

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

EVALUACIÓN DE TÁCTICAS PARA EL COMBATE DE NEMATODOS
AGALLADORES DEL GÉNERO *Meloydogyne* spp. ASOCIADOS AL
CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus vulgaris* SHARAD) EN LA REGIÓN
MIXTECA DEL ESTADO DE PUEBLA



TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA

ANSELMO VENEGAS BUSTAMANTE

B1690838

CHAPINGO, MÉXICO AGOSTO DE 1999.



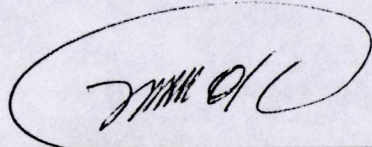
**EVALUACIÓN DE TACTICAS PARA EL COMBATE DE NEMATODOS
AGALLADORES DEL GENERO *Meloidogyne* spp. ASOCIADOS AL
CULTIVO DE SANDÍA, (*Citrullus vulgaris* Sharad) EN LA REGIÓN
MIXTECA DEL ESTADO DE PUEBLA**

El jurado que reviso y aprobó el examen de grado de **Anselmo Venegas Bustamante** autor de la presente tesis de maestria en proteccion vegetal estuvo constituido por:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

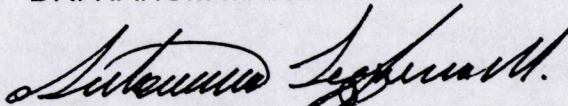
CONSEJO PARTICULAR

PRESIDENTE:



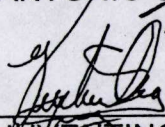
DR. NAHÚM MARBÁN MENDOZA

ASESOR :



M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

ASESOR :



M.C. JUVENTINO CUEVAS OJEDA

34439

CHAPINGO, EDO DE MEXICO, AGOSTO, 1999.

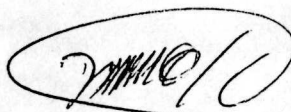
**EVALUACIÓN DE TACTICAS PARA EL COMBATE DE NEMATODOS
AGALLADORES DEL GENERO *Meloidogyne* spp. ASOCIADOS AL
CULTIVO DE SANDÍA, (*Citrullus vulgaris* Sharad) EN LA REGIÓN
MIXTECA DEL ESTADO DE PUEBLA**

Tesis realizada por **Anselmo Venegas Bustamante** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

COMITÉ ASESOR

DIRECTOR:



DR. NAHÚM MARBÁN MENDOZA

ASESOR :



M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

ASESOR :



M.C. JUVENTINO CUEVAS OJEDA

CHAPINGO, EDO DE MEXICO, AGOSTO, 1999.

DEDICATORIA

*Con amor a mi esposa **Cutberta Estela**, la compañera de mi vida quien siempre me ha apoyado en mis aspiraciones y me ha dado su comprensión y cariño, con quien he recorrido la vida compartiendo tristezas, enfermedades y prosperidad.*

*A mi hijo **José Luis**, en quien confío y quien ha tenido que soportar mis ausencias por alcanzar mis objetivos profesionales.*

*A mis padres **Esteban y Matilde**, con cariño y respeto.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todo lo que me ha dado.

Con el corazón a la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola por darme la oportunidad de emprender y alcanzar la meta más grande de mi vida.

Al Dr. Nahúm Marbán Mendoza por su excelente dirección confianza y consejos, como profesor y amigo.

Al M.C. Antonio Segura Miranda por su apoyo para la realización de los trabajos de campo, por su amistad y revisión de la presente.

Al M.C. Juventino Cuevas Ojeda por las facilidades prestadas para la realización de los trabajos de laboratorio, por sus consejos y amistad.

Con admiración y gran aprecio a todos los profesores del Departamento de Parasitología Agrícola y a mis compañeros de posgrado quienes me han dado las herramientas para ser mejor en la vida y a quienes nunca olvidare.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nació en Santo Tomas Apipilhuasco, Estado de México el 21 de abril de 1961.

Sus estudios de nivel medio superior los realizó en el Centro de Estudios Tecnológicos Agropecuarios No. 32 Tlalpizahua, Estado de México

Realizó sus estudios de licenciatura en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 33 Roque Celaya, Guanajuato México.

Durante 15 años ha trabajado en el área de extensión en la Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural; desarrollando actividades de coordinación, supervisión y administración de los diferentes programas y proyectos de la SAGAR en dos Distritos de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.

Ha desempeñado los cargos de Jefe de Zona, Jefe de CADER, y Coordinador del Area Agrícola en el Distrito de Desarrollo Rural No. 06 Izúcar de Matamoros, Pue.

Ha realizado gestiones ante Instituciones en beneficio de campesinos, así como la constitución y asesoría a diversas organizaciones campesinas.

En la actualidad dirige el proyecto "Producción industrialización y comercialización de sabila una alternativa de desarrollo en la Región Mixteca".

INDICE

	Página
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
ANEXOS.....	xii
 I. INTRODUCCION.....	 1
1.1 Objetivos.....	4
1.2 Hipótesis.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1 Generalidades del cultivo de sandía.....	6
2.1.1 Descripción de variedades más comunes.....	9
2.1.2 Principales plagas y enfermedades que afectan a la sandía en la Región Mixteca del Estado de Puebla.....	10
2.2 Generalidades del género <i>Meloidogyne</i>	13
2.2.1 Historia.....	13
2.2.2 Pérdidas causadas por fitoparásitos, en los cultivos.....	16
2.2.3 Distribución geográfica a nivel mundial de las especies de <i>Meloidogyne</i>	18
2.2.4 Distribución geográfica del género <i>Meloidogyne</i> en México.....	19
2.3 Clasificación zoológica del genero <i>Meloidogyne</i>	21
2.4 Taxonomía del género <i>Meloidogyne</i>	21
2.5 Ciclo de vida.....	22
2.5.1 Penetración en las raíces.....	23
2.6 Anatomía.....	24
2.7 Histología y patogénesis.....	25
2.7.1 Formación de células gigantes.....	25
2.7.2 Hiperplasia hipertrofia	27
2.8 Antecedentes del manejo integrado de plagas MIP nematodos fitoparásitos	28

2.9	Trabajos similares.....	30
III.	MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1	Descripción y localización del área de estudio.....	34
3.1.1	Agricultura de temporal.....	39
3.1.2	Agricultura de riego.....	39
3.2	Muestreo de raíces de sandía para determinar la distribución de la enfermedad en la Región Mixteca e identificación de especies.....	40
3.3	Evaluación del efecto diferentes dosis de ethoprop (Mocap gel 68.2%) sobre nematodos agalladores del género <i>Meloidogyne</i> en raíces de sandia.....	42
3.3.1	Metodología empleada para la obtención de Materiales y organismo.....	42
3.3.2	Obtención del patógeno y su inóculo e identificación.....	43
3.3.3	Procedimiento para conocer la cantidad de inóculo.....	44
3.3.4	Inoculación.....	45
3.3.5	Diseño experimental y tratamientos.....	45
3.4	Evaluación de diferentes tácticas para el combate del nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp en el cultivo de sandia.....	46
3.4.1	Establecimiento del experimento.....	46
3.4.2	Descripción de los tratamientos.....	47
3.4.3	Descripción de la unidad experimental.....	50
3.4.4	Diseño experimental.....	50
3.4.5	Trasplante del experimento.....	51
3.4.6	Manejo del experimento.....	51
3.4.7	Variables evaluadas.	53
3.4.7.1	Población de nematodos en el suelo.....	53
3.4.7.2	Calidad de los frutos.....	53
3.4.7.3	Índice de agallamiento	54

IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	56
4.1	Determinación y taxonomía de <i>Meloidogyne</i> asociados al cultivo de sandía y su distribución de la Región Mixteca del estado de Puebla.....	56
4.2	Evaluación de ethoprop (Mocap gel 68.2%) sobre nematodos agalladores del género <i>Meloidogyne</i> spp en raíces de sandía.....	60
4.3	Evaluación de diferentes tácticas para el combate del nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp. en el cultivo de sandía.....	62
4.3.1	Población de nematodos en el suelo.....	62
4.3.2	Indice de agallamiento.....	63
4.3.3	Rendimiento.....	67
4.3.3.1	Calidad de frutos.....	67
4.3.4	Rendimiento total (ton/ha).....	68
4.3.5	Análisis económico.....	71
4.3.5.1	Análisis de dominancia.....	73
4.4	Marco socioeconómico.....	75
V.	CONCLUSIONES.....	77
5.1	Conclusiones 1.....	77
5.2	Conclusiones 2.....	78
5.3	Conclusiones 3.....	78
VI.	RECOMENDACIONES.....	80
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	81
VII.	ANEXOS.....	87

RESUMEN

Evaluación de tácticas para el combate de nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. Asociados al cultivo de Sandía (*Citrullus vulgaris* Sharad) en la región Mixteca del Estado de Puebla.

En la Región Sur del Estado de Puebla, conocida como la Mixteca Baja se destaca la presencia del nematodo agallador de las raíces identificado como *Meloidogyne* spp. que afecta al cultivo de sandía. Los daños han sido estimados en un 50% provocando la reducción de la superficie destinada a este cultivo en un 40%, en la última década.

Para el manejo de este patógeno se evaluaron bajo condiciones de campo tácticas agronómicas en el cultivo de sandía variedad "improved peacock" en un suelo naturalmente infestado. Se evaluaron el efecto de Acolchado (Plástico negro), la incorporación de caprinaza (enmienda orgánica 400 kg./ha), el nematicida ethoprop (60 g de i.a./ha) y las combinaciones: acolchado + caprinaza, acolchado + ethoprop, ethoprop + caprinaza, acolchado+caprinaza + ethoprop. Los resultados mostraron que el índice de agallamiento fue reducido principalmente por el ethoprop (60 g de i.a./ha), en cuanto al rendimiento el acolchado + ethoprop fue el mejor tratamiento (47.1 ton/ha) seguido del acolchado + caprinaza + ethoprop (46.6 ton/ha) ethoprop + caprinaza (45.2 ton/ha). El trasplante (testigo absoluto) utilizando plantas germinadas en suelo estéril resultó ser una táctica efectiva para aumentar la producción y la calidad de la sandía (44.3 ton/ha). Desde el punto de vista económico el testigo absoluto (transplante), acolchado + ethoprop y etoprop + caprinaza resultaron ser los más rentables, el rendimiento resultó estar correlacionado negativamente con el índice de agallamiento.

SUMMARY

Tactics evaluation for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne* spp) associated to watermelon (*Citrullus vulgaris* Sharad) in the Mixteca Region, State of Puebla Mexico.

The Mixteca region (800 km²) localized in the south of Puebla State (25% of total area) is one of the poorest region of Mexico. It is a predominant dry subtropical area with irregular rain summer period (650 mm) and 22^o C average temperature. Throughout the region there are several irrigated small farms (13,800 ha) where about 6,200 families live under subsistence conditions so, malnutrition, health, educational, housing and higher migration problems are severely affecting life quality. Local farms grow corn, peanut and sesame during the rain season and watermelon (fairly cash crop) during winter time under irrigation. Nevertheless, during the last decade the watermelon area has reduced nearly 40%.

This work supports the idea that root-knot nematodes are the main cause of crop reduction. *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria* are present in about the whole region, some farms were severely affected (80%). Field experiments with local growers demonstrated that transplanting free nematode plants on beds covered with plastic plus nematicide treatments (ethoprop g. 68% at 60 g i.a./ha) or soil amendment (goat manure: 400kg/ha) gave higher yield (Tukey:0.05) as compared with local farm treatment (direct seeding). Best treatments gave 4-5 times more yield than farm treatment with negative correlation gave root galling. Also cost-benefit ratio averaged 2-1 with best treatments as compared with farm treatment.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Municipio y comunidades que establecieron el cultivo de sandía en el ciclo otoño-invierno 1997/98, en la Región Mixteca.....	40
Cuadro 2	Municipios, comunidades y superficie muestreada en la Región Mixteca del Estado de Puebla, ciclo otoño-invierno 1997/98.....	42
Cuadro 3	Tratamientos evaluados para el control de <i>Meloidogyne</i> spp en el cultivo de sandía var. Improved peacock, en el municipio de Tehuitzingo, Puebla, otoño-invierno 1998/99.	46
Cuadro 4	Escala de índice de agallamiento para <i>Meloidogyne</i> spp. propuesto por Taylor y Sasser, 1978.	55
Cuadro 5	Municipios, comunidades, número de muestras e índice de agallamiento encontrados en raíces de sandía en la Región Mixteca.	58
Cuadro 6	Efecto de ethoprop en plantas de sandía var. Improved peacock inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp en condiciones de invernadero..	60
Cuadro 7	Efecto de los tratamientos sobre el índice de agallamiento en raíces de sandía var. Improved peacock inducidas por <i>Meloidogyne</i> spp., en Tehuitzingo, Puebla.....	67
Cuadro 8	Rendimientos medios (Número de frutos/ha clasificados) de sandía var. Improved peacock sembrada en un suelo infestado por <i>Meloidogyne</i> spp. bajo diferentes tratamientos, en Tehuitzingo, Puebla. 1999.	68
Cuadro 9	Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo de sandía (var. Improved peacock) cultivado en el lote "El Borrego" municipio de Tehuitzingo, Puebla. 1999.	69
Cuadro 10.	Presupuesto parcial para tratamientos evaluados en el control de <i>Meloidogyne</i> spp en el cultivo de sandía en la Mixteca Poblana 1999.	72
Cuadro 11	Análisis de costo-beneficio en los tratamientos evaluados para el control de <i>Meloidogyne</i> spp. en el cultivo de sandía var. Improved peacock en Tehuitzingo, Puebla 1999.	72
Cuadro 12.	Análisis de dominancia de tratamientos evaluados para el control de <i>Meloidogyne</i> spp en el cultivo de sandía en Tehuitzingo, Pue. 1999.	74

Cuadro 13. Análisis marginal de beneficios netos de los tratamientos evaluados para el control de <i>Meloidogyne</i> spp en el cultivo de sandía en Tehuizingo, Pue. 1999.	74
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localización geográfica de la Región Mixeca del Estado de Puebla.....	36
Figura 2	Mapas del Estado de Puebla: a) distribución de las zonas ecológicas, b) distribución de la precipitación.. ..	37
Figura 3	Posición geográfica de los municipios de la Región Mixteca y distribución de los sitios de muestreo.....	59
Figura 4	Efecto de los tratamientos sobre el índice de agallamiento en el cultivo de sandía.....	66
Figura 5	Efecto de los tratamientos sobre la producción (ton/ha), rendimientos totales y por categorías.....	70

ANEXOS

A.1	Costo de cultivo de sandía por hectárea en la Mixteca Poblana.1999	88
A.2	Análisis de varianza para el peso fresco de raíces de plantas de sandía (70 días después de la inoculación), desarrolladas en condiciones de invernadero, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. y tratadas con ethoprop.....	88
A.3	Análisis de varianza para el índice de agallamiento en raíces de sandía (70 días después de la inoculación), desarrolladas en invernadero, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. y tratadas con ethoprop.....	88
A.4	Análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre el rendimiento de sandía var. Improved peacock, en Tehuitzingo, Puebla.1999.....	89
A.5	Análisis de varianza para frutos de sandía de la calidad primera, en Tehuitzingo, Puebla.....	89
A.6	Análisis de varianza para frutos de sandía de la calidad segunda (Pachanga) en Tehiutzingo, Puebla.1999	89
A.7	Análisis de varianza para cantidad total de frutos de sandía en Tehuitzingo, Puebla.....	89
A.8	Análisis de varianza para el índice de agallamiento en el cultivo de sandía a los 108 días después del transplante en Tehuitzingo, Puebla. 1999.....	90
A.9	Relación de municipios que conforman la Región Mixteca en el Estado de Puebla.....	90
A.10	Análisis económico del tratamiento acolchado.....	91
A 11	Análisis económico del tratamiento caprinaza.....	91
A.12	Análisis económico del tratamiento ethoprop.....	91
A.13	Análisis económico del tratamiento acolchado + caprinaza.....	92
A.14	Análisis económico del tratamiento acolchado + ethoprop.....	92
A.15	Análisis económico del tratamiento ethoprop + caprinaza.....	92

A.16	Análisis económico del tratamiento acolchado + caprinaza + ethoprop.....	93
A.17	Análisis económico del tratamiento testigo absoluto.....	93
A.18	Análisis económico del tratamiento testigo del productor.....	93

I. INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus vulgaris* Shrad) es originaria de las áreas arenosas y áridas de Sudáfrica cerca del desierto de Kalahari, de donde paso a la India, Egipto y más tarde al sur de Europa. Fue introducida en América por los españoles en los primeros años de la colonia y desde entonces es cultivada en todos los países del nuevo mundo que poseen las condiciones ambientales requeridas por la planta, incluyendo México (Roche, 1975).

En nuestro país la sandía (*Citrullus vulgaris*) es un cultivo generador de divisas, ya que buena parte de su producción se comercializa en el exterior; es una fuente de empleos al ocupar mano de obra desde la siembra hasta la cosecha y transporte del producto; y por la inversión económica para su manejo, crea una actividad económica colateral que beneficia a otros sectores de la población (García *et al.*, 1993).

Según el Centro de Estadística Agropecuaria de la secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, en el ciclo otoño- invierno 1996-1997 la superficie total cosechada en el país fue de 24,095 hectáreas, obteniéndose una producción de 420,763 toneladas. Y en el ciclo primavera-verano 1997-97 se cosecharon 13,921 hectáreas, obteniéndose una producción de 288,462 toneladas (SAGAR 1998).

Los principales Estados productores de sandía en el país, por volumen de producción fueron: Sonora, Chihuahua, Jalisco, Sinaloa, Tabasco, Veracruz, Colima, Nayarit, Guerrero y Baja California Norte (SAGAR 1998).

En el Estado de Puebla durante el ciclo otoño- invierno 1996-1997 la superficie total sembrada fue de 171 hectáreas, con una producción total de 3,436 toneladas y un rendimiento promedio por hectárea de 20.09 toneladas (SAGAR 1998).

El cultivo de sandía en el estado de Puebla es exclusivo de la zona sur, específicamente de la región conocida como la Mixteca Baja principalmente en los municipios de Tehuizingo, Piaxtla, Tecumatlan, Ahuehuetitla y Tulcingo de Valle. Aquí la sandía es un cultivo tradicional de pequeñas áreas de riego como derivadoras ubicadas en las riberas de los ríos y de terrenos beneficiados con pequeñas obras hidráulicas como pozos a cielo abierto, carcamos de bombeo y presas de almacenamiento.

La importancia del cultivo en el Estado de Puebla, radica en la generación de empleos, en la obtención de divisas y en el arraigo de muchos campesinos a su lugar de origen.

En la Mixteca Poblana el cultivo de sandía data de mas de cien años, sin embargo los procedimientos técnicos y agronómicos para la producción se enmarcan en una combinación entre la agricultura tradicional y moderna con lo cual los agricultores obtienen alguna ganancia, pero en muchos casos la técnica no es la apropiada.

Este cultivo es afectado por un gran número de plagas y enfermedades que afectan el rendimiento y la calidad del producto. Las plagas más importantes que atacan a la sandía son: el barrenador del fruto (*Diafania* spp), pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), minador de hoja (*Liriomyza brassicae*), mayate manchado (*Diabrotica balteata* y *D. undecimpunctata*) y gusano soldado (*Spodoptera* spp) (Solis y Ayala 1991).

Las enfermedades más importantes son: mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*), cenicilla (*Erysiphe cichoreacearum*), antracnosis (*Colletotrichum lagenarium*), marchitez (*Fusarium oxysporium*), tizón (*Alternaria cucumerina*), marchitez (*Verticillium alboatrum*), pudrición del tallo y fruto (*Phytophthora* spp), pudrición basal del tallo (*Diplodia* spp), mancha de hoja (*Cercospora* spp), podredumbre de plántulas (*Pythium* spp) y pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*) (Romero, 1993; Mendoza, 1993.)

Los principales virus que se reportan atacando a la sandía son: virus mosaico del pepino (CMV), virus mosaico de la sandía (WMV-1), virus mancha anular de papayo (PRSV-W), virus mancha anular del tabaco (TRSV) y virus mosaico de la calabaza (SQMV) (Alvizo, 1982 y Rodríguez 1981).

En lo que a nematodos se refiere se ha encontrado, que son los nematodos agalladores de la raíz los que más afectan a las cucurbitáceas entre los cuales se encuentran los géneros *Meloidogyne* y *Nacobus*. Las agallas que forman traen como consecuencia que la raíz no absorba en forma normal los nutrientes del suelo, manifestándose en la planta raquitismo, achaparramiento y amarillamiento, por lo cual la producción se ve afectada (Taylor y Sasser, 1983).

