

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO, EL CARBOFURAN Y SU COMBINACIÓN,
PARA EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL AJO (*Allium*
sativum L.), EN LA BARRANCA, AGUACATAÑ, HUEHUETENANGO.

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TESIS
POR
HUGO URIZAR CARRASCOZA
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, mayo de 1998

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO: ING. AGR. J. ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL PRIMERO: ING. AGR. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO: ING. AGR. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO: ING. AGR. ALEJANDRO A. HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO: Br. ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA
VOCAL QUINTO: Pr. Agr. EDGAR DANILO JUAREZ QUIM
SECRETARIO: ING. AGR. GUILLERMO E. MÉNDEZ BETETA

Guatemala, mayo de 1998.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

HONORABLES MIEMBROS:

De conformidad con la ley orgánica de la universidad de San Carlos de Guatemala tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO, EL CARBOFURAN Y SU COMBINACIÓN,
PARA EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL AJO (*Allium sativum* L.), EN LA BARRANCA, AGUACATAÑ, HUEHUETENANGO.**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


HUGO URIZAR CARRASCOZA

ACTO QUE DEDICO**A:****DIOS, TODO MENTE**

Gracias por criarme y
por permitirme explorar, juzgar, criticar y admirar
tu creación

MIS PADRES**ANDRÉS URÍZAR**

Su pensamiento lo tengo presente
*Aun que sea solo un dulce lo que tengas,
repártelo entre los demás*

PILAR CARRASCOZA

Por tanto amor que me brindas y tus frases bellas:
*Dios no da la naturaleza para matarla,
sino como da las aves, para que las contemplemos y
cantemos junto a ellas*

MIS HERMANOS**RUBÉN, BAUDILIO, ELFREN Y EDI**

Que su pensamiento se difunda entre la humanidad:
*"ELEVEMOS AL HERMANO, PARA QUE VIVAMOS CON LA
ESPERANZA DE QUE ALGUIEN, ALGÚN DÍA, NOS TIENDA LA
MANO DESDE ARRIBA"*

MIS HERMANAS**REINA, LIDIA, ANA AMPARO Y ELIDA ARACELY**

Por su solidaridad y cariño

MI SEGUNDA**FAMILIA**

La familia **MORALES PINZÓN** por su calidad humana y
el apoyo que me brindaron

MIS SOBRINOS

Por que sigan siempre adelante

MIS AMIGOS**Y AMIGAS**

Por su agradable amistad

COMPAÑEROS**Y COMPAÑERAS**

Por su lucha incansable por alcanzar
buenos objetivos

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Gustavo Alvarez

Ing. Agr. Adalberto Rodríguez

DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

Lic. Anselma Jáuregui de Molina

Lic. Zaida Rodríguez de Toledo

Lic. María Antonieta Castillo

Profa. Lorena Morales Pinzón

Ing. Agr. Edil Rodríguez

Ing. Agr. Marino Barrientos

P. Agr. Ernesto Carrillo

Ing. Agr. Carlos Fernández

Br. Rubén Urizar C.

Br. Elfren Urizar C.

Br. Baudilio Urizar

P.C. Edi Abdulio Urizar C.

Br. Lizandro Figueroa

Sensei Juan Marroquín

Prof. Francisco Us

Lic. Alicia Pinto

Ing. Agr. Carlos Fernández

Sr. Mynor Rivas

P.C. Francisco Ailón

Sra. Victorina de Morales

Prof. Julio Arriaga

Í N D I C E

RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 EL CULTIVO DEL AJO (<u>Allium sativum</u> L.)	3
3.1.2 NEMATODOS	5
3.1.3 NEMATODOS EN AJO	5
3.1.4 SOLARIZACIÓN	7
3.1.5 SOLARIZACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE NEMATODOS	8
3.1.6 EL CARBOFURAN	11
3.2 MARCO REFERENCIAL	12
3.2.1 UBICACIÓN	12
3.2.2 CLIMA	13
3.2.3 SUELOS	13
3.2.4 ASPECTOS HISTÓRICOS	13
3.2.5 HIDROLOGÍA	14
3.2.6 TRABAJOS REALIZADOS EN AGUACATÁN REFERENTE A NEMATODOS	14
3.2.7 EXPERIENCIAS OBTENIDAS CON LA SOLARIZACIÓN DEL SUELO EN GUATEMALA	14
3.2.8 SOLARIZACIÓN EN EL CONTROL DE NEMATODOS	14
4. OBJETIVOS	16
5. HIPÓTESIS	17
5.1 HIPÓTESIS GENERAL	17
5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	17

6. METODOLOGÍA	18
6.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	18
6.2 TRATAMIENTOS	18
6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	18
6.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS BLOQUES Y UNIDADES EXPERIMENTALES	18
6.3.2 DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	18
6.4 VARIABLES DE RESPUESTA	19
6.4.1 IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS	19
6.4.2 DENSIDAD DE POBLACION DE NEMATODOS	19
6.4.3 RENDIMIENTO DE AJO	19
6.4.4 CALIDAD DE AJO	19
6.4.5 BENEFICIO NETO	19
6.5 MONTAJE DEL EXPERIMENTO	19
6.5.1 SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL	19
6.5.2 TRAZO DEL TERRENO Y COLOCACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
6.6 MUESTREO DE NEMATODOS	20
6.6.1 PRIMER MUESTREO	20
6.6.2 SEGUNDO MUESTREO	20
6.6.3 TERCER MUESTREO	20
6.6.4 CUARTO MUESTREO	20
6.6.5 QUINTO MUESTREO	21
6.7 PROCESAMIENTO DE MUESTRAS DE NEMATODOS	21
6.8 IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS	21
6.9 COSECHA	22
6.10 CLASIFICACIÓN EN CALIDADES	22
6.10.1 AJO DE PRIMERA	22
6.10.2 AJO DE SEGUNDA	22
6.10.3 AJO DE TERCERA	22
6.10.4 AJO DE RECHAZO	22
6.11 MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.11.1 PREPARACION DEL SUELO	23
6.11.2 SIEMBRA	23
6.11.3 RIEGO	23

6.11.4	FERTILIZACIÓN	23
6.11.5	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	23
6.11.6	LABORES CULTURALES	23
6.11.7	CONTROL DE MALEZAS	24
6.12	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	24
6.12.1	ANÁLISIS DE VARIANZA	24
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1	RENDIMIENTO	25
7.1.1	RENDIMIENTO SEGÚN SU CALIDAD	26
7.2	PRUEBA DE CONTRASTES ORTOGONALES	28
7.2.1	SUBHIPÓTESIS	28
7.2.2	INTERPRETACIÓN	29
7.3	POBLACIONES DE NEMATODOS DEL SUELO	30
7.3.1	INCIDENCIA DE HELICOTYLENCHUS	30
7.3.2	INCIDENCIA DE TYLENCHORHYNCHUS	31
7.3.3	INCIDENCIA DE TYLENCHUS	33
7.4	POBLACIONES DE NEMATODOS EN EL TEJIDO DEL AJO	33
7.4.1	INCIDENCIA DE HELICOTYLENCHUS	34
7.4.2	INCIDENCIA DE TYLENCHORHYNCHUS	35
7.4.3	INCIDENCIA DE DITYLENCHUS	35
7.5	NIVELES CRÍTICOS	36
8.	CONCLUSIONES	38
9.	RECOMENDACIONES	39
10.	BIBLIOGRAFÍA	40
11.	ANEXO	42

EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO, EL CARBOFURAN Y SU COMBINACIÓN,
PARA EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL AJO (Allium
sativum L.). EN LA BARRANCA, AGUACATÁN, HUEHUETENANGO.

EVALUATION OF THE SOLARIZED, THE CARBOFURAN AND THEIR COMBINATION FOR
THE CONTROL OF PLANT PASITIC NEMATODES ASSOCIATES TO THE GARLIC (Allium
sativum L.). IN LA BARRANCA, AGUACATÁN, HUEHUETENANGO.

RESUMEN

La investigación se realizó en Aguacatán, Huehuetenango, Guatemala, en el período de septiembre de 1,996 a marzo de 1,997. con el propósito de evaluar la eficiencia del solarizado y el carbofuran y la combinación de ambos, para el control de nematodos parásitos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum L.), se evaluaron seis tratamientos que incluyeron: solarizado simple y solarizado mas carbofuran en períodos de exposición de seis y ocho semanas, carbofuran y un testigo absoluto.

El solarizado de ocho semanas realizó el mejor control de nematodos, suprimió las poblaciones; produjo mayores rendimientos (9,657.0 kg/ha). El carbofuran simple no controló las poblaciones de nematodos y mostró un rendimiento similar al testigo absoluto. La combinación de los métodos no incrementó la eficiencia de control.

El tratamiento con mayor beneficio económico fue el solarizado de ocho semanas.

1. INTRODUCCIÓN

Un 98% de los habitantes de Aguacatán dependen de las actividades agrícolas, el municipio se caracteriza por tener la mayor producción de ajo a nivel nacional, por lo que es de importancia económica para Guatemala (15).

El principal problema en la producción es, la merma en la productividad agrícola causada por el efecto de las plagas, en primer lugar, los nematodos fitoparásitos; Villatoro (17), indica, la incidencia de nematodos ha provocado la reducción de los rendimientos de ajo, hasta niveles de 2.58 a 3.09 toneladas métricas por hectárea, cuando los rendimientos esperados oscilaban entre 10.31 y 15.46 toneladas métricas por hectárea.

La investigación inferencial de Urizar (16) indica: "se encontró el género fitoparásito (Helicotylenchus sp)".

En varios países del mundo se ha utilizado el método de solarizado para el control de plagas del suelo, dando excelentes resultados, como lo reporta Labrada (9).

El nematicida carbofuran ha reportado algún efecto positivo en el control, por sus características sistémicas y diversas (6).

Considerando lo anterior, se realizó una evaluación del método de solarizado, el carbofuran y la combinación de ambos para el control de nematodos fitoparásitos del cultivo del ajo.

Se determinó que el solarizado de ocho semanas es el mas efectivo en el control de nematodos y en beneficio neto que el resto de los tratamientos evaluados. La combinación con carbofuran no incrementó la efectividad, por lo que se recomienda sea implementado el solarizado de ocho semanas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los nematodos parásitos son considerados el principal problema en el cultivo del ajo. Sus efectos han ocasionado pérdidas económicas, la rentabilidad ha mermado a un 31% o menos (15).

Villatoro (17) indica: "Al introducir nuevas variedades, a partir de 1987 se han presentado en el valle de Aguacatán problemas fitosanitarios por nematodos, la incidencia ha provocado la reducción del rendimiento de ajo hasta niveles de 2.58 a 3.09 toneladas métricas por hectárea, cuando los rendimientos esperados oscilaban entre 10.31 y 15.46 toneladas métricas por hectárea".

Los agricultores no han podido controlar los nematodos, los productos químicos han sido ineficiente, debido a la forma de sobrevivencia y otras características de los nematodos, los cuales se ven favorecidos por el monocultivo, la forma de riego y labores culturales que se implementan (15).

Por lo anterior se evaluó el solarizado, el carbofuran y su combinación para el control de nematodos parásitos asociados al cultivo del ajo bajo las condiciones del municipio de Aguacatán, Huehuetenango.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 EL CULTIVO DEL AJO (*Allium sativum* L.)

A. ORIGEN

El ajo es originario de Kirgiz, en Siberia y Zungaria, región desértica de China Occidental. Se difundió luego al lejano oriente y Europa (8).

A Centroamérica y América del Sur se introdujo después de la conquista y a América del Norte lo trajeron los colonos franceses a la región de Nueva Orleans (8).

B. USOS E IMPORTANCIA

Se usa universalmente como condimento aromático para casi todas las comidas y también como medicamento. Por ello, es un cultivo de gran importancia económica para varios países americanos y europeos que lo explotan, tales como México, Perú, Argentina, Italia y España (8).

Orozco citado por Villatoro (17) indica que en el valle de Aguacatán existen 15 sistemas de finca, siendo el predominante maíz-ajo en relevo, porcino y aves. Además el cultivo de ajo forma parte de la mayoría de fincas restantes. El subsistema ajo tiene una eficiencia de 1.67 proporcionando al agricultor el 85 por ciento de los ingresos monetarios, por lo que es el componente que permite la compra de casi toda la energía y bienes utilizados en el sistema de finca (17).

C. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Pertenece a la familia de las liliáceas. Tiene bulbo subterráneo que está formado por 5 a 15 bulbitos llamados comúnmente dientes, los cuales están cubiertos por una membrana que puede ser blanca, morada o rosada y unidos por su base alrededor del tallo (8).

Las hojas alcanzan una altura de 0.40 a 0.60 metros y termina en una inflorescencia umbeliforme, con flores hermafroditas que salen de dos brácteas membranosas que las envuelven (8).

Pétalos y estambres son en número de seis con un solo pistilo y un solo estilo. El ovario es súpero con tres cavidades y placentación axial. Fructifica en cápsula loculícida. Muchas flores abortan y se transforman en sóbalos o bulbillos que son de una sola pieza (8).

Las hojas envainadoras, canaliculadas al centro y amplias según la variedad tienen los bordes rizados (8).

El ajo no florece casi nunca en climas templados, por lo que su reproducción por semillas es casi nula y únicamente los genetistas se valen de este medio para investigar y crear nuevas variedades (8).

La variedad que se cultiva en Aguacatán por su resistencia a las plagas y adaptación al clima es una variedad adaptada que se le ha dado el nombre de "criolla", es producida en el país desde hace muchos años, es del tipo egipcio. Sus ajos son de color blanco de magnífica calidad industrial y tienen regular demanda en el mercado cuando están frescos debido principalmente al tamaño y abundante número de dientes (8).

