	<i>Ditylenchus</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> spp.
<i>Phytophthora</i> spp.	<i>Hoplolaimus</i> spp.	
<i>Fythium</i> spp.	<i>Pratylenchus</i> spp.	
<i>Rhizoctonia</i> spp.	<i>Rotylenchulus</i> spp.	
<i>Uromyces</i> spp.	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	
<i>Verticillium</i> spp.		

(Powell, 1971; Winslow y Willis, 1972; Taylor y Sasser, 1983; Jatala, 1986a y Mai y Abawi, 1987).

Daños de M. incognita en Papa

Los síntomas aéreos no son lo suficientemente específicos como para tomarlos en cuenta con fines de diagnóstico (Hooker, 1986), y son similares a los causados por otros patógenos de la raíz y medio ambiente, que restringen el flujo de agua o nutrientes (Eisenback et al., 1983; Agrios, 1988).

Dependiendo de la densidad de nematodos, las plantas pueden mostrar varios grados de enanismo, follaje amarillento, producción reducida de tubérculos y una tendencia a marchitarse bajo condiciones de falta de humedad. Cuando la densidad del nematodo M. incognita es alta y las condiciones del medio ambiente son favorables, los tubérculos se infectan y desarrollan agallas que pueden presentarse simples o en grupos (Eisenback et al., 1983; Hooker, 1986). La mayoría de las especies de Meloidogyne inducen a la raíz infectada a engrosarse alrededor del punto donde el nematodo se está alimentando, formando así, la típica agalla radicular o el engrosamiento superficial del tubérculo (Eisenback et al., 1983; Agrios, 1988).

Más de 40 especies de nematodos ocasionan daños al cultivo de la papa, pero sólo unas pocas especies son de importancia económica en algunas regiones paperas (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Principales géneros de nematodos que atacan papa (*Solanum tuberosum* L.)

y su distribución en el mundo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCION POR CLIMAS *
<i>Ditylenchus destructor</i>	Nematodo de la pudrición de la papa	T
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nematodo del tallo	m T
<i>Globodera pallida</i>	Nematodo del quiste de la papa	M s T
<i>Globodera rostochiensis</i>	Nematodo dorado o nematodo del quiste	M s T
<i>Longidorus</i> spp.	Nematodo aguja	m T
<i>Meloidogyne</i> spp.	Nematodo del nudo de la raíz	C M S T
<i>Nacobbus aberrans</i>	Falso nematodo del nudo de la raíz	c M T
<i>Paratrichodorus</i> spp.	Nematodo de la atrofia radicular	m t
<i>Pratylenchus</i> spp.	Nematodo de la lesión radicular	c M s T
<i>Trichodorus</i> spp.	Nematodo de la atrofia radicular	m t
<i>Xiphinema</i> spp.	Nematodo daga	c m s t

\* C = Cálido tropical, M = Moderado tropical, S = Subtropical y T = Templado. Las letras mayúsculas representan mayor importancia. (Winslow y Willis, 1972;

Brodie, 1984 y Jatala, 1986a).

Pérdidas Económicas Causadas por M. incognita en Papa

Las especies de nematodos que causan daños en papa cultivada pueden ocasionar la reducción de la producción hasta en un 20 por ciento y afectar la calidad del tubérculo (Jatala, 1986a). Las pérdidas pueden ser directas por la reducción en el rendimiento por ha, tubérculos no apetecibles en el mercado, y en forma indirecta por la restricción para exportar o movilizar los tubérculos dentro del país, incrementar los costos de producción y la infestación de otras zonas libres de nematodos. En países en desarrollo M. incognita puede llegar a causar pérdidas del 25 al 50 por ciento (Taylor y Sasser, 1983).

En 1956, se consignó una infestación hasta del 75 por ciento de M. hapla en campos dedicados al cultivo de la fresa en Irapuato, Guanajuato. En las zonas altas de Puebla, Edo. de México, Veracruz y Tlaxcala, se reportó un 20 por ciento de las 30000 ha dedicadas al cultivo de la papa y se encontraron infestadas con Meloidogyne spp. (Bauer, 1984). En México los daños causados por M. incognita han sido evaluados en papa, frijol, tomate, cafeto y maíz. Las cosechas son reducidas del 30 al 100 por ciento, dependiendo del cultivo y de la población inicial usada como inóculo (Sosa-Moss, 1985).

En la región de Navidad, municipio de Galeana,

Nuevo León, existen áreas bien delimitadas y otras en extensión de la presencia y daño de M. incognita, que afectan drásticamente el rendimiento y calidad de los tubérculos de esta hortaliza (Hernández, 1987; Lara, 1988 y Carrillo, 1989).

### Ecología de M. incognita

#### Factores Edafoclimáticos que Afectan el Desarrollo de M. incognita

Esta especie representa alrededor del 52 por ciento de las especies de Meloidogyne colectadas a través del Proyecto Internacional de Meloidogyne, y se presenta en un área geográfica más amplia que las otras especies (aproximadamente 40° de latitud norte a 33° de latitud sur): está presente donde el promedio anual de temperatura es de 18 a 30 °C, con el mayor número de poblaciones en áreas con 24 - 27 °C (Hooker, 1986). La mayoría de la población de M. incognita se encuentra de 5 a 30 cm de profundidad del suelo, decreciendo su densidad hasta los 100 cm de profundidad (Van Gundy, 1965; Taylor y Sasser, 1983). Debido a que el hábitat de M. incognita es el suelo, los principales factores (temperatura, humedad, textura, aireación y química del suelo) que afectan a esta especie pueden influir directa o indirectamente en la severidad del daño causado (Daulton y Nusbaum, 1961; Bergeson, 1968; Van Gundy, 1985 y Mai y Abawi, 1987).

### Temperatura

Esta afecta la producción, reproducción, desarrollo y la supervivencia de los huevos, determinando así la localización y el parasitismo del nematodo agallador. Las especies de M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. exigua son termófilos y no sobreviven en suelos con temperaturas menores de 10 °C y se restringen a áreas inferiores a los 2000 msnm. En conclusión las especies de Meloidogyne presentan el siguiente orden de resistencia al frío (de mayor a menor, respectivamente): M. chitwoodi, M. hapla, M. incognita, M. arenaria y M. javanica (Van Gundy, 1985; Jatala, 1986a). La temperatura óptima del suelo para la reproducción de M. hapla es de 25 a 30 °C, ocasionando agallamientos en tubérculos de papa en forma significativa; pero un mayor número de huevos viables se producen a 25 °C que a 30 °C (Daulton y Nusbaum, 1961; Griffin y Jorgenson, 1969 y Griffin, 1979).

### Humedad

La fluctuación de la humedad del suelo debido a la lluvia o a la irrigación es el factor más importante para la dinámica de las poblaciones de M. incognita (Jiménez y López, 1987). El exceso de humedad propicia la carencia de oxígeno en el suelo e incrementa las toxinas de los microorganismos anaeróbicos. La ausencia de humedad en el suelo y la desecación conducen a la inactividad y muerte eventual de esta especie. Los nematodos del género

Meloidogyne son activos en suelos con niveles de humedad de 40 a 60 por ciento de capacidad de campo (Griffin y Jorgenson, 1969; Jatala, 1986a).

### Textura

La actividad y los movimientos del nematodo en el suelo, para alcanzar la raíz, se encuentran relacionados con la porosidad y tamaño de las partículas del suelo, espesor de la película de agua que exista y del movimiento específico del nematodo. M. incognita y M. hapla son más abundantes en suelos limo-arenosos que en los arcillosos (Van Gundy, 1965; Taylor y Sasser, 1983; Van Gundy, 1985 y Jatala, 1986a).

### Aireación

La aireación escasa en el suelo reduce la supervivencia y la densidad poblacional de los nemátodos. Este es el caso típico de los suelos irrigados. La supervivencia se reduce porque el suministro de oxígeno llega a niveles bajos durante el período de irrigación por anegamiento (Taylor y Sasser, 1983; Jatala, 1986a).

### pH del Suelo

La especie M. incognita sobrevive normalmente en un pH de 4 a 8 (Van Gundy, 1985).

### Exudados Radicales

Las larvas de M. incognita son afectadas en su

desarrollo y supervivencia por los exudados radicales de los siguientes vegetales: ajo, cebolla, campasúchil, crisantemo, crotalaria, higuera, maravilla, etc., los cuales tienen propiedades nematocidas (Hackney y Dickerson, 1975).

#### Métodos de Control de *M. incognita*

En la actualidad se dispone de varios métodos y productos químicos eficaces para controlar a estos nematodos; sin embargo, factores como costos, tipo de cultivos, residualidad, fitotoxicidad de los nematocidas, etc.; limitan su aplicación en ciertos cultivos de importancia económica (Agrios, 1988; Felsot, 1989 y Meher *et al.*, 1989).

#### Cultural

El barbecho es la práctica más importante que se debe realizar de dos a cuatro semanas durante la estación seca, para exponer a los estados juveniles a la desecación, principalmente a los que se localizan en la superficie del suelo; algunos mueren por inanición al evitar el desarrollo de las malezas que son hospedantes naturales de los nematodos. Otras prácticas culturales son: inundaciones, cultivo de plantas de cobertura y rotación de cultivos, las cuales reducen eficientemente a los nematodos agalladores (Lamberti, 1979; Johnson, 1985a; Agrios, 1988 y CIP, 1988).



## Rotación de Cultivos

Esta práctica es la más vieja e importante para el manejo de los nematodos agalladores en cultivos anuales; su estrategia se basa en la resistencia, susceptibilidad o tolerancia de cultivos a la predominancia de M. incognita en un área específica (Johnson, 1985a). Las poblaciones de M. incognita son disminuidas con la rotación de los cultivos: soya y maíz (Kinloch, 1986). Se han utilizado experimentalmente para el control de nematodos agalladores en el cultivo de la papa las siguientes especies vegetales: frijol, col, tabaco y trigo con resultados parciales; sin embargo, la rotación con gramíneas durante dos a tres años ha dado buenos resultados (CIP, 1988).

## Biológico

Este método en general y particularmente en nematodos no se ha desarrollado quizá porque no ha dado resultados espectaculares comparados con los obtenidos con los nematicidas (Jatala, 1986b). Por sus ventajas económicas este tipo de control es el más deseado y además no altera el medio ambiente (Stirling et al., 1979; Cepeda, 1986). Entre los organismos del suelo antagónicos a M. incognita tenemos: hongos, bacterias, nematodos y artrópodos (Taylor y Sasser, 1983). Así tenemos que el hongo Bacillus penetrans es parásito obligado de los huevos de M. incognita, de igual manera ocurre con Dactylella oviparasitica, Gigaspora spp. y Glomus spp. (Stirling et al., 1979; Elad et al., 1980 y Agrios, 1988).

El hongo Paecilomyces lilacinus infecta huevos de M. incognita (Jatala, 1986b; Lara, 1988). Entre los nematodos predadores tenemos: Mononchus sp., Mononchoides sp., Seinura sp., Dorylaimus sp., etc. (Elad et al., 1980; Taylor y Sasser, 1983).

### Legal

El control de los nematodos agalladores mediante la regularización, incluye la implementación de cuarentenas para impedir la introducción y diseminación de un determinado fitopatógeno en áreas conocidas como libres (Bauer, 1984). La región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, está cuarentenada (cuarentena interior permanente # 17) contra el nematodo dorado Globodera rostochiensis y además contra Meloidogyne spp., para la producción de papa para semilla y se prohíbe la introducción y movilización de tubérculos-semilla afectados por dichos nematodos (Rodríguez, 1973; Cepeda, 1986).

### Resistencia

Las variedades resistentes constituyen un método promisorio de control de nematodos. Los programas de mejoramiento se ocupan en desarrollar líneas resistentes a ciertos géneros de nematodos, y las variedades de papa así obtenidas, pueden ser susceptibles a otras razas o géneros del mismo nematodo. Este método de control tiene buenas posibilidades cuando se combina con la rotación de

cultivos y con otros métodos de manejo (Hooker, 1986; Jatala, 1986b). Se han identificado en papa y camote clones resistentes a M. incognita (CIP, 1988). Las variedades de papa: López, Patrones y Leona son tolerantes a M. incognita; las variedades Procura y Marejke son resistentes a este nematodo (Sosa-Moss, 1985).

### Químico

Debido a que las especies de Meloidogyne depositan sus huevos en una matriz gelatinosa, relativamente sin protección, este método ha tenido más éxito que en el caso de los nematodos enquistados G. rostochiensis. El uso de nematicidas para el control de nematodos es una práctica iniciada en 1940. La utilización de estos nematicidas facilitó la demostración de la importancia del daño causado por los nematodos a los cultivos, al reducir las densidades de población a un nivel bajo (Lamberti, 1979; Elad et al., 1980; Johnson, 1985b y Schmitt, 1985).