En la Región Mixteca la investigación agronómica en general es muy limitada y no existen antecedentes de estudios relacionados a la identificación y control de nematodos fitoparásitos en esta área. Sin embargo, a través de prospecciones en huerto de la región hemos determinado el agallamiento de raíces ocasionado por nematodos agalladores del género *Meloidogyne*; esta enfermedad provoca grandes pérdidas en la productividad y dependiendo de la etapa de desarrollo en la que se presente puede llegar a ocasionar pérdidas totales al evitar que la planta alcance el estado maduro.

En los campos agrícolas de la Región Mixteca, pero principalmente aquellos que cuentan con agua de riego y en donde la actividad agrícola es durante todo el año, la enfermedad se encuentra muy difundida y es conocida regionalmente como "jicamilla". En los últimos años se ha observado que a causa de esta, la superficie destinada al cultivo de sandía ha decrecido debido a las pérdidas que han ocurrido y a la limitante que ocasiona al productor al verse obligado a tener que esperar por lo menos cinco años consecutivos para poder sembrar nuevamente sandía debido a los altos índices de infestación.

Por esta razón, se plantea para este trabajo los objetivos e hipótesis siguientes:

1.1 Objetivos

1. Determinar la frecuencia y distribución de nematodos agalladores asociados al cultivo de sandía, en la Región Mixteca del Estado de Puebla
2. Determinar a nivel in vitro (invernadero) la dosis óptima, partes por millón y tipo de aplicación de ethoprop (Mocap gel 68.2%), capaz de lograr el máximo control de nematodos agalladores del género *Meloidogyne*, sin provocar fitotoxicidad en plantas de sandía.
3. Mediante la aplicación de diversas tácticas agronómicas, tratar de controlar la incidencia de nematodos agalladores del género *Meloidogyne* que afectan al cultivo de sandía en la Mixteca Poblana.
4. Evaluar el efecto de acolchado, enmienda (caprinaza), ethoprop (Mocap gel 68.2%), a sí como las interacciones de estos tratamientos sobre las poblaciones de *Meloidogyne* spp. y su repercusión en el índice de agallamiento de la raíz y la producción de sandía.

1.2 Hipótesis

- 1.- Mediante el muestreo de raíces de sandía, al termino del ciclo agrícola y con base al índice de agallamiento, es factible determinar la distribución y severidad del ataque de nematodos agalladores del genero *Meloidogyne* spp. en la región mixteca del estado de Puebla.
- 2.- La utilización de ethoprop (Mocap gel 68.2%) a diferentes dosis: 0.5, 5.0, 50.0, 500.0, 1260 ppm aplicados a una población determinada de *Meloidogyne* spp. e inoculada previamente a plantas de sandía, será posible determinar la dosis que presente menor índice de agallamiento sin causar fitotoxicidad en las plantas de sandía, factible de utilizar en campo.

- 3.- Los tratamientos aplicados: acolchado, enmienda (caprinaza), ethoprop (Mocap gel 68.2%), acolchado + ethoprop, acolchado + caprinaza, ethoprop+caprinaza, acolchado + caprinaza + ethoprop, testigo del productor y testigo absoluto favorecen la respuesta de la planta de sandía.
- 4.- El acolchado, enmienda (caprinaza) y ethoprop (Mocap gel 68.2%), así como las interacciones de estos tratamientos reducen el índice de agallamiento radical y aumentan la producción y calidad de la sandía.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de sandía

La sandía se considera originaria de las áreas arenosas y áridas de Sudáfrica cerca del desierto de Kalahari. De aquí se extendió a la India, Egipto, sur de Europa, centro y sur de los Estados Unidos, México, Japón, Rusia, Turquía. Se encuentra en cualquier parte apta para su cultivo. (Roche, 1975).

Es una cucurbitácea de la especie (*Citrullus vulgaris*) cuya familia cuenta con 80 géneros y 601 especies de las cuales 288 se consideran originarias del viejo mundo y 313 de América (Anónimo, 1980)

Clasificación taxonómica

Esta clasificación es de acuerdo a CNEB citado por Lozano 1977

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta (Angiosperma)
Clase:	Magnoliatae (Dicotiledónea)
Familia:	Cucurbitácea
Genero:	<i>Citrullus</i>
Especie:	<i>vulgaris</i>

Descripción Botánica

Esta Cucurbitácea se describe como sigue:

Ciclo vegetativo.- Este factor se ve afectado principalmente por las temperaturas y por la variedad respectiva. Normalmente este varía de 90 a 130 días desde la siembra hasta fructificación.

Tallo.- son de consistencia herbácea de color verde, su hábito de crecimiento es rastrero o trepador; de longitud variable, ya que llegan a medir de 2 a 4 m o más. Presenta cinco aristas o codos y zarcillos caulinares.

Hojas.- Son pentabuladas, de forma oblonga de color verde pardo. El haz es suave al tacto, el envés es áspero y con las nervaduras muy pronunciadas. En la axila de cada hoja aparece un zarcillo que la planta utiliza para asirse al suelo o a otras plantas.

Flores.- En las axilas de las hojas se encuentran yemas florales que originan flores masculinas y femeninas. Son pedunculares, de color amarillo, solitarias, con cinco pétalos unidos por su base y el cáliz verde formado por sépalos libres.

Las flores femeninas tienen ovario ínfero, ovoide y velludo. Tiene estambres rudimentarios.

Las flores masculinas poseen ocho estambres de igual longitud formando cuatro grupos de estambres soldados por sus filamentos (González 1976).

La clasificación que se hace de la sandía en base a su estructura floral es la siguiente.

Monóica: Por encontrarse el androceo (parte masculina) y el gineceo, (parte femenina) en ella es decir, con un solo sexo.

Unisexual: Por tener flores con sólo el androceo o sólo el gineceo, es decir, con un solo sexo.

Completa: Por tener todas las estructuras del perianto floral (pétalos y sépalos).

Imperfecta: por tener los sexos separados, es decir, en flores distintas.

Fruto: es una baya, con pulpa carnosa y epicarpio quebradizo y liso. El color, tamaño y forma son variables, pero generalmente son de epicarpio verde, tamaño mediano a grande con forma alargada. El color de la pulpa varia de rosa a rojo intenso (González, 1976).

Roche 1975, menciona que 100 gr. De pulpa poseen 25 calorías. Y las siguientes sustancias nutritivas.

Sustancias nutritivas	Cantidad
Agua	93 gr
Carbohidratos	6 gr
Grasa	0.1 gr
Proteínas	0.8 gr
Minerales	0.5gr
Vitamina A	200 U.I.
Vitamina B1	0.02 mg
Vitamina C	5.0 mg
Niacina	0.2 mg

Condiciones ambientales requeridas por el cultivo.

Temperatura.- La sandía es muy sensible a las heladas aun las más ligeras, requiriendo un periodo cálido relativamente largo.

Se desarrolla bien con temperaturas medias superiores a 20° C, dentro de un rango de 11°C a 38° C y la floración es más eficiente entre los 24°C y los 27°C. (INIA1976).

Humedad.- Muñoz (1973) señala que este cultivo no es muy afectado por la humedad atmosférica, desarrollándose bien en zonas áridas y húmedas, siempre y cuando se disponga de agua de riego.

Suelo.- Requiere suelos arenosos fértiles, sueltos, ligeramente alcalinos, profundos, con buen drenaje de consistencia media y bien preparados. Suelos excesivamente sueltos y permeables provocan precocidad, pero con menos rendimientos, y en terrenos compactos se reduce el desarrollo vegetativo por exceso de humedad, favoreciendo el desarrollo de enfermedades. (Muñoz, 1973).

2.1.1 Descripción de algunas variedades más comunes.

Charleston Gray: Variedad de buena calidad, apreciada por la resistencia del fruto al transporte, resistente a la antracnosis y a fusariosis. Prospera en altitudes de hasta 1000 m.s.n.m. y con temperaturas promedio de 30° C. El fruto es de forma oblonga, alargada y con los extremos obtusos, su peso es variable de 10 – 15 Kg la corteza es delgada y fuerte; de color verde grisáceo claro con vetas de color verde oscuro.

Garrisonian: Variedad resistente al transporte, de forma elongada, corteza con rayas anchas de color claro y oscuro, de pulpa roja brillante y dulce. Tarda 85 días a la madurez, y alcanza un peso de 9 Kg.

Improved Peacock: En promedio tarda 90 días a la madurez; resistente a la antracnosis y fusariosis, el fruto oblongo de corteza verde oscura con reticulado más oscuro, llegando a alcanzar hasta 10Kg. de peso.

Jubilee: Es una variedad tardía apta para el transporte, con semillas negras y grandes medianamente resistente a fusarium. Tarda 95 días a la madurez, alcanza un peso de 12 kg., su forma es larga y redondeada, corteza dura de color verde claro con rayas verdes más claras, la pulpa es roja clara.

Market Midget: Resistente al transporte, tarda 90 días a la madurez, de forma oblonga redonda a bloqueada, corteza verde oscura algo gruesa, alcanza un peso hasta de 13 ½ kg de pulpa amarilla oscura, firme y dulce.

Crimson Sweet: resistente a antracnosis y a fusarium, tarda 85 días a la madurez, peso 18 kg., forma redonda bloqueada, corteza verde pálida con rayas más oscuras, pulpa roja intensa (Anónimo 1985).

En la Región de la Mixteca Poblana las variedades más comunes son: Charleston Gray, Garrisonian e Improved Peacock.

2.1.2 Principales plagas y enfermedades que afectan a la sandía en la Región Mixteca del Estado de Puebla.

Descripción breve de hábito y daños.

Mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn y *Trialeurodes vaporarum* Haldeman).

(Homóptero: Aleyrodidae).

Daños.- Las ninfas y adultos se alimentan succionando la sabia de las plantas originando un amarillamiento en las hojas y se detiene el desarrollo de la planta secretan mielecilla que causa una decoloración de las hojas y producen "fumagina" causada por hongos del genero *Meliola* spp, *Capnodium* spp e

Ichnea spp; que obstruye el proceso fotosintético y consecuentemente se reduce el vigor de las plantas, el daño indirecto es al transmitir partículas virales causando enfermedades como el virus del mosaico de la sandía (Castaños, 1993).

Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus Persicae*).

(Homóptero: Aphidae)

Daños.- Ninfas y adultos se alimentan succionando los líquidos del floema de las plantas, principalmente en los brotes tiernos y partes jóvenes. Cuando los ataques son severos, pueden causar manchas necróticas, distorsionan las hojas y tallos, detención del crecimiento y marchitamientos. Son importantes como agentes vectores del virus del mosaico de la sandia (VMVL).

Gusano del fruto del pepino (*Diaphania nitidalis* Sotoll)

Gusano del melón (*D. Hyalinata* Linn)

(Lepidoptera, Pyralidae)

Daños.- las mariposas ovipositan sus huevecillos cerca del fruto o brotes terminales, de donde emergen las larvas que se alimentan de hojas, inflorescencias y frutos. En algunas ocasiones, los gusanos barrenan los pecioloos tiernos originando la caída o pudrición de frutos (Domínguez *et al.*, 1997).

Mayate rayado del pepino (*Acalymma Vittata* Fabricius, Acaly)

Mayate punteado o doradilla (*Diabrotica* spp)

(Coleoptera, chrysomelidae)

Daños.- Las larvas dañan las guías y devoran las raíces, los adultos se alimentan de las hojas y tallos. Se ha considerado como vector de la bacteria

Erwinea tracheiphila que ocasiona la marchitez de plántulas. (Domínguez *et al.*, 1997).

En la Región Mixteca, también se le ha observado atacando a calabacita y a plantas silvestres.

Enfermedades de la sandía más comunes en la región.

Las enfermedades son de mayor importancia ya que sus daños pueden ser devastadores y acabar por completo con el cultivo.

Su importancia se magnifica porque la mayoría de los productos químicos empleados para su combate son fundamentalmente preventivos y su uso indiscriminado sujeto al modelo convencional de producción agrícola, que por ser excesivo e irracional, ha resultado poco sustentable económica y ambientalmente.

Por lo tanto es necesario la implementación de una estrategia, de carácter preventivo y perdurable que combine varias tácticas compatibles para reducir las poblaciones de organismos a niveles que no causen pérdidas económicas importantes, con efectos negativos mínimos sobre el ambiente o la salud humana. (Hilje, 1994).

Descripción.

Mildiú *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. y Curt) Rostow.

Síntomas, manchas irregulares, pardo amarillentas en el haz de las hojas, las lesiones al envejecer se tornan de color más oscuro. En el envés, las lesiones son de color pardo con algodoncillo ligeramente púrpura, si se presenta lluvias o días nublados las hojas pueden llegar a morir provocándose una defoliación, los frutos no desarrollan y quedan al descubierto sufriendo daños por el sol. Si las condiciones de humedad perduran la planta puede morir (Mendoza, 1996).

Cenicilla de las Cucurbitáceas *Erysiphe cichoracearum*.

Síntomas, las hojas presentan manchas clóricas que posteriormente se vuelven blanquecinas y polvorientas, en condiciones favorables se extienden y cubren toda la hoja. Al paso del tiempo las manchas adquieren un tono gris claro y las hojas mueren, es común que el ataque se presente tanto en el haz como en el envés de las hojas, así como en los peciolo y los tallos.

Daños.- provoca defoliación, se reduce el área fotosintética, los frutos se reducen de tamaño y si el ataque es a plantas en desarrollo y las condiciones ambientales son favorables para la enfermedad puede reducir la producción en 50%. El daño más importante es la pérdida de sabor de la fruta (Mendoza, 1996).

Otras enfermedades presentes son:

Mosaicos.- Varios tipos de virus no identificados.

Marchitez.- *Fusarium* spp.

Podredumbre de plántulas- *Pythium* spp

Corchosis en el epicarpio—no identificado

2. 2. Generalidades del género *Meloidogyne*

2. 2. 1. Historia

En 1877, Jobert, observó árboles de café enfermos en la provincia de Río de Janeiro, Brasil, encontrando raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas de ellas terminales, otras a lo largo de la raíz y otras, menos abundantes, en las raíces laterales. Las agallas terminales eran piriformes, puntiagudas y frecuentemente encorvadas. Las agallas más grandes eran del tamaño de una alverja y contenían "quistes" de paredes hialinas con huevos elípticos encerrados en membranas transparentes que contenían pequeños animales

vermiformes. Notó que los gusanos emergían de los huevos y salían de las raíces encontrándose en grandes cantidades en el suelo. Aparentemente Jobert no tuvo tiempo de realizar estudio más amplios antes de escribir su informe (Sasser *et al.*, 1977).

Goldi en 1887 investigó el mismo problema y publicó un documento de 105 páginas acerca de la enfermedad de los cafetos y señaló al nematodo *Meloidogyne exigua* como la causa de la enfermedad, caracterizando a la especie como un nuevo género (Sasser *et al.*, 1977).

Estas fueron las primeras investigaciones de *Meloidogyne exigua* como causante de una enfermedad en un cultivo de importancia económica.

Posteriormente, *M. exigua* fue sinonimizada, primero con *heterodera radícola* y después con *heterodera marioni*, hasta que fueron restablecidos por Chitwood en 1949, quien también describió o redescibió las cuatro especies más comunes y más ampliamente distribuidas: *M. incógnita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*. El informe de Chitwood, fue publicado cuando los nematicidas estaban siendo desarrollados y probados. Los experimentos con nematicidas comprobaron que *Meloidogyne* spp (nematodo agallador de la raíz) y otros nematodos, eran fitoparásitos, económicamente importantes y que su control era frecuentemente seguido por un incremento en la producción del cultivo. El número de fitopatólogos creció y consecuentemente el de publicaciones de *Meloidogyne* spp.

Estudios varios en fechas posteriores demostraron que además del daño directo a los cultivos por las especies de *Meloidogyne*, las enfermedades fungosas y bacterianas, constituían la principal causa de enfermedades en plantas y de pérdidas en el rendimiento de los cultivos en las regiones más

cálidas del mundo. En climas fríos las pérdidas son menores (Sasser and Triantaphyllou, 1977).

Desde que se estableció el proyecto internacional de *Meloidogyne* en 1980, se ha progresado notablemente en la investigación operativa mundial sobre *Meloidogyne* spp. Un importante logro del proyecto fue presentado en una ponencia por Sasser y Triantaphyllou 1977, en la XVI Reunión Mundial de la Sociedad de Nematólogos. Los autores dieron a conocer resultados de pruebas de hospedantes diferenciales en Carolina del Norte de 180 poblaciones recogidas por colaboradores del proyecto en varios países del norte y Sudamérica, Asia y Europa. Se encontró una notable uniformidad en las reacciones del hospedante para poblaciones de *M. incógnita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*, además de la similitud de los patrones perineales de las respectivas especies.

Estudios citogénicos, modo de reproducción, número de cromosomas y comportamiento de los cromosomas durante la maduración de los oocitos, también indicaron uniformidad de las especies a nivel mundial.

Los resultados esenciales de este trabajo de investigación fueron la confirmación de la existencia de solo cuatro razas ampliamente distribuidas de *M. incógnita*, dos razas de *M. arenaria*, una raza de *M. javanica*, y una raza de *M. hapla*. Eventualmente esta confirmación de la uniformidad específica conducirá a simplificar enormemente los esquemas de rotación para el control del nematodo agallador radical; a procedimientos simplificados para el mejoramiento de cultivares resistentes a dicho fitoparásito y al mayor

entendimiento de la biología de este nematodo que causa el agallamiento de la raíz, enfermedad de amplia distribución mundial (Taylor y Sasser, 1985).

En México, la primera institución que inició trabajos con nematodos fitoparásitos, fue la Comisión de Parasitología de la Secretaría de Fomento, creada en 1900, y que tuvo entre sus investigadores el profesor Guillermo Gándara, quien además de realizar trabajos sobre plagas y enfermedades ocasionadas por hongos, fue el primero en describir en 1906 la presencia de *heterodera marioni* (*Meloidogyne* spp) en plantas de café en México, haciendo también observaciones sobre la relación entre la edad de las plantas y su susceptibilidad o resistencia. Posteriormente, en 1920 este mismo autor reporta la presencia del mismo nematodo en naranjos (Montes, 1988).

2. 2. 2. Pérdidas causadas por fitoparásitos en los cultivos

En un periodo aproximado de 20 años, el servicio de extensión de Carolina del Norte (U.S.A.) ha recolectado excelentes datos en parcelas experimentales y demostrativas sobre pérdidas de cosechas en tabaco (*Nicotiana tabacum*) debido a nematodos y a otros patógenos asociados al suelo.

En 1976, se realizaron 15 ensayos en campo y demostraciones en "Problemas de campo". Los experimentos consistían en parcelas repetidas tratadas con varios nematicidas y comparados con testigos, las cuales no habían recibido nematicidas. En estos experimentos se podía comparar el promedio de producción de las cuatro parcelas repetidas del tratamiento con el de la producción más alta y con el de las parcelas testigo. El promedio de los testigos en los 15 experimentos fue de 75.5% de la producción más alta. En

otras palabras, la falta de tratamiento para controlar los nematodos costaría al agricultor el 24.5% de su producción potencial.

En 1976, en Carolina del Norte, los productores de tabaco gastaron aproximadamente US\$19'000,000 en tratamiento químico del suelo, de los cuales (US\$ 13'900,000 correspondieron a sustancias químicas y 5'100,000 a mano de obra), con la esperanza de obtener mayores utilidades.

Datos existentes sugieren que las pérdidas de cosecha asociadas a *Meloidogyne* y a otros nematodos se estiman en más del 5% a nivel mundial. Esta cifra no significaría mucho si estuviese distribuida equitativamente. Pero no es así: la mayor parte de las pérdidas afecta a quienes menos pueden soportarlo, es decir, a los pequeños productores de los países en desarrollo, donde las pérdidas pueden ser de 25% a 50%, sobre todo en grandes áreas de tierras de cultivadas. (Taylor *et al.*, 1985).

Ngundo, en 1977 citado por Sosa Moss afirma que la presencia de altas poblaciones de *M. incógnita* y *M. javanica* reducen la producción de frijol hasta en un 60%. Los daños que los nematodos ocasionan en frijol pueden ser leves o severos, llegando a impedir la producción de vainas e incluso ocasiona la muerte de las plantas.

En México, es común encontrar el sistema radical del frijol totalmente agallado y la producción reducida hasta en 60%, e incluso pérdida total (Sosa, 1978).

En la literatura existen numerosos escritos y reportes que corroboran resultados similares a los antes descritos en una amplia gama de cultivos de distintas latitudes.