D. ZONAS DE CULTIVO EN GUATEMALA

En Guatemala el ajo se cultiva principalmente en los municipios de Aguacatán y Chiantla (Huehuetenango) y Sacapulas del departamento de El Quiché. En pequeña escala se planta en algunos municipios de Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá y Guatemala (8).

E. ÉPOCA DE SIEMBRA EN GUATEMALA

La siembra se efectúa de septiembre a diciembre, prefiriéndose el período que transcurre entre la primera quincena de octubre y la segunda de noviembre (8).

F. DISTANCIAS DE SIEMBRA

La siembra puede hacerse en tablones de 20 o más metros de largo, 0.15 metros de alto, 1.20 metros de ancho, con separación de 0.40 metros entre tablones (8).

La siembra se efectúa a lo ancho del tablón en hileras distanciadas 0.20 metros una de otra. En cada hilera se colocan los dientes con la punta hacia arriba, distanciados 0.10 a 0.12 metros y a una profundidad de 0.03 metros (8).

También puede sembrarse en camellones levantados 0.20 metros de altura y 1.20 metros de ancho, los camellones pueden dejarse 0.40 metros entre sí (8).

En el camellón se siembran dos hileras de plantas, separadas 0.20 metros entre sí y en cada hilera se coloca un diente cada 0.10 a 0.12 metros, con la punta hacia arriba y enterrado 0.03 metros (8).

G. PLAGAS Y PRODUCTOS UTILIZADOS

Para el combate de nematodos puede usarse Curater, Carbofuran, Dasanit, Namacur o Mocap. Aplicar 60 a 80 libras por manzana sobre las hileras de plantas; una onza y media por cada 10 metros de hilera. Se aplican al momento del trasplante o diez días con el fertilizante (8).

3.1.2 NEMATODOS

Los nematodos pertenecen al reino animal. Los nematodos en ocasiones denominados anguillulas, tienen un aspecto vermiforme pero taxonómicamente son bastante distintos de los verdaderos gusanos. La mayoría de los varios miles de especies viven libremente en gran número en aguas saladas o dulces o en el suelo alimentándose de plantas y animales microscópicos. Numerosas especies de ellos atacan y parasitan al hombre y a los animales, en los que producen diversas enfermedades. Sin embargo se sabe que varios centenares de sus especies se alimentan de plantas vivas en las que producen una gran variedad de enfermedades (1).

Todos los nematodos fitoparásitos pertenecen al Phylum Nemata. La mayoría de los géneros parásitos importantes pertenecen al orden Tylenchida, pero algunos pertenecen al orden Dorylaimida (1).

3.1.3 NEMATODOS EN AJO

Al referirse a los nematodos asociados al cultivo del ajo, se piensa en el género Ditylenchus sp, comúnmente conocido como "el nematodo del tallo y bulbo"; sin embargo, el estudio de Urizar (16), efectuado en el cultivo del ajo en Aguacatán literalmente dice: "Después de efectuado el estudio y de acuerdo al muestreo simple aleatorio con un nivel de confianza del 75 por ciento tomando 15 puntos diferentes de muestreo y efectuando tres muestreos en diferentes fechas dentro del ciclo del cultivo del ajo se obtuvo lo siguiente: Existen tres géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum L.) en el área de la aldea La Barranca, Aguacatán, Huehuetenango; los cuales son: Helicotylenchus sp, Tylenchorhynchus sp.

Se descarta la hipótesis que afirma la existencia de Ditylenchus sp en esta área (La Barranca), puesto que en las muestras analizadas, tanto de suelo como de material vegetal, no se encontró.

Helicotylenchus sp presentó una densidad de población promedio de 127.3 nematodos por 100 cc de suelo y 13.7 nematodos por un gramo de material vegetal. Con la menor densidad de población Tylenchorhynchus sp reportando 29.3 nematodos por 100 cc de suelo y 2.1 nematodos por un gramo de material vegetal."

De acuerdo a las conclusiones y resultados obtenidos del estudio de Urizar (16), se recomienda lo siguiente: "Deben evaluarse diferentes métodos de control para el manejo de nematodos fitoparásitos para el

cultivo de ajo. Las medidas de control de nematodos deben ir dirigidas de acuerdo a las características particulares de Helicotylenchus sp, Tylenchus sp y Tylenchorhynchus sp. Realizar otros estudios en otras áreas dedicadas al cultivo del ajo. Efectuar pruebas de patogenicidad de los nematodos".

A. NEMATODOS DEL BULBO Y DEL TALLO: DITYLENCHUS

De las distintas especies de Ditylenchus sp que producen enfermedades en las plantas, la más común e importante es la que en general se la denominada nematodo del bulbo y del tallo (1).

B. HELICOTYLENCHUS

Este género es el que parasita el ajo de Aguacatán, Huehuetenango. Agrios (1), Género Helicotylenchus sp: es el nematodo espiral de varias plantas, pertenece al phylum Nematoda, al orden Tylenchida, suborden Tylenchina, superfamilia Tylenchoidea, a la familia Hoplolaimidae.

Sher citado por Taylor, A.L. (14) discutió la morfología de nematodos de este género e incluyó claves para 38 especies. También ha examinado muchas especies de Helicotylenchus sp que probablemente representan especies adicionales de este género, pero porque han sido insuficientes los materiales preservados, no hay descripciones de su trabajo.

Siddiqi citado por Taylor, A.L. (14) discutió este género e incluyó claves para más de 70 especies. Nematodos de este género se encuentran frecuentemente en el suelo, por ejemplo en las raíces de plantaciones de uva. Usualmente hay ectoparásitos, alimentándose no solamente por medio del estilete insertado dentro de la raíz sino también con la parte anterior del cuerpo.

Thorne citado por Taylor, A.L. (14) indica: "algunas especies individuales son endoparásitos migratorios. Aparentemente todas las especies están parasitando en la raíz y otros órganos vegetales de las plantas. Algunos son alargados rectos y otros muchos asumen una forma espiral".

Se le llama también a Helicotylenchus sp nematodo en espiral es endoparásito y ectoparásito de muchas plantas; se encuentra en todas sus fases en el suelo y en las raíces su cuerpo es arqueado o en espiral cuando está muerto o en reposo, estilete moderadamente largo, el orificio de la glándula esofágica dorsal situado por detrás de los ensanchamientos del estilete, a una distancia mayor que la mitad de la longitud del estilete, con 2 ovarios (14).

C. TYLENCHUS

Pertenece a la familia Tylenchidae, superfamilia Tylenchoidea, suborden Tylenchina, orden Tylenchida, phylum Nematoda (1).

Steiner y Albin citado por (14) experimentaron con 5 especies de Tylenchus dejándolas en reposo por un período de 39 años, al final del cual todas resucitaron en este largo período de dormancia.

D. TYLENCHORHYNCHUS

Se le llama comúnmente "nematodo causante del achaparramiento del tabaco, maíz, algodón" (1).

Está asociado con las raíces de muchos cultivos dentro de los que se incluyen, el tabaco, algodón, avena y maíz (14).

Pertenece al orden Tylenchida, al suborden Tylenchina, a la superfamilia Tylenchoidea, a la familia Tylenchorhynchidae (1).

También se le llama nematodo del raquitismo, es ectoparásito y a veces endoparásito de muchas plantas. Se encuentra en el suelo en todas sus fases, la región labial tiene prolongación del cuerpo o ligeramente diferenciada, estilete por lo general fuerte, con grandes ensanchamientos basales, vulva cerca del punto medio del cuerpo, cola en la hembra aguzada y redondeada, por lo general la longitud dos o más veces mayor que el diámetro de la región anal, es parecido a Tylenchus pero Tylenchus tiene un solo ovario (14).

3.1.4 SOLARIZACIÓN

A. DEFINICIÓN

La solarización del suelo es un método físico del control de plagas y enfermedades mediante el uso de cubiertas plásticas, negras o transparentes, en la parte superior y húmeda del suelo. El plástico transparente permite que la energía radiante del sol sea transmitida y atrapada como longitud de onda larga en el suelo, calentando los niveles superiores. El plástico negro permite cierto calentamiento pero no al grado del plástico transparente. Durante la solarización en los meses cálidos de verano, las temperaturas se incrementan a niveles letales para la mayoría de los organismos que causan enfermedades de las plantas, semillas de malezas y nematodos. La solarización también mejora la estructura e incrementa la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes esenciales (4).

Las láminas deben dejarse sobre el suelo por un período de 4 a 6 semanas, sin embargo, por existir algunos organismos resistentes, éste

se puede prolongar hasta 8 semanas. Pasado el período indicado, el suelo se descubre y se procede a la siembra (3).

Algunas plagas del suelo y malezas han sido parcialmente controladas en algunos vegetales y frutas con la aplicación de pesticidas, incluyendo bromuro de metilo y cloropicrina. Como siempre, el uso de estos fumigantes del suelo es muchas veces indeseable debido a la toxicidad de éstos para animales y humanos, sus residuos tóxicos en los materiales de las plantas y el suelo, la complejidad del tratamiento del suelo, y su alto costo. Además, las restricciones de uso de muchos pesticidas aplicados al suelo. Como resultado de estas restricciones ha habido un mayor énfasis en métodos de control no químicos (4).

3.1.5 SOLARIZACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE NEMATODOS

La solarización del suelo puede ser usada en el control de muchas especies de nematodos; sin embargo, la solarización del suelo no siempre es tan efectiva en el control de nematodos como lo es con los hongos y malezas. Los nematodos son móviles y pueden colonizar rápidamente el suelo (4).

El uso de la solarización para el control de nematodos ha sido ampliamente estudiada en diferentes países y para diferentes géneros y especies de nematodos, sin embargo, la mayor parte de estudios se han inclinado hacia especies de (Meloidogine sp). Los resultados para este género han sido muy variables y van desde los pobres hasta los muy efectivos. Otros nematodos en los cuales se ha evaluado el solarizado incluyen a (Pratylenchus spp), (Ditylenchus dipsaci kuhn.), (Heterodera spp.), (Rotylenchulus reniformis Linfornd & Oliveira), (Tylenchorhynchus spp.), (Macroposthonia spp.), y (Trichodorus spp.), entre otros. El control de nematodos con solarizado ha sido más efectivo cuando se integra con otros métodos, que cuando se aplica solo (5).

El solarizado del suelo es un método no convencional de control de plagas del suelo, el cual utiliza la radiación solar con el fin de aniquilar varios organismos nocivos en el suelo, tales como hongos, larvas de insectos, nematodos y semillas de malezas. El método desarrollado en Israel y dado a conocer en los años de la década del 70, se ha venido aplicando cada vez mas en cultivos de campo. El

método como tal es técnicamente efectivo, económicamente factible en determinadas áreas y condiciones y ambientalmente compatible (9).

La solarización consiste en la utilización de mantas plásticas (de polietileno) transparentes, las que se disponen sobre la superficie del suelo ya preparado y húmedo. La manta se deja por espacio de 30 a 45 días para así absorber la radiación solar y crear un ambiente de altas temperaturas en el suelo, que sirven para desarrollar la actividad de control de plagas. Pasado el período indicado el suelo se descubre y se procede a la siembra o plantación. El método, además de su efecto de control de plagas, también hace accesibles los macroelementos del suelo a las plantas cultivables (9).

En el medio oriente el método se utiliza bastante para la producción de hortalizas, así como en algunas zonas de Asia. La mayor experiencia en América se posee en California, E.U., aunque se sabe que México ha introducido esta práctica en determinados cultivos y zonas del país (9).

La solarización es tan eficaz para el tratamiento de camas de espárragos como otros desinfectantes del suelo p.ej.: bromuro de metilo (24 horas de exposición), Metham-sódico y dazomet (9).

La solarización es un método alternativo de desinfección del suelo, factible de utilizar en programas de manejo integrado de plagas, dado su efecto sobre algunos de los principales enemigos de los cultivos agrícolas y su inocuidad al ambiente (9).

Desde hace algunos años se comenzó a estudiar este método en Cuba con vistas a valorar sus ventajas y desventajas, dirigido principalmente a organismos del suelo con fuerte impacto en la agricultura como son las malezas, nematodos y hongos (9).

La evaluación del método de solarización y su introducción posterior en la práctica agrícola puede significar un paso adelante en la reducción del uso de plaguicidas químicos, con la siguiente reducción de costos y menor efecto adverso al ambiente (9).

A. ESENCIA DEL SOLARIZADO Y CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN

El principio básico sobre el cual se basa la solarización reside en la tolerancia a los cambios de temperatura de los organismos nocivos del suelo, los cuales tienen carácter mesofílico, es decir, no soportan temperaturas por encima de los 31 - 32 grados centígrados por lo que su eliminación es factible si se logran tales niveles térmicos en el suelo (9).

Este método fue ensayado y propuesto por primera vez por Katan en Israel, es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de altas temperaturas en el suelo, lo que resulta principalmente en el período de presiembrá o preplantación para controlar un buen número de plagas del suelo (9).