Los nematicidas son sustancias que poseen un amplio espectro de actividad biológica y que se emplean para controlar nematodos fitopatógenos. Experimentos de laboratorio han mostrado que aplicaciones del nematicida Aldicarb, a concentraciones de 1 a 5 partes por millón (ppm), inhiben el movimiento de M. incognita, G. rostochiensis y Aphelenchoides spp. (Batterby et al., 1976; Hollingsworth et al., 1988). Aldicarb reduce la población de nematodos e incrementa la producción de papa

en suelos infestados con los géneros Meloidogyne spp., Ditylenchus spp. y Pratylenchus spp. (Cetas, 1971; Puente, 1976 y CIP, 1988). Este tipo de control depende de que los nematicidas utilizados actúen sobre el nematodo y lo hagan en concentraciones adecuadas, capaces de causarle la muerte. Aunque este método es efectivo y ampliamente utilizado, la manipulación de estos productos químicos es a menudo difícil y en ciertos casos hasta tóxicos para el hombre (Burrow y Barker, 1972; Hooker, 1986).

El control efectivo de los nematicidas no fumigantes en campo parece estar en función de la concentración versus el tiempo de exposición. Esto a su vez está influenciado por la materia orgánica, pH, textura y temperatura del suelo, así como por la humedad y la naturaleza del hospedante. Los nematicidas sistémicos pueden traslocarse de la raíz al follaje de las plantas (movimiento apoplástico) y muy pocos se transportan del follaje hacia la raíz (movimiento simplástico) y/o en ambas direcciones (ambimóviles). Los nematicidas no fumigantes son menos tóxicos que los fumigantes, fáciles de aplicar, efectivos y tienen menor persistencia en el suelo (Miller y Kring, 1970; McLeod y Khair, 1975; Wright, 1981; Schmitt, 1985 y Thomason, 1985).

### Integrado

En la práctica no es deseable aplicar continuamente el mismo método de control, ya que es

necesario integrar o combinar diferentes métodos para mantener la densidad poblacional de nematodos por debajo de los niveles perjudiciales, y para prevenir su diseminación a nuevas áreas. Una conocida integración de métodos para el control de Globodera spp. y Meloidogyne spp. es la rotación de cultivos durante dos años, combinada en el mismo período con fumigación del suelo, siembra de variedades resistentes y de cultivares susceptibles en un programa sistemático.

Los componentes claves en el manejo de nematodos son:

1. Búsqueda extensiva para determinar la presencia y distribución
2. Fumigación del suelo para reducir la población
3. Siembra de variedades resistentes para prevenir nematodos
4. Rotación de cultivos
5. Empleo de maquinaria y herramienta libres de nematodos
6. Empleo de tubérculos-semilla libres de nematodos
7. Prohibición de la producción de "semilla" en zonas infestadas

(Elad et al., 1980; Bird, 1981; Johnson, 1985a; Jatala, 1986a y CIP, 1988).

### Solarización

Debido al énfasis actual sobre la protección al medio ambiente, salud humana y animal, la aplicación

directa de agroquímicos para controlar fitopatógenos, ha sido necesario implementar nuevas alternativas de control; así tenemos que la solarización del suelo controla eficientemente a la mayoría de los fitopatógenos, debido al incremento de la temperatura del suelo a través de la aplicación de películas de plástico delgadas, negras y principalmente transparentes, en un período de cuatro a seis semanas (terrenos preparados previamente) antes de la siembra y en la época de mayor incidencia solar (Katan et al., 1976; Grinstein et al., 1979; Katan et al., 1987 y CIP, 1988).

La solarización es el único método de acolchado con plástico que integra el control de fitopatógenos del suelo y la conservación de éste y del agua, e incrementa el desarrollo de los cultivos. Este método causa cambios complejos en el suelo, porque destruye a una gran cantidad de estos patógenos y estimula la actividad de la flora benéfica del suelo para promover el crecimiento de los cultivos, y muchas veces es más efectivo que algunos plaguicidas (Stapleton y DeVay, 1983; Katan et al., 1987).

#### Descripción del Nematicida Utilizado

El nematicida Aldicarb pertenece al grupo de los Carbamatos, es usado como insecticida sistémico, acaricida y nematicida; tiene una toxicidad de LD 50 de 6.3 g/kg, se

absorbe rápidamente a través de la piel, es muy tóxico. La formulación es granulado que contiene 15 por ciento de ingrediente activo (i.a.). No es fitotóxico, no se aplica al follaje de las plantas, utilizando las dosis recomendadas, no inhibe la germinación de las semillas. Se recomienda utilizarlo en los siguientes cultivos: papa, algodónero, cacahuete, caña de azúcar, frijol, soya, tabaco, naranjo, cafeto, plátano, nogal y plantas ornamentales (McLeod y Khair, 1975; UCC, 1975; UCM, 1981 y González, 1988).

Con este producto se combaten áfidos, ácaros y otras plagas del suelo, entre las que se incluye a los nematodos agalladores. Se aplica en el fondo o a un lado del surco al momento de la siembra; para mejores resultados debe aplicarse en la zona de influencia de la raíz, el riego después de su aplicación mejora su efectividad. No debe colocarse a menos de 5.5 cm de la superficie del suelo. No es compatible con los compuestos alcalinos. Los Carbamatos atacan el sistema nervioso de los nematodos y rompen la función normal del sistema colinesterasa. El Aldicarb se mueve más fácilmente en suelos gruesos (limo-arenosos) que a través de suelos limo-arcillosos (Thomason, 1985; Hollingsworth *et al.*, 1988; Ou *et al.*, 1988 y Felsot, 1989).

El modo de acción de los Organocarbamatos es actuar inhibiendo la actividad neuromuscular, reduciendo

la capacidad de movimiento y alimentación de los nematodos y con ello se afecta su tasa de desarrollo y reproducción (Batterby et al., 1976; Wright, 1981 y Johnson, 1985b). La residualidad de Aldicarb es de 0.3 ppm en promedio y un máximo de 1.0 ppm en tubérculos de papa, su intervalo de seguridad es de 90 días (Burrow y Barker, 1972; UCC, 1975; UCM, 1981 y González, 1988). Cuando se aplica en un suelo húmedo el i.a. es rápidamente absorbido por las raíces, distribuyéndolo luego a todos los órganos de la planta. En papa se recomienda no hacer más de una aplicación por ciclo (González, 1988; Hollingsworth et al., 1988).

La residualidad de Aldicarb es degradada en todo el sistema biológico a productos finales, los cuales son relativamente no tóxicos y no son acumulados en el medio ambiente. La tolerancia de residuos de Aldicarb establecida por la Asociación de Protección del Medio Ambiente en tubérculos de papa es de 1.0 ppm (UCC, 1975; Johnson, 1985b; Hegg et al., 1988 y Ou et al., 1988). La degradación de Aldicarb es afectada por la concentración de la materia orgánica del suelo más que por el contenido de arcilla (Johnson, 1985b).

La persistencia de Aldicarb en el suelo dura más de 60 días. Este nematocida se recomienda para el control de M. incognita y G. rostochiensis en papa, tabaco, etc. Los residuos tóxicos de Aldicarb en tubérculos de papa se



determinan según las normas de la Asociación de Protección del Medio Ambiente (Meher et al., 1989). La degradación de Aldicarb en el suelo es la siguiente: el Aldicarb es oxidado a Aldicarb Sulfóxido el cual es transformado en una oxidación lenta a Aldicarb Sulfuro y éstos pasan a Nitrilos, Alcoholes, Aldehídos, Ácidos y Anhídrido Carbónico. El Aldicarb y sus dos productos de oxidación son conocidos por ser tóxicos y tienen la misma actividad nematicida de éste (Schmitt, 1985; Hegg et al., 1988; Ou et al., 1988 y Felsot, 1989).

#### Acolchado con Plástico Negro

##### Características y Efectos

El acolchado se define como la aplicación o creación de cualquier cubierta de manera que forme un medio eficaz para la transferencia de calor o vapor (Robledo y Martín, 1981). Los acolchados se han aprovechado desde hace muchos años utilizando diversos materiales naturales (paja, palma, etc.), sin embargo, los plásticos han venido a sustituir a dichos materiales, los cuales no dan los mismos resultados y efectos que se obtienen con el uso de plásticos. Con el acolchado de los suelos se logra retener la evaporación, que tiene como resultado una mayor absorción de nutrientes y agua por parte de las plantas (Robledo y Martín, 1981; Ibarra et al., 1984 y Gutiérrez, 1985).

En cuanto a la temperatura, el plástico transmite el calor al suelo, produciendo el efecto de invernadero. Así mismo, con el acolchado se logra que los tubérculos y raíces de las plantas sean más numerosos y largas (Carter y Johnson, 1988). Al contar con una mayor humedad, también se influye en la fertilidad de los suelos, ya que el acolchado impide que las corrientes de agua o el viento arrastren los nutrientes utilizados para el crecimiento de las plantas (Clarkson, 1960; Johnson *et al.*, 1979).

Se tiene también un control sobre las hierbas espontáneas utilizando un plástico de color negro o gris (Johnson *et al.*, 1981; Manrique y Meyer, 1984 y Gutiérrez, 1985). Con este sistema se logra una mayor calidad de los productos, ya que el plástico impide el contacto con la tierra, evitando que los frutos se manchen o se pudran, por lo que se obtiene una mejor calidad de éstos (Robledo y Martín, 1981; Salman y Gorski, 1985).

Con el acolchado se obtienen grandes beneficios: mejorar la estructura del suelo, retener mayor humedad en el suelo, lograr efectos positivos sobre la temperatura del suelo. Es un buen método para el control de las malas hierbas, y en algunos casos se alcanza cierta precocidad en la producción (Clarkson, 1960; Katan *et al.*, 1976; Ibarra y Rodríguez, 1981).

### Radiaciones Caloríficas

El plástico negro absorbe una gran parte del calor recibido y lo transmite por radiación hacia el suelo y otra parte a la atmósfera; debido a este fenómeno, el suelo se calienta poco durante el día, controlando la actividad microbiana del mismo. Cabe señalar que, se han hecho ensayos en los que se combina el acolchado con plástico negro y una aplicación de Bromuro de Metilo, llegando a conseguir un control integral (físico-químico) de las enfermedades en papa causadas por Rhizoctonia solani y Verticillium dahliae (Grinstein et al., 1979; Johnson et al., 1979; Elad et al., 1980 y Robledo y Martin, 1981).

### Radiaciones Visibles

Los plásticos negros no transmiten las radiaciones visibles comprendidas entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, por lo tanto, no se realiza la fotosíntesis y en consecuencia las malezas no se desarrollan. Con el acolchado se presenta la estructura ideal para el desarrollo de raíces y tubérculos, ya que existe una menor compactación del suelo y con ello se logra una mayor circulación del aire en su interior. La temperatura en la superficie de un suelo sigue estrictamente las variaciones de la temperatura del medio ambiente, sin embargo, una cubierta de plástico atenúa las variaciones diarias y estacionales del mismo. Dicha temperatura es cada vez menos variable al aumentar la profundidad; la fluctuación

en suelos arcillosos y húmedos es menor que en los arenosos y secos (Robledo y Martin, 1981; Stapleton y DeVay, 1983; Manrique y Meyer, 1984 y Salman y Gorski, 1985).

### Ventajas y Desventajas del Acolchado

Las ventajas que presentan las películas de plástico negro empleadas en el acolchado de suelo son:

1. Produce altos rendimientos
2. Impide el crecimiento de malas hierbas
3. Precocidad de cosecha (menor que con los plásticos transparentes).

Y entre las desventajas tenemos:

1. Calienta poco el suelo durante el día
2. Durante la noche la planta recibe poco calor del suelo
3. En días calurosos puede producir quemaduras a la planta (Robledo y Martin, 1981; Salman y Gorski, 1985).

### Efectos del Acolchado

Este incrementa la temperatura del suelo, por lo que afecta las poblaciones de fitonematodos y la velocidad de su ciclo biológico y el vegetativo de la planta (Clarkson, 1960). La humedad del suelo se conserva por más tiempo que en los no acolchados. El pH en suelos acolchados presenta un ligero incremento. En cuanto a rendimiento este tipo de acolchado incrementa en forma significativa el tamaño, peso y número de tubérculos o

raíces de las plantas (Sumner, et al., 1978; Johnson et al., 1979).