2.2.3 Distribución geográfica a nivel mundial de las especies de *Meloidogyne*

No se conocen los hábitats originales de las especies de *Meloidogyne*. La amplia distribución del material vegetativo infectado por el nematodo agallador de la raíz dificulta identificar entre las especies nativas y las ya adaptadas a un ecosistema capaces de existir indefinidamente y especies importadas capaces de sobrevivir solo unos cuantos meses o unos cuantos años. En climas fríos, donde el promedio de temperatura más bajo del mes es de cerca de 0°C o inferior al promedio de temperatura del mes más cálido del año (cerca de 15°C), la especie más común es *M. hapla*. La información actual indica que ésta especie está adaptada para una existencia prolongada en el Norte de Estados Unidos y sur de Canadá, norte de Europa y norte de Asia. En América del Sur, *M. hapla* se encuentra distribuida a los 40° de latitud sur en las regiones montañosas del lado occidental del continente. En Africa puede estar adaptada para una existencia continua en altitudes mayores de 1500 m.s.n.m. En Australia, es común en Victoria que es el estado más al sur. En nuestro país se ha encontrado en zonas paperas del cofre de Perote, Tlaxcala y Nuevo León, así como en café en alturas superiores a 1500 m.s.n.m. (Marban-Mendoza información personal)

En la zona tórrida, las especies más comunes son, *M. incógnita* y *M. javanica*. En Norte América y Sudamérica, *M. javanica* se encuentra muy escasamente a

los 30° de latitud norte, y 35° de latitud sur, y se va haciendo más común a medida que se aproxima al Ecuador. En muchas partes de la zona tórrida en Africa, Australia y el sur de Asia, probablemente *M. javanica* es la especie más común. *M. incognita* y *M. arenaria* son comunes y se encuentran ampliamente distribuidas en las mismas regiones. El límite para una existencia permanente de *M. incognita* en los Estados Unidos, está a unos 150 kilómetros al norte de la frontera con Canadá, *M. javanica* y *M. arenaria* se encuentra en las mismas regiones donde se encuentra *M. incognita*.

Regiones del mundo localizadas entre 35° de latitud sur y 35° de latitud norte están ampliamente infectadas por tres especies de *Meloidogyne*, adaptadas a una existencia permanente en climas cálidos, *M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*. En el Hemisferio Norte y a más de 35° de latitud, *M. hapla* es la más común. Estas cuatro especies, de *Meloidogyne* como los taxónomos las identifican actualmente, son las más comunes y diseminadas en el mundo y probablemente la causa de mayor daño a los cultivos, que la combinación de todas las otras especies del género (Sasser and Triantaphyllou, 1977).

2.2.4 Distribución geográfica del género *Meloidogyne* en México.

En México, existen reportes de la distribución de *Meloidogyne* en diversas áreas del país. Cuéllar (1984) reporta que en Tenextepango, Morelos, una de las enfermedades que se han observado con mayor incidencia es la llamada "Jicamilla" ocasionada por nematodos agalladores del género *Meloidogyne*.

Rodríguez (1996) indica la presencia de "jicamilla" en frijol, ocasionada por *Heterodera marioni* hoy *Meloidogyne* spp.

Crispin y Sifuentes (1970) mencionan que el nematodo *Meloidogyne* spp es común en frijol en el norte de México, especialmente en el norte de Tamaulipas.

Palacios (1990) señala que el nematodo agallador de las raíces se encuentra ampliamente distribuido en el Estado de Morelos.

Puc Koh en 1996 realizó un estudio histológicos de tallos y raíz de jícama (*Pachyrhizus erosus*) realizado en Huehuetlán el Chico, Puebla, y reportó que *Meloidogyne incognita* era capaz de infestar el tallo y las raíces de la jícama, donde provocaba alteraciones celulares caracterizadas por la formación de 2 a 6 células gigantes multinucleadas hiperplasia y desorganización de los vasos del xilema. Esta respuesta vegetal es similar a la que se había descrito por muchos otros autores en diversos cultivos.

Cepeda (1996) reporta que en México los cultivos de importancia económica atacados por nematodos del género *Meloidogyne* son:

Aguacate (*Persea americana* L.), Alfalfa (*Medicago sativa*)
Algodón (*Gossypium hirsutum* L), Amaranto (*Amarantus hibridus* L.),
Cacahuete (*Arachis hipogea* L.), Calabaza (*Cucurbita pepo*) Col (*Brassica oleracea* c.v. *capitata*), Fresa (*Fragaria mexicana*), Frijol (*Faseollus vulgaria* L.),
Garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Guayabo (*Psidium guajava*),
Manzano (*Malus pumila*),Melón (*Cocumis melo* L.), Papa (*Solanum tuberosum* L.),
Papaya (*Mussa paradisiaca*), Quelite (*Amarantus spp.*), Tomate (*Licopersicon esculentum* Mill), Vid (*Vitis vinifera*). Los estados que los reportan son: Baja California, Coahuila, Durango, Edo. de México, Guanajuato,

Guerrero, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz.

2. 3 Clasificación zoológica del genero *Meloidogyne*

Phylum: Nemata o Nemátoda

Clase: Secermentea

Orden: Tylenchida

Familia: Meloidogynidae

Superfamilia: Tylenchoidea

Género: *Meloidogyne*

(Wouts, 1973)

2. 4 Taxonomía de las especies de *Meloidogyne*

La caracterización de formas morfológicas no han proporcionado una definición objetiva de lo que constituye una especie de *Meloidogyne*. Experimentos y estudios citológicos recientes, han demostrado que muchos miembros del género *Meloidogyne* se reproducen por partenogénesis (Tryantaphyllou 1970). Esto significa, que el concepto de especie biológica no puede ser aplicado a este género o al menos hacerlo con algunas aclaraciones. Solamente se conoce una especie no descrita de Carolina del Norte que se reproduce exclusivamente por anfimixis. Algunas otras se reproducen tanto por anfimixis como por partenogénesis meiotica. Sin muchas implicaciones teóricas, el concepto de especie biológica se puede explicar a especies que se reproducen por antifimixis. Hace falta investigación para determinar si las especies mencionadas son potencialmente aisladas en cuanto a su reproducción.

La partenogénesis en *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* a veces en *M. hapla* es del tipo mitótico, sin meiosis durante la ovogénesis; por lo que el número somático ($2n$) de cromosomas es mantenido durante la maduración de los oocitos. La partenogénesis es obligatoria, como no hay un concepto definitivo de especie para organismos con partenogénesis obligatoria, las especies son entidades subjetivas basadas en la morfología y hasta cierto punto en la reacción del hospedante. Desde el ángulo práctico cada una de estas especies partenogénicas consiste en un gran número de poblaciones de campo que comparten algunas características comunes de valor taxonómico.

El número básico de cromosomas del género es 18 y se han encontrado poblaciones del *M. hapla* con número haploide de cromosomas $n = 15, 16$ y 17 los números somáticos para *M. javanica* son $2n = 43, 44, 46$ y 48 . *M. arenaria* tiene $2n = 36$ y $3n = 54$ y *M. incognita* tiene $2n = 41$ a 44 . (Triantaphyllou, 1970).

2.5 Ciclo de vida.

El ciclo de vida de las especies de *Meloidogyne*, comienza con un huevo generalmente en estado unicelular, depositado por una hembra que está completa o parcialmente incrustada en la raíz del hospedante. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa, que los mantiene juntos en masas o sacos de huevecillos. Se ha encontrado más de 1000 huevos en una masa que puede ser más grande que el cuerpo de la hembra (Thorne, 1961).

El desarrollo del huevo comienza horas después de la oviposición, resultando en 2, 4, 8 o más células, hasta que se ve una larva completamente formada, con un estilete, enrollada en el interior del huevo. Este es el primer estadio

larval, (o juvenil) que se puede mover dentro del huevo pero no es muy activa. La primera muda tiene lugar en el huevo y no es difícil ver separada la cutícula del primer estadio, sobresaliendo más allá de la cabeza del segundo estadio larval, poco después, la larva emerge a través de un agujero hecho en un extremo del cascarón flexible del huevo, por medio de pinchazos repetidos con el estilete.

La larva del segundo estadio larval (L2 ó J2) que ha emergido, puede dejar o no inmediatamente la masa de huevos. Generalmente hay varias larvas emergidas en la masa de huevos juntamente a huevos provistos de estadios en distintas etapas de desarrollo. Después de dejar la masa de huevos, la larva (J2) se mueve a través del suelo en busca de una raíz de la que pueda alimentarse, parece ser que la búsqueda es al azar hasta que la larva se acerca a unos cuantos centímetros de la raíz, y es guiada por alguna sustancia que emana de la raíz, luego se va trasladando directamente hacia la punta radical (Sasser *et al.*, 1985)

2.5.1 Penetración en las raíces.

Las larvas pertenecientes al segundo estadio larval son infectivas y generalmente penetran a la raíz justamente sobre la caliptra (punta de la raíz). Se mueven principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz y finalmente se colocan con sus cabezas en el cilindro central y de desarrollo, cerca de la región de elongación celular, y con sus cuerpos en la corteza. Con sus estiletes perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. Estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumentan la proporción de la división celular en

el periciclo, dando lugar a la formación de células gigantes (también llamadas síncitos), formados por un agrandamiento de las células (hipertrofia), la posible disolución de paredes celulares, agrandamiento de núcleos y a cambios en la composición de los contenidos celulares. Al mismo tiempo hay una intensa multiplicación de células vegetales (hiperplasia) al rededor de la larva.

Usualmente pero no invariablemente, estos cambios son acompañados por el engrosamiento de la raíz para formar agallas conspicuas. En las raíces pequeñas estas pueden ser redondas a fusiformes y tener de uno a tres milímetros de diámetro. (Sasser *et al.*, 1985).

2.6. Anatomía

Los machos, hembras y larvas de las especies de *Meloidogyne* tienen estilete que consiste en una punta cónica, una columna recta y tres nódulos. El estilete puede ser sacado por medio de músculos adheridos a los nódulos. Es usado para perforar las células de las plantas. El estilete tiene una abertura cerca de la punta que conduce al lumen del estilete que es continuado con el lumen del esófago adherido a los nódulos. Cerca de la parte posterior de los nódulos, el lumen tiene una ramificación corta llamada orificio de la glándula dorsal, el lumen esofágico conduce hacia una válvula situada en el bulbo esofágico medio.

Los músculos adheridos a la válvula la dilatan y contraen alternativamente, de modo que funciona como una bomba, trasladando el alimento al intestino, posteriormente al bulbo medio del esófago donde se encuentran tres grandes válvulas, una dorsal y dos sub-ventrales. El conducto de la glándula dorsal se

dirige hacia el orificio de la misma, y los conductos de las glándulas sub-ventrales desembocan dentro del tubo esofágico en el bulbo medio.

Para alimentarse, el nematodo empuja la punta del estilete dentro de la célula de la planta, las secreciones de la glándula dorsal esofágica fluyen a través de la abertura del estilete, hacia el interior de la célula de la planta. Esta secreción y posiblemente las secreciones de las dos glándulas sub-ventrales tienen un gran efecto en la planta. Las larvas y las hembras tienen glándulas esofágicas bien desarrolladas y las usan en la alimentación. Los machos aparentemente no se alimentan y carecen de glándulas esofágicas bien desarrolladas. Los machos tienen estilete bien desarrollado y cuerpo delgado, ahusado adelante y redondeado atrás, las dos espículas se usan durante la copulación, siendo sacadas a través de la cloaca que combinan las funciones de abertura anal y sexual. La cutícula del cuerpo del macho tiene numerosos anillos, los que son interrumpidos en los lados del cuerpo por campos laterales con cuatro o más líneas. En las larvas, los anillos y las líneas laterales son usualmente menos conspicuas.

El cuerpo de la hembra es blanco y los detalles de los ovarios son difíciles de observar. El cuello es más transparente que en el macho; el estilete, bulbo esofágico y canal excretor son generalmente visibles. (Sasser *et al.*, 1985).

2.7. Histología y patogenesis

2.7.1 Formación de las células gigantes

Cuando el segundo estadio larval de *Meloidogyne* penetra en las raíces, se mueve a través del punto de crecimiento de la raíz y de la región de elongación celular. Posiblemente la larva se alimente de algunas células. Hay claros y rápidos cambios en el desarrollo de la raíz. Christie en 1936, encontró que en una raíz de tomate penetrada simultáneamente por varias larvas, las células de

la cofia desaparecieron en 24 horas. Las células de un grupo cercano a la punta de la raíz tenían protoplasma moderadamente denso pero no se dividían. Las células inmediatamente posteriores a éstas fueron alargadas y el cilindro central parcialmente diferenciado terminaba súbitamente.

Entre 48 y 60 horas después de que la larva dejó de moverse, se notó un retardo en la diferenciación normal de las células cerca de su cabeza. Muchas de estas células son aquellas que normalmente se convertirían en elementos conductores, dejando una brecha en la continuidad de los elementos del floema. Las células anormales son el comienzo de células gigantes, que aparentemente se forman por disminución de las paredes celulares, dando como resultado una unión de células adyacentes y una serie de divisiones endomitóticas sincronizadas. Los núcleos de las células agrandadas y sus nucleolos son muy grandes. Alrededor de 6 días después de la inoculación, las células gigantes se llenan de un citoplasma denso diferente en apariencia del de las células adyacentes.

Las células adyacentes a las células gigantes se dividen y forman un círculo distintivo de células pequeñas. Las células gigantes son siempre alargadas y están situadas más o menos en forma paralela al eje de la raíz. (Rohde *et al.*, 1975)

Las hembras de las especies de *Meloidogyne* se alimentan de citoplasma de las células gigantes. Este tiene una textura granular que va aumentando en densidad a medida que la célula madura, y contiene muchos mitocondrios y componente celulares comunes, con cuerpos de Golgi, protoplástidos y una gran cantidad de retículo endoplasmático. El citoplasma de la célula gigante tiene diez veces más proteína que el citoplasma de una célula normal y

también trazas de carbohidratos y grasas. El mantenimiento de las células gigantes parece depender de un continuo estímulo generado por el nematodo.

La multiplicación nuclear en las células gigantes resulta de una mitosis incompleta y de la cariogenesis, cada núcleo formado presenta un alto contenido de ADN indicando replicación interna (Rohde *et al.*, 1975)

2.7.2 Hiperplasia e hipertrofia

Una vez que la larva penetra a la raíz se mueve principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz y finalmente, se coloca con su cabeza en el cilindro central en desarrollo, cerca de la región de elongación celular y su cuerpo en la corteza. Con su estilete perfora las paredes de las células e inyecta secreciones de sus glándulas esofágicas.

Las secreciones esofágicas causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular dando lugar a la formación de células gigantes (hipertrofia). Al mismo tiempo, hay una intensa multiplicación de células vegetales al rededor de la cabeza de la larva, a esta multiplicación celular se le denomina hiperplasia. Estos cambios son los que dan origen al engrosamiento de la raíz para formar agallas que contienen una o más hembras y pueden variar de 1 a 3 mm de diámetro (Taylor y Sasser, 1985).

2.8 Antecedentes del manejo integrado de plagas (MIP) en nematodos fitoparásitos

Los conceptos específicos del manejo integrado de plagas (MIP) son un desarrollo relativamente reciente en el control de plagas (Bird, 1987).

Los primeros nematologos proporcionaron un marco conceptual excepcionalmente fuerte para el desarrollo de los sistemas de manejo avanzado e integrado de plagas (MIP) para fitonematodos. En 1889, Atkinson planteó una variedad de tácticas para el manejo de los nematodos que son sorprendentemente similares a las que se encuentran actualmente disponibles: esterilización del suelo por inanición, incluyendo el uso de plantas no-hospedantes, el potencial de cultivos trampa, composta, nematicidas y enmiendas de suelos como cenizas y potasas de madera dura. El primer trabajo de Cobb, 1918 sobre comunidades muestreadas de nematodos proporcionó una base para el desarrollo de tácticas y estrategias mejoradas esenciales para el manejo integrado de plagas de nematodos. Tyler en 1933, ofreció recomendaciones para el monitoreo de los nematodos agalladores de la raíz, así como también para su manejo; "Una combinación bien planeada de prácticas irá más allá para controlar los nematodos que cualquiera de los tratamientos recomendados". Esto posteriormente indicó que la presencia de nematodos (agalladores de la raíz) en cualquier suelo puede determinarse examinando las raíces de plantas susceptibles que han sido cultivadas por lo menos tres semanas en condiciones calurosas y húmedas. Para intentar la erradicación de nematodos agalladores de la raíz, sugiere lo siguiente: (a) quemar los residuos del cultivo dos o tres veces si es posible. Cada quema precedida por una rotación de la tierra con pala o con arado; (b) barbecho seco y un frecuente uso del arado, (c) uno o más cultivos de trampa bien irrigados totalmente destruidos 2 ó 3 semanas después de brotar; (d) barbecho húmedo durante tiempo caluroso, sin maleza; (e) cultivos resistentes en rotación, mantenidos libres de malezas; y (f) repetición de (d) y (e). Tyler 1933, también resaltó que los nematodos agalladores de la raíz intensifican la susceptibilidad de los cultivos a otras enfermedades como el marchitamiento del algodón, marchitamiento del tabaco y la enfermedad rhizoctonia del cacahuate. Estas

estrategias/tácticas se basaron en las primeras recomendaciones ofrecidas por Atkinson en 1889 y Bessey en 1911.

Según Bird (1991) existen tres etapas claves sobre las cuales el MIP está basado: (a) determinar como debe modificarse la biología de la plaga para reducir su densidad; (b) combinar la tecnología actual con el conocimiento biológico para efectuar modificaciones; y (c) desarrollar tecnologías nuevas o mejoradas de control que sean compatibles con las circunstancias económicas y condiciones ambientales. En las dos últimas décadas, el MIP ha sido incluido en la agricultura sustentable de bajos insumos, la agricultura alternativa, el cultivo o manejo integrado y ahora en la agricultura sustentable (Barker *et al.*, 1998).

Barker (1998) menciona que las tácticas comúnmente usadas en la agricultura intensiva incluyen prácticas culturales como la rotación de cultivos, la destrucción de raíces de cultivos residuales, el uso de cultivares resistentes y la aplicación de tratamientos químicos del suelo. Bridge 1996, esboza y discute cuatro estrategias diferentes para nematodos específicos y algunas otras plagas de sistemas agrícolas sustentables y de subsistencia:

1. Prevenir la introducción y propagación de nematodos usando materiales libres de nematodos.
2. Usar métodos de control no químicos, culturales y físicos, particularmente rotación de cultivos y manejo de suelos.
3. Promocionar agentes de control biológicos que ocurren naturalmente, comprendiendo los métodos de cultivo y el uso apropiado de la rectificación del suelo.
4. Mantener o mejorar la biodiversidad inherente a los sistemas agrícolas tradicionales que usan cultivos múltiples y cultivares

múltiples para aumentar la resistencia o tolerancia disponibles para los nematodos.

Estas técnicas culturales y de bajos insumos para el manejo de nematodos pueden ser empleadas por agricultores de subsistencia y de pequeña escala, pero adaptar algunas de ellas a la agricultura intensiva sigue siendo un reto. Por ello, el desarrollo de nuevas tecnologías e información mejorada en biología de suelo, incluyendo la diversidad de nematodos así como su relación con el reciclaje de nutrientes y la salud del suelo, facilitará un manejo de plagas de nematodos ecológicamente sano y más sustentable en los sistemas de cultivo que es aplicable a la agricultura tradicional e intensiva.

2.9 Trabajos similares

Salgado en 1989, estableció un ensayo buscando alternativas de control a *Meloidogyne* en el frijol "Negro Puebla" mediante la incorporación de residuos orgánicos, aplicación de selectos nematicidas no fumigantes y coberturas de plástico en suelos naturalmente internados en Tecamachalco, Puebla. Encontró que todos los tratamientos afectaron el libre establecimiento del nematodo. Así el índice de agallamiento fue controlado principalmente por el plástico solo, plástico más gallinaza (10 ton/ha), Gallinaza sola (10 ton/ha) y aldicarb (3 kg. l a/ha). En cuanto al peso de la raíz, solo el testigo fue diferente a los demás tratamientos debido posiblemente al gran número de agallas presentes. En cuanto al rendimiento (Ton/ha) todos los tratamientos resultaron ser superiores al testigo. El organofosforado ethoprop (3 kg. i.a./ha) fue el que mayor rendimiento obtuvo 1.41 ton/ha, le siguió la alfalfa (10 ton/ha) con 1.31 ton/ha y finalmente el plástico con 1.31 ton/ha. Concluye este investigador, que los tratamientos ethoprop (3 kg, i.a./ha), gallinaza (10 ton/ha.) y estiércol (10

ton/ha) le rinden un alto beneficio neto al campesino de esta zona del estado de Puebla.