Las condiciones, para que la solarización del suelo tenga un control adecuado de las plagas, son las siguientes:

a. Características del plástico

Generalmente se utilizan películas transparentes de polietileno aunque en algunos casos las de color negro se han utilizado con el mismo fin. El polietileno, es el plástico mas recomendado, ya que permite mayor paso de la radiación solar (5). La mayoría de experiencias en solarización demuestra que los plásticos mas delgados son mas eficientes que los gruesos debido a que se adhieren mejor a la superficie del suelo y evitan la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo (10).

b. Preparación del suelo

Es indispensable evitar la presencia de agregados y terrones grandes que formen bolsas de aire que enfríen el suelo. Si se quiere evitar esto, la preparación del suelo debe ser cuando éste esté húmedo, lo cual permite un desmenuzamiento adecuado de los terrones. La absorción de la radiación por el suelo y consecuentemente el calentamiento del mismo es mayor, si la película de plástico se encuentra estrechamente unida al suelo con un mínimo de espacio entre el plástico y el suelo (10).

c. Humedad del suelo

Los suelos húmedos, ya sea irrigados antes o después de la colocación del plástico incrementan la sensibilidad térmica de la microflora y microfauna del suelo, así como la trasmisión del calor del suelo (10). La solarización del suelo es mas efectiva cuando el suelo tiene una saturación del 70% o mas de su capacidad (4).

d. Régimen de radiación solar

Uno de los factores que mayor impacto van a mostrar sobre la eficiencia de la técnica de solarización es, sin lugar a dudas la cantidad de radiación solar disponible en la región; en forma general se puede establecer que a mayor intensidad de la radiación solar se obtiene una mayor temperatura del suelo y consecuentemente se puede

esperar una drástica reducción en los niveles de hongos fitopatógenos (10).

e. Tiempo de permanencia en el terreno

Se ha observado que existe una correlación positiva entre tiempo de exposición de las películas plásticas y control de microorganismos y plagas del suelo. En condiciones de intensa radiación solar, se requiere únicamente de 10 a 15 días de solarización para una desinfección adecuada del suelo (10). Aunque como lo indica Elmore (4), algunos organismos relativamente resistentes al calor pueden requerir hasta 8 semanas para su control.

B. VENTAJAS DEL SOLARIZADO

Las ventajas del método son: sencillo en su aplicación, de buena aceptación, de bajo costo para el pequeño agricultor, no crea problemas de contaminación como la aplicación de los agroquímicos, el plástico puede reutilizarse, aplicable a cualquier tipo de suelo y compatible con otros métodos (9).

Se ha comprobado que la solarización hace más accesibles los nutrientes del suelo a las plantas e incrementa relativamente las poblaciones de bacterias del género (Bacillus sp) que favorecen el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas cultivables (9).

C. DESVENTAJAS

- a. Su uso se restringe a climas o áreas con veranos calurosos.
- b. Es necesario dejar el terreno libre de cultivo en un período de 4 a 8 semanas.
- c. Hay acumulación de plástico en grandes cantidades cuando se aplica en extensiones muy grandes.
- d. Algunas enfermedades no son controladas o su control es difícil con la solarización del suelo.
- e. Cuando las cubiertas plásticas son aplicadas en bandas no hay control de plagas en los surcos entre las bandas.
- f. Su costo puede ser inaccesible para pequeños agricultores que practican agricultura de subsistencia ().

3.1.6 EL CARBOFURAN

A. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL CARBOFURAN

Nombre común carbofuran, nombre químico 2,3-dihidro-2,2dimetil-7-benzofuranil-metil-carbamato, fórmula empírica $C_{12}H_{16}NO_3$, peso molecular 221.25, apariencia sólido cristalino blanco, olor levemente

fenólico, densidad 1.180 a 20/20°C, punto de fusión puro 153-154°C técnico 150-152°C, presión de vapor 2×10^{-2} mmHg a 33°C, estabilidad inestable en medio alcalino se degrada a temperaturas superiores a 130°C, no inflamable y no es corrosivo (6).

B. ACCIÓN BIOLÓGICA DEL CARBOFURAN

Como sistémico, tiene acción para insectos con aparato bucal picador chupador, como en los lamedores y masticadores. Si bien los tratamientos de suelo protegen la parte foliar sirven también para el control de las plagas que habitan el suelo, como por ejemplo gusano de la raíz del maíz, larvas, crisálidas y varios géneros de nematodos. Para una adecuada absorción y subsecuente actividad sistémica, el carbofuran debe llegar a la zona de las raíces, ya sea por medios mecánicos, por lluvia o por riego. Cuando se aplica al suelo al momento de la siembra o plantación, los residuos del principio activo en la planta, se van reduciendo gradualmente por dilución en la masa vegetal y con el tiempo, también por metabolización en compuestos menos tóxicos o no tóxicos (6).

El carbofuran no persiste en los suelos por tiempo indefinido como en el caso de hidrocarburos. La descomposición del carbofuran en los suelos se completa durante el año de uso sin acumulación posterior (6).

C. ACCIÓN NEMATICIDA

Asegura un buen desarrollo del sistema radicular, con abundante raicillas absorbentes, garantizando a la planta la provisión de todas sus necesidades nutritivas. Una buena raíz es el punto de partida para el desarrollo de todo cultivo (6).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACIÓN

El área a trabajar corresponde a la aldea La Barranca, Aguacatán, Huehuetenango, específicamente en el valle central de la comunidad. Se encuentra ubicada en la parte central de Aguacatán al Oeste de la cabecera municipal, en el trayecto a la cabecera departamental de Huehuetenango. Dista de la cabecera departamental de Huehuetenango 21 kilómetros. Su extensión aproximada es de 11 km² (11).

3.2.2 CLIMA

La altitud es de 1,500 msnm con una precipitación promedio anual de 1,027 mm, la temperatura media anual es de 17.7°C, una máxima en abril de 28.45°C y la mínima en enero de 5.92°C (11).

De La Cruz, citado por Santiago (11), Utilizando el sistema de Holdridge clasifica la región como zona de vida de Bosque Montano Seco.

En los meses de diciembre y enero se dan bajas temperaturas, 7.0°C y 5.9°C respectivamente, no afectando significativamente las plantaciones de ajo; en dicho período ocurren lloviznas que han ocasionado daños en el cultivo (11).

3.2.3 SUELOS

Los suelos del valle de Aguacatán pertenecen a la división fisiográfica de la Altiplanicie Central. La serie de suelos dominantes son: Sacapulas y Chixoy. La serie Sacapulas se caracteriza por ser poco profundos o superficiales, bien drenados, desarrollados sobre granito suaves y en un clima de seco a húmedo, apreciación textural liviana; la reacción es ligeramente ácida, pH entre 6.0 a 6.5. El suelo superficial tiene una profundidad aproximada de 0.05 m, es franco arenoso, suelto de color café grisáceo oscuro. Los suelos Chixoy se caracterizan por ser poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza fragmentada en clima húmedo son de textura franco arcillosa (12).

3.2.4 ASPECTOS HISTÓRICOS

A. AGUACATÁN

Aguacatán significa, según voz mexicana "lugar abundante de aguacates". Este pueblo es de origen precolonial (15).

En cumplimiento con una real cédula, el Presidente López Cerrato en 1549 y 1550 redujo varios pueblos de indígenas que estaban dispersos, y al de Aguacatán se le unieron lo de Vacá, Chel, Zalchil y otros (15).

En tiempos más recientes algunas aldeas que se han ido conformando con pobladores de Momostenango, Santa María Chiquimula, San Cristóbal Totonicapán, San Francisco El Alto, aldea Xenaxicul, aldea Exchimal, y de la parte Nor-Oriente del país (15).

3.2.5 HIDROLOGÍA

A. CORRIENTES DE AGUA SUPERFICIAL

Al Sur de La Barranca pasa el río Bucá, al Este pasa el Xq'ol Chima' (Río Injertal) y el río Tpe'tzl, (Petzal). Los terrenos agrícolas cuentan con riego todo el año (15).

3.2.6 TRABAJOS REALIZADOS EN AGUACATÁN REFERENTE A NEMATODOS

Lo mas reciente de nematodos en Aguacatán, Huehuetenango, Guatemala; es el estudio de Urizar (16), indica: "La producción ha mermado debido al efecto de nematodos fitoparásitos; por lo cual se realizó la investigación inferencial donde se determinaron los géneros (Helicotylenchus sp.), (Tylenchus sp.) y (Tylenchorhynchus sp.), con densidades de población de 127.3, 131.0 y 29.3 nematodos por 100 centímetros cúbicos de suelo y una incidencia de 13.7, 12.4 y 2.1 nematodos por gramo de material vegetal, respectivamente".

Villatoro (17) hace referencia al análisis fitopatológico de una muestra de ajo efectuado por Labind Ltda. diagnosticó que el nematodo (Ditylenchus dipsaci Kuhn) es el agente causal de los problemas fitosanitarios que se suscitaron en Aguacatán durante la temporada de cultivo de 1988 a 1989. Indica que la presencia de numerosas larvas de (D. dipsaci kuhn), aproximadamente 20 por cc de tejido con una profundidad de colonización de 0.01 metro denota que es el agente causal en los daños a los bulbos de ajo. Los síntomas se manifiestan por un achaparramiento, manchas de color amarillo, hinchamiento, lesiones abiertas en su follaje, muerte descendente y debilitamiento de las hojas a tal grado que pueden caer al suelo (17).

3.2.7 EXPERIENCIAS OBTENIDAS CON LA SOLARIZACIÓN DEL SUELO EN GUATEMALA

En Guatemala se han desarrollado diversas experiencias tendientes a valorar el efecto de la solarización del suelo. El mejor efecto sobre los nematodos se consigue al solarizar durante seis semanas, debido a que en este tiempo las malezas se presentan con menos intensidad bajo el polietileno, permitiendo que la solarización cumpla parcialmente su función (9).

3.2.8 SOLARIZACIÓN EN EL CONTROL DE NEMATODOS

En Israel en el ajo con problemas de (Ditylenchus sp.) se solarizó por 8 semanas, en suelo altamente infestado se obtuvo Rendimientos

superiores. En Italia por 8 semanas. hubo una reducción de 98 por ciento; y en zanahoria, cebada por 8 semanas de solarización y más dosis reducida de 1,3-Dazomet, dio resultados erráticos (9).

Con (Meloydogine sp) en suelo para tabaco, en Cuba, por 4-6 semanas, Controló todas las plagas. con (Pratylenchus sp) en papa, en Israel, incrementó el rendimiento (9)

4. OBJETIVOS

- 4.1 Determinar la eficiencia de la solarización del suelo y el carbofuran, simples y combinados, como métodos para el control de nematodos parásitos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum L.), en Aguacatán, Huehuetenango.
- 4.2 Determinar entre dos períodos de solarizado cual es el mas efectivo en el control de nematodos, asociados al cultivo del ajo.

5. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Los métodos: físico de solarizado y químico a base de carbofuran son igualmente efectivos, desde el punto de vista del beneficio neto, para controlar las poblaciones de nematodos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum L.); la eficiencia se incrementa si además de solarizar se aplica carbofuran.

5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- 5.2.1 El solarizado de 8 semanas es más efectivo para el control de nematodos parásitos del ajo que el solarizado por 6 semanas.
- 5.2.2 El método de solarizado es mas eficiente que el método químico en el control de nematodos.

6. METODOLOGÍA

6.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en la parte central del valle de la aldea La Barranca.

6.2 TRATAMIENTOS

Se evaluaron seis tratamientos para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de ajo:

- ▶ S8 = Solarizado durante ocho semanas. Consistió en colocar láminas de plástico sobre el suelo por un período de 8 semanas.
- ▶ S6 = Solarizado durante seis semanas.
- ▶ C = Nematicida carbofuran al suelo, se aplicó 120 kg/ha de producto comercial. Se dispersó uniformemente y se incorporó al suelo un día antes de la siembra del ajo.
- ▶ CS8= Solarizado de ocho semanas mas carbofuran. Primero se colocó el plástico por 8 semanas y el nematicida se aplicó un día antes de la siembra.
- ▶ CS6= Solarizado de seis semanas mas carbofuran.
- ▶ T = El testigo absoluto. ningún tratamiento. Se utilizó como comparador.

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Bloques al azar con cuatro repeticiones.

6.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS BLOQUES Y UNIDADES EXPERIMENTALES

Se prepararon cuatro bloques cada uno con 6 unidades experimentales con una orientación de Oriente a poniente en dirección opuesta a la pendiente y se procedió a aleatorizar los tratamientos por bloque.

6.3.2 DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistió en la parcela bruta de 5 por 5 metros (25 m²) y la parcela neta de 4 por 4 metros. Cada unidad experimental con dos tablonces de 1.75 metros de ancho y 0.25 m de calle.

6.4 VARIABLES DE RESPUESTA

6.4.1 IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS

Géneros de nematodos presentes en cada tratamiento.

6.4.2 DENSIDAD DE POBLACION DE NEMATODOS

La densidad de población de nematodos fitopatógenos en el suelo, referido a número de nematodos/volumen de suelo. Densidad de población de nematodos en el material vegetal, referido a número de nematodos/gr de tejido radicular.

6.4.3 RENDIMIENTO DE AJO

Rendimiento en kilogramos por hectárea de ajo.

6.4.4 CALIDAD DE AJO

Calidad del ajo, referido a la cantidad en kg/ha, peso en estado comercial de las clases. El estado comercial del ajo se refiere al peso que tiene después de haber sido asoleado en el campo de cosecha.

6.4.5 BENEFICIO NETO

6.5 MONTAJE DEL EXPERIMENTO

6.5.1 SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Se seleccionó el área experimental tomando en cuenta los factores siguientes:

- A. Ubicado dentro de la aldea La Barranca y de fácil acceso.
- B. Representativo del valle central de La Barranca.

6.5.2 TRAZO DEL TERRENO Y COLOCACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

A. TRAZO

Haciendo uso de cinta métrica y pita se procedió al trazo de las unidades experimentales y los bloques. El área experimental en total fue de: 24 X 30 m, cada bloque de 5 X 30 m con 6 parcelas brutas de 5 X 5 m.

B. COLOCACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

a. El solarizado

Para su colocación se procedió de la siguiente manera:

- i. Se perforó zanjas de 0.20 m de profundidad y 0.10 m de ancho a una distancia de 1.00 m entre sí, esto en donde se colocó plástico transparente.
- ii. Se colocó sobre la franja que queda entre las zanjas la banda de plástico, se le selló con tierra por los extremos y en la zanja primera de la parcela cuidando de que ésta quedara tensa y

orientada a favor de la pendiente de manera que el agua de lluvia no se depositara sobre el plástico.

iii. Primeramente se colocó el tratamiento de 8 semanas y el tratamiento de 8 semanas más carbofuran. Dos semanas después se colocó el solarizado de seis semanas mas carbofuran y seis semanas de solarizado. Al testigo se dejó sin solarizado y sin carbofuran.

b. Aplicación del carbofuran

El carbofuran se aplicó en el día de la siembra y con los tablonces elaborados para la siembra del ajo. Se aplicó la dosis recomendada por la casa comercial, al boleó en forma manual y se incorporó al suelo. La dosis que se aplicó es de 120 kilogramos por hectárea, esta dosis es recomendada para los cultivos hortícolas y que se siembran en tablonces a altas densidades como el ajo y la cebolla.