Las especies de Meloidogyne: M. chitwoodi, M. hapla y M. incognita causan daños severos a la producción de papa en Georgia, Estados Unidos de América, ya que reducen la cantidad y calidad de los tubérculos de papa en ese Estado. Por tal razón, se llevaron a cabo una serie de estudios utilizando acolchado, riego por goteo y nematicidas, obteniendo buenos resultados (Miller y Waggoner, 1963; Cetas, 1971 y Johnson, 1985b).

Un programa efectivo para el control de M. incognita en papa, que involucra el uso de nematicidas sistémicos en combinación con acolchado con plástico y riego por goteo, se ha venido desarrollando con la finalidad de obtener plantas uniformes, eficientar más el uso de las tierras y permitir la aplicación mínima de nematicidas (Miller y Waggoner, 1963; Elad et al., 1980; Johnson et al., 1981 y Schmitt, 1985).

#### Principales Características de la Papa Variedad Alpha

1. Variedad originaria de Holanda
2. Ciclo vegetativo intermedio
3. Pulpa amarillo claro
4. Buenos rendimientos en promedio
5. Muy duradera en el almacén

6. Densidad de siembra de 30000 a 50000 plantas por ha
7. Tiene brotes gruesos y fuertes
8. Resistente a la sequía y a la enfermedad "pata negra"
9. Susceptible al tizón tardío, punta morada y a M.  
incognita (Jatala, 1986a).

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del Area de Estudio

La región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, cuenta con 7000 ha; ahí se encuentra el Campo Agrícola Experimental de Navidad, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (CAEN-UAAAN), que tiene una superficie de 100 ha, principalmente de riego (bombeo de pozos profundos), localizado al sureste de la Cd. de Saltillo, Coahuila, a 84 km por la carretera federal 57 (México-Piedras Negras), tramo Saltillo-Matehuala. Este campo está situado a 25° 00' 00" de latitud norte y 100° 32' 00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a 1895 msnm. El clima es semicálido y semiseco-semiárido con una precipitación anual de 400 mm; el suelo es limo-arenoso y tiene una profundidad de 35 cm, posee un lecho calcáreo de 15 cm de espesor, un pH de 7.5 y una temperatura media anual de 21.7 C.

Los suelos de este campo experimental son ricos en potasio y fósforo, pero pobres en nitrógeno; presentan un alto contenido de carbonatos y bajo porcentaje de materia orgánica. La calidad del agua de riego es considerada como buena, aunque contiene carbonatos.

## Establecimiento del Experimento

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano de mayo a octubre de 1989, en un lote del CAEN-UAAAN infestado naturalmente con el nematodo agallador *M. incognita*. Se sembró papa de la variedad Alpha, ya que es la mayormente cultivada en esta región papera y muy susceptible a este nematodo. Las labores culturales efectuadas durante el desarrollo del experimento fueron las que normalmente realizan los productores de esta hortaliza a nivel comercial, excepto la técnica del acolchado con plástico negro.

El área de trabajo la constituyeron 20 parcelas experimentales formadas de cuatro surcos de 6.30 m de longitud y 0.90 m entre surcos; la distancia entre plantas fue de 0.20 m, y la distancia entre calles, parcelas y bloques de 1.50 m, siendo el área experimental de la parcela total de  $28.35 \text{ m}^2$ . La parcela útil consistió de dos surcos centrales de 4.30 m de longitud, por lo que el área de esta parcela fue de  $7.74 \text{ m}^2$  (Figura 3.1).

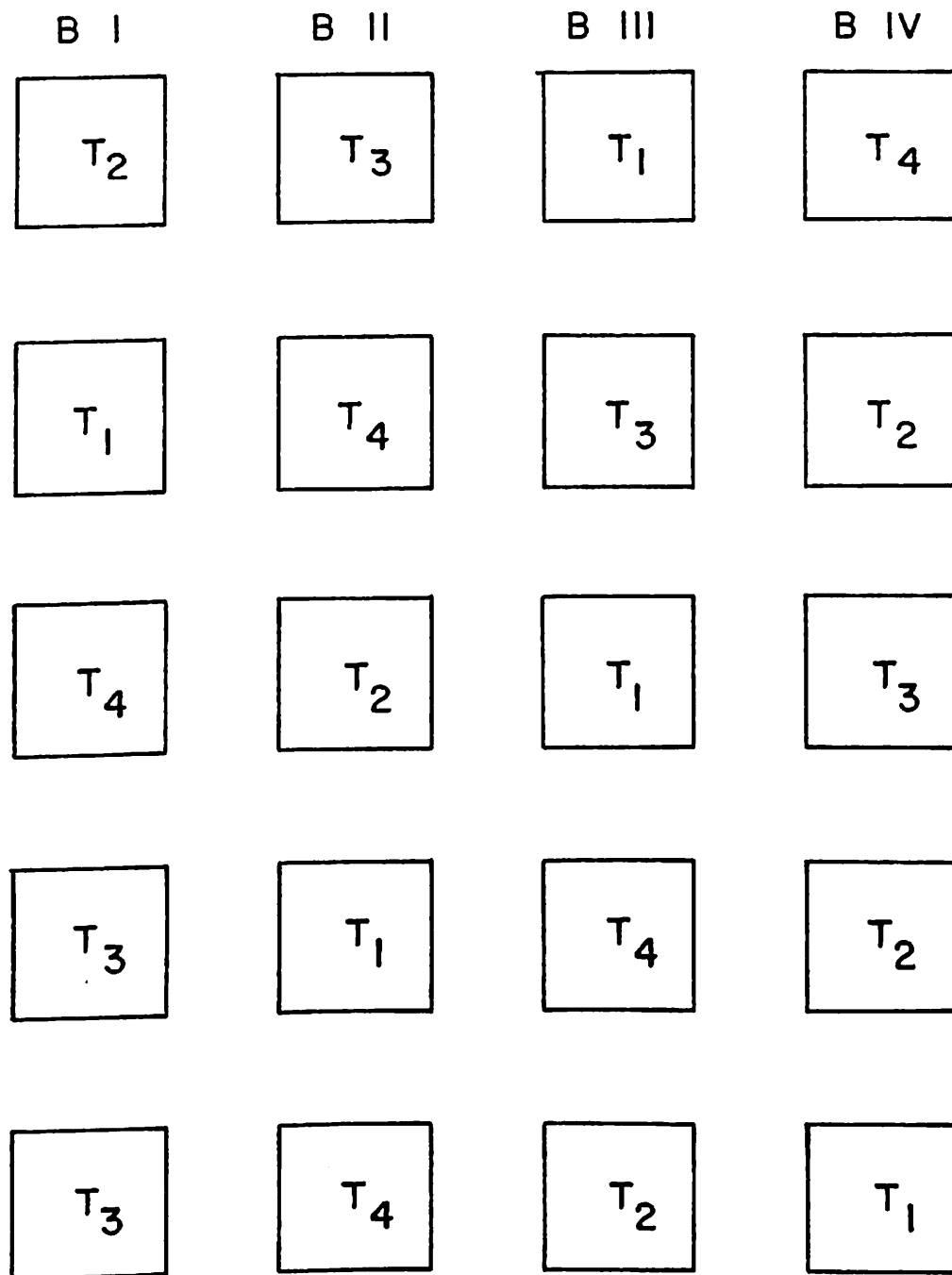
## Tratamientos

Para el control de *M. incognita* se evaluaron el Aldicarb (nematicida-insecticida-acaricida, granulado y no fumigante) y acolchado con plástico negro, solos y combinados. Los tratamientos evaluados fueron:



T = Tratamiento

B = Bloque

T<sub>1</sub> = TESTIGOT<sub>2</sub> = ALDICARBT<sub>3</sub> = PLASTICOT<sub>4</sub> = PLASTICO + ALDICARB

N.

Figura 3.1. Arreglo de los Tratamientos y Bloques en el Campo Agrícola Experimental de Navidad. Mpio. de Galeana, Nuevo León, 1989.

1. Aldicarb 15 G (20 kg/ha) + Acolchado con Plástico Negro
2. Aldicarb 15 G (20 kg/ha)
3. Acolchado con Plástico Negro
4. Testigo (sin acolchar y sin nematicida).

#### Variables Evaluadas

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron los siguientes parámetros:

1. Índice de agallamiento de los tubérculos. Este se evaluó al finalizar la cosecha de acuerdo a la escala propuesta por Daulton y Nusbaum, 1961.
2. Población de nematodos del género M. incognita
3. Rendimiento. Se tomó el peso en kg del total de tubérculos cosechados de la parcela útil y posteriormente se convirtió en ton/ha.

Además de estos parámetros se midieron las variables:

1. Peso de tubérculos comerciales
2. Número de tubérculos comerciales
3. Peso de tubérculos no comerciales
4. Número de tubérculos no comerciales.

## Trabajo de Campo

Manejo del Cultivo

El terreno se preparó adecuadamente del 12 al 16 de mayo, los tubérculos-semilla de papa (500 kg) se trataron (20 de mayo) con productos químicos<sup>1/</sup>. La siembra se realizó manualmente el 23 de mayo con tubérculos-semillas (enteros y brotados) de papa de la variedad Alpha. El nematicida Aldicarb se aplicó al momento de la siembra en el fondo del surco sobre los tubérculos-semilla de papa, y el acolchado con plástico negro se colocó el 30 de junio, cuando había un 85 por ciento de emergencia de las plantas de papa.

Se fertilizó con la fórmula general 200-400-200 por ha, por lo tanto, en el experimento se empleó la fórmula 11.34-22.68-11.34 para 567 m<sup>2</sup>, realizando esta actividad al momento de la siembra y antes de colocar el plástico. Los fertilizantes utilizados fueron: Sulfato de Amonio, Superfosfato de Calcio Simple y Sulfato de Potasio. Se aplicó Aldicarb 15 G (20 kg/ha) sobre los tubérculos-semilla de papa, correspondiendo para dicho lote experimental un total de 1.34 kg del nematicida en estudio.

-----  
1/ Agrimycin (600 g), Tiabendazol (100 g), Bionex (1000 cc) como adherente-penetrante-dispersante.

El primer riego de auxilio se dió el 25 de mayo y posteriormente se aplicaron siete riegos más, a intervalos de 15 días, dependiendo de la humedad del suelo y de las lluvias que se presentaron. La emergencia de las plantas se inició el catorce de junio y terminó el 20 del mismo mes, con un 95 por ciento de plantas emergidas. Se aplicaron posteriormente insecticidas contra los insectos plaga: Diabrotica Diabrotica sp. (Coleóptera: Crysomelidae), Palomilla de la Papa Phthorimaea operculella (Lepidóptera: Gelechiidae), Frailecillo Macrodactylus spp., que se presentaron durante el desarrollo del cultivo.

Para controlar el tizón tardío de la papa Phytophthora infestans, se aplicaron fungicidas<sup>2/</sup> que fueron los tratamientos contra este hongo y formaron parte de otra investigación.

Se realizó un total de ocho muestreos. El primero se llevó a cabo ocho días antes de la siembra y los siguientes seis cada 25 días, en promedio, durante el desarrollo del cultivo; y el último, cinco días después de la cosecha, para evaluar el comportamiento (fluctuación poblacional) de M. incognita.

-----  
 2/ Fosetil-Al (Aliette), Mancozeb SA (Flonex MZ-400), Mancozeb PH (Dithane M 45) y Metalaxil Clorotalonil (Ridomil Bravo).

En cada muestreo se tomaron tres muestras -de un kg- al azar (a 15 cm de profundidad) por parcela, las cuales se homogenizaron y se procesaron 500 cc de suelo. Las muestras de suelo obtenidas durante el desarrollo de la investigación se colocaron en bolsas de polietileno, se etiquetaron e inmediatamente se trasladaron al Laboratorio de Nematología del Departamento de Parasitología Agrícola de la UAAAN, para su estudio respectivo. Al finalizar el ciclo vegetativo, se tomaron los dos surcos centrales de cada parcela útil, desechando un metro de ambos extremos de cada surco para evitar efectos de orilla.

### Trabajo de Laboratorio

#### Procesamiento de Muestras

Las muestras de suelo fueron procesadas por el método de Centrifugación y Flotación con Azúcar modificado, porque proporciona excelentes resultados para obtener específicamente los estadíos juveniles de M. incognita y de algunos géneros de importancia en papa (Barker, 1985). Las tres submuestras obtenidas se homogenizaron y se obtuvo una muestra de 500 cc de suelo por cada parcela; se aforó la muestra en un vaso de precipitados hasta 1000 ml de agua. La suspensión obtenida de la centrifugación (100 ml) se homogenizó con un inyector de burbujas de aire por 30 segundos, luego se extrajo una alícuota de 10 ml y se colocó en un vidrio siracuse.