Poveda en 1990 evaluó diferentes alternativas químicas y no químicas para el combate de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de melón, evaluó el efecto de la incorporación de residuos orgánicos, nematicidas granulados y coberturas plásticas negras y transparentes, como acolchado y solarización, los resultados mostraron que todos los tratamientos afectan el libre establecimiento del nematodo. El índice de agallamiento fue reducido principalmente por la cachaza (2 kg. i.a./ha) y en cuanto al rendimiento el acolchado con plástico negro fue el mejor tratamiento (1,590 cajas/ha), seguido del plástico negro más gallinaza (1,458 cajas/ha), plástico claro acolchado (1,425 cajas/ha) y el terbufos (965 cajas/ha), siendo este último el tratamiento más rentable. El rendimiento resultó estar correlacionado negativamente con el índice de agallamiento.

Garrido (1990) en un ensayo evaluó la eficiencia relativa de diversas tácticas químicas y no químicas para combatir a los principales fitonematodos asociados al cultivo de tomate, en el centro de investigaciones aplicadas a zonas áridas (CIAZA), Azua, República Dominicana. Encontró que la variedad de tomate Peto 98 está 100 % asociada a poblaciones altas de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*. Concluye que todos los tratamientos redujeron las poblaciones de nematodos en el suelo y las raíces de tomate hasta los 60 días, pero la solarización y el estiércol caprino la hicieron hasta los 90 días con excepción del plástico transparente, todos los tratamientos incrementaron los rendimientos (ton/ha) con relación al testigo sin tratar desde 16% al 112%. El análisis económico mostró que los tratamientos con los

estiércoles de caprino y vacuno fueron de mayor beneficio. Las coberturas con plásticos solos o combinados con enmiendas no resultaron ser rentables.

En 1990 Perdomo, evaluó alternativas químicas y no químicas en el Valle de Comayagua, Honduras. Para el combate de *M. incognita* en el cultivo de tomate en un suelo franco arenoso e infestado naturalmente. Estudio el efecto de la incorporación de residuos orgánicos y nematicidas no fumigantes y coberturas de plástico transparente. Encontró que todos los tratamientos afectaron el libre establecimiento del nematodo. El índice de agallamiento fue reducido principalmente por el acolchado solo y el acolchado mas gallinaza (8 ton/ha), oxamyl (4 lt/ha) y fenamidofos (6 kg. i.a./ha) en cuanto a rendimiento el tratamiento de solarización (coberturas plásticas) antes del transplante fue el de mayor rendimiento (25.7 ton/ha) seguido de picado de repollo (8 ton/ha) con 25.3 ton/ha, fenamidofos (6 kg. i.a./ha), con 22.4 ton/ha y la gallinaza (8 ton/ha) con 22.3 ton/ha. El tratamiento económicamente más rentable fue la gallinaza (8 ton/ha).

Esfuerzos parecidos a los arriba mencionados son muy comunes en la disciplina nematologica a nivel mundial. Baste decir que en las memorias de los 3 últimos congresos mundiales (1997, 1998, 1999), de una de las sociedades más prestigiosas de nematologos, la ONTA (Organización de Nematologos de los Trópicos Americanos) más del 70 % de las ponencias presentadas tenían como propósito buscar alternativas no químicas para combatir nematodos fitoparásitos. Esta tendencia indica claramente la propuesta que los especialistas ofertan ante los cambios actuales de las sociedades que ya no toleran agroquímicos clásicos (de amplio espectro, persistentes, contaminantes y riesgosos). El hecho irreductible de los elevados costos que se tienen para desarrollar nuevos productos y el tamaño relativamente pequeño, del mercado

de los nematicidas nos permite hipotetesar que no habrán nuevos compuestos nematicidas, al menos en la presentación clásica en por lo menos varios lustros.

De esta manera, resulta entendible la búsqueda de alternativas de control de nematodos en toda latitud. Estas son diferentes para cada región y debe, en consecuencia, buscarse las mejores opciones a través de la investigación. Lo que vamos a describir, resultó de lo que consideramos más aplicable para las condiciones y realidades del cultivo de sandía en la Región Mixteca de Puebla México.

III. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en los meses de noviembre de 1997 a mayo de 1999, en la Región Mixteca del Estado de Puebla, y en los invernaderos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

La investigación consistió en tres partes, las cuales se desarrollaron de manera consecutiva. Primeramente se realizó un muestreo de raíces en diferentes parcelas sembradas con el cultivo de sandía *Citrullus vulgaris*, en los municipios de Tehuiztingo, Piaxtla, Tecamatlán, Ahuehuetitla, y Tulcingo de Valle.(Región Mixteca). Con base en el índice de agallamiento se determinó la distribución de la enfermedad en el área de estudio. Posteriormente se evaluaron en invernadero diferentes dosis de ethoprop (Mocap gel 68.2%), aplicadas a una población determinada de *Meloidogyne* spp. inoculada previamente a plantas de sandía. Finalmente, en campo se evaluaron diferentes tácticas para el combate del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp), Al momento del transplante se tomaron muestras de suelo para determinar la población inicial de *Meloidogyne* spp asociada al cultivo de sandía en la parcela experimental y también se determinaron las especies más comunes.

3.1. Descripción y localización del área de estudio

La Región Mixteca se localiza al extremo sureste del Estado de Puebla, colinda al norte con los valles de Atlixco, al sur con los estados de Oaxaca y Guerrero, al este con la región de Tecamachalco y Tehuacán y al oeste con el estado de Morelos. En el estado de Puebla la Región Mixteca comprende una extensión territorial de 823,997 hectáreas, correspondiendo el 24% del área total del Estado. Se divide en 47 municipios en los que se ubican 326 comunidades rurales. (SAGAR, 1998).

El municipio de Tehuiztzingo, es el área en donde tradicionalmente se ha venido sembrando el cultivo de sandia bajo condiciones de riego que junto con el de maíz, constituyen el sustento de los agricultores durante el ciclo otoño-invierno. En algunas ocasiones se destinan áreas pequeñas para los cultivos de tomate, calabacita y chile, a diferencia del ciclo primavera-verano (temporal), en donde se establecen los cultivos de maíz, calabaza, cacahuete y ajonjolí.

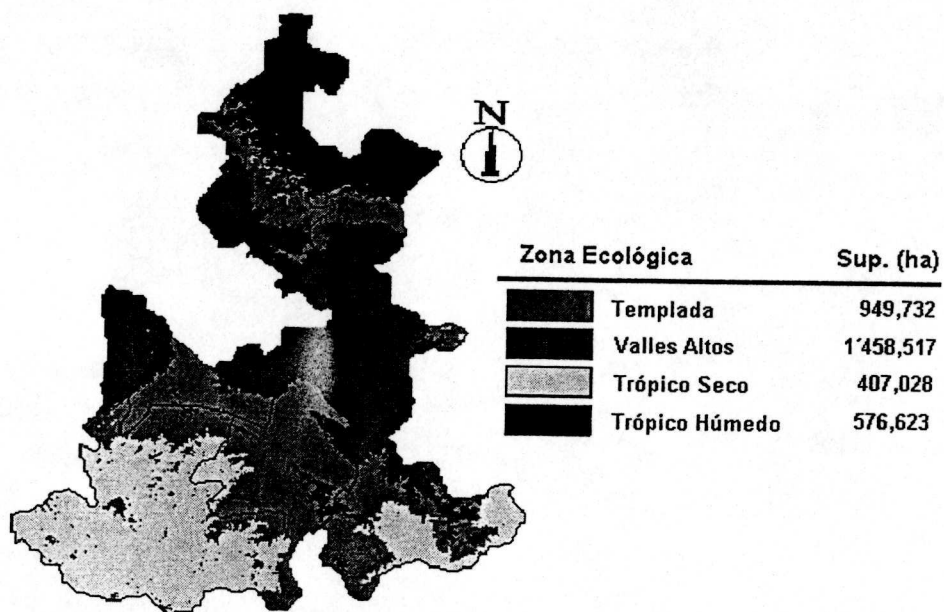


Figura 2. Distribución de las zonas ecológicas en el Estado de Puebla

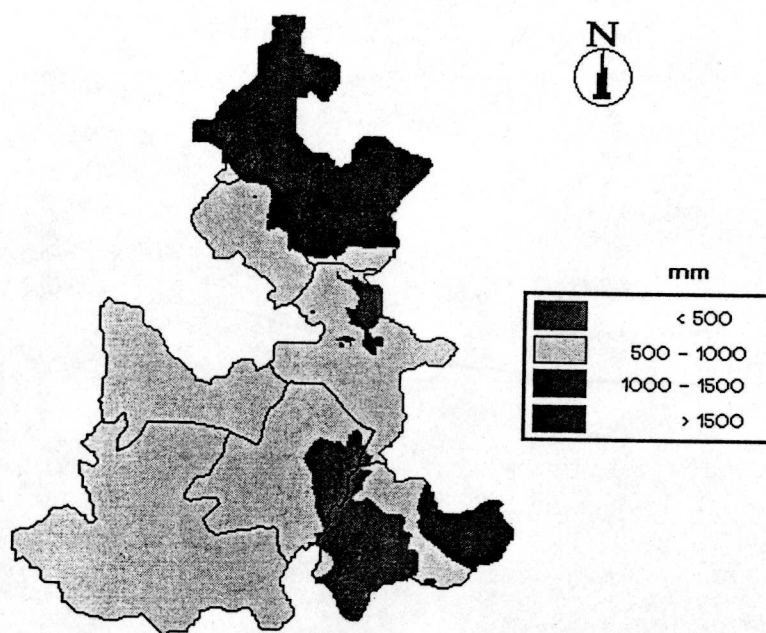


Figura 2b. Distribución de la precipitación en el Estado de Puebla.

Esta región se caracteriza principalmente por su sistema orográfico, el cual esta compuesto por lomeríos y cerriles con pendientes que van del 20 al 60% todo esto hace que se tengan alturas variadas que oscilan desde 700 hasta 1900 m.s.n.m. (SAGAR 1998), FAO considera en esta región dos tipos de climas: el clima cálido subhúmedo con temperatura media anual de 22°C y precipitación de 650 mm. y el clima seco estepario con una temperatura media anual de 22°C. precipitación de 400 mm. La lluvia que cae en la mixteca poblana se presenta mal distribuida ya que durante el temporal que abarca del mes de junio al mes de septiembre se presentan dos épocas de secas muy marcadas, siendo estas en los meses de julio y septiembre que van de 15 a 45 días de sequía afectando año con año a los cultivos de maíz, frijol, cacahuate, calabaza y ajonjolí. (SAGAR 1998).

En la Mixteca Poblana la vegetación dominante es la selva baja caducifolia y el matorral crasicaule que se presenta en cerriles y lomeríos con una amplia gama de especies arbustivas como el "cazahuate", "cuajilote", "pochote", etc. así como la "palma xoyatl". La región esta actualmente en proceso de desertificación.

Con base a la clasificación FAO, la región es conformada en un 80% por suelos de tipo litosoles y rendzinas, mismas que se localizan en los cerriles y laderas, caracterizándose por suelos delgados con pedregosidad superficial y poca o nula retención de humedad y de fácil erosión y el 20% de los suelos denominados vertizoles pélicos, mismos que se caracterizan por ser suelos profundos de color negro y de textura fina localizándose en los valles.

Las formaciones geológicas son muy variadas y se encuentran rocas de muy diferentes edades. Existen formaciones del precámbrico, constituido principalmente por pizarras. También se encuentran formaciones del jurásico dando origen a una topografía de lomeríos (INEGI, 1998).

3.1.1. Agricultura de Temporal

La agricultura de temporal es de tipo tradicional con cultivos anuales (maíz, cacahuate, ajonjolí, jamáica, sorgo, frijol y calabaza). Se realiza sobre mas del 93% de la superficie laborable, la cual se localiza en su mayor proporción en laderas pedregosas con suelos someros y solo una pequeña parte en valles que corresponden a las planicies aluviales; es una agricultura de subsistencia que se caracteriza por rendimientos bajos, escaso uso de capital en insumos y alta intensidad de mano de obra familiar. Las fuentes de energía de trabajo agrícola son la fuerza humana y los animales de tiro; los resultados con base a estadísticas muestra que el 85% de los productores utilizan yunta para la preparación de la tierra, el 5% utiliza yunta y tractor. El uso de los fertilizantes esta limitado a dosis bajas y a los cultivos de maíz y sorgo.

El tamaño de la parcela por agricultor es de 1.78 hectáreas con una mínima de 0.25 hectáreas y máxima de 4.12 hectáreas. En las laderas las parcelas de los agricultores están dispersas o fraccionadas. Sin embargo en las planicies aluviales, las parcelas tienen una configuración regular y están concentradas. Esta agricultura es de autoconsumo, excepcionalmente los excedentes están destinados al mercado local. La superficie total bajo condiciones de temporal asciende a 124 288 hectáreas, (SAGAR 1998).

3.1.2 Agricultura de riego.

El 7% de la superficie laborable cuenta con servicio de riego, comprende 13,824 hectáreas de tierras localizadas en las planicies aluviales dispersas en el área de estudio (No se incluye el valle de Izúcar de Matamoros). Es una agricultura comercial importante que se caracteriza por rendimientos altos, con uso intensivo de capital, fertilizantes y maquinaria. La intensidad de uso de mano de obra es alta en el proceso de producción. La agricultura de riego es próspera y puede realizarse todo el año; del cual el ciclo otoño-invierno se caracteriza por el manejo intensivo de la horticultura. No obstante estas áreas

están aisladas y se restringen a los márgenes de los ríos y a superficies beneficiadas con pozos a cielo abierto y presas de almacenamiento (SAGAR 1989).

3.2 Muestreo de raíces de sandía para determinar la distribución de la enfermedad (agallamiento de raíces) en la Región Mixteca .

Primeramente se identificaron las comunidades que durante el ciclo agrícola otoño-invierno 1997/98 establecieron el cultivo de sandía en el ámbito de la región esto para obtener una buena representatividad en virtud de la extensión de la zona.

Cuadro 1 Municipios y comunidades que establecieron el cultivo de sandía en el ciclo otoño-invierno 1997/98. En la Región Mixteca.

Municipio	Comunidad	Superficie sembrada
Tehuizingo	Boqueroncitos	5
	La colina	10
	Sección siete	6
	La rinconada	8
	Agua de Hernández	4
Piactla	El progreso	31
	Peña colorada	30
	Tlaxcoapan	10
	Tecuatitlan	4
	Atempan	6
Tecomatlan	Piactla	8
	La Unión	8
	Rancho Nuevo	2
	Tempenquistle	10
	Mixquiapan	12
	Quicayan	12
	Independencia	6
	Tecomatlan	5
	Ixtayo	4
	San Francisco	3
Ahuehuetitla	Ahuehuetitla	4
	Las Peñas	2
	San Isidro	3
Tulcingo de Valle	Zaragoza	3
TOTAL		171

Posteriormente se identificaron las comunidades y en algunos casos el nombre de los productores, para obtener representatividad dada la extensión del área de estudio.

La información fue recopilada mediante consulta al personal técnico y a la estadística documental del Distrito de Desarrollo Rural de la SAGAR, DDR No 006 Izúcar de Matamoros y a entrevistas directas con los productores de la región.

Se identificaron los municipios y comunidades más importantes desde el punto de vista de producción en la región, las cuales se aprecian en el cuadro 1.

Se realizaron muestreos a las parcelas de dos productores por comunidad, logrando recolectar 19 muestras, que involucraron a 18 productores y 26 hectáreas de sandía, lo que representa un 15.2% de la superficie total sembrada en la Región Mixteca (Cuadro 2). Se tomaron 5 submuestras compuestas por las raíces de 2 plantas cada una haciendo un total de 10 raíces por muestra.

El muestreo de raíces se realizó al final del ciclo agrícola, una vez que el productor había realizado el último corte de frutos, pero antes de que el ganado entrara a aprovechar los residuos. Las submuestras fueron tomadas siguiendo un patrón en zig zag de manera que fueran representativas de cada parcela. Se obtuvieron extrayendo todo el sistema radical de la planta de sandía.

Las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno y etiquetadas para su identificación.

Obtenidas todas las muestras, fueron lavadas por separado con agua de la llave y se procedió a evaluar el índice de agallamiento utilizando para tal efecto la escala de 0 a 5, propuesta por Taylor y Sasser, 1978.

También con algunas agallas se procedió a realizar cortes perineales para identificación de especies del género *Meloidogyne* de acuerdo a lo descrito por Balnin, 1990 en Zuckerman Lab Manual.

Cuadro 2. Municipios, comunidades y superficie muestreada en la Región Mixteca del estado de Puebla. ciclo otoño-invierno 1977/98

Municipio	Comunidad	Has. Sembradas	Sup. Muestreada
Tehuiztingo	Boqueron	5	2
	La Colina	10	3
	Sección 7	6	3
Piactla	Progreso	30	5
	Peña C.	30	2
	Piactla	8	3
Tecomatlan	Quicayan	12	4
Ahuehuetitla	Ahuehuetitla	4	2
T. de Valle	Zaragoza	3	2
		108(63.1%)	26(15.2%)

3.3. Evaluación del efecto de diferentes dosis de ethoprop (Mocap gel 68.2%) sobre nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp en raíces de sandía.

Esta etapa de la investigación se realizó en los invernaderos de la Maestría en Protección Vegetal de la UACH y en los laboratorios del nematología del Departamento de Parasitología, ubicado en Chapingo, Mex.

3.3.1 Metodología empleada para la obtención de materiales y organismo

- Para llevar a cabo el trabajo experimental se necesitaron 60 unidades experimentales y cada unidad constó de una maceta (bolsa de plástico negro) de 25 cm. de diámetro, con capacidad para un volumen de suelo de 3 kg. cada una con una plántula de sandía variedad Improved Peacock.
- El suelo utilizado tenía una textura franco arenosa con un 15% de materia orgánica procedente de hojarasca de monte, previamente mezclado para este fin.

- Se hizo la siembra directamente a las macetas con semilla de sandía de la variedad Improved Peacock, en suelo previamente esterilizado con brometano (Bromuro de metilo) utilizando una libra por un metro cúbico de suelo.
- Estas plantas estuvieron bajo condiciones de invernadero en la Universidad de Chapingo. No fue necesaria la aplicación de plagicidas para controlar plagas o enfermedades del follaje, en virtud de que durante el periodo no se presentaron síntomas de ataque.

3.3.2 Obtención del patógeno, inóculo e identificación

De lo descrito hasta el numeral 3.3.1 se tomó de diferentes ejercicios de laboratorio contenidos en el manual para practicas de nematología de Zuckerman *et al.*, 1990.

El patógeno (*Meloidogyne* spp.) se obtuvo a partir de raíces agalladas de plantas de sandía var. Improved peacock, recolectadas en el municipio de Tehuizingo Estado de Puebla (Región Mixteca).

El tejido se lavó perfectamente en el laboratorio, haciendo cortes de 1 a 1.5 cm de largo, buscando las partes con mayor cantidad de agallas, posteriormente fue desinfectado en hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1% por un minuto y lavado con agua estéril otro minuto.

Se trituró en una licuadora haciendo tres arranques instantáneos procurando únicamente fraccionar el tejido para liberar a los nematodos hembras y huevecillos incrustado en el tejido vegetal. El material radical destinado para identificar especies fue teñido con fuscina ácida y lactofenol de la manera clásica y las hembras globosas manualmente disectadas y procesadas para obtención de patrones perineales

3.3.3 Procedimiento para conocer la cantidad de inóculo.

Se colocó un gramo de la raíz fraccionada en un frasco conteniendo 80 ml. de agua más 20 ml. de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.5%, agitando vigorosamente por 4 minutos.

Rápidamente se pasó la suspensión con hipoclorito de sodio (NaOCl) a través de un tamiz de 60 mallas, y ésta fue recolectada en un recipiente. Posteriormente la solución se pasó nuevamente sobre un tamiz de 400 mallas para retener los huevecillos; enseguida se colocó el tamiz de 400 mallas en una corriente de agua para eliminar los residuos de cloro, esto se repitió varias veces, se enjuagaron los remanentes de las raíces para obtener huevecillos finalmente se recogieron los huevecillos en un frasco Erlenmeyer de 500 ml. el cual se aforó a 250 ml. con agua destilada.

El recuento se realizó utilizando una pipeta aplicando aire con la boca para producir burbujas que homogeneizara los huevecillos. Con la pipeta se procedió a tomar una alícuota en la parte central de la solución de huevecillos y se depositó en una cámara de recuento para efectuar el conteo de los mismos con la ayuda de un microscopio compuesto.

Se repitió el procedimiento hasta lograr tres muestras independientes de 1 ml. cada una, luego se calculó la media aritmética conociendo cuantos huevecillos hay en 1 ml. de solución, por regla de tres directa se estimó la población total en 250 ml.

Obteniendo la población promedio de huevecillos se procedió a inocular las plantas de sandía utilizando un gramo de raíz agallada fraccionada en trozos pequeños.