6.6 MUESTREO DE NEMATODOS

6.6.1 PRIMER MUESTREO

Se efectuó antes de aplicar los tratamientos, en toda el área experimental, tomando una muestra compuesta, de submuestras tomadas en número de 6 al azar.

6.6.2 SEGUNDO MUESTREO

Se efectuó después de quitar el plástico, tomando una submuestra de cada repetición para formar una muestra compuesta para cada tratamiento.

6.6.3 TERCER MUESTREO

Se efectuó a los 30 días después de la siembra para observar el efecto del nematicida químico y la continuación del efecto del solarizado. Se tomó material vegetal (bulbos, raíces y hojas del ajo).

6.6.4 CUARTO MUESTREO

Se efectuó a los 60 días después de la siembra en el mismo número y forma como en el muestreo anterior; también se tomó material vegetal (bulbos, raíces y hojas del ajo).

6.6.5 QUINTO MUESTREO

Se efectuó al momento de la cosecha; se tomó suelo y partes vegetales como en los anteriores muestreos.

6.7 PROCESAMIENTO DE MUESTRAS DE NEMATODOS

Las muestras de suelo y de plantas se procesaron en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la extracción de nematodos de las muestras de suelo se realizó por el método de flotación en azúcar y del material vegetal por el método de licuado tamizado.

6.8 IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS

La identificación de los géneros se efectuó en base a la morfología que los nematodos presentaron al hacer observaciones en el microscopio compuesto (10X, 40X y 100X). Las características morfológicas fueron de partes como: el estilete, esqueleto cefálico fuerte o débil, forma de la cola, posición de la vulva, número de ovarios, número de testículos y otras características que se encuentran en el anexo (cuadro 18.A), donde se presenta la clave o descriptor para la separación del orden tylenchida, orden al cual pertenecen los géneros encontrados.

Se determinó la familia Tylenchidae y la familia Tylenchorhynchidae. Tylenchidae contiene a dos de los géneros encontrados (Tylenchus sp) y (Helicotylenchus sp) se procedió a determinar el género y para ello se utilizó las características que distinguen a cada género de la familia Tylenchidae. (Helicotylenchus sp), se determinó por su posición en reposo en forma de espiral, en la parte terminal de la cola la presencia de una burbuja. (Tylenchus sp) se determinó por su conformación general del cuerpo y cola ligeramente puntiaguda, posición de la vulva y con dos ovarios. La Familia Tylenchorhynchidae contiene a (Tylenchorhynchus sp), que se determinó por tener cola roma, longitud del cuerpo y por comparación esquemática entre el resto de géneros de dicha familia. Los esquemas se encuentran en el anexo (figuras 7.A, 8.A y 9.A).

6.9 COSECHA

Se realizó a los 120 días después de la siembra, se pesó el ajo en fresco, por separado cada unidad experimental tomando el peso de un área neta de 16.00 metros cuadrados.

Al pesar el ajo en fresco se obtiene un peso mayor al que se obtiene después de haberse secado al sol, el ajo seco para la venta pesa un 35 por ciento menos, por lo que se le restó un 35 por ciento a los pesos obtenidos en el momento de arrancado para no sobreestimar los valores.

6.10 CLASIFICACIÓN EN CALIDADES

Se clasificó el ajo en clases por el tamaño del diámetro, por separado cada unidad experimental, se anotaron en una libreta con la identificación del tratamiento y orientación en el terreno.

Cada clase está determinada por la apariencia exterior, forma del bulbo, color y tamaño del diámetro del bulbo, medido en la base (parte mas ancha). La clasificación en clases como se comercializa en la región y que fue tomada en el experimento, se describe a continuación:

6.10.1 AJO DE PRIMERA

Sin manchas, bulbo redondo sin malformaciones, sin heridas ni podredumbres, dientes de tamaño uniforme, el diámetro del bulbo de mayor de 4.5 centímetros. Es la mas alta calidad de ajo.

6.10.2 AJO DE SEGUNDA

Sin manchas, bulbo redondo sin malformaciones, sin heridas ni podredumbres, dientes de tamaño uniforme, el diámetro del bulbo de 4.0 a 4.5 centímetros.

6.10.3 AJO DE TERCERA

Sin manchas, bulbo redondo sin malformaciones, sin heridas ni podredumbres, dientes de tamaño uniforme, el diámetro del bulbo de 3.0 a menor de 4.0 centímetros.

6.10.4 AJO DE RECHAZO

Se incluyeron los bulbos menores a 3.0 centímetros de diámetro, los bulbos de mayor diámetro pero deformes, con heridas, magulladuras, efecto de "molinete". El molinete es un daño que aparece en los bulbos

de ajo presentando una formación anormal, los dientes se separan, hay sobrecrecimiento de las hojas y se desintegra fácilmente.

6.11 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.11.1 PREPARACION DEL SUELO

La labranza del suelo se efectuó con herramientas manuales.

6.11.2 SIEMBRA

El cultivo se sembró en tablones de 0.20 metros de alto por 1.50 metros de ancho con una separación de 0.20 metros entre ambos. Sobre el tablón se sembró en surcos transversales a una distancia de 0.12 metros y a 0.10 metros entre plantas a una profundidad de 0.03 metros (éste es el método tradicional que los agricultores implementan).

Luego se efectuaron todas las labores culturales y de control de plagas y enfermedades, así como fertilización y riegos, hasta la cosecha.

6.11.3 RIEGO

Se aplicó con base a la experiencia y el método tradicional del agricultor, con una frecuencia de 5 a 8 días.

6.11.4 FERTILIZACIÓN

Se efectuaron dos fertilizaciones químicas al suelo de fertilizante triple quince aplicando en cada una 300 kg/ha, y seis fertilizaciones foliares aplicando 2 litros por hectárea.

6.11.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Cuando se manifestaron síntomas de enfermedades fungosas y ataques de insectos se procedió a la aplicación de productos químicos fungicidas (carbendazim y propamocarb), e insecticidas (endosulfan), según el caso.

6.11.6 LABORES CULTURALES

Se efectuaron las labores culturales tradicionales, que consistieron en la eliminación de malezas mediante herramientas manuales, remoción de la tierra para la aireación radicular del cultivo, se efectuó dos veces durante todo el ciclo de cultivo según fueron apareciendo las malezas.

6.11.7 CONTROL DE MALEZAS

Se aplicó un herbicida preemergente (afalón) y posteriormente se hizo control de las malezas, manualmente.

6.12 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.12.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

A. MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{i,j} = U + T_i + B_j + E_{i,j}$$

Donde:

$Y_{i,j}$ = Variable respuesta medida asociada a la i,j -ésima unidad experimental (BENEFICIO NETO POR TRATAMIENTO, OBTENIDO DE LA CANTIDAD DE AJO PRODUCIDA POR LOS PRECIOS DE VENTA MENOS LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN).

U = Valor de la media general (medida en QUETZALES/ha de ajo).

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (medido en Q/ha).

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

$E_{i,j}$ = Error experimental asociado a la i,j -ésima unidad experimental.

Los datos del beneficio neto de rendimiento en quetzales por hectárea, en estado comercial, fueron procesados de acuerdo al diseño de bloques al azar con su respectivo análisis de varianza a un nivel de significancia del cinco por ciento.

El rendimiento se clasificó en calidades (clases de ajo), y calculado su beneficio neto.

Para comparar los diferentes grupos de tratamientos se efectuó un análisis de "contrastes ortogonales" donde se compararon los grupos siguientes:

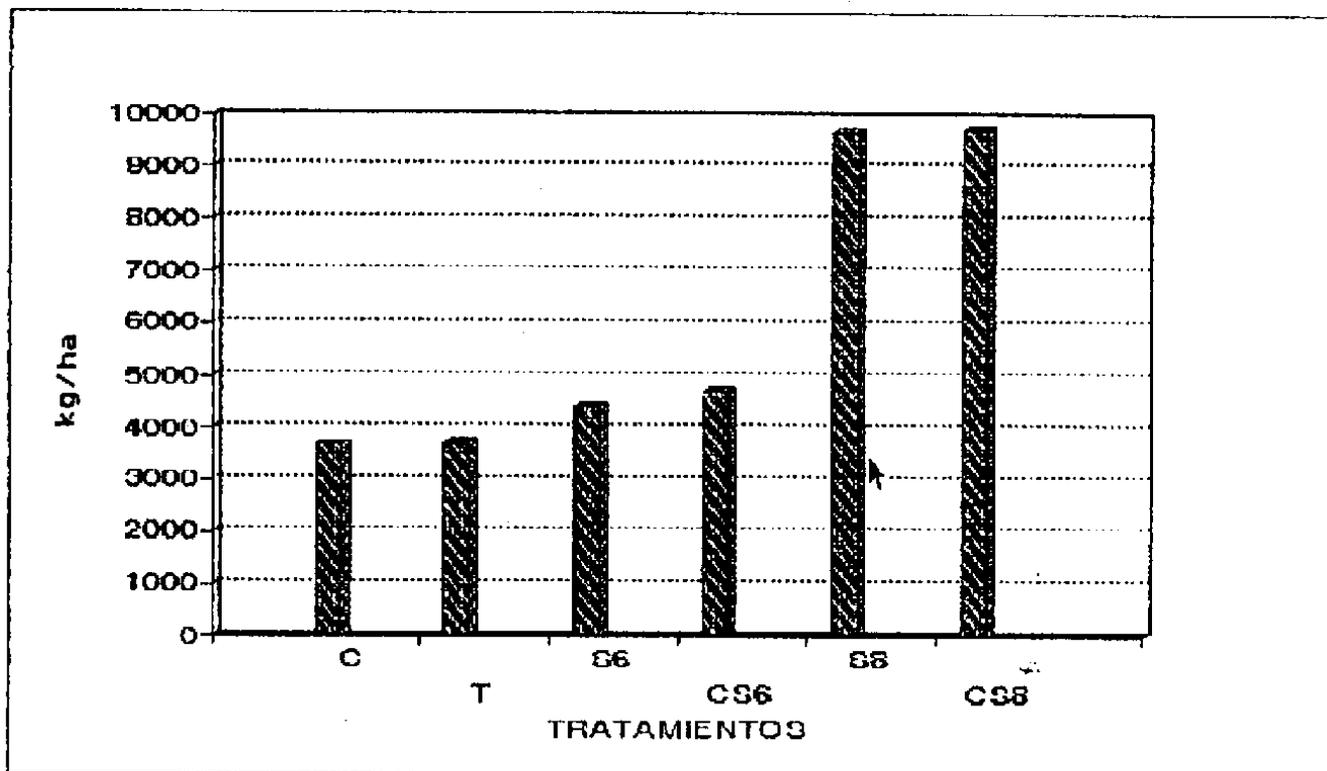
- a. los métodos de control vrs sin método de control.
- b. el tratamiento con carbofuran vrs otros
- c. lo tratado con solarizado vrs (combinado solarizado mas carbofuran).
- d. (solarizado de 6 semanas) vrs (solarizado de 8 semanas)

Los niveles de población en los diferentes muestreos se analizó gráficamente relacionando los niveles poblacionales contra cada tratamiento.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO

Los datos obtenidos están en el cuadro 5.A. La figura 1 muestra el comportamiento de la variable rendimiento, siendo evidente que superan en rendimiento los tratamientos de 8 semanas al resto.



REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran; kg/ha: kilogramos por hectárea.

FIGURA 1. Comportamiento del efecto de los tratamientos en el rendimiento de ajo.

El tratamiento químico (carbofuran) dio el menor rendimiento, similar al testigo absoluto, lo que indica que para éste ensayo el carbofuran no fue efectivo en el control de los nematodos, el mayor rendimiento lo produjo el solarizado de 8 semanas con carbofuran, estadísticamente igual al tratamiento de solarizado de 8 semanas simple; lo cual indica que el efecto del incremento se debe a la

simple; lo cual indica que el efecto del incremento se debe a la exposición por 8 semanas no por el carbofuran. Los tratamientos de 6

semanas ocuparon el segundo lugar aunque no hay diferencia consistente con el testigo absoluto.