### Conteo e Identificación

El conteo e identificación de los nematodos encontrados en las muestras procesadas se hicieron bajo el microscopio compuesto. El número y géneros de nematodos extraídos (nueve géneros en total), se expresaron como el número de nematodos por unidad de volumen en 500 cc de suelo. Para la identificación del nematodo agallador M. incognita, se extrajeron hembras de los tubérculos de papa con agallas o nódulos, y se prepararon modelos perineales siguiendo el método descrito por Franklin, (1962), modificado por Taylor y Netscher, (1974), y así se corroboró la identificación de dicha especie en trabajos anteriores.

### Evaluación de Variables

Los tubérculos recolectados en cada parcela útil se pesaron y cuantificaron según los tratamientos, después se separaron los tubérculos sanos de los agallados por este nematodo, los cuales se pesaron también para obtener el porcentaje de daño con relación al peso total de tubérculos de cada tratamiento y el porcentaje del número total de tubérculos dañados con relación a los sanos. Teniendo lo anterior, se hizo una concentración de datos para efectuar el análisis estadístico correspondiente. El índice de agallamiento en los tubérculos de papa, se evaluó al finalizar la cosecha de acuerdo a la escala propuesta por Daulton y Nusbaum, 1961 (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Índice de agallamiento de tubérculos de papa.

TIPO DE INFECCION	VALOR INDICE (%)	DESCRIPCION DEL VALOR INDICE
0	0	Sin agallas
1	1	Incipiente, menor de cinco agallas
2	5	Muy ligera, de incipiente hasta 25 agallas
3	10	Ligera, de 26 a 100 agallas
4	25	Moderada, numerosas agallas distinguibles entre sí
5	50	Moderadamente grave, agallas numerosas, muchas unidas entre sí
6	75	Graves, agallas muy numerosas, la mayoría unidas entre sí
7	90	Muy grave, invasión masiva, poco crecimiento radical
8	100	Extremadamente grave, invasión masiva sin desarrollo radical

(Daulton y Nusbaum, 1961).

Para el análisis estadístico de los parámetros en estudio, se realizaron transformaciones a arco seno  $\sqrt{x/100}$ , (excepto el índice de agallamiento), debido a que los datos obtenidos se tenían que interpretar en porcentajes.

#### Acolchado Parcial del Suelo

El tipo de acolchado que se utilizó en esta investigación fue parcial, ya que sólo se cubrió la parte superior y los costados de los surcos (Figura 3.2).

#### Colocación del Plástico

Se utilizó plástico negro de 0.90 m de ancho (para cubrir parcialmente el surco) y 400 micras ( $\mu\text{m}$ ) de espesor. Este se colocó sobre los surcos de las parcelas respectivas el 30 de junio, en forma manual, cuando hubo un 85 por ciento de emergencia de plantas de papa, evitando con ello posibles daños por el plástico negro, como pudriciones del tubérculo-semilla y quemaduras de plantas aún no emergidas. Para colocar el plástico se abrió una zanja transversal de 20-25 cm de profundidad en los extremos de los surcos en los cuales se enterró un extremo del plástico, lo cual facilitó que la bobina con plástico se desenrollara más fácilmente. Al momento de colocar el plástico se le hicieron las perforaciones en forma circular (8 cm de diámetro), para evitar desgarres o



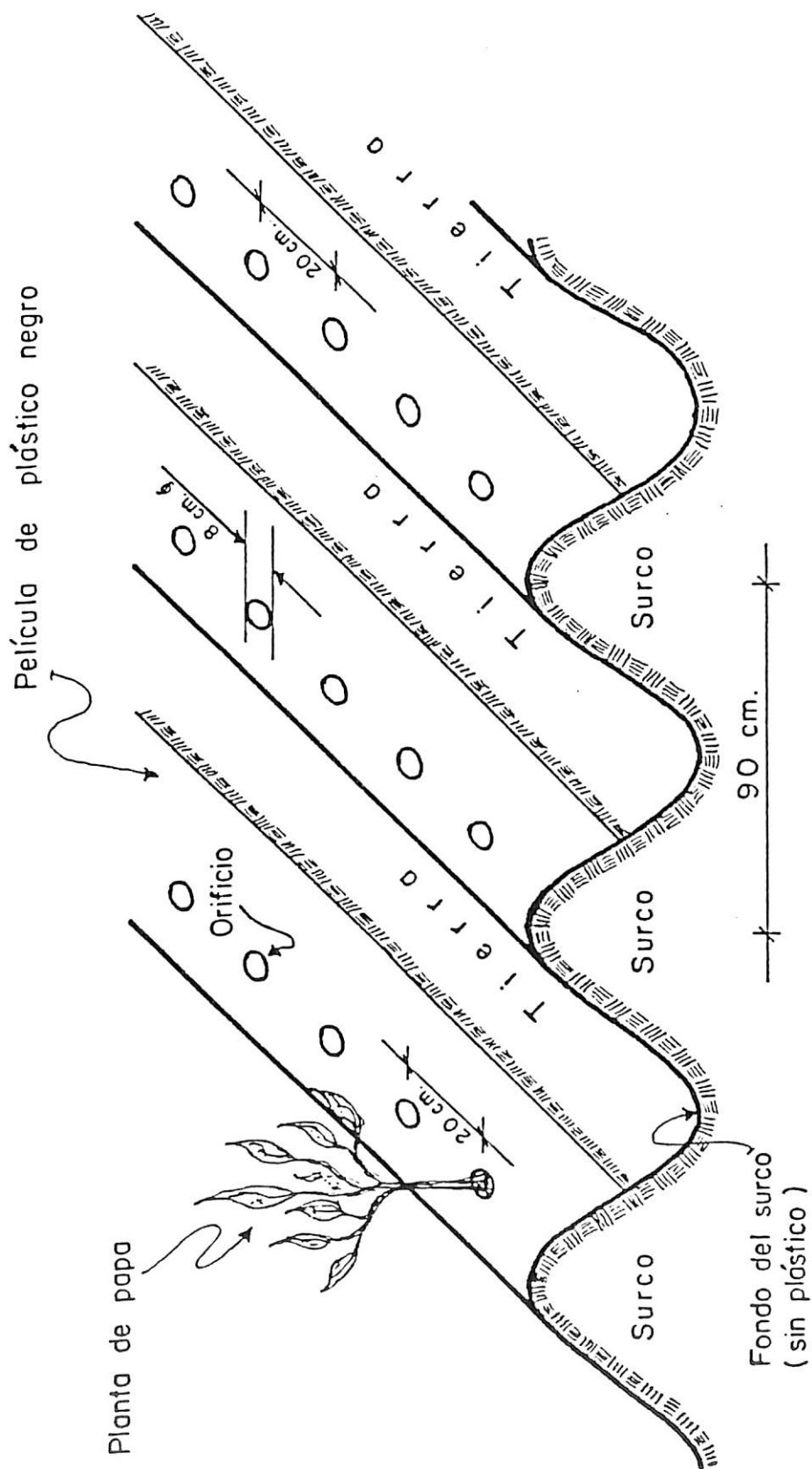


Figura 3.2. Acolchado parcial del suelo. Campo Experimental de Navidad, Nuevo León  
 UAAAN. 1989

daños por el viento, en donde tenían que emerger las plantas de papa (cada 20 cm). Al tiempo de cubrir parcialmente los surcos se hicieron zanjas de 10 cm de profundidad a ambos lados de los surcos para asegurar el plástico y evitar que el viento lo removiera; permitiendo de esa manera que el fondo del surco quedara libre para realizar maniobras y dejar el área necesaria para que el agua de riego o de lluvia pudiera llegar de manera adecuada a las raíces de la planta.

Para desenrollar la bobina con plástico se le introdujo un tubo en su interior y fue sostenida por dos personas que al ir caminando la hicieron girar; quedando el plástico tendido sobre el surco, y colocando cada planta en el orificio correspondiente. Se debe tener precaución de que el acolchado con plástico, al momento de colocarse, no quede muy tenso sobre el surco para alargar su período de vida.

#### Control de Malezas

Según Davidson y Townshend (1967), en el cultivo de la papa se han identificado alrededor de 35 malas hierbas que compiten por los nutrientes alimenticios en el cultivo de la papa, por lo que es recomendable su control, principalmente en la región en estudio. Debido a las características de la presente investigación no se evaluó este factor, sin embargo, las malezas que se presentaron

en el cultivo de la papa se eliminaron en forma manual, principalmente en las parcelas sin acolchar, ya que las parcelas acolchadas no presentaron malezas debido al efecto del plástico negro sobre dichas malezas.

#### Análisis Estadístico de la Información

Los datos obtenidos de las distintas variables del presente trabajo fueron sometidas a un análisis de varianza correspondiente a un diseño de bloques al azar, en el cual se comparó cada uno de los tratamientos contra el testigo.

## RESULTADOS

### Muestreo de Fitonematodos

Los resultados obtenidos del análisis cualitativo y cuantitativo para un total de 160 muestras de suelo, recolectadas en ocho muestreos en el cultivo de la papa (CAEN-UAAAN), presentan los siguientes géneros de fitonematodos: Acrobeles sp., Acrobeloides sp., Aphelenchus sp., Ditylenchus sp., Dorylaimus sp., Meloidogyne incognita, Pratylenchus sp., Rhabditis sp. y Tylenchus sp. Cabe aclarar que no se detectó el nematodo dorado Globodera rostochiensis, porque se usó la técnica de extracción para nematodos agalladores M. incognita.

De los géneros encontrados sobresalen por su mayor frecuencia, alta densidad poblacional y daño económico en el cultivo de la papa: M. incognita, Ditylenchus sp. y Pratylenchus sp.

En la región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, los nematodos agalladores son de importancia económica para esta hortaliza ya que se tienen identificadas áreas con altas infestaciones de dichos nematodos.

### Identificación de M. incognita

Para identificar las larvas de M. incognita extraídas de las muestras de suelo se utilizó la técnica de Barker (1985). Esta especie tuvo una frecuencia del 100 por ciento, ya que se encontró en todas las parcelas que constituyeron el lote experimental. Además, se detectó en cantidades promedio de 2675 y una población máxima de 6917 larvas por 500 cc de suelo, respectivamente.

Las hembras de M incognita en los tubérculos de papa cosechados, se identificaron en base al patrón perineal, realizándose en promedio diez cortes perineales de esta especie, preparados según la técnica de Taylor y Netscher (1974); y se comparó con los patrones perineales de las claves de Eisenback et al., (1983). Esta técnica corroboró la presencia de la citada especie en el CAEN-UAAAN, según estudios realizados anteriormente en esta región por Hernández, 1987; Lara, 1988 y Carrillo, 1989.

### Fluctuación Poblacional de M. incognita

El análisis estadístico de las poblaciones de M. incognita, para los ocho muestreos excepto el primero, realizados durante el desarrollo del cultivo de la papa, muestra que no existen diferencias significativas entre ellos (Cuadro 4.1), para la prueba de medias con una probabilidad del 0.05 por ciento.

Cuadro 4.1. Población media de larvas de M. incognita en ocho muestreos, en el cultivo de la papa en el CAEN-UAAAN, 1989.

MUESTREO	POBLACION $\bar{X}$ DE NEMATODOS	
1	0.0	
2	4,264.0	a*
3	4,089.0	a
4	3,951.0	a
5	3,726.0	a
6	3,456.0	a
7	3,172.0	a
8	3,060.0	a

\* = N.S. No existen diferencias significativas. Los muestreos con la misma letra son estadísticamente iguales, con  $P = 0.05$  (Duncan).

Por lo anterior, es posible disminuir el número de muestreos en investigaciones similares, y obtener resultados confiables, evitando con ello realizar un mayor esfuerzo y elevar los costos de la investigación.