3.3.4 Inoculación.

La inoculación a las plántulas se realizó cuando tenían guías con una longitud de 25 cm. Se hizo directamente haciendo tres agujeros alrededor de la base de la planta a una profundidad de 3 a 4 cm., se colocó el inóculo, se cubrió con el mismo suelo y se aplicó un riego.

Tres días después de la inoculación se aplicaron los tratamientos para el control de nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp.

3.3.5 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones por cada uno de los tratamientos, siendo el factor de variación las dosis de ethoprop (Mocap gel 68.2%) y los tratamientos o dosis fueron distribuidos en el plano de la siguiente manera:

- T₁= 0.5 partes por millón
- T₂= 5 partes por millón
- T₃= 50 partes por millón
- T₄= 500 partes por millón
- T₅= 1260 partes por millón
- T₆= Testigo sin tratamiento

Al finalizar el experimento (70 días después de la inoculación) se removieron las plantas anotando los siguientes parámetros

- Peso fresco de la raíz; se obtuvo cortando las raíces y pesándolas
- Índice de agallamiento para *Meloidogyne* spp (Taylor y Sasser, 1978).

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente aplicando el análisis de varianza y prueba de Tukey. El procesamiento de los datos se llevó a cabo utilizando el programa SAS.

3.4 Evaluación de diferentes tácticas para el combate del nematodo agallador *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandía.

3.4.1. Establecimiento del experimento.

El experimento se estableció en la sección siete de la unidad de riego de la presa de almacenamiento "Boqueroncitos" Mpio. de Tehuiztingo, Pue. en el lote conocido como el Borrego, infestado naturalmente por *M. incógnita*. Sé evaluaron nueve tratamientos con cuatro repeticiones, formando un total de 36 unidades experimentales. En el cuadro 2 se ilustran los tratamientos evaluados.

El cultivo fue establecido bajo el sistema de trasplante usando plantas de sandía var. Improved peacock, germinadas en suelo estéril (vasos de unicel de 250 cc), y llevadas a campo 25 días después de la germinación.

Las unidades experimentales consistieron de un surco de 10 metros lineales se colocaron plantas en ambos lados a un metro de separación haciendo un total de 20 plantas. El espacio entre surcos fue de 5 metros lo cual se conoce como "ancho de cama".

Cuadro 3. Tratamientos evaluados para el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandía var. Improved peacock en el municipio de Tehuiztingo, Puebla, ciclo otoño-invierno 1998/99.

Tratamientos	Dosis
Acolchado (plástico negro plata)	
Caprinaza (enmienda orgánica)	400 kg/ha *
Ethoprop (Mocap gel 68.2%)	60 g de i.a./ha
Acolchado + caprinaza	400 kg/ha
Acolchado + ethoprop	60 g de i.a./ha
Ethoprop + caprinaza	60 g de i.a./ha+400 kg/ha
Acolchado +caprinaza + ethoprop	400 kg/ha+60 g de i.a./ha
Testigo del agricultor (siembra directa)	1 lt/ha Furadan ts27.5%**
Testigo absoluto (trasplante)	

* Aplicación "mateado", consiste en depositar 100 g de caprinaza en el fondo de la cepa de trasplante

** Aplicado con bomba manual (c/boquilla abierta) al pie de la planta 25 días después de la germinación.

La aplicación de ethoprop (Mocap gel 68.2%), y caprinaza, fue al momento del trasplante. Haciendo una cepa con una pala recta se aplicó al fondo la fertilización a base de 30 gramos de la formula 100-80-80; esta mezcla se cubrió con una delgada capa de tierra y sobre esta se colocó el ethoprop (Mocap gel 68.2%) y en su caso la caprinaza, se cubrieron nuevamente con tierra y sobre esta se realizó el trasplante.

Para los tratamientos con acolchados se utilizó polietileno "negro plata" (1.2 m. de ancho. Calibre 0.5mm), el cual fue colocado sobre las camas de siembra una vez hecho el trasplante.

3.4.2. Descripción de los tratamientos

Ethoprop (Mocap gel 68.2%)

Ethoprop, Mocap gel 68.2% etoprofos, O-Etil S,S dipropil fósforo ditioato 68.2%. Es un insecticida-nematicida del grupo de los organofosforados que actúa por contacto y carece de acción sistémica.

Su acción va dirigida a inhibir la acetil-colinesterasa, aunque no es un poderoso inhibidor; por lo tanto es menos tóxico que los demás productos nematicidas. Sus residuos no permanecen mucho tiempo en el suelo.

Este producto es ideal para hortalizas de ciclo corto ya que no se trasloca a las partes comestibles, la dosis utilizada fue de 100 partes por millón diluidos en 100 mililitros de agua, depositados en el fondo de la cepa de trasplante. Es distribuido por Rhône Poulenc (Diccionario de especialidades agroquímicas, 1998).

El ethoprop, se ha mantenido en el mercado desde la década de los setentas (Salgado 1989), este producto actúa inhibiendo la enzima acetil-colinesterasa, la cual es fundamental en los mecanismos de transmisión nerviosa, pudiendo

provocar efectos nematásticos con la inhibición de la eclosión, movimiento y penetración (Bunt, 1987 citado por Salgado, 1989).

Caprinaza (Enmienda orgánica)

Esta enmienda consiste en excrementos de ganado caprino los cuales son obtenidos de su acumulación en los corrales de encierro. Después colocados en montones a la intemperie al menos un año para su descomposición

El mayor uso que se le ha dado es como abono orgánico. La cantidad utilizada por cada planta fue de 100g colocados al fondo de la cepa de trasplante.

Acolchado.

El acolchado se hizo cubriendo el suelo con plástico "negro plata" de un calibre de 0.5 mm, y 1.2 m. de ancho por 10 m. de largo (longitud de la unidad experimental). Se colocó sobre la cama de siembra a ambos lados del surco una vez hecho el trasplante, efectuándose perforaciones circulares de 2 pulgadas aproximadamente para cada planta. El plástico fue fijado al suelo colocando tierra en la orilla a lo largo y ancho de la película plástica, haciendo que en uno de los extremos cubriera la mitad de la altura del surco para facilitar la circulación de la humedad hacia las raíces de las plantas, manteniéndose en estas condiciones todo el ciclo.

Acolchado + Caprinaza.

En este tratamiento se colocaron ambos elementos para formar un tratamiento compuesto con el propósito de medir la interacción entre ambos, la aplicación se realizó de acuerdo a la descripción que se da en cada tratamiento por separado.

Acolchado + Ethoprop.

En este tratamiento, al igual que en el anterior se utilizaron dos elementos para evaluar la interacción entre el acolchado plástico y ethoprop (Mocap gel al 68.2%), el acolchado fue colocado como se indicó y el ethoprop (Mocap gel 68.2%) fue igualmente aplicado al fondo de la cepa al momento del transplante.

Ethoprop + Caprinaza.

Este tratamiento consistió en utilizar en forma conjunta al ethoprop (Mocap gel 68.2%) y caprinaza.

Su aplicación consistió en colocar en el fondo de la cepa, 100 gms. de caprinaza (ligeramente húmeda), sobre esta una capa de tierra, posteriormente se colocaron 100 cc. de la dilución de ethoprop (Mocap gel 68.2%) a razón de 100ppm, y sobre estos se realizó el transplante.

Acolchado + Caprinaza + Ethoprop

En este tratamiento se utilizaron en forma conjunta los tres elementos para conocer su interacción. Primeramente se abrió una cepa, en el fondo se colocó la caprinaza (100 g), se cubrió con una capa delgada de suelo y sobre esta se aplicó la dilución de ethoprop 100 cc a razón de 100 partes por millón. Sobre estos se realizó el transplante y una vez establecidas las plantas se colocó el acolchado como se describe anteriormente.

Testigo del agricultor.

Este tratamiento consistió en establecer la plantación por siembra directa, se fertilizó utilizando la misma fórmula que el resto del lote experimental 20 días después de la germinación se hizo una aplicación dirigida al pie de la planta

con Furadan 300 ts al 27.5% (1 lt/ha) de acuerdo a la forma tradicional utilizada por el productor de esta región.

Con una pala recta se abrieron sepas de siembra sobre el lomo del surco, se colocaron de 3 a 4 semillas y se cubrieron con tierra a una profundidad aproximada de 5 cm, a un metro de separación entre matas.

Testigo absoluto.

Este tratamiento consistió en realizar la plantación por transplante pero sin la aplicación de ningún producto orgánico ni químico, colocando las plantas a la misma distancia que en los tratamientos anteriores y siguiendo el mismo procedimiento y cuidados para evitar daños al sistema radical de las plántulas en momento de separarlas de la maceta (vaso de unicel).

3.4.3. Descripción de la unidad experimental.

La unidad experimental estuvo constituida por surcos de 10 metros de largo con plantas en ambos lados del surco. A distancias de 5 metros entre surco (ancho de cama) y un metro entre plantas, resultando un área total de 50 m² con un total de 20 plantas. En las evaluaciones se consideró el índice de agallamiento del sistema radical al final del ciclo, la producción total en kilogramos y el número de frutos de primera y número de frutos de segunda "pachanga". Los bloques estuvieron separados por calles de 1 metro de ancho.

3.4.4. Diseño experimental.

Los tratamientos se ubicaron en el campo de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Se seleccionó este diseño debido al tamaño relativamente grande de las unidades experimentales y el área total que ocupaba el ensayo (2, 025 m²), a

fin de considerar fuentes de variación que pudieran causar diferencias en el gradiente de humedad, la pendiente y tipo de suelo entre los bloques.

3.4.5. Trasplante del experimento.

El suelo donde se transplantó el experimento posee textura arcillo-arenosa, color café rojizo, topografía casi plana, y estaba infestado naturalmente de *Meloidogyne* spp.

Se utilizó la variedad Improved peacock de consumo fresco, que se siembra para el mercado local y nacional.

El trasplante se realizó con un riego de presembrado efectuado cinco días antes del trasplante. El trasplante se realizó el día primero y dos de enero de 1999, tres días después se efectuó un riego para asegurar el arraigo de las plantas.

Las plantas se colocaron en hileras en ambos lados del surco, sobre camas de 5 metros de ancho y aproximadamente 20 centímetros de alto, a una distancia entre plantas de un metro. Se utilizaron plantas que poseían de tres a cuatro hojas verdaderas, se transplantaron a una cepa realizada en el borde del surco.

3.4.6. Manejo del experimento.

La preparación del suelo se realizó con maquinaria y consistió en un paso de arado, un rastreo, seguidos por la formación de camas con el arado surcador.

El experimento se fertilizó con la fórmula 100-80-80 a razón de 217kg urea, 173kg. de superfosfato de calcio triple y 160 kg de sulfato de potasio dividido en tres aplicaciones; la primera al momento del trasplante, la segunda 30 días después del trasplante y la tercera a inicio de la floración.

Los riegos se realizaron por gravedad distribuidos de la siguiente manera: el primero 5 días antes del trasplante, el segundo 3 días después del trasplante, el tercero el día 18 y el cuarto el día 29 de enero.

Durante el segundo mes después del transplante se realizaron 4 riegos a intervalo de 8 días, en el 3^{er} se suministraron 6 con intervalos de 5 días y finalmente durante el 4º mes se aplicaran 8 con intervalos de 4 días en total se aplicaron 22 riegos.

Se efectuó la reposición de 15 plantas durante la primera semana debido a la pérdida ocasionadas por daños mecánicos durante el trasplante y a la falta de humedad en partes altas de los surcos.

En aquellos tratamientos donde no se utilizó acolchado, debido a la infestación de malezas, en especial verdolaga (*Portulaca oleracea*), zacate de agua (*Echinochloa crus-galli*), Campanilla (*Convolvulus* spp) y zacate privilegio (*Panicum maximum*), se realizaron tres deshierbes manuales con pala recta.

Para evitar daños de insectos, principalmente vectores de virus mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones (*Aphis gossypii*) y minador de la hoja (*Liriomyza brassicae*), se realizaron aspersiones periódicas.

La aplicación se inició 5 días después del trasplante, con paratión metílico, 2 % polvo, 15 días después se aplicó thiodan 35 CE a razón de 0.5 lt/ha a la parte aérea. Para el combate de las enfermedades fungosas, Antracnosis (*Colletotrichum lagenarium*) y cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracearum*), se aplicaron al inicio del ciclo fungicidas preventivos Mancozeb 80, PH 0.5 Kg./ha y posteriormente Saprool 200 19.7%. Cabe destacar que al inicio de la floración se presentó ataque de cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoreacearum*), situación que se agravó con la presencia de una lluvia el día 3 de marzo por lo que fue necesario hacer aplicaciones cada 10 días de Bayleton 25 % PH.

3.4.7. Variables evaluadas.

Las variables consideradas para evaluar la magnitud del daño causado por el nematodo agallador de la raíz, así como la interacción sandía - nematodo por efecto de los tratamientos fueron:

- A.- Población de nematodos en el suelo al momento del trasplante.
- B.- Rendimiento total en kilogramos.
- C.- Calidad de la fruta: primera, segunda (pachanga)
- F.- Índice de agallamiento en el sistema radical.

3.4.7.1. Población de nematodos en el suelo.

Se efectuó un recuento de nematodos (J2 x 100 cc de suelo) con el objeto de determinar la población del nematodo al momento del trasplante. Este muestreo se realizó el mismo día del trasplante y se tomaron 5 submuestras de cada tratamiento por repetición para conformar una muestra completa por unidad experimental. Las muestras se homogeneizaron para procesar 100g de suelo por tratamiento. La extracción de nematodos del suelo se hizo mediante la técnica de tamizado-centrifugado en solución azucarada modificada por Roman (1978), con la suspensión obtenida se determinó el número de nematodos del género *Meloidogyne* y otros, por separado. Esto se hizo determinando el número promedio de nematodos en 3 alícuotas de la suspensión de dos mililitros cada una, para cada unidad experimental.

3.4.7.2 Calidad de los frutos

Todos los frutos cosechados fueron medidos, pesados y categorizados por tamaño, de acuerdo a las características tradicionales de comercialización, el cuadro 5 muestra los tamaños promedio de clasificación tradicional.

Clasificación de los frutos de sandía de acuerdo a su tamaño y peso promedio en la Mixteca Poblana.

Categoría	T a m a ñ o		Peso promedio
	Largo	Diámetro	
Primera grande	35.0 cm.	72.0 cm.	12.0 Kg
Primera mediana	32.0 cm.	65.0 cm.	8.0 kg.
Primera chica	24.0 cm.	56.0 cm.	4.0 kgs.
Segunda (Pachanga)	Diverso	Diverso	Diverso

Los frutos de mayor demanda en el mercado local y regional son los de primera grande y primera mediana, los de primera chica son menos demandados pero el precio por kilogramo de estos se cotiza igual que los de primera grande y mediana.

La categoría de segunda (pachanga), son frutos que durante su desarrollo sufrieron daños mecánicos, por plagas y/o enfermedades, presentan deformaciones que alteran su presentación, su tamaño y peso es variable y el valor por kilogramo es 50 % del valor de los de primera.

3.4.7.3. Índice de agallamiento.

Al final de la cosecha, después de realizar el cuarto corte de frutos (108 días después del trasplante), se procedió a estimar el índice de agallamiento en el sistema radical, para lo cual se extrajeron tres plantas por repetición. Se utilizó la escala propuesta por Taylor y Sasser. Este índice posee una escala de cero a cinco, donde cero corresponde a un sistema radical sin presencia de agallas (0%) y cinco el máximo agallamiento alcanzado (100%) quedando entre estos extremos los demás índices con un porcentaje de agallamiento intermedio como se presenta en el cuadro 3. Es importante destacar que no se intentó diferenciar especies de *Meloidogyne* en agallas en ninguna de las evaluaciones.

Cuadro 4. Escala del índice de agallamiento para *Meloidogyne* spp propuesto por Taylor y Sasser, 1978.

Índice de Agallamiento	Número de agallas
0	0
1	0.1-19
2	20-59
3	40-59
4	60-79
5	80-100

Para obtener el índice de agallamiento se tomo una muestra de tres plantas por cada repetición, extrayendo todo el sistema radical. A cada valor estimado se le aplicó la fórmula T y H, con la cual se obtuvieron valores promedios, mismos que fueron analizados estadísticamente.

Formula:

$$P = \frac{\sum(n \times v) \times 100}{\text{categoría mayor} \times N}$$

Propuesta por Townsend y Hueberger (T y H) citado por Unterstenhofer, 1976

En donde:

P= grado de la infección en %

n = Número de hojas (raíces) por categoría

v = valor numérico de cada categoría

N =Número total de hojas (Raíces) en la muestra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación taxonómica de *Meloidogyne* spp., asociados al cultivo de sandía y su distribución en la Región Mixteca del Estado de Puebla.

Los resultados obtenidos del diagnóstico de especies del género *Meloidogyne* aisladas de diferentes raíces de sandía agalladas en Tehuitzingo, mostraron la presencia de *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*. De los 85 patrones perineales observados 30, 5 y 3 respectivamente se ajustaron perfectamente a los patrones de *M incognita*, *M arenaria* y *M javanica*. El resto de los patrones tuvieron características entre mezcladas o distintas, lo que nos permite suponer que probablemente se encuentren otras especies o razas fisiológicas en el área. Por lo tanto, podemos sugerir un estudio más detallado que incluya además de la especiación, la frecuencia relativa y distribución de las distintas especies de *Meloidogyne* en la Región Mixteca.

La corroboración de las especies arriba mencionadas fue hecha por el Dr. Robin Giblin-Davis de la Universidad de Florida mediante el envío de muestra fijadas en formalina al 4%. Expresamos nuestro sincero agradecimiento.

La localización geográfica de los municipios y comunidades muestreadas así como la distribución de los sitios de muestreo se indican en la figura 4.

En ninguna de las parcelas muestreadas se habían utilizado nematicidas, sin embargo, la gran mayoría de los productores manifestaron haber utilizado Furadan 300 ts suspensión acuosa al 27.5% aplicado con bomba manual y con la boquilla abierta, al pie de la planta 20 días después de la germinación.

En el cuadro 6, se presentan los municipios, comunidades número de muestras e índice de agallamiento encontrado en el muestreo. En el 90% de las localidades muestreadas se encontró agallamiento en las raíces de sandía provocadas por el ataque de nematodos del género *Meloidogyne* spp. lo que

indica que es un nematodo de gran importancia para el cultivo de la sandía en esta región del Estado.

En la mayoría de los casos los índices de agallamiento no fueron altos, debido probablemente a que el productor tradicionalmente mantiene en descanso, de uno a dos años, el terreno en el que pretende establecer el cultivo de sandía. Los índices de agallamiento más altos se encuentran en las parcelas muestreadas en las comunidades de Tehuitzingo sección siete y Piaxtla; en el primer caso, corresponde a una parcela en donde dos años atrás fue sembrada con sandía, lo cual hace suponer que existía un alto grado de inóculo el cual se incrementó con el cultivo de sandía del presente ciclo. En el segundo caso, corresponde a parcelas cercanas a la rivera del río mixteco, las cuales tres años atrás fueron utilizadas para producir papaya el cual es un hospedante susceptible a *Meloidogyne*.

Aunado a esto, en varias ocasiones han sido inundadas por aguas en épocas de temporal por lo que poseen textura limo-arenosa con humedad constante, que probablemente propicia el medio ambiente ideal para el desarrollo de los nematodos.

El resto de las parcelas en las demás comunidades corresponde a terrenos que no han sido sembrados con sandía por más de 5 años consecutivos y que en su mayoría han sido utilizados para maíz, lo cual probablemente explica en parte el nivel intermedio y bajo de índice de agallamiento de plantas de sandía.

Lo anterior es indicativo del papel que la rotación de cultivos, como practica cultural podría tener en el manejo del cultivo para suprimir la presencia de *Meloidogyne* en la región.

Resultados similares encontró Pacheco (1996) en Tenextepango, Mor. en un estudio de nematodos asociados al cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en 1986 (zona muy cercana y con características muy

similares a la Mixteca Poblana). Este investigador menciona que *Meloidogyne incognita* muestra un alto grado de patogenicidad, ocasionando fuerte agallamiento en la raíz de jitomate y altas poblaciones de 5462 larvas en 200 cc de suelo.

Cuadro 5. Municipios, comunidades, número de muestras e índice de agallamiento encontrados en el muestreo de raíces de sandía en la Mixteca Poblana .