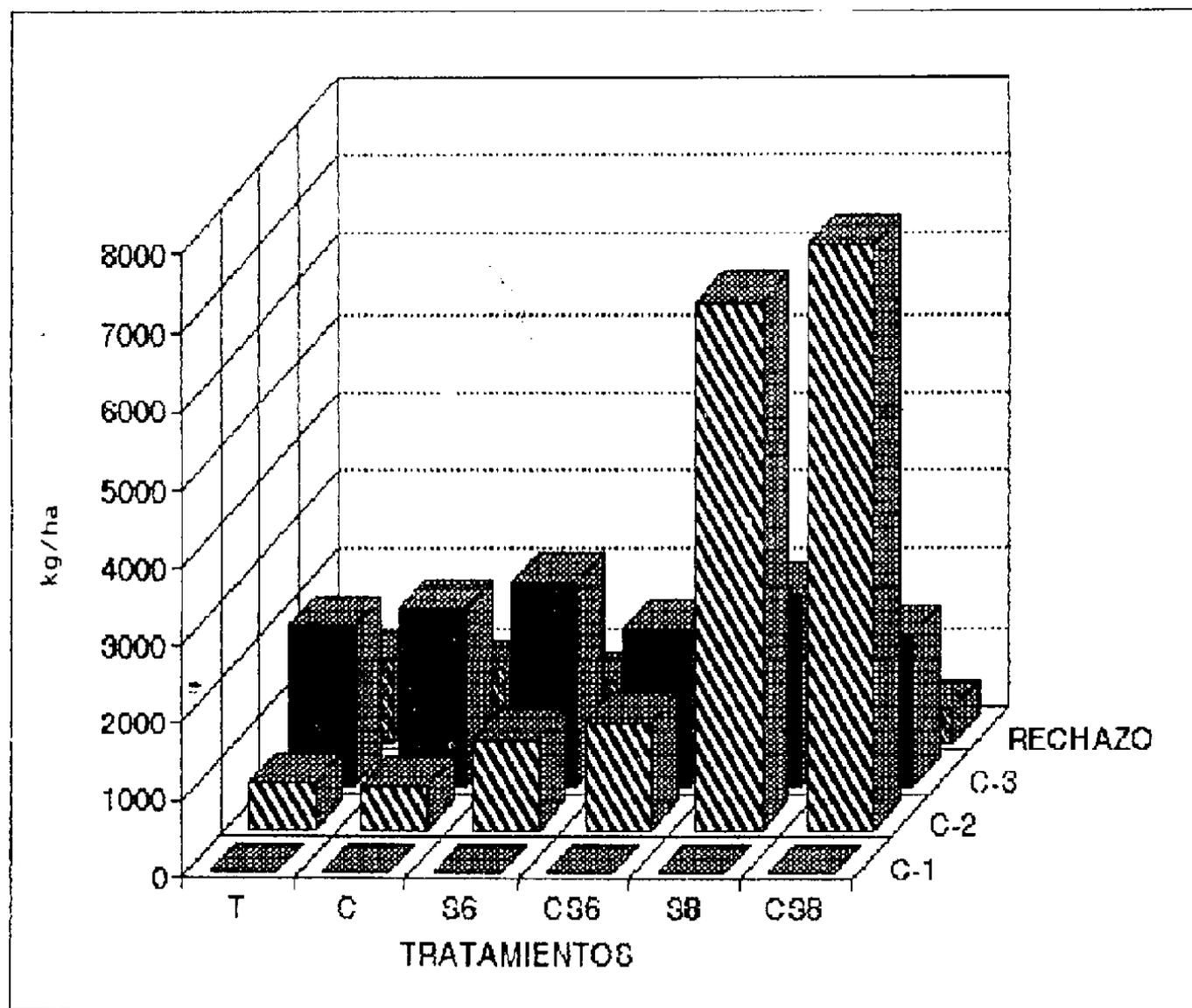
7.1.1 RENDIMIENTO SEGÚN SU CALIDAD

La calidad del ajo está dada por el diámetro del bulbo, se clasificó en: ajo de primera, de segunda, de tercera y de rechazo. El ajo que le interesa al productor es el de primera y segunda, por que los precios de venta son considerablemente altos. En todos los tratamientos se obtuvo ajo de segunda clase, ninguno produjo de primera clase.

La variable de calidad se incluyó para determinar si el solarizado y/o tratamiento químico tenían algún efecto en la calidad del producto, además de ser necesario para calcular el beneficio neto.

Los datos por clases se observan en el cuadro 3.A. La figura 2, muestra la cantidad producida de cada clase por los tratamientos y se muestra la diferencia en la producción de los tratamientos de ocho semanas y ocho semanas mas carbofuran en cuanto a segunda clase.

Los tratamientos y sus combinaciones en producción de clase tres se comportaron estadísticamente iguales como se muestra en el análisis de varianza del cuadro 14.A.



REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran; C-1: clases uno de ajo; C-2: Clase dos de ajo; C-3: clase tres de ajo; kg/ha: kilogramos por hectárea.

FIGURA 2. Rendimiento de ajo, clasificado en clases, según la calidad, producido en cada tratamiento.

Los tratamientos de 8 semanas fueron los que produjeron el menor porcentaje de ajo de rechazo (4 y 3%), los tratamientos de 6 semanas produjeron entre 14 y 27%; el carbofuran y el testigo produjeron 22 y 29 % respectivamente.

Los porcentajes por cada clase producida y su relación porcentual se muestran en el cuadro 15.A.

En clase 2, el mayor porcentaje lo produjeron los tratamientos de 8 semanas (70 y 77%), el resto de tratamientos no pasaron arriba del 30%.

Lo anterior indica que el solarizado afectó considerablemente la calidad del ajo y que la mejor calidad la produjo el solarizado de 8 semanas.

Al producir mayor porcentaje de la mejor calidad el solarizado de 8 semanas, incrementa considerablemente la rentabilidad.

7.2 PRUEBA DE CONTRASTES ORTOGONALES

La prueba de contrastes ortogonales se efectuó para la variable "beneficio neto (BN)", al restarse a los precios de venta por clase cada cantidad producida, en cada unidad experimental relacionada a una hectárea y restarse el costo.

En el análisis de varianza, cuadro 17.A, se encuentran diferencias estadísticamente significativas lo que indica que al menos uno de los tratamientos o combinaciones es superior. Por lo que se procedió a efectuar los cálculos de acuerdo a la prueba de contrastes ortogonales (cuadros 1 y 2).

7.2.1 SUBHIPÓTESIS

- A. Con tratamiento vrs sin tratamiento
 $S_6 + S_8 + CS_6 + CS_8 + C = 5T$
- B. Tratamiento químico vrs otros tratamientos
 $4C = S_6 + S_8 + CS_6 + CS_8$
- C. Solarizado vrs combinados: solarizado-carbofuran
 $S_8 + S_6 = CS_6 + CS_8$
- D. Solarizado de 6 semanas vrs solarizado de 8 semanas
 $S_6 + S_8$

CUADRO 1. Prueba de contrastes ortogonales para el beneficio neto producido por el ajo.

CS8	CS6	S8	C	S6	T	contr
225606	64555.2	232968.4	61012.2	78650.4	74273.1	
1	1	1	1	1	-5	291426.8
-1	-1	-1	4	-1	0	-357731
-1	-1	1	0	1	0	21457.6
0	0	-1	0	1	0	-154318
-1	1	0	0	0	0	-161051

CUADRO 2. Comparación de f para la prueba de subhipótesis

SUBH	$Y_i C_i^2$	$r \text{SUM} C_i^2$	SC	GL	FC	FTO.05
1	8.49e+10	120	7.08e+08	1	20.98*	4.54
2	1.28e+11	16	8.00e+09	1	237.10*	4.54
3	4.60e+08	16	28776787	1	0.85NS	4.54
4	2.38e+10	24	9.92e+08	1	29.41*	4.54
5	2.59e+10	24	1.08e+09	1	32.03*	4.54
		SUMATORIA	1.08e+10			

7.2.2 INTERPRETACIÓN

De acuerdo a los contrastes ortogonales en los cuadros 1 y 2, se interpreta lo siguiente:

- A. Los tratamientos son estadísticamente superiores en beneficio neto que el testigo absoluto, lo que indica que los tratamientos afectaron positivamente el rendimiento y con ello el beneficio neto.
- B. Los tratamientos combinados y de solarizado simples son superiores estadísticamente en beneficio neto comparado con el tratamiento químico de carbofuran.

- C. No hay diferencias estadísticas significativas del solarizado simple con respecto al solarizado combinado con carbofuran, su combinación con el solarizado no incrementó el beneficio neto; por lo que su utilización en este caso no sería ventajosa.
- D. Hay diferencias estadísticas significativas entre el solarizado de 8 semanas y el solarizado de 6 semanas, siendo superior el solarizado de 8 semanas.
- E. El solarizado de 8 semanas combinado con carbofuran es superior al solarizado de 6 semanas combinado con carbofuran; El efecto de la superioridad del solarizado de ocho semanas se debe únicamente al período de mayor solarización de 8 semanas. Partiendo de que el efecto de la combinación con carbofuran se analizó anteriormente.

7.3 POBLACIONES DE NEMATODOS DEL SUELO

Los géneros encontrados fueron Helicotylenchus sp, Tylenchus sp y Tylenchorhynchus sp; lo cual confirma lo que concluye Urizar (16), donde se reportan los mismos géneros asociados al cultivo de ajo en Aguacatán.

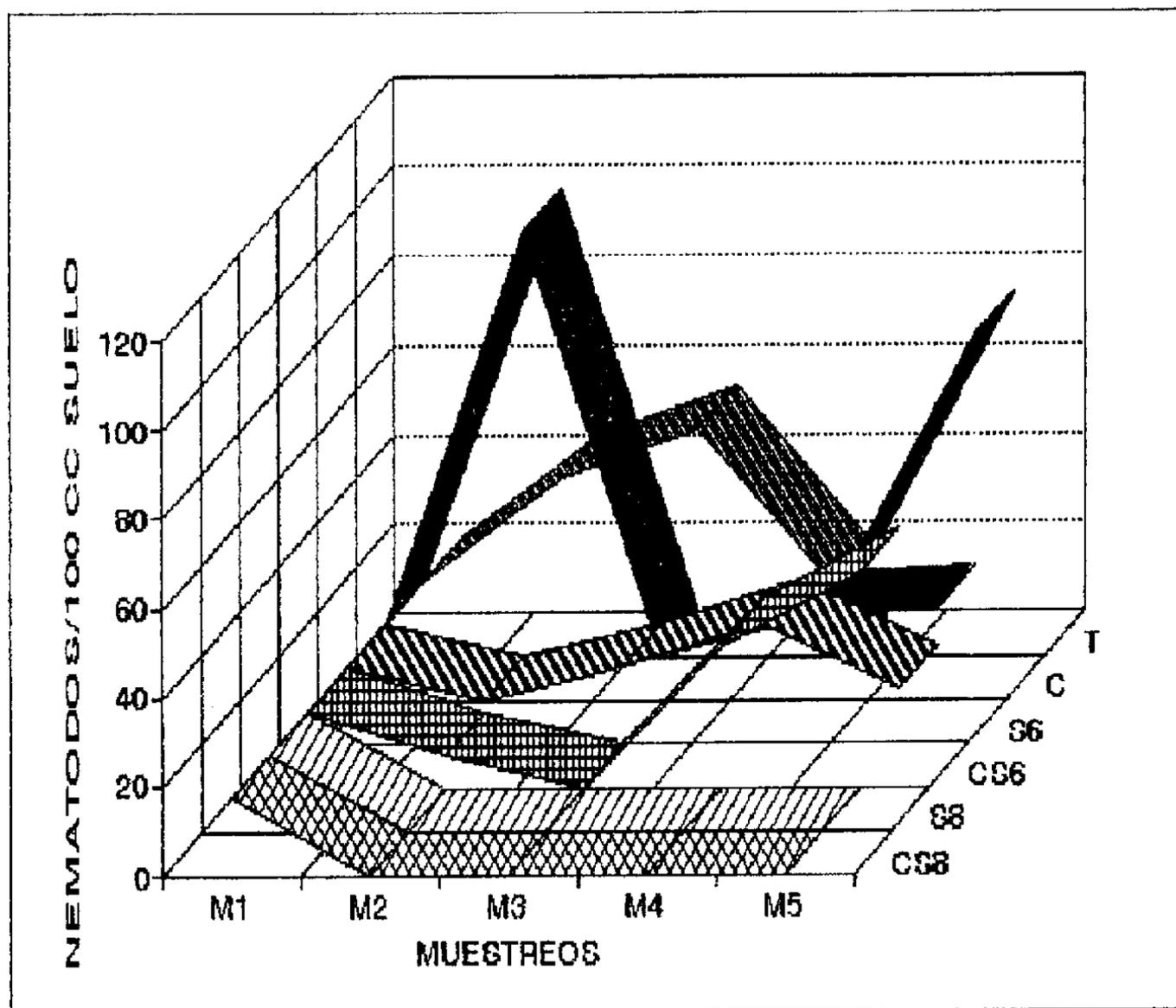
En el cuadro 3.A, se muestra los datos del número de nematodos por 100 cc de suelo. El tratamiento de 8 semanas (S8) y 8 semanas mas carbofuran (CS8), afectó las poblaciones con mayor eficiencia, Helicotylenchus sp y Tylenchorhynchus sp las redujo hasta cero, no así las poblaciones de Tylenchus sp. El tratamiento con carbofuran (C), no minimizó las poblaciones; el tratamiento de 6 semanas (S6) y 6 semanas mas carbofuran (CS6), afectó las poblaciones, aunque no todos los géneros redujo a cero; La combinación con cabofuran no incrementó la eficiencia de control del solarizado.

7.3.1 INCIDENCIA DE HELICOTYLENCHUS

(Helicotylenchus sp) fue controlado en los tratamientos de 8 semanas de solarizado, redujo las poblaciones del suelo hasta cero; 6 semanas demostró una leve disminución de las poblaciones de éste género. El carbofuran no afectó las poblaciones.

La figura 3, muestra el comportamiento del nivel de población de (Helicotylenchus sp) en el suelo, se evidencia que los tratamientos de

8 semanas y 8 semanas mas carbofuran se mantuvo en cero a partir del muestreo dos.