La fluctuación poblacional de M. incognita durante los ocho muestreos por tratamiento demuestra (Figura 4.1) que sí hubo diferencias significativas; ya que cada tratamiento tuvo un comportamiento diferente para contrarrestar el número de larvas de la especie citada, con respecto al testigo. Este último presentó una

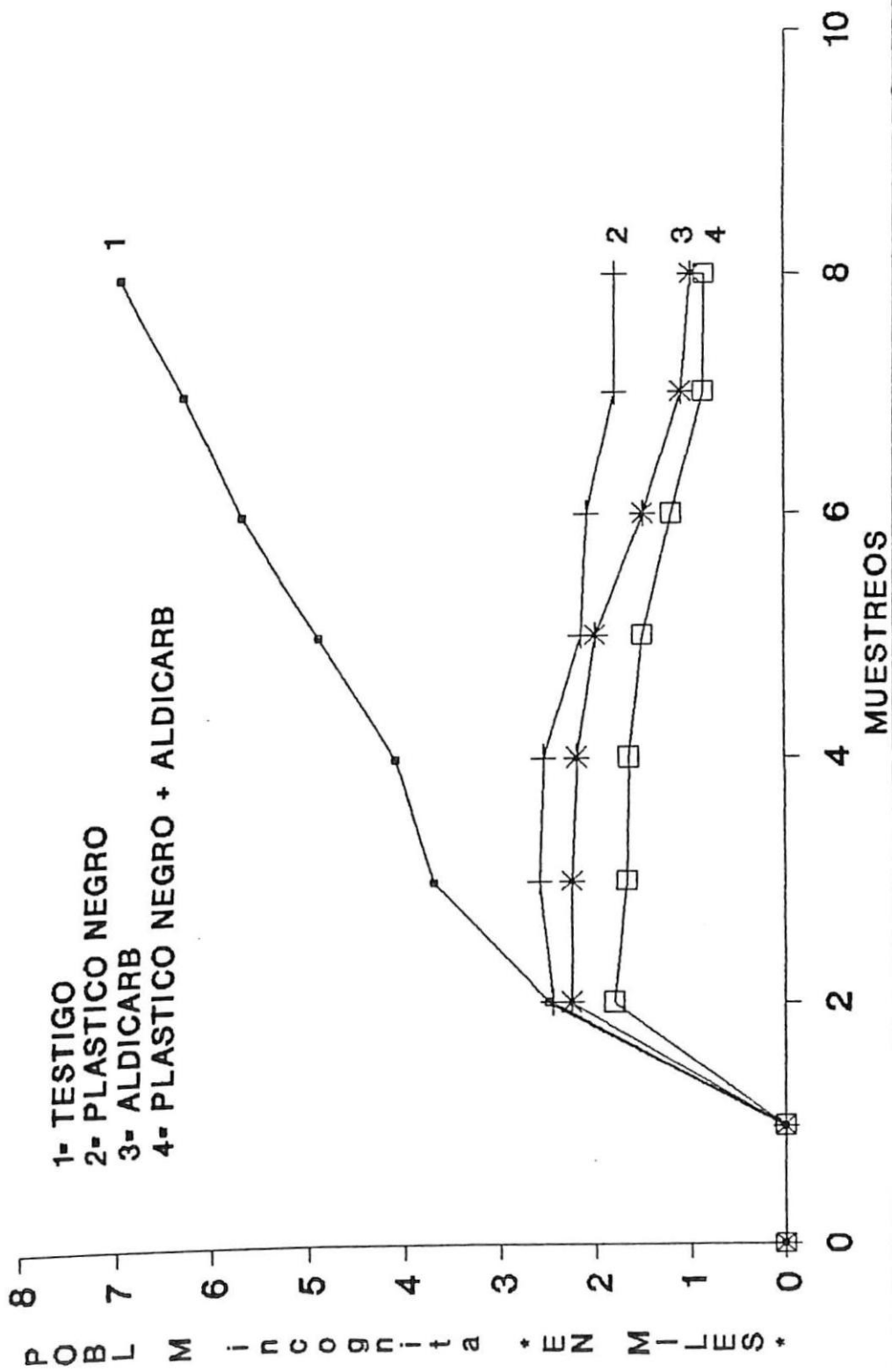


Figura 4.1. Fluctuación poblacional de *M. incognita* por tratamiento en papa en 500 cc de suelo, en ocho muestreos en el CAEN-UAAAN, 1989.

tendencia significativa al incremento de larvas, de acuerdo al desarrollo del cultivo de la papa (Cuadro 4.2).

Un aspecto importante se observa en los muestreos tres y cuatro (realizados en julio y agosto), en donde los tratamientos Plástico + Aldicarb (P + A) y Aldicarb (A), a pesar de que redujeron sustancialmente el número de larvas de este nematodo, en dichos meses, mantienen un nivel poblacional relativamente alto de larvas; ésto se debe a que en ambos meses el efecto de los factores edafoclimáticos (temperatura y precipitaciones altas) favorecieron el desarrollo de este patógeno, lo cual coincide con los datos obtenidos por Manrique y Meyer, 1984 y Guiran y Ritter, 1979.

En el muestreo inicial -antes de la siembra-, no se detectó la presencia del nematodo agallador en estudio, debido posiblemente a los siguientes factores: la parcela a utilizar en el presente estudio, aún estaba ocupada con la gramínea triticales Iriticale exaploide, la cual no es hospedante de M. incognita; esa misma parcela servía como área de pastoreo de ganado vacuno, por lo que el suelo estaba compactado; a que las muestras se extrajeron de las calles del cultivo de triticales, y no de los surcos en donde era más factible encontrar al fitonematodo en estudio; así mismo, porque estos microorganismos son típicos endoparásitos que a menudo completan su ciclo de vida dentro de raíces o tubérculos, por lo que en su



Cuadro 4.2. Fluctuación poblacional de *M. incognita* en ocho muestreos, por tratamiento en el cultivo de la papa, en 500 cc de suelo en el CAEN-UAAAN, 1989.

		M	U	E	S	T	R	E	O	S
TRATAMIENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8		
	9 May	9 Jun	8 Jul	8 Ago	31 Ago	24 Sep	18 Oct	28 Oct		
Testigo (T)	0.0	2,574	3,689	4,236	4,983	5,622	6,306	6,917		
Aldicarb (A)	0.0	2,383	2,296	2,246	2,008	1,596	1,251	1,018		
Plástico (P)	0.0	2,661	2,772	2,726	2,373	2,255	2,053	2,094		
Plástico + Aldicarb (P+A)	0.0	2,009	1,971	1,921	1,697	1,225	811	811		

estado adulto es difícil encontrarlos en el suelo.

A partir del segundo muestreo hubo un incremento importante de larvas de M. incognita, en cada uno de ellos, principalmente debido a la presencia y desarrollo del hospedante "papa", en los tratamientos Acolchado con Plástico Negro (P) y el Testigo (T). Sin embargo, bajo los tratamientos Acolchado con Plástico Negro + Aldicarb (P+A) y Aldicarb (A), los muestreos demuestran una menor presencia de este nematodo, la cual disminuyó progresivamente hasta llegar a niveles bajos, los cuales son considerados de poca importancia económica para el cultivo de la papa.

La densidad poblacional de M. incognita, estuvo relacionada con el desarrollo del cultivo. Esta fue de mayor importancia en los tratamientos (P) y el testigo, respectivamente. Al finalizar el experimento, la población de esta especie en la mayoría de los tratamientos, fue menor que cuando se utilizó plástico solo, debido a la presencia de ciertas condiciones edáficas que favorecieron el incremento de dichas larvas, como lo reportan Daulton y Nusbaum, 1961.

Por otra parte, se ha investigado que la distribución de los nematodos agalladores en el suelo es variable, debido principalmente a la influencia de los factores: distribución de las raíces de la planta,

hospedantes, temperatura y humedad ambiental, precipitación, temperatura, profundidad, textura y estructura del suelo. Además, las poblaciones de este fitoparásito pueden variar con la época o estación del año, según los resultados obtenidos por Manrique y Meyer, 1984.

La época de mayor actividad nematológica, en el presente trabajo de investigación, fue en julio y agosto; alcanzando las poblaciones más elevadas en dichos meses. El incremento poblacional del nematodo en estudio, coincidió con el período de mayor precipitación y altas temperaturas (Figura 4.2). La precipitación media mensual en los meses de julio y agosto fue de 2.39 y 2.40 mm, y la temperatura media mensual de 18.2 y 18.7 °C, respectivamente.

#### Peso Total de Tubérculos Cosechados

Para este parámetro las pruebas estadísticas demuestran que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos con respecto al testigo, con un nivel de significancia de  $P = 0.05$ , Duncan. El peso total de tubérculos cosechados de la parcela Útil, por tratamiento se concentran en el Cuadro 4.3.

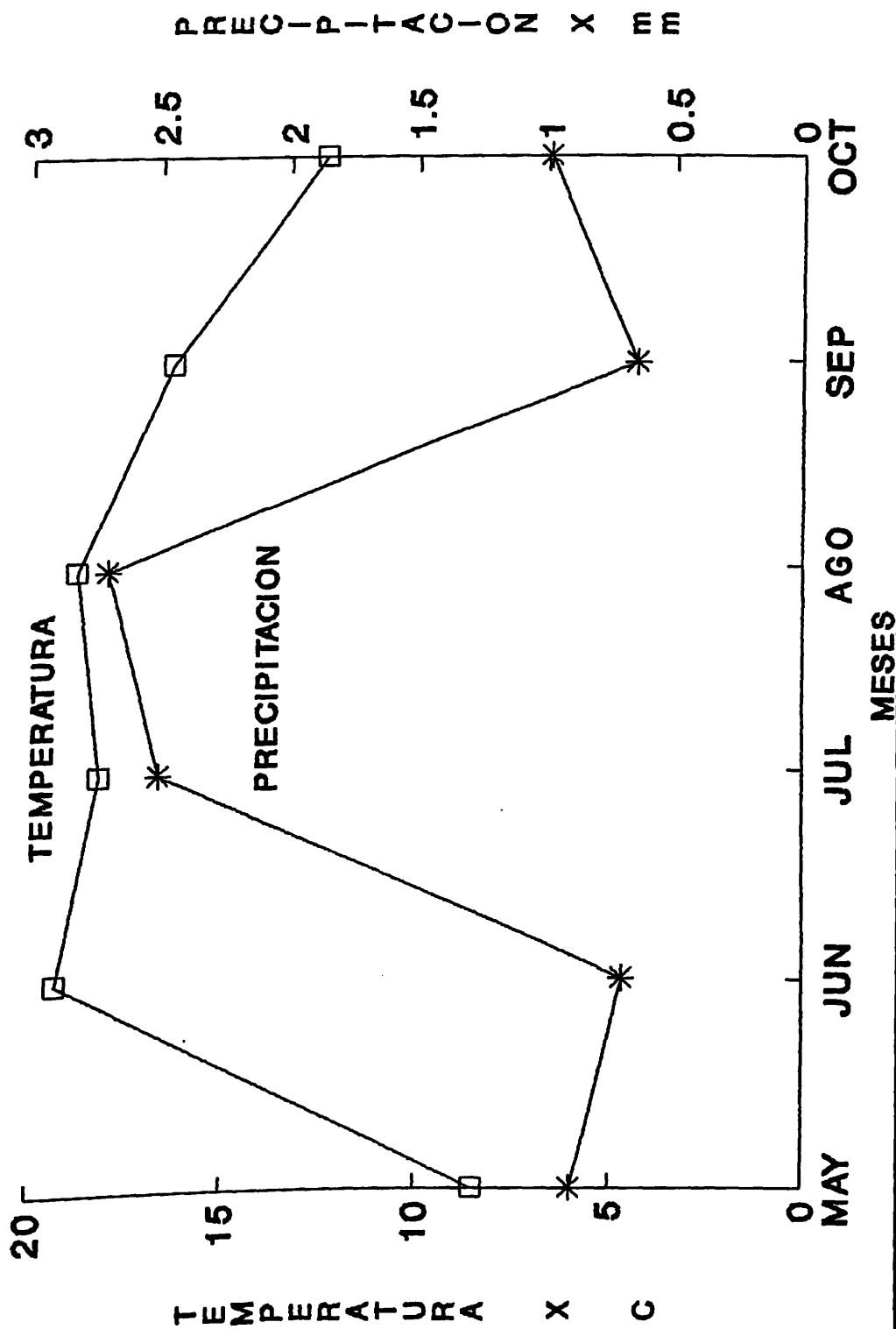


Figura 4.2. Precipitación media y temperatura media mensual del suelo de mayo a octubre en papa, CAEN-UAAAN, 1989.

Cuadro 4.3. Peso total de tubérculos cosechados (kg) por tratamiento en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	PESO TOTAL DE TUBERCULOS (kg)
Testigo (T)	49,900
Aldicarb (A)	71,450
Plástico (P)	76,100
Plástico + Aldicarb (P+A)	85,300

Al realizar la prueba de rango múltiple de Duncan al cinco por ciento, se observa que los tratamientos (P+A), (P) y (A), son los que presentan un mayor rendimientos de tubérculos, respectivamente (Cuadro 4.4), los cuales son estadísticamente diferentes al testigo (T).