Municipio	Comunidad	Núm. de muestreo	Índice de Agallamiento radical *
Tehuizingo	Boqueroncito	1	1
	La Colina	2	0, 0
	Sección siete	3	5, 4, 4
Piactla	El progreso	3	2, 0, 1
	Peña Colorada	1	2
	Piactla	3	4, 5, 3
Tecomatlan	Quicayan	2	3, 2
Ahuehuetitla	Ahuehuetitla	2	2, 2
T. de Valle	Zaragoza	2	1, 3

* Escala de 0-5 donde 0 = 0, 1 = 0.1-19, 2 = 20-39, 3 = 40 -59, 4 = 60-79, 5 = 80-100 %

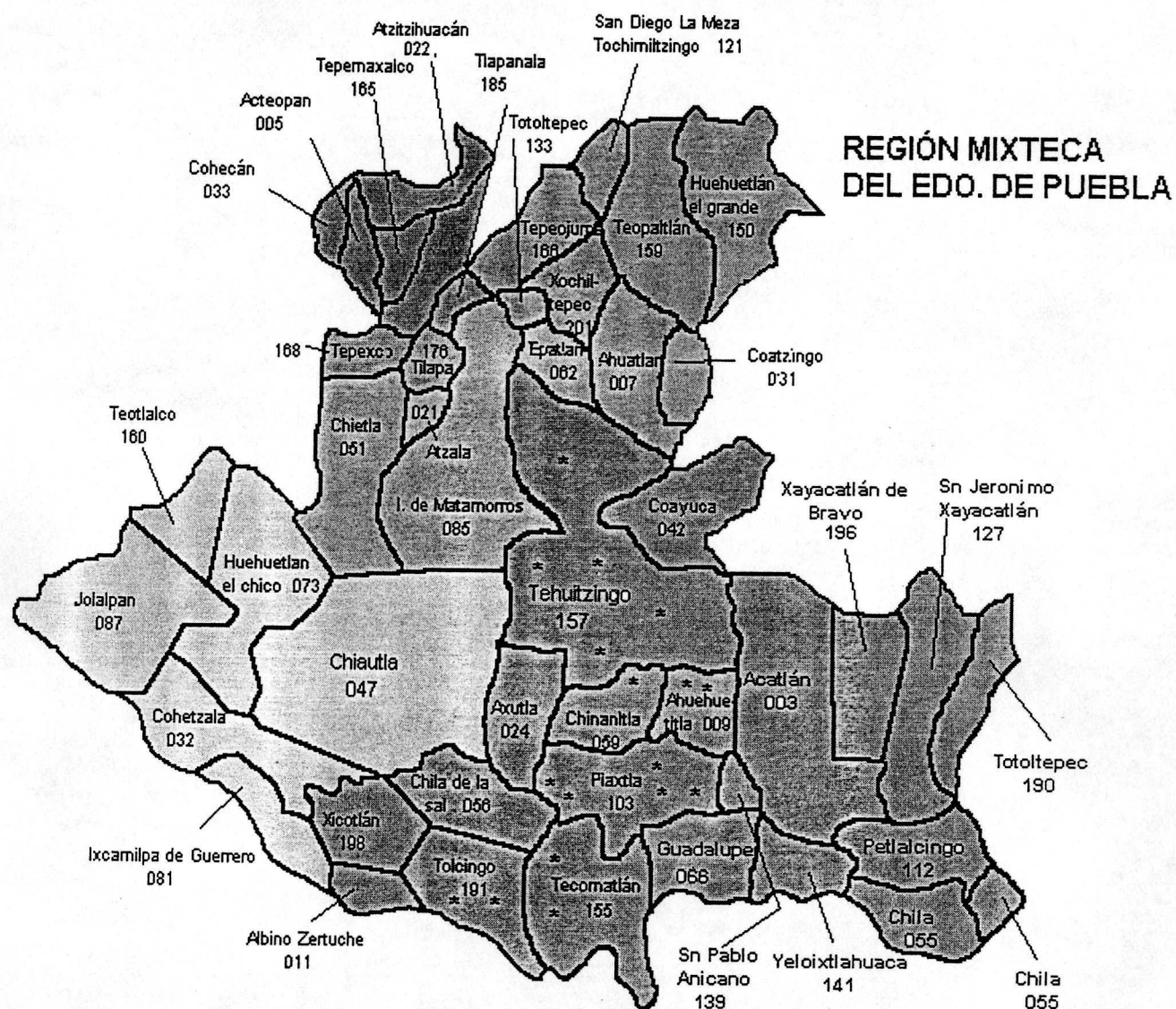


Figura 3 Localización geográfica de los municipios de la Región Mixteca del Estado de Puebla.

* Distribución de los sitios de muestreo

Fuente: Secretaria de Desarrollo del Gobierno del Estado de Puebla.

4.2 Evaluación ethpop (Mocap gel 68.2%) sobre nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. en raíces de sandía.

Cuadro 6. Efecto de ethpop en plantas de sandía (var. Improved peacock) inoculadas con *Meloidogyne* spp en condiciones de invernadero

Tratamiento	Agallamiento radicular			Peso de follaje fresco		Peso fresco de raíz	
	%	Indice *		Medias (g)		Medias (g)	
Testigo (sin tratar)	100	5	a	6.9	b	7.7	b
0.5 ppm	60	3	b	10.4	a	10.3	a
5.0 ppm	40	2	b	7.1	b	6.7	c
50.0 ppm	20	1	c	6.8	b	6.8	c
500.0 ppm	0	0	c	8.1	a	7.4	b
1260.0 ppm	0	0	c	6.9	b	6.4	c

*Escala de 0-5 donde 0 = 0, 1 = 0.1-19, 2 = 20-39, 3 = 40-59, 4 = 60-79 y 5 = 80-100 %
Promedios seguidos con las mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey 5 %).

Los resultados obtenidos de la prueba se ilustran en el cuadro 6 donde se observa claramente que en general ethpop, ejerce buena protección para las plantas de sandía contra el nematodo y que esta es proporcional a la dosis. El índice de agallamiento de las plantas tratadas bajo este sistema fue menor (Tukey= 0.05%) que el testigo sin tratar, por lo que podemos afirmar que bajo las condiciones en que se realizó la prueba, el nematodo puede ser controlado hasta en un 80% con una dosis de 50 ppm y 100% con 500 ppm tomando en cuenta que la cantidad de inóculo fue alta (en promedio 79 hembras, 170 juveniles, 500 huevecillos). La aplicación del químico en la maceta, que es en un área reducida cubre casi por completo el área en donde se encuentra el patógeno, situación que resultaría relativamente diferente a nivel de campo. Esto probablemente explique en parte, porqué a pesar de haber transcurrido 70 días después de la aplicación de los tratamientos y a pesar de la baja residualidad de este producto, no se detectaron síntomas (agallas) de ataque tardío del nematodo en las raíces como generalmente ocurre en campo con estos productos (Marbán, 1985). Cabe señalar que las plantas de los tratamientos 50 y 500 ppm mostraron mas vigor y un color verde mas intenso en el follaje durante los primeros 35 días después de la aplicación; posiblemente, debido al contenido de mercaptanos utilizados para su

formulación y que como se sospecha son sustancias que aparentemente estimulan el crecimiento vegetal (Marbán, 1985).

Las dosis 5, 50 y 1260 ppm. son estadísticamente iguales, sin embargo la dosis 1260 ppm. manifestó durante su desarrollo claros síntomas de fitotoxicidad observándose clorosis, escasez de follaje y acortamiento de guías. Con todo lo anterior se puede inferir que la mejor dosis para el control de nematodos agalladores en el cultivo de sandía podría ocurrir en algún punto entre 50 y 500 ppm.

Las plantas del tratamiento con 1260 ppm, desde la segunda semana de la aplicación, mostraron síntomas de Fitotoxicidad situación que ya se esperaba debido a la gran cantidad de ingredientes activo contenido en la dosis.

En cuanto a nuestros resultados del peso fresco de raíces, éstos coinciden con los reportados por Wilcox-Lee y Loria, 1987 quienes mencionan que las plantas con raíces agalladas se ven severamente impedidas para absorber el agua y nutrientes como resultado de la actividad de alimentación y migración del nematodo dentro del sistema radical, que causan alteraciones afectando el desarrollo de la raíz. En nuestras pruebas, se encontraron diferencias significativas ($P=0.05$), y se observa que la dosis mas baja 0.5 ppm, de la prueba resultó con mayor peso de sistema radical seguido por el testigo sin tratamiento, lo cual nos permite presumir que debido a la gran cantidad de agallas el peso y la masa radical aumentan.

El testigo y la dosis 500 ppm. son estadísticamente iguales, hecho que probablemente se debe a que la formación de agallas en el testigo (sin control) le hace ganar peso en masa radical (dañada) y con un tratamiento eficiente se mantiene la sanidad y gana peso.

4.3 Evaluación de diferentes tácticas para el combate del nematodo agallador *Meloidogyne* spp. en el cultivo de sandía.

4.3.1 Población de nematodos en el suelo

Las poblaciones iniciales de *Meloidogyne* spp en el terreno experimental fueron relativamente bajas 7 juveniles/200 cc de suelo, debido a la ausencia de plantas hospederas (el terreno fue descansado durante un año) y, probablemente, a la biología del patógeno, ya que ante la falta de sustrato para alimentarse (raíces) permanecen en mayores cantidades como huevos y juveniles no infectivos (1^{er} estadio) dentro de las masas de huevo, difíciles de extraer.

La siembra del cultivo hospedante acompañada de suficiente humedad en el suelo (proveniente de lluvias o riego) activa más los procesos biológicos del nematodo (embriogénesis, mudas) haciendo que su fase infectiva (segundo juvenil) invada las raíces. Esto explica en parte, las bajas poblaciones al momento del trasplante, lo anterior probablemente permitió que el sistema radical de las plantas recién transplantadas alcanzaron un desarrollo normal durante las primeras semanas de establecido; sin embargo, al reproducirse el nematodo causó un alto índice de agallamiento, particularmente en las plantas sin protección alguna, como es el caso del testigo del productor (siembra directa) en donde las plantas estuvieron en contacto con el nematodo desde la germinación, las que al finalizar el experimento mostraron un sistema radical bastante agallado y una reducción sustancial en su rendimiento

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre el índice de agallamiento en raíces de Sandía Var. Improved Peacock inducidos por *Meloidogyne* spp. en Tehuizingo, Puebla, 1999

Tratamiento	Índice de agallamiento radical *	% Agallamiento		% reducción agallamiento
Testigo del productor	3.4	68	a	---
Testigo absoluto	3.0	60	ab	8
Acolchado	3.0	60	ab	8
Caprinaza	2.8	56	ab	12
Acolchado + caprinaza	2.5	50	bc	18
Acolchado + ethoprop	2.3	46	bc	22
Ethoprop + caprinaza	2.3	46	bc	22
Acolchado + caprinaza + ethoprop	1.6	32	cd	36
Ethoprop (Mocap gel 68.2 %)	1.3	26	d	42

*Escala de 0-5 donde 0 = 0, 1 = 0.1-19, 2 = 20-39, 3 = 40-59, 4 = 60-79 y 5 = 80-100 %. Promedios seguidos con las mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey 5%)

4.3.2 Índice de agallamiento.

El índice de agallamiento se evaluó 108 días después de haberse establecido el experimento y el análisis para esta variable resultó estadísticamente significativo (anexo 8) lo cual nos condujo a efectuar la comparación de medias, (Tukey =0.05) para conocer la diferencia entre tratamientos.

Como se puede apreciar en el cuadro 7, todos los tratamientos mostraron diferentes grados de daños al ataque de *Meloidogyne* spp. pero se observa que el testigo del productor es el tratamiento que muestra mayor índice agallamiento radical (68%) al final del ciclo. Ese tratamiento presentó también fallas en la germinación, obligando a realizar una resiembra y se observaron síntomas de agallamiento desde los primeros días de su desarrollo y a lo largo de este se detectó raquitismo, acortamiento de guías y escasa floración.

Entre los tratamientos: testigo absoluto (transplante), acolchado sólo, y caprinaza sola no existen diferencias estadísticas, la reducción del índice de agallamiento en relación con el testigo del productor fue muy escasa, (entre 8-12 % de control).

Todos los tratamientos combinados: acolchado + caprinaza, acolchado+ ethoprop y ethoprop + caprinaza y acolchado + caprinaza son estadísticamente iguales, ($p=0.05$) la reducción en el índice de agallamiento de estas interacciones con relación al testigo del productor fue de 18, 22, y 36 % respectivamente.

El uso de enmiendas orgánicas para controlar nematodos ha sido objeto de gran interés desde hace dos décadas tanto así que de acuerdo a D'Abbatto (1995) de 1982 –1995 se publicaron 220 artículos en revistas con arbitraje. Aunque los resultados mostraron diferentes efectos (nula a gran eficiencia) aun se desconocen las causas de su efecto contra nematodos. Se acepta que las enmiendas incrementan la población de organismos antagonistas a los nematodos, mejoran la disponibilidad de nutrimentos y producen gases deletéreos a los mismos (Berker, 1998).

En sistemas intensivos de cultivación sus bondades se ven restringidas por no tener un efecto inmediato y por que se necesitarían enormes cantidades de enmiendas para tener una buena cobertura. Es evidente que en nuestros experimentos la caprinaza sola no tuvo efecto sobre *Meloidogyne*. Sin embargo, cuando fue aplicada en combinación con el acolchado y con el nematicida (ethoprop) la reducción del agallamiento fue considerable ($p = 0.05$). Es probable que en el caso de la combinación con el nematicida el efecto haya sido solamente por éste y que para el caso del acolchado se debió a una posible interacción ya que el porcentaje de protección fue de magnitud aditiva (ligeramente mayor que la suma de los porcentajes de protección obtenidos separadamente por cada tratamiento).

Se puede presumir que bajo las condiciones de acolchado, la caprinaza pudo haberse descompuesto en tal forma que en algo afectó el agallamiento radical. El fenómeno de biofumigación con algunas enmiendas ha sido explicado recientemente por Rodríguez-Kabana, 1999. Para el caso del nematicida organofosforado ethoprop (60 g de i.a./ha), este resultó ser el más efectivo

($p=0.05$) contra *Meloidogyne* spp. ya que solo o combinado consistentemente redujo mejor el agallamiento radical de la sandía y en consecuencia se obtuvo los porcentajes de protección más elevados (desde 22 % combinado con el acolchado hasta 42 % cuando aplicado solo).

Tratar de explicar la disminución de su efecto cuando combinado con acolchado y la caprinaza es muy difícil bajo las condiciones y propósitos de este ensayo. Sin embargo, con base a lo que otros autores han reportado (D'Abbabbo 1995; Barker, 1998) es posible sugerir que con el acolchado las altas temperaturas de la rizosfera permitieron un desarrollo acelerado de la raíz desde el momento del transplante lo cual pudo provocar el escape de una gran parte de la misma de la fase acuosa del ethoprop, ya que este no posee gran movilidad en el suelo. Ethoprop es el único nematocida no fumigante que no tiene acción sistémica, es de baja solubilidad (750 mg/i.a. a 2 °C.) de corta vida y su efecto es solamente por contacto. Esto probablemente le impidió afectar a los nematodos que estaban por debajo de los primeros 20 cm del suelo.

Sin embargo, es necesario llevar a cabo estudios específicos en el futuro para tratar de esclarecer lo antes dicho.

De cualquier manera, aunque este producto no tiene registro para aplicarse en sandía es evidente que por los resultados obtenidos y por sus características parecería ideal para usarse contra nematodos de la sandía en la Región de la Mixteca, en plantas transplantadas con o sin acolchado.

Nótese (cuadro 9) que bajo estas condiciones la magnitud del agallamiento no afectó el rendimiento (ton/ha). Mas adelante se discutirá este aspecto.

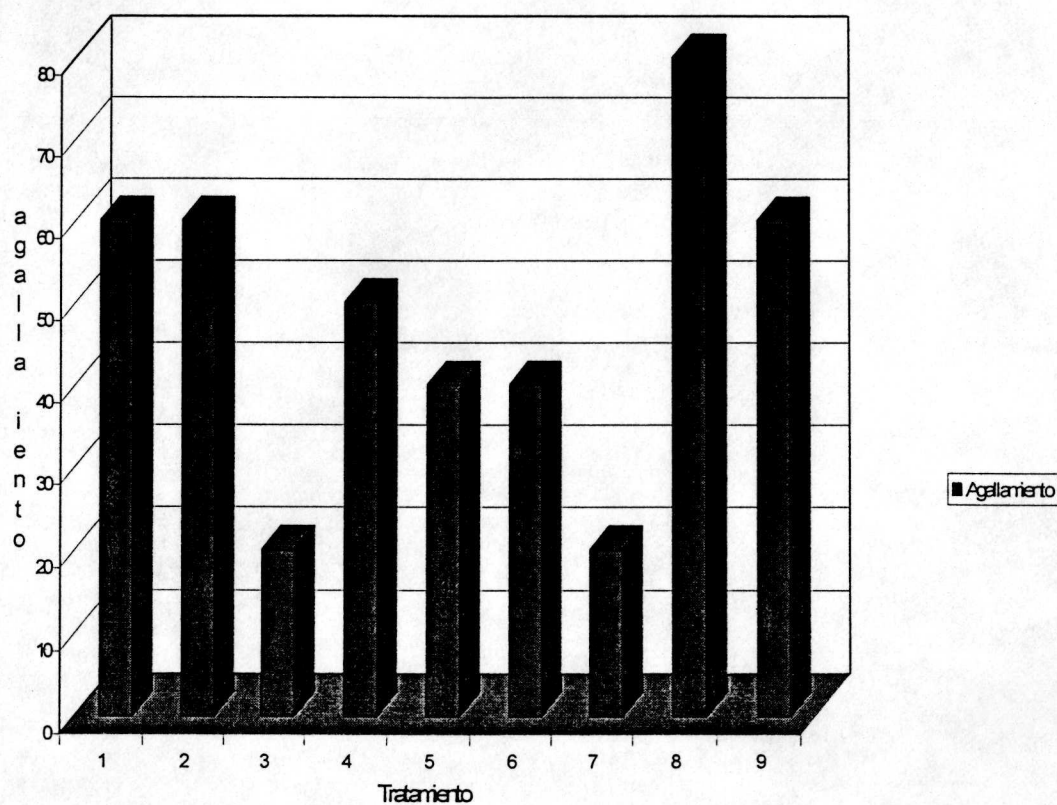


Figura 2 Efecto de los tratamientos sobre el índice de agallamiento en el cultivo de sándalo en Tehuizingo, Puebla 199

Tratamientos

- 1 Acolchado.
- 2 Caprinaza (enmienda orgánica)
- 3 Ethoprop (Mocap gel 68.2%)
- 4 Acolchado + caprinaza
- 5 Acolchado + ethoprop
- 6 Ethoprop + caprinaza
- 7 Acolchado + caprinaza + ethoprop
- 8 Testigo del productor (siembra directa)
- 9 Testigo absoluto. (transplante)

4.3.3. Rendimiento

4.3.3.1 Calidad de frutos

En el cuadro 8 se ilustran los resultados obtenidos en cuanto a la calidad (número de frutos de primera/ha y número de frutos de segunda/ha). Se observan diferencias significativas ($p=0.05$) en ambas categorías habiendo resultado como el mejor tratamiento el acolchado + caprinaza + ethoprop y el peor el testigo del agricultor (siembra directa con Furadan 300 ts al 27.5 % 1l/ha.).

Para el caso del número de frutos de primera, la diferencia entre ambos tratamientos fue del orden de 4 veces más a favor del combinado (17 600 frutos vs 4 400) y para el número de frutos de segunda fue casi de 5 (13 600 vs 2800). la misma tendencia se observó en el total de frutos para cada tratamiento, estas diferencias fueron aproximadamente igual entre el testigo del agricultor y los cinco mejores tratamientos (acolchado + caprinaza + ethoprop; acolchado + ethoprop; testigo absoluto; ethoprop + caprinaza y acolchado + caprinaza).

Los tratamientos que mostraron menor cantidad de frutos de primera fueron el testigo del productor y el ethoprop, ambos muy por debajo del testigo absoluto (siembra por transplante). También es importante destacar que en general la cantidad de frutos de segunda (pachanga) resultó casi igual en todos los tratamientos con excepción del obtenido con el testigo del productor.

Cuadro 8. Rendimientos medios (No. de frutos /ha clasificados) de sandía (Var. Improvet peacock) sembrada en un suelo infestado de *Meloidogyne* spp bajo diferentes tratamientos en Tehuiztzingo, Puebla 1999.