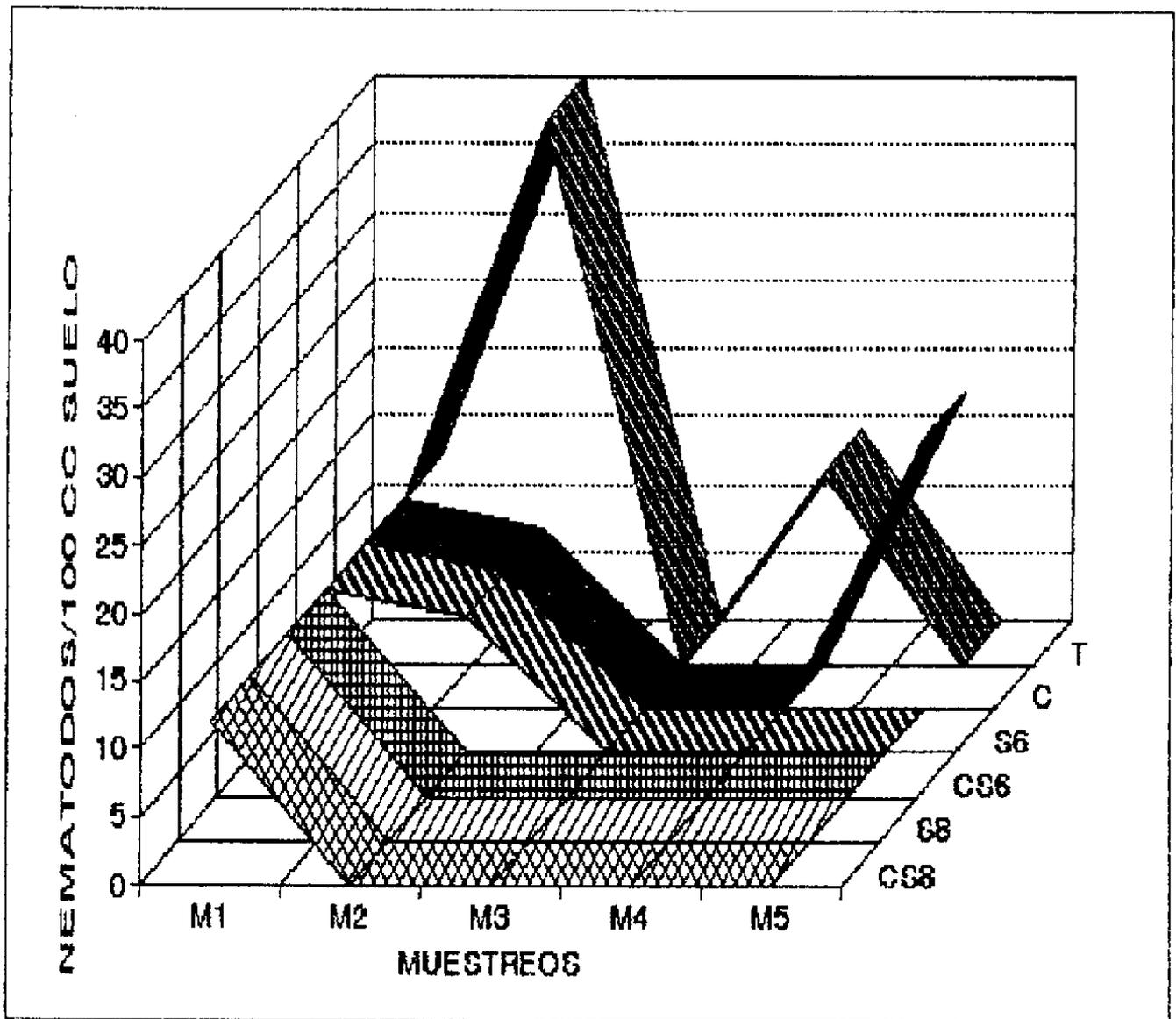


REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran.

FIGURA 3. Comportamiento del nivel de población de *Helicotylenchus sp* en el suelo en cada tratamiento

7.3.2 INCIDENCIA DE TYLENCHORHYNCHUS

Tylenchorhynchus sp fue mas susceptible que *Helicotylenchus sp*, pues las poblaciones fueron eliminadas totalmente con el tratamiento de 6 semanas y por consiguiente por el de 8 semanas, el carbofuran no afectó las poblaciones. La figura 4 muestra el efecto de los tratamientos en la densidad de población de éste género en el suelo en los diferentes muestreos.



REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran.

FIGURA 4. Comportamiento del nivel de población de Tylenchorhynchus sp en el suelo en cada tratamiento.

En las figuras 4 y 5, de poblaciones de nematodos se muestran altibajos, esto se debe a que los nematodos son muy fluctuantes en densidad de población dado a la alta velocidad de reproducción y ciclo de vida corto.

7.3.3 INCIDENCIA DE TYLENCHUS

La densidad de población de Tylenchus sp no fue afectada por los tratamientos, resistió la temperatura de los períodos de solarizado y no fue susceptible al carbofuran. Según Taylor (14): en trabajos realizados por Steiner y Albin experimentaron con 5 especies de Tylenchus dejándolas en reposo por un período de 39 años, al final del cual todas resucitaron en este largo período de dormancia.

Según Zukerman (18), el género Tylenchus no se considera un nematodo fitopatógeno es un nematodo primitivo, que se alimenta de hongos. Dado a esta característica, está mejor adaptado a los cambios del ambiente que un fitoparásito, por lo que su población no se vio afectada, lo que hace suponer que el solarizado no afecta a los organismos benéficos.

Estudios recientes han demostrado que Tylenchus sp no es causante de enfermedades de plantas, vive alimentándose de otros organismos como hongos patógenos de plantas y bacterias, es considerado benéfico (18).

Existe relación de las poblaciones de Tylenchorhynchus sp y de Helicotylenchus sp con el rendimiento y calidad, mientras que las altas densidades de Tylenchus sp no afectó al cultivo.

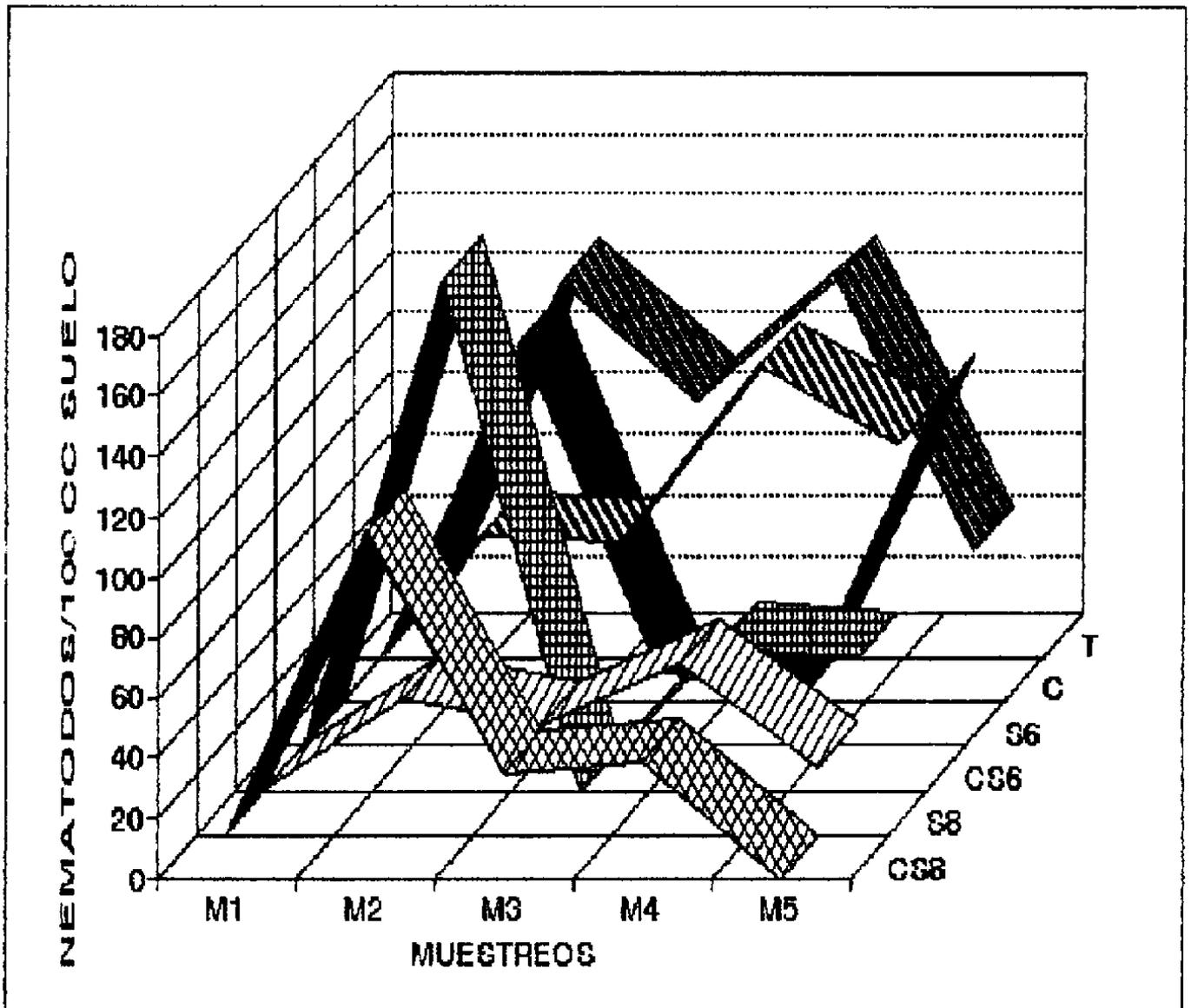
Las densidades de Tylenchus sp se incrementaron con el solarizado, se pudo deber a que la temperatura y humedad que conservó el plástico rompió la latencia del nematodo sin matarlo y con ello el estímulo a la actividad de reproducción.

Se supone que al solarizar se incrementó las poblaciones de microorganismos benéficos del suelo, como lo expone Labrada (9): "Se ha comprobado que la solarización hace más accesibles los nutrientes del suelo a las plantas e incrementa relativamente las poblaciones de bacterias del género Bacillus que favorecen el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas cultivables". El comportamiento de (Tylenchus sp) en el suelo se muestra en la figura 5.

7.4 POBLACIONES DE NEMATODOS EN EL TEJIDO DEL AJO

En el material vegetal únicamente se encontró Helicotylenchus sp. Las poblaciones fueron afectadas por los tratamientos mostrando mayor eficiencia los tratamientos de solarizado de 8 semanas.

Los datos de densidad de población de nematodos en el material vegetal se muestran en el cuadro 4.A.



REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran.

FIGURA 5. Comportamiento del nivel de población de *Tylenchus sp* en el suelo en cada tratamiento.

7.4.1 INCIDENCIA DE HELICOTYLENCHUS

Helicotylenchus sp fue controlado por los tratamientos de 8 semanas de solarizado, redujo hasta cero la población; el tratamiento de 6 semanas no redujo a cero las poblaciones de este género aunque hubo una leve disminución, lo cual indica que tiene resistencia en alguna medida al calor, por lo que no es suficiente para las

condiciones climáticas del lugar solarizar por 6 semanas. El carbofuran no afectó las poblaciones.

Según Taylor (14): Nematodos de este género se encuentran frecuentemente en el suelo y raíces de las plantas. Usualmente hay ectoparásitos, alimentándose no solamente por medio del estilete insertado dentro de la raíz sino también con la parte anterior del cuerpo. Algunas especies individuales son endoparásitos migratorios.

Aparentemente todas las especies están parasitando en la raíz y otros órganos vegetales de las plantas.

La figura 6, muestra como oscilaron los niveles de población a los que llegó Helicotylenchus sp en cada tratamiento. En el tratamiento de 8 semanas, no se encontraron nematodos desde el primer muestreo, y continuó en cero para los 2 muestreos posteriores, lo que indica que eliminaron también las estructuras de resistencia del nematodo.

En el tratamiento de 6 semanas no se encontraron en el primer muestreo y se encontró en el segundo y en el tercer muestreo. de donde se infiere que 6 semanas de solarizado no elimina las estructuras de resistencia. Como lo expone Munro (10): se ha observado que existe una correlación positiva entre tiempo de exposición de las películas plásticas y control de microorganismos y plagas del suelo. En condiciones de intensa radiación solar, se requiere únicamente de 10 a 15 días de solarización para una desinfección adecuada del suelo.

Elmore (4) indica, algunos organismos relativamente resistentes al calor pueden requerir hasta 8 semanas para su control.

Lo tratado durante 8 semanas redujo mejor las poblaciones, por la mayor exposición.