Cuadro 4.4. Comparación de medias para el peso total de tubérculos cosechados (kg) por tratamiento en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	PESO MEDIO DE TUBERCULOS (kg)	
Testigo (T)	9,980	b
Aldicarb (A)	14,290	a b
Plástico (P)	15,220	a
Plástico + Aldicarb (P+A)	17,060	a

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan  $P = 0.05$ ). El orden de importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

Aunque entre dichos tratamientos no existen diferencias altamente significativas porque sus rendimientos respectivos son bastante similares entre sí.

Sin embargo, debido al precio por kilogramo de los tubérculos de papa, al ser convertidos a ton/ha y a su valor comercial en el mercado, existe un incremento sustancial en dinero/kg de papa.

#### Peso de Tubérculos Comerciales

El peso de los tubérculos comerciales de la parcela útil se concentran en el Cuadro 4.5; en donde se observa a los tratamientos (P + A) y (A), como los más importantes, ya que presentan valores altos (77.85 y 66.10 kg) de tubérculos comerciales, respectivamente.

Cuadro 4.5. Peso de tubérculos comerciales de papa (kg) por tratamiento en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	PESO DE TUBERCULOS COMERCIALES (kg)
Testigo (T)	10.50
Aldicarb (A)	66.10
Plástico (P)	14.00
Plástico + Aldicarb (P+A)	77.85

Este parámetro presenta diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos contra el testigo, como se indica en el Cuadro 4.6, con un nivel de significancia  $P = 0.05$ , según la prueba de rango múltiple de Duncan. De igual manera, los mejores tratamientos fueron (P + A) y (A) con un 15.57 y 13.22 kg de tubérculos comerciales de papa, respectivamente. Sin embargo, para los tratamientos (P) y el testigo (T) correspondieron los valores más bajos con 2.80 y 2.10 kg de dichos tubérculos, respectivamente.

Cuadro 4.6. Comparación de medias para el peso de tubérculos comerciales de papa (kg) en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	PESO MEDIO DE TUBERCULOS (kg)	
Testigo (T)	2.10	b
Aldicarb (A)	13.22	a
Plástico (P)	2.80	b
Plástico + Aldicarb (P+A)	15.57	a

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan  $P = 0.05$ ). La importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

De lo anterior, se puede mencionar que los tratamientos (P + A) y (A), son efectivos para controlar a *M. incognita* que causa las agallas en los tubérculos de esta hortaliza; sin embargo, el tratamiento (P) no funcionó adecuadamente para controlar este nematodo.

### Número Total de Tubérculos Cosechados

El número total de tubérculos cosechados se concentran en el Cuadro 4.7. Este parámetro no presenta diferencias altamente significativas entre los tratamientos con respecto al testigo, ya que el número de dichos tubérculos -de la parcela útil- por tratamiento son muy similares entre sí.

Cuadro 4.7. Número total de tubérculos de papa cosechados, por tratamiento, en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	NUMERO TOTAL DE TUBERCULOS
Testigo (T)	552
Aldicarb (A)	596
Plástico (P)	600
Plástico + Aldicarb (P+A)	639

Lo mismo sucede al realizar la prueba de rango múltiple de Duncan  $P = 0.05$ , en donde se observa también que sus valores no difieren significativamente entre las medias de los tratamientos, con respecto al testigo, como se observa en el Cuadro 4.8.

Por tal razón, se manifiesta que los tratamientos no influyeron significativamente en el número total de tubérculos cosechados en el experimento.



Cuadro 4.8. Comparación de medias para el número total de tubérculos de papa cosechados, por tratamiento, en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DEL TOTAL DE TUBERCULOS	
Testigo (T)	110	b
Aldicarb (A)	119	a b
Plástico (P)	120	a b
Plástico + Aldicarb (P+A)	127	a

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan  $P = 0.05$ ). La importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

#### Número de Tubérculos Comerciales

El número de tubérculos comerciales cosechados de la parcela Útil, se concentra en el Cuadro 4.9. Este parámetro presenta diferencias altamente significativas entre los tratamientos contra el testigo. Así mismo, se observa que los mejores tratamientos fueron (P + A) y (A), con 601 y 552 tubérculos comerciales de papa, respectivamente. Los tratamientos (P) y (T), tuvieron un comportamiento similar (240 y 245, respectivamente).

Por lo anterior, se dice que el plástico fue eficaz solamente al combinarse con el nematicida (tratamiento P + A).

Cuadro 4.9. Número de tubérculos comerciales de papa, por tratamiento, en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	NUMERO DE TUBERCULOS COMERCIALES
Testigo (T)	245
Aldicarb (A)	552
Plástico (P)	240
Plástico + Aldicarb (P+A)	601

Al realizar la comparación de medias entre tratamientos se observa que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos (P + A) y (A) contra los tratamientos (P) y (T), como se observa en el Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10. Comparación de medias del número de tubérculos comerciales de papa, por tratamiento, en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE TUBERCULOS COMERCIALES	
Testigo (T)	49	b
Aldicarb (A)	110	a
Plástico (P)	48	b
Plástico + Aldicarb (P+A)	120	a

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan  $P = 0.05$ ). La importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

## Rendimiento

Todos los tratamientos evaluados en la presente investigación incrementaron relativamente el rendimiento de tubérculos comerciales de papa, con respecto al testigo.

El tratamiento (P + A), tuvo un rendimiento de 30.17 ton/ha de tubérculos comerciales de papa. Este presentó los mejores resultados, porque incrementó dicho rendimiento en 70.93 por ciento, con respecto al testigo (T).

El tratamiento (P), aumentó el rendimiento de dichos tubérculos en 52.46 por ciento, con relación al testigo (T); debido a que los tratamientos con plástico conservan adecuadamente la temperatura del suelo por más tiempo. Esto ayudó a la formación y desarrollo de los tubérculos de papa, según lo reportan Manrique y Meyer, 1984.

El tratamiento (A), mejoró el rendimiento de tubérculos de papa en 43.17 por ciento, con respecto al testigo (T), como se observa en el Cuadro 4.11.

La interpretación de los resultados obtenidos para este parámetro proporciona el siguiente orden de importancia: tratamientos (P + A), (P) y (A), con respecto

al testigo (T).

Cuadro 4.11. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de tubérculos comerciales de papa en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (ton/ha)	INCREMENTO (%)
Testigo (T)	17.65 b	-----
Aldicarb (A)	25.27 a b	43.17
Plástico (P)	26.91 a	52.46
Plástico + Aldicarb (P+A)	30.17 a	70.93

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan P = 0.05). La importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

#### Índice de Agallamiento

El índice de agallamiento de los tubérculos de papa, en esta investigación fue uno de los parámetros de mayor importancia por el daño directo que causa a los tubérculos y por las pérdidas económicas en general, ocasionadas por la acción del nematodo agallador M. incognita. En el Cuadro 4.12, se observa que el tratamiento (P + A) redujo eficientemente el agallamiento en los tubérculos en un 98.95 por ciento, con respecto al testigo (T), debido a que las películas de plástico conservan la humedad del suelo y vuelven más eficientes a los plaguicidas (tratamiento A), lo cual coincide con los

resultados obtenidos por Miller y Waggoner, 1963.

El tratamiento (A) redujo el agallamiento en los tubérculos de papa en 97.66 por ciento, respecto al testigo, debido a que el nematicida es sistémico, por lo que inhibe el desarrollo de los nematodos y además, por su persistencia en el suelo (mayor de 60 días). Estos mismos efectos fueron observados en investigaciones realizadas por McLeod y Khair, 1975 y Johnson, 1985b.

El tratamiento (P) sólo redujo el índice de agallamiento en tubérculos un 89.20 por ciento, con respecto al testigo, ya que proporcionó condiciones edáficas favorables para el desarrollo de las larvas de M. incognita. Lo anterior, se relaciona proporcionalmente con los resultados obtenidos por Salman y Gorski, 1985.

Al comparar el tratamiento (P) contra el tratamiento (A), se observó que el primero tiende a incrementar el rendimiento de los tubérculos de papa, pero no reduce eficientemente el índice de agallamiento; caso contrario sucede con el tratamiento (A) respecto al tratamiento (P), aunque en menor cantidad que el tratamiento (P + A). El testigo (T), en esta investigación fue muy susceptible a M. incognita.

El índice de agallamiento presentó diferencias significativas entre los tratamientos contra el testigo.

Esto se debió a los bajos niveles de daño causados por M. incognita, que se obtuvieron al analizar los tubérculos de papa en cada tratamiento evaluado.

Cuadro 4.12. Efecto de los tratamientos sobre el índice de agallamiento de los tubérculos de papa causados por M. incognita en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	INDICE AGALLAMIENTO (%)	DE (%)	REDUCCION DEL AGALLAMIENTO (%)
Testigo (T)	100.00	b	00.00
Aldicarb (A)	2.34	a	97.66
Plástico (P)	10.80	a	89.20
Plástico + Aldicarb (P+A)	1.05	a	98.95

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan P = 0.05). La importancia de las medias de los tratamientos sigue el orden alfabético.

Efecto del Acolchado con Plástico Negro Sobre la Temperatura del suelo.

Como se esperaba, la temperatura media del suelo bajo el acolchado se incrementó considerablemente respecto al testigo y tuvo variaciones menores a éste, lo cual ayudó a mantener la humedad del suelo por más tiempo y evitó la compactación del mismo; ya que la evaporación del agua de la superficie del suelo fue limitada por la acción del acolchado.

La temperatura del suelo, de las parcelas acolchadas y sin acolchar, fue medida a una profundidad de 15 cm, utilizando dos geotermógrafos, respectivamente, que permanecieron durante el desarrollo del cultivo de la papa, proporcionando la información que aparece en el Cuadro 4.13, en donde se observa que la temperatura del suelo de las parcelas acolchadas fue relativamente mayor a la de las parcelas sin acolchar; notándose además, que la variación media mensual de la temperatura del suelo en las parcelas acolchadas fue menor que en las no acolchadas, en los meses analizados.

Con respecto a la precipitación, en ese mismo período, ésta sólo se incrementó en los meses de julio y agosto.

Cuadro 4.13. Temperaturas y precipitaciones medias en el cultivo de la papa, en el CAEN-UAAAN, 1989.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA		MEDIA	PRECIPITACION
	DEL SIN ACOLCHAR	SUELO ACOLCHADO	( C )	MEDIA (mm)
Mayo	14.5	16.8		0.90
Junio	16.0	18.8		0.42
Julio	17.0	20.5		2.39
Agosto	18.0	22.6		2.40
Septiembre	15.0	18.8		0.42
Octubre	10.5	16.9		0.74

Efecto del Acolchado con Plástico Negro . Sobre . el .  
Rendimiento

El acolchado con plástico negro, ofreció ventajas en el rendimiento de los tubérculos de papa, ya que en el tratamiento (P + A), se incrementó la eficiencia del nematicida en el suelo, debido a que la película de plástico sirvió como sello y ayudó a disminuir el número e infestación de las larvas de M. incognita en las parcelas tratadas. Además, impidió la pérdida de nutrientes, la compactación del suelo, controló malezas y conservó la humedad del suelo, mismos que favorecieron un mejor desarrollo de las plantas.

Por otra parte, esto indica que el tratamiento plástico + el nematicida Aldicarb, en la dosis normalmente recomendada para el control de los nematodos agalladores en papa, reducen el nivel de daño hasta niveles significativos y conservan por un mayor tiempo la efectividad del nematicida en el suelo.

En general, el tratamiento (P) también favoreció el rendimiento de los tubérculos por las ventajas de las películas de plástico, descritas anteriormente, utilizadas para acolchar suelos; pero no controló como se esperaba, el nivel de nódulos en los tubérculos.



## DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos, los géneros de fitonematodos identificados en el cultivo de la papa en el CAEN-UAAAN, son en su mayoría de importancia económica para este cultivo, entre ellos tenemos: Meloidogyne sp., Ditylenchus sp. y Pratylenchus sp. De esta riqueza fitonematológica se encontró a la especie M. incognita la cual, por los daños y pérdidas económicas que ocasiona, es sumamente importante en esta región papera.

Los resultados de los muestreos de suelo, coinciden con las identificaciones realizadas anteriormente en esta misma región (Hernández, 1987; Lara, 1988 y Carrillo, 1989), principalmente la referente a M. incognita, sin embargo, los niveles poblacionales encontrados recientemente son más altos que los obtenidos en investigaciones anteriores.

Debido a que el número de muestreos no fue determinante, en relación a las poblaciones de M. incognita, se puede mencionar que para evitar mayor esfuerzo y altos costos en investigaciones similares, es posible reducir el número de muestreos y obtener resultados aceptables.