Tratamiento	Núm. de frutos de primera	Núm. de frutos de segunda (pachanga)	Total
Acolchado + caprinaza + ethoprop	17 600 a	13 600 a	31 200
Acolchado + ethoprop	17 400 ab	14 200 a	31 600
Testigo absoluto	16 800 ab	13 600 a	30 400
Ethoprop + caprinaza	15 000 ab	16 600 a	31 600
Acolchado + caprinaza	15 000 ab	14 200 a	29 200
Caprinaza	14 200 bc	11 800 a	26 000
Acolchado	13 800 bc	15 400 a	29 200
Ethoprop	12 800 c	13 800 a	26 600
Testigo del productor	4 400 d	2 800 b	7 200

Promedios seguidos con las mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey 5 %)

4.3.4 Rendimiento total (ton /ha)

En el cuadro 9 se presentan los rendimientos medios de los tratamientos evaluados (ton/ha). También aquí se observan diferencias entre tratamientos ($p=0.05$) siendo la más contrastante lo obtenido con el testigo del productor (6.0 ton/ha) y el resto de los tratamientos los cuales superaron significativamente a este en por lo menos 4.6 veces más. Cuatro tratamientos: acolchado + ethoprop, acolchado + caprinaza + ethoprop y ethoprop + caprinaza, produjeron 7 veces mas que el testigo del productor (6.0 ton/ha vs 45 ton/ha). Paralelamente en el rango de lo más malo se observa que esto se dió en los tratamientos acolchado solo, caprinaza sola y ethoprop solo.

Estos resultados vienen a corroborar lo discutido anteriormente en la sección del efecto de tratamientos en el índice de agallamiento. Ethoprop solo fue el mejor controlador de nematodos, pero no se tradujo en mejor rendimiento. Este se potencia considerablemente cuando se suman las bondades del acolchado (preservación de humedad, aumento de temperatura, supresión de malezas, supresión de plagas insectiles etc.). Así como en el caso de la caprinaza donde la posible acción de la biofumigación y/o el aumento de nutrimentos disponibles. También digno de resaltar es lo obtenido con el

transplante solo. Sin duda la practica de cultivación permite que el desarrollo fenológico en primer contacto con el suelo infestado no sea el vulnerable. Hay infestación de nematodos pero esta ya no afecta los rendimientos los que se pueden potenciar con las bondades del acolchado y/o la aplicación de nematicidas.

El escape de las matas de sandía al ataque de los nematodos en su etapa fenológica vulnerable (plántula de siembra directa) es un conocimiento ampliamente aceptado en la nematología y aquí se corrobora su utilidad en las condiciones de la pequeña agricultura de características socioeconómicas muy bajas de la zona de la Mixteca. Mas adelante, en el análisis económico discutiremos más y concluiremos.

Cuadro 9. Efecto de tratamientos en el rendimiento del cultivo de sandía (var. Improved Peacock) cultivado en el Lote "El borrego" Mpio. de Tehuiztingo, Puebla. 1999.

Tratamiento	Rendimiento Ton/Ha		Incremento % *
Acolchado + ethoprop	47.1	a	785
Acolchado + caprinaza + ethoprop	46.6	a	776
Ethoprop + caprinaza	45.2	a	753
Testigo absoluto	44.3	a	738
Acolchado + caprinaza	40.1	a	668
Acolchado	36.5	a b	608
Caprinaza	30.9	a b	515
Ethoprop	27.6	b	460
Testigo del productor	6.0	c	----

*Incremento con respecto al testigo del productor

Promedios seguidos con las mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey 5 %)

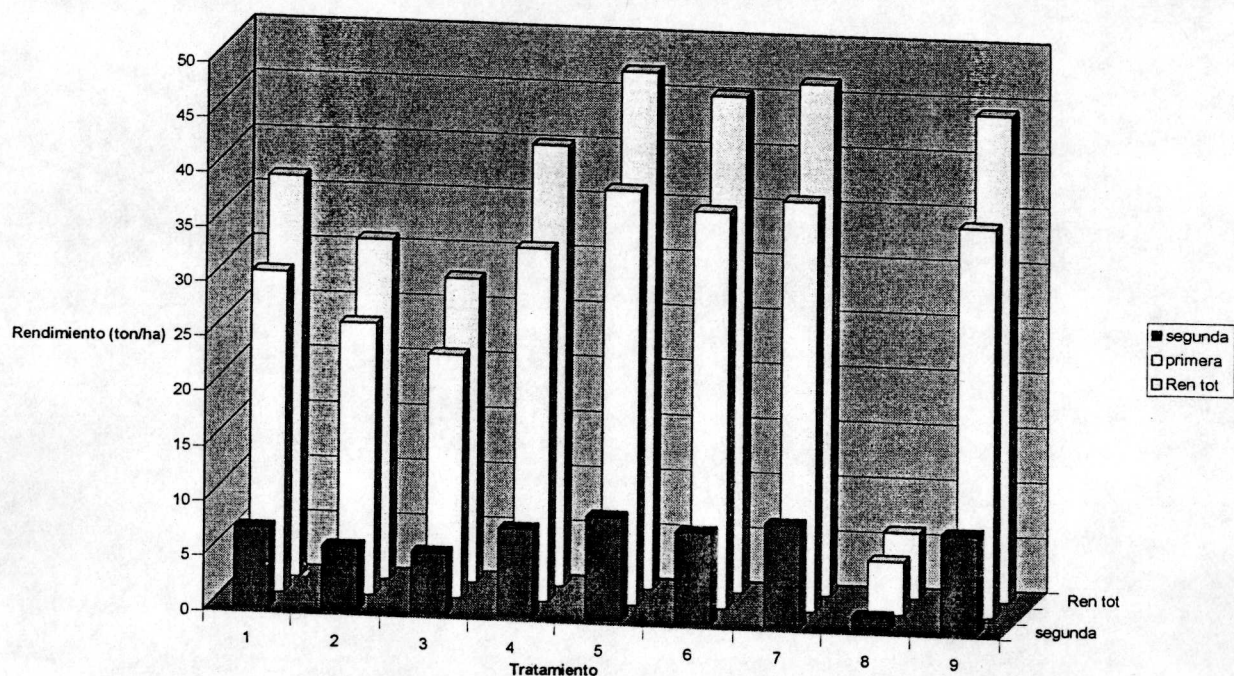


Figura 5 Efecto de los tratamientos sobre la producción (ton/ha), rendimientos totales y diferentes categorías

Tratamientos

- 1 Acolchado.
- 2 Caprinaza (enmienda orgánica)
- 3 Ethoprop (Mocap gel 68.2%)
- 4 Acolchado + caprinaza
- 5 Acolchado + ethoprop
- 6 Ethoprop + caprinaza
- 7 Acolchado + caprinaza + ethoprop
- 8 Testigo del productor (siembra directa)
- 9 Testigo absoluto. (transplante)

4.3.5 Análisis económico.

Se efectuó el análisis económico para evaluar a los tratamientos y determinar cual de ellos sería mejor para los productores. La metodología utilizada fue la de presupuestos parciales y análisis marginal de los beneficios netos. Este análisis es utilizado para evaluar el potencial de las nuevas tecnologías para el productor (Perrin *et al.*, 1988).

En el cuadro 9 se presenta el análisis de presupuesto parcial de los rendimientos promedios de los tratamientos evaluados. Se observa que todos los tratamientos superan en menor o mayor grado al testigo del productor.

En el cuadro 11 se aprecia que en cuanto al índice de la relación costo beneficio el mejor tratamiento fue el testigo absoluto (transplante) y el peor de los tratamientos fue ethoprop (60 g de i.a./ha) no obstante este, superó cuatro veces al testigo del productor (1.2 vs 0.3 respectivamente). Los mejores tratamientos: testigo absoluto y acolchado + ethoprop fueron 6.8 y 6.7 veces mejor que el testigo del productor (2.04 vs 0.3)

Cuadro 10. Presupuesto parcial para tratamientos evaluados en el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandía en la Mixteca Poblana 1999.

Conceptos	TRATAMIENTOS								
	A+E	TA	A+C+E	E+C	A+C	A	C	E	TP
Ingresos									
Rend ton/ha)	47.16	44.36	46.66	45.23	40.13	36.50	30.93	27.63	6.00
Rend ajustado ton/ha	37.73	35.49	37.33	36.18	32.10	29.20	24.74	22.10	4.8
Precio de campo ¹ (\$/Kg)	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Reducción de gastos:									
Control de malezas	1,650		1,650		1,650	1,650			
Beneficio bruto ² (\$/ha)	45,650	42,956	45,172	43,787	38,850	35,382	29,945	26,750	5,808
Costos variables:									
Establecimiento y manejo de almácigo (\$/ha)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Transplante	900	900	900	900	900	900	900	900	
Nematicida	150		150	150				150	
Plástico	1,900		1,900		1,900	1,900			
Colocación	1,200		1,200		1,200	1,200			
Enmienda			100	100	100		100		
Total de costos variables/ tratamiento	4,500	2,900	4,600	3,150	4,450	4,350	3,000	3,050	
Beneficio neto	23,583	22,488	23,004	23,059	16,832	13,464	9,377	6,132	-11,475

¹ Precio de campo (2.21) = precio de venta (1.25) - [Costo de corte (0.021) + Costo de acarreo.

² Beneficio bruto (BB) = rendimiento ajustado x precio de campo.

Los costos fijos fueron \$ 17,568.00, los cuales se descontaron al beneficio bruto de todos los tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de costo beneficio de los tratamientos evaluados para el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandía var. Improved peacock en Tehuitzingo Puebla 1999.

Tratamientos	Beneficio neto	Relación costo beneficio
Acolchado. + ethoprop	23,583	2.01
Testigo absoluto	22,488	2.04
Acolchado+ caprinaza+ ethoprop	23,004	1.99
Ethoprop + caprinaza	23,059	2.00
Acolchado+ caprinaza	16,832	1.72
Acolchado	13,464	1.57
Caprinaza	9,377	1.41
Ethoprop	6,132	1.26
Testigo productor	-11,475	0.32

Con base en lo anterior se define al testigo absoluto como el mejor tratamiento y en segundo lugar al acolchado + ethoprop. El primero consiste en transplante de plantas libres de nematodos (germinadas en suelo estéril) llevadas a campo 25 días después de la germinación. El segundo consiste en acolchar

(parcialmente) ambos lados de la cama de siembra, adicionando la aplicación de ethoprop (60 g de i.a./ha) al momento del transplante.

Es importante señalar que bajo estas condiciones la acción del acolchado no es la óptima, en virtud de que la película plástica únicamente cubre un área reducida del lugar donde es colocada la planta ya que el surco por el cual circula el agua de riego queda descubierto. Como es conocido, esto es factible de eficientar combinando el acolchado con riego por goteo suministrando el riego y la fertilización por el sistema (fertirrigación, lo cual ya ha sido probado por el suscrito en otros ensayos) con resultados aceptables.

4.3.5.1 Análisis de dominancia

En el cuadro 12 se presenta los beneficios netos y los costos variables que resultaron del análisis de presupuesto parcial. Los beneficios fueron ordenados de mayor a menor beneficio neto con sus correspondientes costos variables para facilitar el análisis de dominancia. En la realización de este, los tratamientos no dominados fueron el testigo absoluto (transplante), acolchado + ethoprop, ethoprop + caprinaza y testigo del productor, a los tratamientos no dominados se les aplicó un análisis de retorno marginal (cuadro 13) utilizando los incrementos o cambios en los beneficios netos y costos variable.

La tasa de retorno marginal (TRM) indica el retorno marginal proveniente del incremento en los costos relacionados con el pasar del tratamiento que tiene menos beneficio neto al siguiente con mas beneficios netos (CIMMYT 1988). De esta manera, el testigo absoluto (transplante) presentó la mayor tasa de retorno. Según Perrin *et al* (1988), el incremento en los costos se justifica desde el punto de vista financiero cuando la tasa de retorno marginal (TRM) es suficientemente alta para cubrir el costo del dinero invertido, medido este por la tasa de interés actual y un factor de riesgo asociado con la nueva tecnología.

Cuadro 12. Análisis de dominancia de tratamientos evaluados para el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandía en Tehuiztingo Pue. 1999.

Tratamientos	No de tratamiento	Beneficios netos	Costos variables
Acolchado. + ethoprop	5	23, 583	4,500 *
Ethoprop + caprinaza	6	23,059	3,150 *
Acolcha + cap + etho	7	23,004	4,600
Testigo absoluto	9	22,488	2,900 *
Acolchado+ caprinaza	4	16,832	4,450
Acolchado	1	13,464	4,350
Caprinaza	2	9,377	3,000
Ethoprop	3	6,132	3,050
Testigo productor	8	-11,475	0.0 *

* Tratamientos no dominados

Cuadro 13. Análisis marginal de beneficios netos de los tratamientos evaluados para el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de sandia en Tehuiztingo Pue. 1999.

Beneficio neto	Tratamiento	Costos variables	Cambio en el beneficio neto	Cambio en costo	TMR
21,647	Testigo absoluto	2,900	31,222.00	2,900	1147.4 %
21,627	Acolchado + ethoprop	4,900	33,102.00	4,900	675.5 %
21,197	Ethoprop + caprinaza	3,150	32,672.00	3,150	103.7 %
-11,475	Testigo del productor	0.00	---	---	---

En este caso se empleo la metodología propuesta por CIMMYT 1988, considerándose una tasa compuesta por el 18.36 % que es el costo de oportunidad del dinero (interés de los prestamos) y un 20 % de riesgo de utilizar una nueva tecnología de producción.

El primer lugar es para el testigo absoluto (transplante) que justifica su gasto adicional pues presenta una TMR de 1147.6%, en segundo lugar es el combinado acolchado + ethoprop, que alcanzó una TMR de 675.5% y finalmente el tercer lugar es ethoprop + caprinaza con 103.7%.

Sin embargo, nuestros esfuerzos son experimentales y en teoría deberían repetirse cuatro veces mas a nivel de finca de agricultor y con propósitos de validar la tecnología, antes de transferirla a los productores lo que en sí representa otros retos (Hilje, 1994). En nuestro caso, como en muchos otros de otras latitudes, la participación de los productores en la demostración

permitió que constataran las ventajas de la nueva tecnología, (aunque todavía no entendieran el rol de los nematodos en su sistema de producción) y sin esperar que se generase mas información, algunos decidieron adoptar las nuevas tecnologías y han invertido considerablemente comprando equipo para adoptar el riego por goteo, el acolchado con el sistema de transplante. Ya vimos resultados extraordinarios con un temario productor y este próximo ciclo de otoño-invierno son varias hectáreas nuevas que estarán sujetas a adoptar. No hay nada que se pueda hacer para contenerlos porque como se dice en nuestras conclusiones el sistema debe mejorarse porque aún quedan muchas preguntas sin contestarse. Otro aspecto que debe hacerse notar es lo que sucedió con nuestro testigo del agricultor en el ensayo. Por escasez de humedad y plagas (hormigas) la germinación fue pobre y su desarrollo seriamente agravado, tanto que al final fue desproporcionadamente negativo comparado con el resto de los tratamientos. Alrededor del ensayo, había un huerto comercial con el sistema tradicional, el cual produjo aproximadamente 20 ton./ha. Tres veces mas que nuestro testigo en el experimento.

4.4. Marco socio economico

El Estado de Puebla presenta gran diversidad ecológica y fisiográfica; cuenta con 3 regiones con características propias, siendo éstas la Sierra Norte, los Valles Centrales y la Mixteca Baja ubicada al sur del Estado, en esta última se registra un gran deterioro ecológico, baja producción agrícola, problemas de desnutrición, salud, vivienda y educación, situación que trae como consecuencia un alto índice de emigración, considerándose así una de las regiones más pobres del país.

Geográficamente la Mixteca Poblana cuenta con 823,979 has. (24.5% del Estado), abarcando 46 municipios, con 326 comunidades rurales. Existen 124,288 has. destinadas a la agricultura de temporal con 31,989 campesinos, los cuales cultivan principalmente maíz, cacahuete y ajonjolí. En condiciones de riego existen en el Valle de Izúcar 10,557 has destinadas al cultivo de caña,

con 4 491 productores. En la zona alta y distribuidas en todo el ámbito existen 13,824 has, en manos de 5 434 productores, en el ciclo primavera-verano (época de lluvias) se cultivan principalmente, maíz, cacahuate, frijol y calabaza y en el ciclo otoño-invierno (época de estiaje) se establecen los cultivos de maíz y sandía.

Durante esta época se registra el mayor índice de emigración debido principalmente a la falta de empleos y al encarecimiento de los insumos para la producción agrícola, aunado a las constantes pérdidas ocasionadas por las plagas y las enfermedades que desde hace 10 años se ha venido agravando principalmente en el cultivo de sandía el cual anteriormente era un cultivo generador de empleos y divisas.

Los resultados del presente trabajo responden a necesidades de la búsqueda de estrategias que conlleven al mejor aprovechamiento de los ecosistemas que se presentan en la Región Mixteca, bajo sus propias condiciones climatológicas y en base a los perfiles propios de producción del campesino.

Representa la primera aproximación de un esfuerzo conjunto entre el personal investigador (posgrado) del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad de Chapingo y los productores de la Región Mixteca.

Proporciona elementos de juicio para orientar las futuras investigaciones en la región y aportar una herramienta útil para la recuperación del potencial productivo del cultivo de sandía y de otras hortalizas en la Mixteca, en busca del desarrollo rural sustentable.

V. CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSION 1

Determinación taxonómica del genero *Meloidogyne*, asociado al cultivo de sandía y su distribución en la Región Mixteca del Estado de Puebla

1. El Agallamiento de raíces, provocado por el género *Meloidogyne* spp. Se encuentra ampliamente distribuida en la región Mixteca del Estado de Puebla.
2. Las especies de *Meloidogyne* son: *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica* Probablemente hallan más especies y razas.
3. Los índices de Agallamiento mas altos en raíces de sandía, se encontraron en las localidades de la sección siete de la presa Boqueroncito Mpio. de Tehuizingo y Piaxtla Mpio. de Piaxtla.
4. La distribución de la enfermedad (Agallamiento) y sus niveles están asociados al manejo del suelo y al sistema de rotación de cultivos que se practica en la región.
5. A la fecha no existe un programa de manejo de la enfermedad en ningún de los cultivos establecidos tradicionalmente en la región, lo cual impide el mejoramiento del nivel de vida de los pobladores.

5.2 CONCLUSIONES 2

Evaluación del ethoprop (Mocap gel 68.2%) sobre nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. en raíces de sandía en invernadero

1. El ethoprop (Mocap gel 68.2%) ejerce buena protección en plantas de sandía contra nematodos Agalladores de género *Meloidogyne* spp, bajo condiciones de invernadero.
2. Se determinó que la dosis óptima de ethoprop en campo contra nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. en sandía es 100 partes por millón, aplicados por inundación en la cepa de transplante.
3. El ethoprop en dosis mayores a 500 ppm provocan fitotoxicidad en las plantas, como clorosis, escasez de follaje y pobre desarrollo de guías.

5.3 CONCLUSIONES 3

Evaluación de diferentes tácticas para el combate nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. en el cultivo de sandía, en Tehuiztingo Puebla.

1. Todos los tratamientos evaluados redujeron el índice de agallamiento del sistema radical en el cultivo, provocando por *Meloidogyne* spp. en relación al testigo del agricultor que fue el más agallado.
2. El tratamiento ethoprop solo (60 g de i.a./ha) o combinado con acolchado fue el más eficaz en reducir el índice de agallamiento causado por *Meloidogyne* spp. en raíces de sandía.
3. El mayor incremento en la producción se obtuvo con acolchado + ethoprop (47.1 ton/ha), 7.8 veces mas que el testigo del productor
4. El rendimiento resultó no estar correlacionado con el índice de Agallamiento de las raíces.