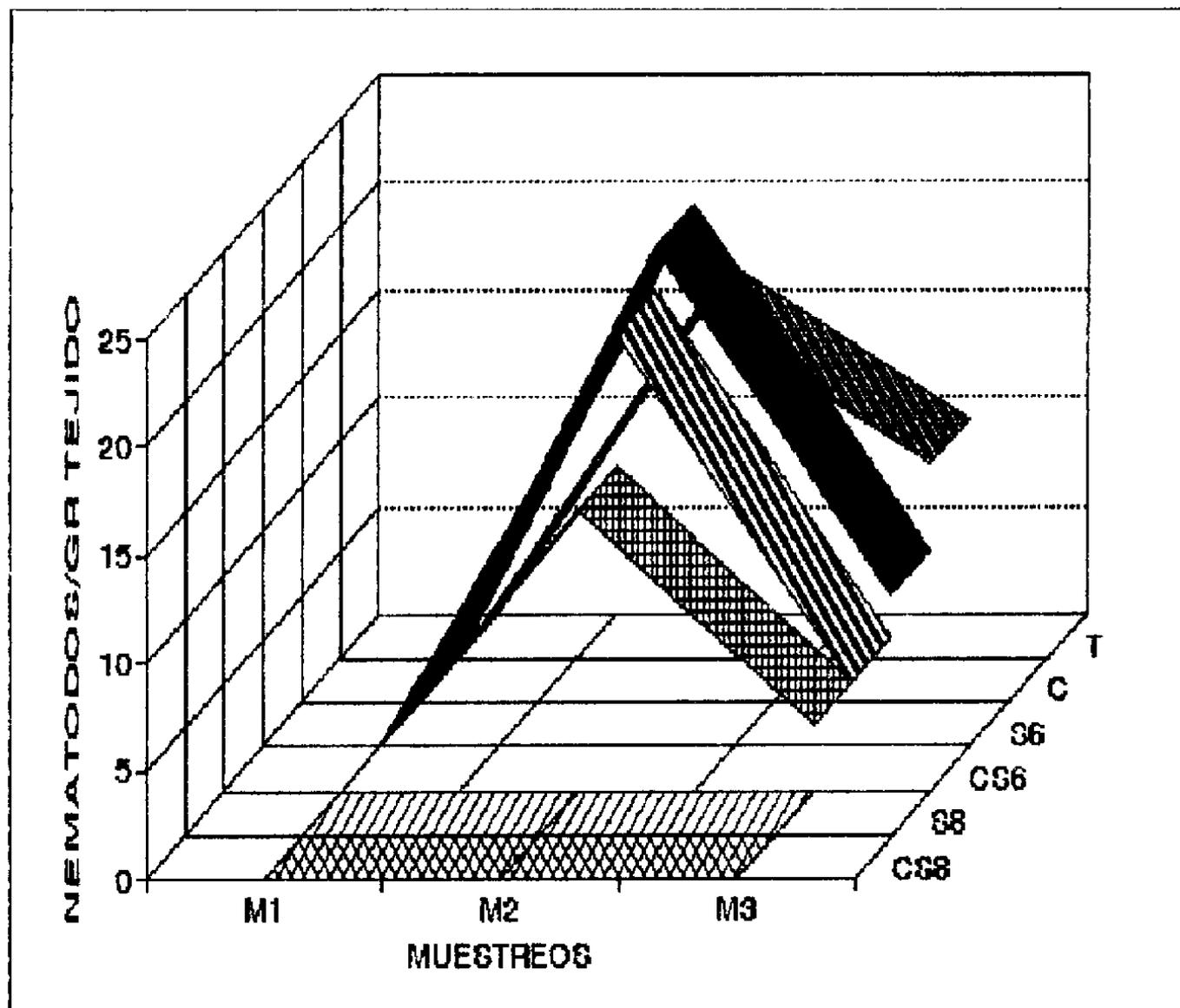
7.4.2 INCIDENCIA DE TYLENCHORHYNCHUS

Tylenchorhynchus sp no se encontró en el material vegetal.

Según Taylor (14) al referirse a éste género indica: "se le llama nematodo del raquitismo, es ectoparásito. Se encuentra en el suelo en todas sus fases. Por eso no se encontró en las raíces, solamente en el suelo".

7.4.3 INCIDENCIA DE DITYLENCHUS

Ditylenchus sp no se encontró en las muestras analizadas tanto de suelo como en el material vegetal, aunque es el nematodo específico del bulbo, del ajo y cebolla.



REFERENCIAS: C: carbofuran; T: testigo; S6: solarizado de seis semanas; CS6: solarizado de seis semanas mas carbofuran; S8: solarizado de ocho semanas; CS8: solarizado de ocho semanas mas carbofuran.

FIGURA 6. Comportamiento del nivel de población de *Helicotylenchus sp* en el tejido de ajo en cada tratamiento.

7.5 NIVELES CRÍTICOS

Los niveles críticos de los nematodos son muy variables entre localidades y en los diferentes cultivos. Para los géneros encontrados no se encontró información de los niveles críticos, aunque se tiene que para los géneros diversos que parasitan el ajo se tiene como nivel crítico: un nematodo por 100 cc de suelo o un nematodo por un gramo de material vegetal. Asumiendo que el nivel crítico para los géneros

encontrados en Aguacatán corresponden a un nematodo por 100 cc de suelo y a un nematodo por un gramo de tejido; entonces el único tratamiento que bajó el nivel crítico es el solarizado de 8 semanas, por reducir a cero las poblaciones.

8. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- 8.1 En ésta investigación el solarizado del suelo resultó eficiente en el control de nematodos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum L.) reflejándose en el beneficio neto. Al combinarlo con el método químico de carbofuran no incrementó la eficiencia.
- 8.2 El solarizado por un período de 8 semanas es mas eficiente en el control de nematodos asociados al cultivo del ajo que el solarizado por un período de 6 semanas. El beneficio neto es mayor para el solarizado de 8 semanas.
- 8.3 Para ésta investigación carbofuran no fue eficiente en el control de nematodos parásitos del ajo.
- 8.4 Los nematodos encontrados fueron: Helicotylenchus sp, Tylenchorhynchus sp y Tilenchus sp

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Evaluar comercialmente el método de solarizado de 8 semanas en diferentes localidades productoras de ajo de Aguacatán.
- 9.2 No utilizar el carbofuran para el control de nematodos en la aldea La Barranca, Aguacatán, Huehuetenango, pues para ésta investigación no redujo las poblaciones de nematodos del ajo y no aumentó el rendimiento y calidad, lo cual se refleja en el beneficio neto.
- 9.3 Hacer un estudio de patogenicidad de los nematodos y obtener los niveles críticos para la localidad de Aguacatán y diagnosticar respecto a otro tipo de organismos como hongos y bacterias.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G.N. 1985. Fitopatología. México, Limusa. 756 p.
2. CRUZ DELGADO, H.A., DE LA. 1979. Identificación de géneros de nematodos fitoparasíticos, su distribución general en almácigos y plantillas de cardamomo (Elletaria cardamomum L). y su efecto sobre las plantas en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 33 p.
3. DE VAY, J.E.; STAPLETON, J.J.; CLYDE, C.L. 1991. Soil solarization. California, Estados Unidos, University of California, Plant Patology Dept. 395 p.
4. ELMORE, C. 1995. Soil solarization, a non pesticidal method for controlling diseases, nematodes and weeds. In Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 27-41.
5. FERNÁNDEZ, E. 1995. Solarización para el control de nematodos fitopatógenos. In Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 42-54.
6. FURADAN INSECTICIDA/nematicida; uso del furadan en América Latina. s.f. Costa Rica, FMC International, Grupo Agroquímico. 39 p.
7. GAITAN RAMOS, J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de arveja china (Pisum sativum L.) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 73 p.
8. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRÍCOLAS, DEPARTAMENTO DE DIVULGACION AGRÍCOLA. 1983. Cultivo del ajo (Allium sativum L.). Guatemala. 12 p.
9. LABRADA, R. 1995. El desarrollo actual de la solarización del suelo. In Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 21-25.
10. MUNRO, D. 1995. Condiciones necesarias para lograr la eficiencia en la técnica de desinfección solar del suelo (solarización). In Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p 55-59.

11. SANTIAGO DE LEÓN, M. 1986. Diagnóstico de la producción y comercialización de ajo (Allium sativum) en el municipio de Aguacatán, Huehuetenango. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
12. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsana. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
13. SITUN ALVIZURES, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Agro; Boletín Informativo (Gua) no:2:12
14. TAYLOR, A.L. 1971. Introducción a la nematología vegetal aplicada, guía de la FAO para el estudio y combate de los nematodos parásitos de las plantas. Guatemala, Guatemala, FAO. 131 p.
15. URIZAR CARRASCOZA, H. 1996. Diagnóstico de la tecnología agrícola aldea La Barranca, Aguacatán, Huehuetenango. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 35 p.
16. _____ . 1996. Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del ajo (Allium sativum) en Aguacatán, Huehuetenango. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40 p.
17. VILLATORO PALACIOS, W.A. 1990. Evaluación de la tolerancia de tres variedades de ajo Allium sativum L. y de los controles físicos, químicos y agronómicos como alternativas para el manejo de Ditylenchus dipsaci. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente. 94 p.
18. ZUCKERMAN, B.M.; MAI, W.F.; ROHDE, R.A. 1971. Plant parasitic nematodes. Estados Unidos, Academic Press. v.1, 345 p.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

11. ANEXO

CUADRO 3.A POBLACIONES DE NEMATODOS EN EL SUELO (No./100 cc)

TRATAMIENTOS	GENERO	MUESTREOS				
		1	2	3	4	5
T= testigo	HELICOTYLENCHUS	17	40	51	14	72
	TYLENCHUS	15	125	85	126	36
	TYLENCHORHYNCHUS	12	40	00	14	00
C= carbofuran	HELICOTYLENCHUS	17	105	10	18	20
	TYLENCHUS	15	120	10	00	100
	TYLENCHORHYNCHUS	12	10	00	00	20
6= solarizado de seis semanas	HELICOTYLENCHUS	17	10	17	27	12
	TYLENCHUS	15	70	68	126	100
	TYLENCHORHYNCHUS	12	10	00	00	00
CS6= combinación con 6 semanas	HELICOTYLENCHUS	17	07	00	32	48
	TYLENCHUS	15	170	00	48	44
	TYLENCHORHYNCHUS	12	00	00	00	00
S8 = solarizado de ocho semanas	HELICOTYLENCHUS	17	00	00	00	00
	TYLENCHUS	15	45	36	57	22
	TYLENCHORHYNCHUS	12	00	00	00	00
CS8= combinación con ocho semanas	HELICOTYLENCHUS	17	00	00	00	00
	TYLENCHUS	15	115	34	38	00
	TYLENCHORHYNCHUS	12	00	00	00	00

CUADRO 4.A POBLACIONES DE NEMATODOS EN LA PLANTA DE AJO (No./gr)

TRATAMIENTOS	GENERO	MUESTREOS		
		1	2	3
T= testigo	HELICOTYLENCHUS	00	16	09
	TYLENCHUS	00	06	03
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00
C= carbofuran	HELICOTYLENCHUS	00	21	05
	TYLENCHUS	00	15	00
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00
6= solarizado de seis semanas	HELICOTYLENCHUS	00	19	03
	TYLENCHUS	00	02	00
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00
CS6= combinación con 6 semanas	HELICOTYLENCHUS	00	13	03
	TYLENCHUS	00	07	00
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00
S8 = solarizado de ocho semanas	HELICOTYLENCHUS	00	00	00
	TYLENCHUS	00	10	00
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00
CS8= combinación con ocho semanas	HELICOTYLENCHUS	00	00	00
	TYLENCHUS	00	06	00
	TYLENCHORHYNCHUS	00	00	00

CUADRO 5.A RENDIMIENTO EN KG/HA DE AJO POR CADA TRATAMIENTO.

TRAT	CLASE	BLOQUES				MEDIA
		I	II	III	IV	
T	1RA	0	0	0	0	0
	2DA	568	426	568	852	603.5
	3RA	1988	1988	1704	2556	2059.0
	RECHAZO	1278	994	1136	852	1065.0
S6	1RA	0	0	0	0	0
	2DA	1278	852	1136	1420	1171.0
	3RA	2556	2272	2840	2698	2591.5
	RECHAZO	1278	568	284	426	639.0
C	1RA	0	0	0	0	0
	2DA	628	532	625	520	576.25
	3RA	2040	2698	1988	2414	2285.0
	RECHAZO	852	710	710	994	816.5
CS6	1RA	0	0	0	0	0
	2DA	1420	1136	1704	1278	1384.0
	3RA	2130	1704	2414	1846	2023.5
	RECHAZO	1278	1420	994	1420	1278.0
S8	1RA	0	0	0	0	0.0
	2DA	7264	8302	5708	5708	6745.7
	3RA	2556	2840	2130	2414	2485.0
	RECHAZO	568	0	852	284	426.0
CS8	1RA	0	0	0	0	0.0
	2DA	7121	7146	7105	8494	7466.78
	3RA	2556	1556	1130	2556	1949.5
	RECHAZO	284	284	284	284	284.0

REFERENCIAS: T: Testigo; C: carbofuran; S6: solarizado de 6 semanas; S8: solarizado de 8 semanas; CS6: solarizado de 6 semanas mas carbofuran; CS8: solarizado de 8 semanas mas carbofuran.

CUADRO 6.A Total de ajo de cada unidad experimental: 1 kg/ha.

TRA	BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
T	3834	3408	3408	4260	3727.50
S6	5112	3692	4260	4544	4402.0
C	3520	3940	3323	3928	3677.75
CS6	4828	4260	5112	4544	4686.00
S8	10389	11142	8690	8406	9656.75
CS8	9961	8986	8520	11334	9700.25

REFERENCIAS: T: Testigo; C: carbofuran; S6: solarizado de 6 semanas; S8: solarizado de 8 semanas; CS6: solarizado de 6 semanas mas carbofuran; CS8: solarizado de 8 semanas mas carbofuran.

CUADRO 7.A Análisis de varianza del rendimiento global

ANDEVA					
FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05
BLO	3	1865407			
TRA	5	1.68e+08	33517788	49.05**	2.9
ERR	15	10249004	683266.9		
TOT	23	1.80e+08			
CV	13%				

REFERENCIAS: T: Testigo; C: carbofuran; S6: solarizado de 6 semanas; S8: solarizado de 8 semanas; CS6: solarizado de 6 semanas mas carbofuran; CS8: solarizado de 8 semanas mas carbofuran.

CUADRO 8.A Análisis de varianza para la clase 2 de ajo.

FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05
BLO	3	271309.5			
TRA	5	2.06e+08	41239173	96.0 **	2.9
ERR	15	6440392	429359.5		
TOT	23	2.13e+08			
CV	= 21.9 %				

CUADRO 9.A Resumen de los costos del cultivo del ajo (q./Ha).

CONCEPTO	ESPECIFICO	COSTO	TOTALES
RENTA DE LA TIERRA		850	850
PREPARACIÓN DE LA TIERRA	CHAPED Y DESBASURADO	40	
	LABRANZA DE LA TIERRA	220	260
RIEGO		110	110
SIEMBRA	PREPARACIÓN	440	
	FERTILIZACIÓN	220	
	DEPOSITO DE SEMILLA	1320	1980
LABORES CULTURALES	1RA LIMPIA Y AFLOJADO	440	
	2DA LIMPIA	440	
	3ER LIMPIA	440	
	4TA LIMPIA	440	1760
FERTILIZACIONES	1RA	146	
	2DA	146	292
FITOSANIDAD	12 APLICACIONES	1320	1320
COSECHA	ARRANCADO	440	
	ASOLEADO	440	
	VOLTEADO	110	
	ACARREO	80	
	CLASIFICACIÓN	1200	2270
INSUMOS	SEMILLA	7920	
	FERTILIZANTES	4400	
	FERT. FOLIARES	330	
	PESTICIDAS	2200	14850
T O T A L			23692

CUADRO 10.A Costos de producción del cultivo de ajo para cada uno de los tratamientos evaluados (Q./Ha).