En cuanto al rendimiento de los tubérculos de

papa, los resultados indican que los tratamientos (P + A) y (P) incrementaron significativamente dicho rendimiento y, en consecuencia, las ganancias económicas. El primer tratamiento ofreció varias ventajas sobre el segundo, debido a que incrementó la eficiencia del nematicida Aldicarb aplicado al suelo, y por lo tanto, reduce el índice de agallamiento de los tubérculos de papa. Los tratamientos que incrementaron significativamente el rendimiento fueron: (P + A) y (A), con un 30.17 y 25.27 ton/ha contra el testigo, respectivamente. Sin embargo, los tratamientos (P) y (T) presentaron los valores más bajos de tubérculos comerciales de papa.

Los resultados del índice de agallamiento de los tubérculos presentan daños de importancia económica para esta hortaliza, en la región en estudio, presentándose los índices más altos en los tratamientos (T) y (P), respectivamente.

En la región de Navidad, Nuevo León, la presencia de M. incognita, no afectó el rendimiento total de los tubérculos de papa; pero sí su valor comercial, debido a los altos niveles de agallamiento.

El nematicida Aldicarb es efectivo contra M. incognita, por lo que se aplica regularmente en esta región papera, la cual presenta altos índices de infestación debido al abandono de lotes infestados, no se

aplica un método de control efectivo en las parcelas cultivadas y no existe un control fitosanitario adecuado para la introducción de los tubérculos-semilla utilizados para la siembra.

La mayoría de estudios sobre el porcentaje de la residualidad del nematicida Aldicarb en tubérculos de papa, demuestran que con la dosis recomendada (20 kg/ha) para este cultivo, se presentan residuos en ellos; sin embargo, estos porcentajes se encuentran entre los límites permitidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente para el consumo humano. Actualmente la aplicación de este nematicida es importante y de fuertes demandas en las regiones paperas, debido principalmente a los buenos resultados obtenidos para el control de nematodos agalladores y de otros fitopatógenos del suelo.

Ante esta situación, y la de no contaminar el medio ambiente, se puede decir que una alternativa para la aplicación y uso racional de los plaguicidas, es el método de control integrado (Plástico + Aldicarb), pero en dosis menores del nematicida, a las recomendadas, ya que el acolchado del suelo con plástico, lo hace más efectivo para el control de M. incognita y otros fitopatógenos habitantes del suelo. El crecimiento y desarrollo de los tubérculos y raíces de papa y de la mayoría de las hortalizas tienen un rápido incremento bajo el acolchado con plástico.

Los tratamientos (P + A) y (P) incrementaron significativamente el rendimiento de tubérculos de papa por ha, sin embargo, la incidencia e índice de agallamiento de los tubérculos fue significativa en el tratamiento (P).

La fluctuación poblacional del nematodo agallador en el cultivo de la papa presentó una variación importante en cada uno de los tratamientos. Esta fluctuación se debió a los factores edafoclimáticos que se presentaron en el CAEN-UAAAN. La precipitación y temperaturas del suelo y ambiental en la región en estudio fueron determinantes para la fluctuación de M. incognita, durante el desarrollo del cultivo, ya que en dos de las fechas en que se realizaron los muestreos (julio y agosto) se presentó el índice más alto de nematodos. Las temperaturas ambiental y del suelo presentaron cambios importantes que coincidieron con los presentados por la alta precipitación; sin embargo, la temperatura del suelo en las parcelas acolchadas fue relativamente mayor que la ambiental, pero sus valores no tuvieron variaciones significativas.

M. incognita, bajo óptimas condiciones ambientales completa su ciclo de vida entre 25 y 30 días, por lo que el número de generaciones desarrolladas durante el crecimiento del cultivo de la papa fueron de cinco a seis. Ante esta situación es necesario implementar un método de

control eficaz y económico para minimizar las poblaciones y número de generaciones de nematodos agalladores en esta hortaliza.

## CONCLUSIONES

1. Todos los tratamientos afectaron el establecimiento y desarrollo de M. incognita en el cultivo de la papa.
2. Todos los tratamientos incrementaron el rendimiento de los tubérculos totales de papa; sin embargo, sólo el tratamiento plástico + Aldicarb aumentó el rendimiento de los tubérculos comerciales.
3. La mayor actividad nematológica se presentó en los meses de julio y agosto cuando se registraron las temperaturas y precipitaciones más elevadas en la región.

## RESUMEN

La papa es una de las hortalizas de importancia económica en la región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León; ya que se siembran aproximadamente 3000 ha al año, dedicando su producción al mercado fresco e industria nacional. Sin embargo, en los últimos años los agricultores han observado disminuciones en el rendimiento y calidad de los tubérculos de papa, debido principalmente al ataque de nematodos agalladores, entre los que se han identificado a M. incognita. Esta especie ha sido ampliamente estudiada en su biología, distribución, fluctuación poblacional, control químico y muy poco en relación al control integrado. Por tal razón se planteó esta investigación con los objetivos: 1. Evaluar el efecto del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación del nematicida Aldicarb, solos y combinados para el control de M. incognita en el cultivo de la papa. 2. Conocer el comportamiento del Acolchado con Plástico Negro y la aplicación de Aldicarb, solos y combinados sobre el rendimiento y calidad de los tubérculos de papa. 3. Determinar la fluctuación poblacional de M. incognita en los diferentes tratamientos durante el desarrollo del cultivo.

Se evaluaron los tratamientos: a) Aldicarb 15 G (20 kg/ha) + Acolchado con Plástico Negro. b) Aldicarb 15

G (20 kg/ha). c) Acolchado con Plástico Negro. d) Testigo. Además se evaluaron: Índice de agallamiento de los tubérculos, población de M. incognita, rendimiento, peso y número de tubérculos comerciales y no comerciales.

El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano de 1989, en el Campo Agrícola Experimental de Navidad, propiedad de la UAAAN, localizado en la región papera de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, en un lote infestado naturalmente con M. incognita. Se sembró papa de la variedad Alpha, la cual es muy susceptible a este nematodo.

El área de trabajo la constituyeron 20 parcelas experimentales de cuatro surcos de 6.30 m de longitud y 0.90 m entre surcos, la distancia entre plantas fue de 0.20 m y la distancia entre parcelas, calles y bloques de 1.50 m, siendo el área experimental -de la parcela- de  $28.35 \text{ m}^2$ . La parcela útil constó de dos surcos centrales de 4.30 m de longitud, siendo su área de  $7.74 \text{ m}^2$ .

Se realizaron ocho muestreos cada 25 días en promedio, el primero antes de la siembra, seis durante el desarrollo del cultivo y el último después de la cosecha, para evaluar la fluctuación poblacional de M. incognita. Las muestras de suelo se procesaron mediante la técnica de Barker, 1985 (Centrifugación y Flotación con Azúcar, modificado). Cada muestra consistió de 500 cc de suelo. El



Índice de agallamiento de tubérculos se evaluó según la escala propuesta por Daulton y Nusbaum, 1961. Se analizó un total de 160 muestras de suelo provenientes de los ocho muestreos y se identificaron nueve géneros de fitonematodos asociados al cultivo de la papa, principalmente: M. incognita, Ditylenchus spp. y Pratylenchus spp. Sin embargo, por su alta infestación, daños e identificación en la región, se estudió la especie M. incognita.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación es evidente que el tratamiento Acolchado con Plástico Negro + Aldicarb, fue el mejor (aumentó el rendimiento y redujo significativamente el índice de agallamiento de tubérculos), por lo que puede ser una estrategia para el control de M. incognita en esta región. El rendimiento se vió favorecido con todos los tratamientos, principalmente con el plástico en general, posiblemente porque en ellos se favorece la conservación de la humedad, textura del suelo y eficiente la acción del Aldicarb y de los nutrientes.

El mejor tratamiento fue el Acolchado con Plástico Negro + el nematicida Aldicarb, ya que incrementó el rendimiento de tubérculos comerciales en 70.93 por ciento, y redujo eficientemente al nematodo agallador M. incognita en 98.95 por ciento, con respecto al testigo. El grado de agallamiento observado en las raíces de las

plantas de papa, no fue significativo, por lo tanto no se realizó la evaluación correspondiente.

El uso y aplicación del plástico negro permitió el control de malezas, el mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, conservación de la humedad y textura del mismo, lo cual favoreció un mejor desarrollo del follaje e incremento del rendimiento del cultivo; sin embargo, no controló eficientemente a M. incognita.

La fluctuación poblacional de M. incognita, estuvo favorecida por las condiciones edafoclimáticas imperantes en la región, como las altas temperaturas ambientales y del suelo, así como de la precipitación en los meses de julio y agosto, en donde se observó la mayor actividad nematológica.

## LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1988. Plant pathology. 3 ed. Academic Press. New York, USA. p. 703-746.
- Barker, K.R. 1985. Nematode extraction and bioassays, pp. 19-35. In: Barker, K.R., C.C. Carter, and J.N. Sasser (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne, Vol. II. Methodology. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.
- Batterby, S., G.N. LePatourel, and D.J. Wright. 1976. Accumulation and metabolism of Aldicarb by the free-living nematode Aphelenchus avenae and Panogrillus redivivus. Ann. Appl. Biol. 86:69-76. USA.
- Bauer, M.L. 1984. Fitopatología. Ed. Futura. México. 377 p.
- Bergeson, G.N. 1968. Evaluation of factors contributing to the pathogenicity of Meloidogyne incognita. Phytopathology 58(1):49-53. USA.
- Bird, G.W. 1981. Integrated nematode management for plant protection, pp. 355-375. In: Zukerman, B.M., and R.A. Rohde (Eds.). Plant parasitic nematodes. Vol. III. Academic Press. New York, USA.

- Brodie, B.B. 1984. Nematode parasites of potato, pp. 167-212. In: Nickle, W.R. (Ed.). Plant and insect nematodes. Marcel Dekker. New York, USA.
- Burrow, I.E., and A.W. Barker. 1972. Determination of residues of Aldicarb in potatoes. Huntingdon Research Center. Huntingdon, England. 6 p.
- Calderoni, A.V. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 143 p.
- Carmona, R.J. 1985. Monitoreo y evaluación de diferentes dosis de insecticida-nematicida "Oncol" para el control del nematodo del género Meloidogyne spp. en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 44 p.
- Carrillo, G., J.J. 1989. Determinación de razas fisiológicas de tres poblaciones del nematodo Meloidogyne. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 57 p.
- Carter, J., and C. Johnson. 1988. Influence of different types of mulches on eggplant production. HortScience 23(1):143-145. USA.

- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1988. Manejo integrado de plagas. Informe anual 1988. Lima, Perú. p. 101-111.
- Cepeda, S., M. 1986. Control cultural, genético, legal y biológico de nematodos parásitos de plantas. Boletín No. 34. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 34 p.
- Cetas, R.C. 1971. Evaluation of granular formulations of systemics nematicides for the control of Pratylenchus penetrans on potatoes. *Phytopathology* 61(7):887. (Abstr.). USA.
- Clarkson, V.A. 1960. Effect of black polyethylene mulch on soil and microclimate temperature and nitrate level. *Agron. J.* 52(6):307-309. USA.
- Daulton, R.A., and C.J. Nusbaum. 1961. The effect of soil temperature on the survival of the root-knot nematodes Meloidogyne javanica and M. hapla. *Nematologica* 6(1):280-289. Netherlands.
- Davidson, T.R., and J.L. Townshend. 1967. Some weed hosts of the southern root-knot nematode Meloidogyne incognita. *Nematologica* 13(1):452-458. Netherlands

Eisenback, J.D. 1985. Detailed morphology males and females of second-stage juveniles (Root-knot nematodes), pp. 47-77. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

Eisenback, J. D., H. Hirschmann., J.N. Sasser y A.C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (Meloidogyne especies). Con una clave pictórica. Traducida por C. Sosa-Moss. Proyecto Internacional de Meloidogyne. Depto. de Fitopatología de la Univ. del Edo. de Carolina del Norte, USA. 48 p.

Elad, Y., J. Katan, and I. Chet. 1980. Physical, biological and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70(5):418-422. USA.

Esser, R.P., V.G. Perry, and A.L. Taylor. 1976. A diagnostic compendium of the genus Meloidogyne (Nematode: Heteroderidae). *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 43(2):138-150. USA.

Felsot, A.S. 1989. Enhanced biodegradation of insecticides in soil: Implications for agroecosystems. Ann. Rev. Entomol. 34:453-476. USA.

Franklin, M.T. 1962. Preparation of posterior cuticular patterns of Meloidogyne spp. for identification. Nematologica 7(2):336-337. Netherlands.