5. Todos los tratamientos resultaron rentables económicamente, con excepción del testigo del productor, el testigo absoluto (transplante) resultó ser el más recomendable para ser usado por los productores de la región.
6. El transplante solo, resulta ser una táctica efectiva para aumentar la producción de sandía en la Mixteca Poblana.
7. El acolchado (Plástico negro plata calibre 0.5 mm) con buen manejo durante el ciclo del cultivo puede ser utilizado nuevamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Profundizar los estudios de identificación de las especies de *Meloidogyne* Asociadas al cultivo de sandía y a otros cultivos en la región.
2. Realizar estudios para mejorar el establecimiento y manejo del almácigo (tipo y tamaño de recipientes) que permita el escape de la planta al ataque temprano del patógeno antes del transplante.
3. Eficientar las cualidades del acolchado combinándolo con riego por goteo (fertiirrigación), que permita hacer un uso más racional del recurso agua y suelo en beneficio de los productores de la Mixteca.
4. Realizar estudios con diferentes nematicidas sobre dosificación forma y tiempo de aplicación en las diferentes variedades de sandía.
5. Realizar estudios microbiológicos en suelos con potencial para la producción de sandía e implementar el control biológico.
6. Estudiar el efecto de la incorporación de otras enmiendas, como cáscara de cacahuate y bagazo de caña, las cuales se encuentran disponibles en la zona.
7. Realizar estudios en el cultivo de sandía de las interacciones entre *Meloidogyne* spp. con *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp., en virtud de que estos patógenos se encuentran asociados a pérdidas del cultivo en la Mixteca Poblana.
8. Diseñar e implementar un programa de manejo integrado de plagas en el cultivo de sandía.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvizo, V.H.F. 1982. Identificación del virus mosaico de la calabaza *Cucurbita spp.* y sus vectores. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 51 p.
- Anónimo, 1989. Diagnóstico Físico Social y Económico del Distrito de Temporal No 114. Izúcar de Matamoros, Puebla, SARH. 43 p.
- Anónimo, 1980. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Departamento de Divulgación Técnica. Chapingo, Méx. 47 p.
- Anónimo, 1996. Diccionario de Especialidades Agronómicas. Ed. PLM. 6ª. Edición. México. 885 p.
- Anónimo, 1998. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 253 p.
- Anónimo, 1998. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, Centro de Estadística Agropecuaria, DGEA, SAGAR. 220 p.
- Anónimo, 1985. Descripción de variedades de hortalizas, Ferry Morse, Mountain View, Calif. E.U.A. 46 p.
- Anónimo, 1998. Estadística anual del Distrito de Desarrollo Rural No 06 Izúcar de Matamoros, Puebla. SAGAR. 45 p.
- Atkinson, G.F. 1989. A preliminary report upon the life-history and metamorphoses of a root-gall nematode, *Heterodera radiculicola* (Greef) Müller, and the injuries caused by it upon the roots of various plants. *Bull. Ala. Polytech. Inst., N.S.*, No 9.
- Barker, K.R. and R.K. Stepohen. 1998. Developing sustainable systems for nematode management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36:165-205.
- Bessey, E.A. 1911. Root-knot and its control. USA Dep. Agric., *Bur Plant Ind.*, Bull. 217. 89 pp
- Bird, G.W. 1987. Role of nematology in integrated pest management programs. Veech JA, Dickson DW, eds. 1987. *Vistas on Nematology*. Hyattsville., MD: Soc. Nematol. 21 p.
- Bridge, J. 1996. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. *Annu. Rev. Phytopathol.* 34:201-25.

- Bunt, J.A. 1987. Mode of action of nematicides. 461-468. En *Vistas on Nematology: A commemoration of the Twenty-Fifth Anniversary of Society of Nematologists*. Eds: Veech, J.A. and D Dickson. The society of nematology.
- Castañón, C.M. 1993. *Horticultura Manejo Simplificado*. Dirección General del Patronato. Universidad Autónoma Chapingo. México. 527 p.
- Cepeda, S.M. 1996. *Nematología Agrícola*. Editorial Trillas. S.A. C.V. 303 p.
- Christie, J.R. 1936. The development of root-knot nematode galls *Phytopathology*. 26:1-22 p.
- Christie, J.R. 1974. *Nematodos de los Vegetales su Ecología y Control*. Ed. Limusa. México, D.F. 300 p.
- CNEB, 1973. *Biología: Unidad, Diversidad y Continuidad de los Seres Vivos*. 1ª. Edición, 4ª. Impresión. Comp. Ed. Continental, S.A. 366 p.
- Cobb, N.A. 1918. Estimating the nemapopulation of soil. *US Dep Agric. Tech. Circ.* 1. 48 p.
- Cook, R.J. 1991. Challenges and rewards of sustainable agriculture, research and education. Natl. Res. Counc. Board Agric. 1991. *Sustainable Agriculture Research and Education in the Field*. Washington, DC: Natl. Acad. Press. 76 p.
- Crispín, M.A. y J.A.A. Sifuentes. 1970. *Enfermedades y plagas del frijol en México*. INIA-SAG. Folleto de Div. No. 39. México. 12 p.
- Cuellar, J.L. 1984. *Nematodos asociados al frijol (Phaseolus vulgaris L.) y evaluación de daños al cultivo en Tenextepango, Morelos*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- Dominguez, R.R. 1997. *Plagas Agrícolas*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, Méx. 356 p.
- Eisenback, J.D., H. Hirschman, J.N. Sasser and A.C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes el nematodo agallador (*Meloidogyne* especies.). Con una clave pictórica, traducida por Carlos Sosa-Moss. International Meloidogyne project Raleigh, North Carolina. 48 p.
- García, P.F. y H.F. Mirafuentes. 1993. *Manual de producción de sandía de humedad residual en el Estado de Tabasco, Méx.* SAGAR, Centro de Investigación Regional del Golfo Centro Campo Experimental Balcan, Tabasco, Méx. 17 p.

- Garrido, J.L. 1990. Estudio sobre la problemática nematológica de los cultivos hortícolas y alternativas de control de la zona de Azua, Sureste de la República Dominicana. Tesis de Maestría. El CATIE, Turrialba, Costa Rica, 102 p.
- González, F.J. 1976. La sandía (*Citrullus vulgaris* S.), su cultivo y pruebas de densidad de siembra en el sur del Estado de Yucatán. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura Universidad de Guadalajara, Jalisco. México. 67 p.
- Hernández, R.E. 1986. Identificación del nematodo agallador de las raíces de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) en Atlacahuaya, Morelos. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 86 p.
- Hilje, L. 1994. Siete preguntas de actualidad sobre el manejo integrado en América Central. Area de Fitoprotección. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 10 p.
- Huang, C.S. And A.R. Maggenti. 1969. Mitotic aberrations and nuclear changes of developing gigant cells in *Vicia faba* caused by root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. Phytopathology 59:447-455.
- Hussey, R.S. 1989. Disease-inducing secretions of plant parasitic nematodes, Annu. Rev Phytopath 27:123-125.
- INIA, 1976. Recomendaciones para las Siembras Tardías de Sandía en el Valle de Mexicali, B.C. Gaceta Agrícola. Guadalajara 11-16 p.
- Király, Z. 1996. Sustainable agriculture and the use of pesticide. *J. Environ Sci Healt* B31: 283-91.
- Lozano, G.R. 1977. Comportamiento y adaptación de cultivos de la sandía (*Citrullus vulgaris* L.) variedad improved peacock, en diecinueve fechas de siembra durante el período de febrero-julio, Apodaca, N.L. Tesis Profesional Instituto Tecnológico de Estudios Superiores. 1976 79 p.
- Maggenti, A. 1983, La importancia de la sistemática para los fitonematólogos. In Fitonematología Avanzada I. Eds Marbán-Mendoza; N. e I. J. Thomason. Colegio de Postgraduados, México. 345 p.
- Marbán-Mendoza, N e I.J. Thomason. 1985. Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México 345 p.
- Mendoza, Z.C. 1993. Diagnóstico de Enfermedades Fugosas. . Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 168 p.

- Mendoza, Z.C. 1996. Enfermedades Fungosas de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, Méx. 88 p.
- Montes, B.R. 1988. Nematología Vegetal en México. Sociedad Mexicana de Fitopatología. 158 p.
- Muñoz, M.E. 1973. Cultivo de Sandía. Conafrut. México. 10 p.
- Ngundo, B.W. 1977. Screening of bean cultivars for resistance to *Meloidogyne* spp. in Kenya. Plant Disease Report 61 (11) 991-993.
- Pacheco, G. R. 1986. Nematodos asociados al cultivo de jitomate. *Lycopersicon esculentum* en Tenextepango Mor. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 78 p.
- Palacios, A.S. 1970. Distribución, identificación y control químico del nematodo nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp.) causante de la "jicamilla" del jitomate en el Estado de Morelos, Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 89 p.
- Perdomo, C.J.R. 1990. Evaluación de alternativas de control de *M. incognita* en tomate y distribución y frecuencia de nematodos asociados a los principales cultivos hortícolas en el Valle de Comayagua, Honduras. Tesis de maestría el CATIE, Turrialba, Costa Rica. 65 p.
- Perrin, R.K. 1988. Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F./centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 45 p.
- Poveda, G.J. 1990. Determinación de la distribución y frecuencia de nematodos asociados al cultivo de melón (*Cucumis melo* L) y evaluación de tácticas para combatir *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Chitwood) en la Región de Azuero, Panama, Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica 79 p.
- Puc, Koh. F. J. 1996. Descripción histopatológica de las alteraciones provocadas por *Meloidogyne incognita* en el tallo y raíz de la Jicama (*Pachyrrhizus erosus*) en Huehuetlan el Chico Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.
- Roche, M.J. 1975. La Sandía Publicaciones en Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura Madrid. 58 p.
- Rodríguez, S.A. 1961. Relación de las principales enfermedades parasitarias y fisiológicas de los cultivos agrícolas. Fitófilo 14: 24-45.

- Rodríguez, M. Ma. L. 1981. Epifitología del virus mosaico de la sandía en calabacita (*Cucurbita pepo*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Fitopatología. Montecillo, México. 146 p.
- Rodríguez-Kábana, R. 1999. Nematicidal activity of RKT-2-A. mixture of Biofumigant. Compounds. Abstracts: XXXI ONTA Annual Meeting and XXXIV APS/CD annual meeting S. Juan, P. Rico 1999. 108 p.
- Rohde, R.A. and M.A. McClure. 1975. Autoradiography of developing syncytia in cotton roots infected with *Meloidogyne incognita* J. Nematol. 7:64-69.
- Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Colegio de Ciencias Agrícolas Estación Experimental Agrícola Rio Piedras Universidad de Puerto Rico. 255 p.
- Romero, C.S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección General del Patronato. Chapingo, México. 347 p.
- Salgado, M. 1989. Comparación de los efectos de agregados orgánicos, nematicidas y solarización en la incidencia de *Meloidogyne incognita* (Kufoid & White 1919) Chitwood, 1949, asociados al cultivo de frijol en Tecamachalco, Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de México, Iztacala México. 59 p.
- Sasser, J.N. and A.C. Triantaphyllou. 1977. Identificación of *Meloidogyne species* and races. J. Of Nematol. 9:283-287 p.
- Sasser, J.N. and C.C. Carter. 1985. An advanced treatise on *Meloidogyne*, Vol. 1 North Carolina State University, Ed. Graphics 422 p.
- Solís, A.J.F., O.J.L. 1991. Manual de prácticas de entomología agrícola. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 107 p.
- Sosa-Moss, C. 1978. Los nematodos de los cultivos básicos en México. VI Symposium Nal. de Parasitología Agrícola. IAP. Monterrey, N.L. 98 p.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulos de la raíz (especies *Meloidogyne*). Una publicación cooperativa entre el Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. , Raleigh, N.C. 111 p.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1978. Experimental and agronomic use of nematicides. International Meloidogyne Project, North Carolina state University, Raleigh, N.C. 27607. 72 p.

- Thorne, G. 1961. Principles of Nematology. Ed. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 553 p.
- Triantaphyllou, A.C. 1962. Oogenesis in the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematologica* 7:105-115.
- Triantaphyllou, A.C. 1970. Cytogenetic aspects of evolution of family Heteroderidae. *J. Nematol* 2:26-32.
- Triantaphyllou, A.C. and R.S. Hussey. 1973. Modern approaches in the study of relationships in the genus *Meloidogyne*. *OEPP/EPPO* 9:61-66.
- Tyler, J. 1933. The root-knot nematode. Circular 330. Univ Calif Berkeley: Coll Agric., Agric. Exp. Stn. 25 p.
- Untenstenhofer, G. 1976. The basic principles of crop protection field trials. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* 180 p.
- Villanueva, A.A. 1994. Control químico de malezas de sandía (*Citrullus vulgaris* L.) en Coyuca de Benítez Guerrero, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mex. 92 p.
- Wallace, H.R. 1964. The Biology of Plant Parasitic Nematodes. Ed. St. Martin's Press. New York 82 p.
- Wilcox-Lee, D. and R. Loria. 1987. Effects of nematode parasitism on plant water relation. 260-266. In: *Vistas on nematology. A commemoration of the twenty fifth anniversary of the Society of Nematologists*. Eds: Veech, A.J. and D. W. Dickson. Published by Society of Nematologists. Inc Hyattsville, Maryland 360 p.
- Wouts, W.M. 1973. A revisión of the family Heteroderidae (Nematoda: Tylenchoidea). *Nematologica* 18:439-446.
- Zuckerman, B.M., W.F. Mai and L.R. Krusberg. 1990. *Plant Nematology Laboratory Manual*. University of Massachusetts at Amherst 252 p.
- Zwar, K.B., S.L.G.E. Burges, J. Bloem, L.A. Bouwman, L. Brussard *et al*. 1994. Population dynamics in the below-ground food webs in two different agricultural systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 51:187-98.

A N E X O S

Anexo 1. Costo de cultivo de sandía por hectárea en la Mixteca Poblana. 1999

Concepto	Unidad de medida	Costo (\$/Ha)
Barbecho	2	700
Rastro	1	350
Surcado	1	330
Semilla	1 Lb	220
Riego presiembra	1	60
Combustible riego presiembra	26 lt	106
Siembra	6 jornales	360
Fertilizante 100-80-80	15 bultos	1650
Aplicación de fertilizante	3 aplicaciones	360
Riegos	21	1260
Combustible	312	1279
1a Escarda	1	250
Mano de obra de escarda	4	240
2a Escarda	1	250
Nivelación de camas	1	360
Deshierbe manual	2	1440
Control de plagas	10 aplicaciones	6355
Costo de aplicación	10 jornales	600
Cosecha	4 cortes	1400
Total		17,568

Anexo 2. Análisis de varianza de peso fresco de raíces de plantas de sandía, (70 días después de la inoculación), desarrolladas en condiciones de invernadero, inoculadas con *Meloidogyne* spp y tratadas con ethoprop.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	5	48.3428	9.6685	5.13	0.0070 *
Repeticiones	4	25.6942	6.4235	3.41	0.0381
Error	14	26.3612	1.8829		
Total	23	100.3983			

C.V. = 16.85409

* = Existen diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 3. Análisis de varianza para el índice de agallamiento en raíces de sandía 70 días después de la inoculación desarrolladas en invernadero, inoculadas con *Meloidogyne* spp y tratadas con ethoprop.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	5	35.046,666	7.009,333	88,67	0,0001*
Repeticiones	4	580,000	145,000	1,83	0,1784
Error	14	1.106,660	79,048		
Total	23	36.733,333			

C.V. = 28,07644

* Existen diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 4. Análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre el **rendimiento** (ton/ha) de la variedad de sandía Improved peacock, en Tehuiztzingo Puebla, 1999

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	8	101.060,30	12.632,537	13,798	0,0001*
Bloques	3	5.895,813	1.965,271	0,360	0,78
Error	16	13.265,354			
Total	27	120.221,464			

C.V. = 15,911

* Existen diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 5. Análisis de varianza para frutos de sandía de la **calidad primera** en Tehuiztzingo, Puebla 1999

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	8	779,455	97,431	13,790	0,001*
Bloques	3	7,646	2,549	0,360	0,782
Error	14	98,937	7,067		
Total	25	886,0385			

C.V. = 14,13450

* existen diferencias significativas

Anexo 6. Análisis de varianza para frutos de sandía de la **calidad segunda** (pachanga) en Tehuiztzingo, Puebla.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	8	699,157	87,395	6,660	0,001*
Bloques	3	34,381	11,460	0,870	0,478
Error	14	183,702	13,121		
Total	25	917,2400			

C.V. = 20,72203

• Existen diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 7. Análisis de varianza para la **cantidad total** de frutos de sandía en Tehuiztzingo, Puebla.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	8	2.492,820	311,603	11,460	0,0001 *
Repeticiones	3	50,576	16,859	0,620	0,614
Error	14	380,757	27,197		
Total	25	2.924,1538			

C.V. = 14,738

* Existen diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 8. Análisis de variación del **índice de agallamiento** en el cultivo de sandía, a 108 días después del tratamiento en Tehuiztingo, Puebla. 1999

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr> F
Tratamientos	8	5.902,109	737,764	12,750	0,00010
Bloques	3	92,274	30,758	0,530	0,66510
Error	19	1.096,337	57,702		
Total	30	7.090,7198			

C. V. = 15.03205

Exsitén diferencias significativas al 0.05 %

Anexo 9. Relación de municipios que conforman la Región Mixteca del Estado de Puebla.

Número	Municipio	Número	municipio
003	Acatlan	085	Izúcar de Matamoros
005	Acteopan	087	Jolapan
007	Ahuatlan	103	Piaxtla
009	Ahuehuetitla	112	Petlalcingo
011	Albino Zertuche	121	San Diego M. Tochimilco
021	Atzala	127	San J. Xayacatlan
022	Atzitzihuacan	133	Totoltepec
024	Azutla	139	San Pablo Anicano
013	Coatzingo	141	Yeloixtlahuaca
032	Cuetzalan	150	Huehuetlan el grande
033	Coehuetla	155	Tecomatlan
042	Coayuca	157	Tehuiztingo
047	Chiautla	159	Teopantlan
051	Chietla	160	Teotlalco
055	Chila	165	Temechalco
056	Chila de la sal	166	Tepeojuma
059	Chinantla	168	Tepexco
062	Epatlan	178	Tilapa
066	Guadalupe	185	Tlapanala
073	Huehuetlan el chico	191	Tulcingo
081	Ixcamilpa de Gro.	196	Xayacatla de Bravo.
		201	Xochiltepec.

Anexo 10. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ACOLCHADO

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	10,758	0.95546953	-	10,279	(10,758)
4	29,280	2,300	0.94107114	27,555	2,164	26,980
5	6,102	1,200	0.92688973	5,656	1,112	4,902
SUMAS				33210.4441	21068.1931	

VAN = 12142.251
RB/C = 1.57633091

Anexo 11. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

CAPRINASA

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	9,408	0.95546953	-	8,989	(9,408)
4	20,540	2,300	0.94107114	19,330	2,164	18,240
5	9,405	1,200	0.92688973	8,717	1,112	8,205
SUMAS				28046.9991	19778.3092	

VAN = 8268.68986
RB/C = 1.41806859

Anexo 12. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ETHOPROP

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	9,458	0.95546953	-	9,037	(9,458)
4	20,500	2,300	0.94107114	19,292	2,164	18,200
5	6,250	1,200	0.92688973	5,793	1,112	5,050
SUMAS				25085.0192	19826.0827	

VAN = 5258.93645
RB/C = 1.26525343

Anexo 13. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ACOLCHADO+CAPRINASA

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	10,858	0.95546953	-	10,374	(10,858)
4	30,700	2,300	0.94107114	28,891	2,164	28,400
5	8,150	1,200	0.92688973	7,554	1,112	6,950
SUMAS				36445.0353	21163.7401	

VAN = 15281.2952

RB/C = 1.72205079

Anexo 14. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ACOLCHADO+ETHOPROP

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	10,908	0.95546953	-	10,422	(10,908)
4	36,700	2,300	0.94107114	34,537	2,164	34,400
5	8,956	1,200	0.92688973	8,301	1,112	7,756
SUMAS				42838.5353	21211.5135	

VAN = 21627.0217

RB/C = 2.0195888

Anexo 15. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ETHOPROP+CAPRINASA

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,548	0.97008821	-	3,442	(3,548)
3	-	9,650	0.95546953	-	9,220	(9,650)
4	37,700	2,200	0.94107114	35,478	2,070	35,500
5	6,087	1,200	0.92688973	5,642	1,112	4,887
SUMAS				41120.3598	19923.1865	

VAN = 21197.1733

RB/C = 2.06394493

Anexo 16. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

ACOLCHADO+CAPRINASA+ETHOPROP

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,548	0.97008821	-	3,442	(3,548)
3	-	11,100	0.95546953	-	10,606	(11,100)
4	38,900	2,200	0.94107114	36,608	2,070	36,700
5	6,272	1,200	0.92688973	5,813	1,112	5,072
SUMAS				42421.1197	21308.6173	

VAN = 21112.5025

RB/C = 1.99079645

Anexo 17. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

TESTIGO ABSOLUTO

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	9,308	0.95546953	-	8,894	(9,308)
4	36,300	2,300	0.94107114	34,161	2,164	34,000
5	6,656	1,200	0.92688973	6,169	1,112	5,456
SUMAS				40330.2604	19682.7623	

VAN = 20647.4981

RB/C = 2.04901425

Anexo 18. Análisis económico (costo/beneficio) del tratamiento.

TESTIGO DEL PRODUCTOR

CÁLCULO DEL VAN, RB/C Y TIR MENSUAL				<i>i=1.53%</i>	<i>Inflación nula</i>	
Mes	Beneficios	Costos	Factor Actua	Benef Actua	Costos Actua	Flujo Caja
0	-	1,360	1	-	1,360	(1,360)
1	-	2,760	0.98493056	-	2,718	(2,760)
2	-	3,540	0.97008821	-	3,434	(3,540)
3	-	6,408	0.95546953	-	6,123	(6,408)
4	3,720	2,300	0.94107114	3,501	2,164	1,420
5	2,088	1,200	0.92688973	1,935	1,112	888
SUMAS				5436.13039	16911.9007	

VAN = -11475.7703

RB/C = 0.32143817

IMPRESA POR:

MULTIGRAF

Multiservicios Gráficos
y Editoriales S.A. de C.V.

HNOS. SERDAN No. 5
FRACC. SAN MATEO II
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO
TEL. 01(595) 519-52