----- . 1979a. Taxonomy of the genus Meloidogyne spp., pp. 35-54. In: Lamberti, F., and C.E. Taylor (Eds.). Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control. Academic Press. New York, USA.

----- . 1979b. Economic importance of Meloidogyne in temperate climates, pp. 331-339. In: Lamberti, F., and C.E. Taylor (Eds.). Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control. Academic Press. New York, USA.

González, M., M.A. 1988. Diccionario de especialidades agroquímicas. 2 ed., Ed. P.L.M. México. 645 p.

Griffin, G.D. 1979. Importance of soil temperature on the pathogenicity of Meloidogyne hapla on potato. Phytopathology 69(8):916. (Abstr.). USA.

Griffin, G.D., and E.C. Jorgenson. 1969. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of Meloidogyne hapla on Russet burbank potato. Phytopathology 59(1):11. (Abstr.). USA.

- Grinstein, A., D. Orion., A. Greenberger, and J. Katan. 1979. Solar heating of the soil for the control of Verticillium dahliae and Pratylenchus thornei in potatoes, pp. 431-438. In: Schippers, B., and W. Gams (Eds.). Soilborne plant pathogens. Academic Press. New York, USA.
- Guiran, G., and M. Ritter. 1979. Life cycle of Meloidogyne species and factors influencing their development, pp. 172-191. In: Lamberti, F., and C. Taylor (Eds.). Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control. Academic Press. New York, USA.
- Gutiérrez, P., L.A. 1985. Acolchado de suelos con películas plásticas. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 90 p.
- Hackney, R.W., and O.J. Dickerson. 1975. Marigold, castor bean and chrysanthemum as controls of Meloidogyne incognita and Pratylenchus alleni. J. Nematol. 7(1):84-90. USA.
- Hartman, K.M., and J.N. Sasser. 1985. Identification of Meloidogyne species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology, pp. 69-77. In: Barker, K.R. et al., (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. II. Methodology. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.



- Hegg, R.O., W.H. Shelly., R.L. Jones, and R.R. Romine. 1988. Movement and degradation of Aldicarb residues in South Carolina loamy sand soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 20(1):268-269. Netherlands.
- Hernández, R., S. 1987. Identificación y distribución del nematodo agallador Meloidogyne spp. en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en Navidad, Nuevo León. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 71 p.
- Hirschmann, H. 1985. The genus Meloidogyne and morphological characters differentiating its species, pp. 79-93. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.
- Hollingsworth, C.S., D.N. Ferro, and R.H. Voss. 1988. Direct application of reduced rates of Aldicarb to potato seedpieces. *Am. Potato J.* 65(8):449-455. USA.
- Hooker, W.J. 1986. Compendium of potato diseases. 3 ed., Ed. American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota, USA.

- Ibarra, L. y A. Rodríguez. 1981. Manual de agroplásticos 1. Acolchado de cultivos agrícolas. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo, Coahuila. México. 20 p.
- Ibarra, L., G. Rodríguez, J. Hernández, J. Flores y A. González. 1984. Plasticultura: Situación actual en el CIQA y perspectivas en el país, pp. 15-22. En: Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). (Ed.). Desierto y Ciencia. Año VI. No. 5. Saltillo, Coahuila. México.
- Jatala, P. 1986a. Nematodos parásitos de la papa. 2 ed. Centro Internacional de la Papa (CIP). Boletín de información técnica 8. Lima, Perú. 19 p.
- \_\_\_\_\_. 1986b. Biological control of plant-parasitic nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 24:453-489. USA.
- Jiménez, G. y R. López. 1987. Fluctuación estacional de la distribución espacial de Meloidogyne incognita y Rotylenchulus reniformis en papaya (Carica papaya L.). Turrialba 37(2):165-170. Costa Rica.
- Johnson, A.W. 1985a. Specific crop rotation effects, pp. 283-301. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

- . 1985b. The role of nematicides in nematodes management, pp. 249-267. In: Sasser, J.N. and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.
- Johnson, A. W., D.R. Sumner, and C.A. Jaworski. 1979. Effect of film mulch, trickle irrigation, and DD-MENCS on nematodes, fungi, and vegetable yields in a multicrop production system. *Phytopathology* 69(11):1172-1175. USA.
- Johnson, A. W., C.A. Jaworski., N.C. Glaze., D.R. Sumner, and R.B. Chalfant. 1981. Effects of film mulch and soil pesticides on nematodes, weeds, and yields of vegetable crops. *J. Nematol* 13(2):141-147. USA.
- Katan, J., A. Greenberger., H. Alon, and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66(5):683-688. USA.
- Katan, J., A. Grinstein., A. Greenberger., O. Yarden, and J.E. DeVay. 1987. The first decade (1976-1986) of soil solarization (solar heating): A chronological bibliography. *Phytoparasitica* 15(3):229-255. Israel.

- Kinloch, R.A. 1986. Soybean and maize cropping models for the management of Meloidogyne incognita in the coastal plain. *J. Nematol* 18(3):451-458. USA.
- Lamberti, F. 1979. Chemical and cultural methods of control, pp. 405-423. In: Lamberti, F., and C.E. Taylor (Eds.). *Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control*. Academic Press. New York, USA.
- Lara, C., J.M. 1988. Control biológico de Meloidogyne spp. Góeldi, por Paecilomyces lilacinus (Thom.) Samson en el suelo de Navidad, Nuevo León. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 98 p
- Luc, M., A.M. Golden., and W. Wouts. 1987. A reappraisal of *Tylenchina* 2 suborder. *Tylenchina. Revue Nematol.* 10(2):135-142. France.
- Mai, W.F., and G.S. Abawi. 1987. Interactions among root-knot nematodes and Fusarium wilt fungi on host plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25:317-338. USA.
- Mai, W.F., B.B. Brodie., M.B. Harrison, and P. Jatala. 1986. Nematodes, pp. 93-101. In: Hooker, W.J. (Ed.). *Compendium of potato diseases*. 3 ed., Ed. American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota, USA.

- Manrique, L.A., and R. Meyer. 1984. Effects of soil mulches on soil temperature, plant growth and potato yields in aridic isothermic environment in Peru. *Turrialba* 34(4):413-420. Costa Rica.
- McLeod, R.W., and G.T. Khair. 1975. Effects of oxycarbamate, organophosphate and benzimidazole nematicides of life cycle stages of root-knot nematodes, Meloidogyne spp. *Ann. Appl. Biol.* 79:329-341. USA.
- Meher, H.C., N.P. Agnihotri, and C.L. Sethi. 1989. Persistence of Aldicarb residues in cowpea (Vigna unguiculata) and soil under tropical conditions. *Indian J. of Agricultural Sciences* 59(12):771-777. India.
- Miller, P.M., and P.E. Waggoner. 1963. Interaction of plastic mulch, pesticides and fungi in the control of soil-borne nematodes. *Plant and Soil* 18(1):45-52. USA.
- Miller, P.M., and J.B. Kring. 1970. Reduction of nematode and insect damage to potatoes by band application of systemic insecticide and soil fumigation. *J. Econ. Entomol.* 63(1):186-189. USA.
- Montes, R. 1988. *Nematología vegetal en México. Investigación documental.* Ed. Sociedad Mexicana de Fitopatología. México. 158 p.

- Ou, L.T., P.S.C. Rau., K.S.V. Edvardsson., R.E. Jessup, and A.G. Hornsby. 1988. Aldicarb degradation in sandy soil from different depths. Pestic. Sci. 23:1-12. Great Britain.
- Powell, N.T. 1971. Interactions between nematodes and fungi in disease complexes. Ann. Rev. Phytopathol. 9:253-274. USA
- Fuente, M., J.L. 1976. Evaluación de los nematocidas Temik (Aldicarb) y Furadan (Carbofuran) para el control del nematodo (Meloidogyne spp.) y la comprobación de éstos sobre sus efectos en el aumento de la producción en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en la región de Navidad, Nuevo León. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 24 p.
- Robinson, R.A. 1987. Host management in crop pathosystems. Mac Millan Publishing. New York, USA. 281 p.
- Robledo, P.F. y L. Martín. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 145-183.
- Rodríguez, Ch., E. 1973. Estudio preliminar sobre el nematodo dorado de la papa Heterodera rostochiensis Woll. (Nematoda: Heteroderidae) en México. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 72 p.

- Salman, H.M., and S.F. Gorski. 1985. The effects to clear and black polyethylene mulches on the soil environment, pp. 7-9. In: The Ohio State University. Ohio Agricultural Research . on Development Center (Ed.). Vegetables crops 1985. A sumary of research, Wooster. Ohio, USA.
- Santo, G.S., and J.H. O'Bannon. 1981. Effect of soil temperature on the pathogenecity and reproduction of Meloidogyne chitwoodi and M. hapla on Russet burbank potato. J. Nematol. 13(4):483-486. USA.
- Sasser, J.N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes (Meloidogyne spp.). J. Nematol. 9(1):26-29. USA.
- . 1979a. Economic importance of Meloidogyne spp. in tropical countries, pp. 359-374. In: Lamberti, F., and C.E. Taylor (Eds.). Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control. Academic Press. New York, USA.
- . 1979b. Pathogenicity, host ranger and variability in Meloidogyne species, pp. 257-268. In: Lamberti, F., and C.E. Taylor (Eds.). Root-knot nematodes (Meloidogyne species); systematics, biology and control. Academic Press. New York, USA.

Sasser, J.N., and C.C. Carter. 1985. Overview of the International Meloidogyne Project 1975-1984., pp. 19-24. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

Schmitt. D.P. 1985. Preliminary and advanced evaluation of nematicides, pp. 241-248. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP). 1989. Primera demostración agrícola para productores de papa (Resúmenes). Campo Experimental Sierra de Arteaga, Coahuila. México. 20 p.



Sosa-Moss, C. 1985. Report on the status of Meloidogyne research in Mexico, Central America and the Caribbean countries, pp. 327-346. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

Stapleton, J.J., and J.E. DeVay. 1982. Changes in microbial population in solarized soils as related to increased plant growth. *Phytopathology* 72(7):985. (Abstr.). USA.

----- . 1983. Response of phytoparasitic and free-living nematodes to soil solarization and 1,3-Dichloropropene in California. *Phytopathology* 73(10):1429-1436. USA.

Stirling, G.R., M.V. McKenry, and R. Mankau. 1979. Biological control of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) on peach. *Phytopathology* 69(8):806-809. USA.

Sumner, D.R., A.W. Johnson., C.A. Jaworski, and R.B. Chalfant. 1978. Influence of film mulches and soil pesticides on root diseases and population of soil-borne fungi in vegetables. *Plant and Soil* 49(1):267-283. USA.

- Taylor, D.P., and C.A. Netscher. 1974. An improved technique for preparing perineal patterns of Meloidogyne spp. *Nematologica* 20(1):268-269. Netherlands.
- Taylor, A.L. y J.N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de Meloidogyne). Traducción: Centro Internacional de la Papa (CIP). Proyecto Internacional de Meloidogyne. Univ. del Edo. de Carolina del Norte. Raleigh, N.C., USA. 111 p.
- Thomason, I.J. 1985. Nematicides, pp. 236-257. En: Marbán-Mendoza, N., e I.J. Thomason (Eds.). *Fitonematología avanzada* 1. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. México.
- Ugent, D. 1968. The potato in Mexico. Geography and primitive culture. *Econ. Bot.* 22(2):108-123. USA.
- Union Carbide Corporation (UCC). 1975. Technical information Temik. Aldicarb pesticide. A systemic pesticide for control of insects, mites and nematodes. Salinas, California, USA. 63 p.
- Unión Carbide Mexicana (UCM). 1981. Manual técnico (Aldicarb). División de productos químicos. Departamento de agroquímicos. México. 44 p.
- Van Gundy, S.D. 1965. Factors in survival of nematodes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 3:43-68. USA.

----- . 1985. Ecology of Meloidogyne spp. emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenicity, pp. 177-182. In: Sasser, J.N., and C.C. Carter (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. International Meloidogyne Project. Department Plant Pathology. North Carolina State Univ. Graphics, USA.

Winslow, R.D., and R.J. Willis. 1972. Nematode diseases of potato, pp. 17-48. In: Webster, J.M. (Ed.). Economic nematology. Academic Press. London, Great Britain.

Wright, D.J. 1981. Nematicides: Mode of action and new approaches to chemical control, pp. 421-449. In: Zuckerman, B.M., and R.A. Rohde (Eds.). Plant parasitic nematodes. Vol. III. Academic Press. New York, USA.