TR	CONCEPTO	UN./MEDIDA	VALOR	V. TOTAL
T	-----	-----	-----	-----
C	PROD. CARBOFURAN	120 KG/HA	3600.00	3680
	APLICACIÓN CARBOFURAN	4 JORNALES	80.00	
S6	ARRENDAMIENTO DE TIERRA	1.5 MESES	309.40	4724.12
	PROD. PLÁSTICO SOLARI.	441 KG/HA	4314.72	
	COLOCACIÓN	4 JORNALES	80.00	
	LEVANTADO	1 JORNAL	20.00	
S8	ARRENDAMIENTO DE TIERRA	2.0 MESES	412.50	4827.22
	PROD. PLÁSTICO SOLARI.	441 KG	4314.72	
	COLOCACIÓN	4 JORNALES	80.00	
	LEVANTADO	1 JORNAL	20.00	
CS6	ARRENDAMIENTO DE TIERRA	1.5 MESES	309.40	8404.12
	PROD. PLÁSTICO SOLARI.	441 KG/HA	4314.72	
	COLOCACIÓN	4 JORNALES	80.00	
	LEVANTADO	1 JORNAL	20.00	
	PROD. CARBOFURAN	120 KG/HA	3600.00	
	APLICACIÓN CARBOFURAN	4 JORNALES	80.00	
CS8	ARRENDAMIENTO DE TIERRA	2.0 MESES	412.50	8507.22
	PROD. PLÁSTICO SOLARI.	441 KG/HA	4314.72	
	COLOCACIÓN	4 JORNALES	80.00	
	LEVANTADO	1 JORNAL	20.00	
	PROD. CARBOFURAN	120 KG/HA	3600.00	
	APLICACIÓN CARBOFURAN	4 JORNALES	80.00	

REFERENCIAS: T: Testigo; C: carbofuran; S6: solarizado de 6 semanas; S8: solarizado de 8 semanas; CS6: solarizado de 6 semanas mas carbofuran; CS8: solarizado de 8 semanas mas carbofuran.

NOTA: LOS DATOS DE LOS COSTOS DE ESTE CUADRO CORRESPONDEN AL VALOR AL CUAL LOS ADQUIERE EL AGRICULTOR EN EL CAMPO EN EL CUAL SE EFECTUÓ EL EXPERIMENTO Y COMPRADOS POR MENORES CANTIDADES, PARA TENER CÁLCULOS PRECISOS, PARA 1,997.

CUADRO 11.A Precios de venta del ajo en el campo de producción del agricultor (1997).

CLASE DE AJO	PRECIO DE VENTA POR QUINTAL	PRECIO DE VENTA POR KILOGRAMO
1ra	Q. 350.00	Q. 7.70
2da	Q. 325.00	Q. 7.15
3ra	Q. 250.00	Q. 5.50
RECHAZO	Q. 125.00	Q. 2.75

CUADRO 12.A presupuesto parcial de cada uno de los tratamientos.

TRA	ARREND	M.O	INSUM	C.V.P	B.B	B.N
T	0	0	0	0	18568.28	18568.28
S6	309.4	100	4314.72	4724.12	24386.73	19662.61
C	0	80	3600	3680	18933.06	15253.06
CS6	309.4	180	7914.72	8404.12	24542.93	16138.81
SB	412.5	100	4314.72	4827.22	63070.76	58243.54
CSB	412.5	160	7914.72	8487.22	64890.75	56403.53

REFERENCIAS: T: Testigo; C: carbofuran; S6: solarizado de 6 semanas; SB: solarizado de 8 semanas; CS6: solarizado de 6 semanas mas carbofuran; CSB: solarizado de 8 semanas mas carbofuran.

CUADRO 18.A Red de separación de familias del orden Tylenchida

	Débil	Intermedia	Fuerte	Uno	Dos	Si	No	Corto	Largo	Forma de bolsa o saco
Procorpus fu- sionado con metacarpus.						8-10 k	1-7 l			
Estructura es- quelética del encéfalo (cabeza)	1,6 a	2 b	3,4,7 c							
Ovario			1,3,4,7-9 d	2,7 e						
Glándulas eso- fágicas se traslapan con intestino.						3-5,11 f	1,2 g			
Estilete								10 h	5 i	
Forma de la hembra										6,7,10 j
cutícula for- mada de anillos gruesos (bastos)						8 m	9 n			
Conducto de la glándula dorsal esofágica en Procorpus						1-10 o	11 p			
Cabeza de la hembra baja. plana o re- donda						2 q	4 r			
A los números 1-11 se refieren a las familias listadas abajo										
Las letras a-r se refieren a las partes de la figura 5.11. Familias: 1 = Tylenchidae; 2 = Tylenchorhynchidae; 3 = Pratylenchidae; 4 = Hoplolaimidae; 5 = Helicotylenchidae; 6 = Heteroderidae; 7 = Necobidae; 8 = Criconematidae; 9 = Paratylenchidae; 10 = Tylenchidae; 11 = Aphelenchoididae.										

HELICOTYLENCHUS

TYLENCHUS

TYLENCHORHYNCHUS

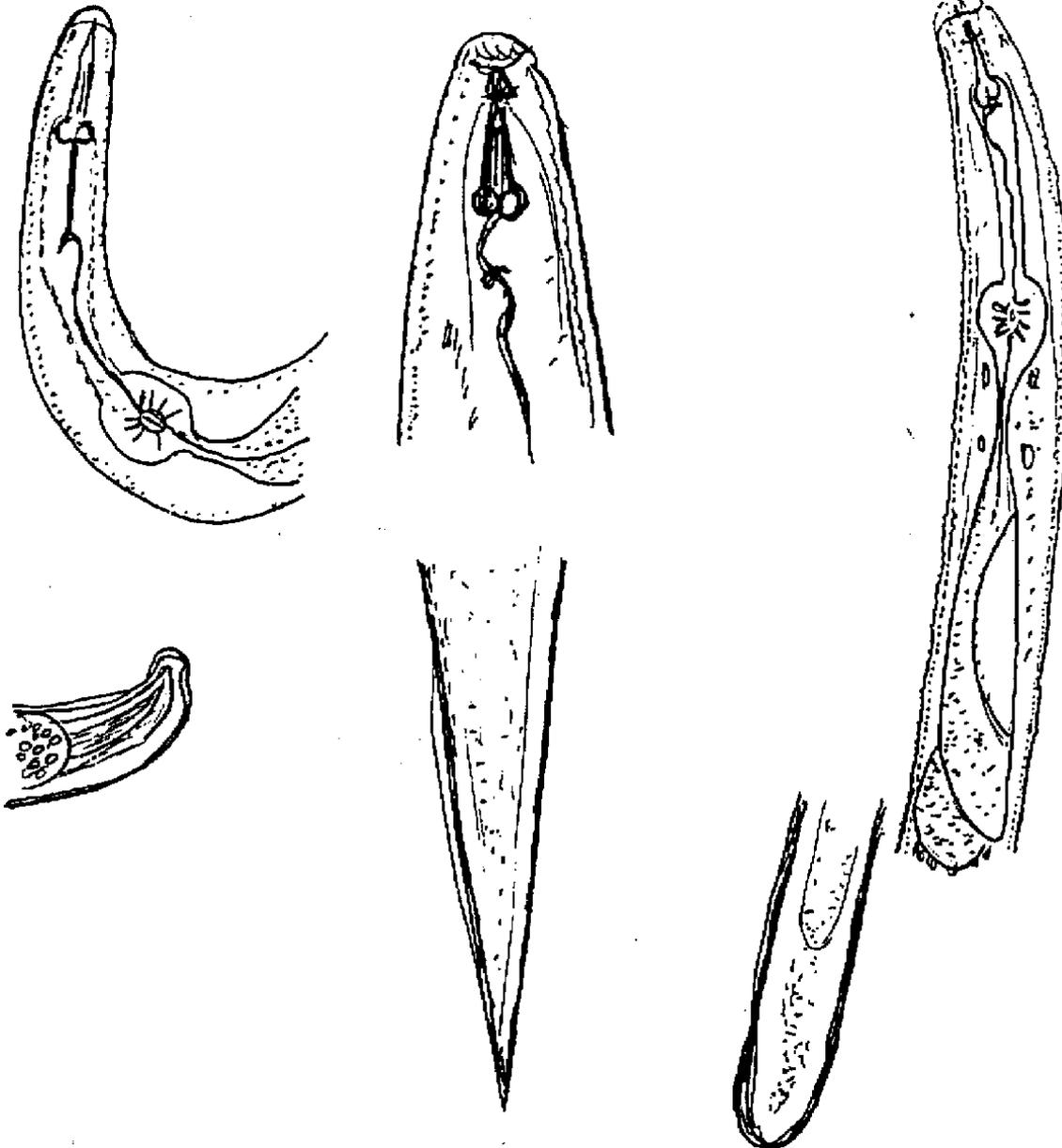


FIGURA 7.A Esquemas de las partes terminales de los nematodos encontrados

HELICOTYLENCHUS

TYLENCHUS

TYLENCHORHYNCHUS

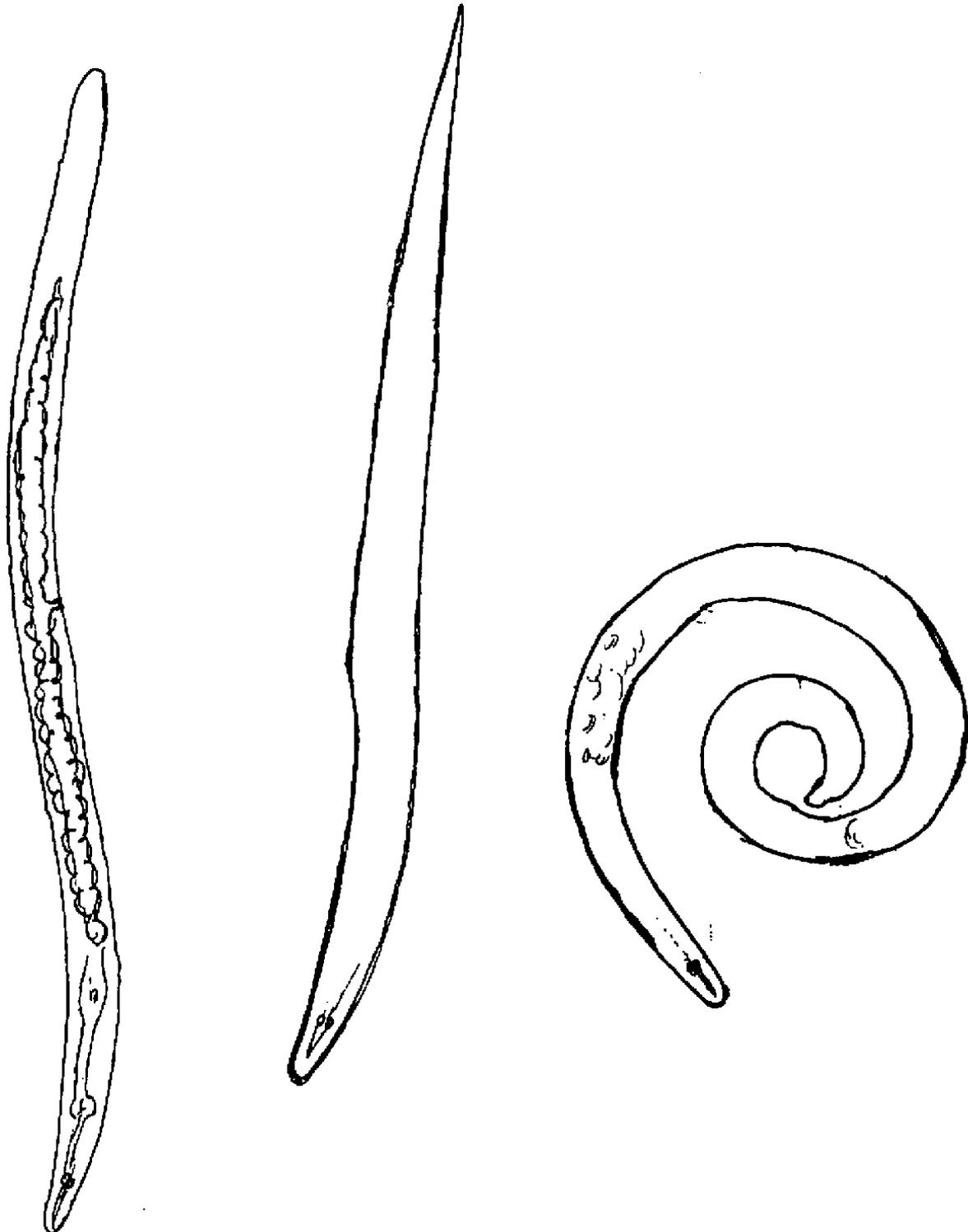


FIGURA 8.A

Esquema del cuerpo de los géneros de nematodos encontrados



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref.017-98

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL SOLARIZADO, EL CARBOFURAN Y SU COMBINACION, PARA EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS AL AJO (Allium sativum L.) EN LA BARRANCA, AGUACATAN, HUEHUETE-NANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: HUGO URIZAR CARRASCOZA

CARNET No: 9118038

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

~~Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela~~
A S E S O R

~~Ing. Agr. Fernando Rodríguez~~
DIRECTOR DE



I M P R I M A S E

~~Ing. Agr. Rolando Lara Alecio~~
D E C A N O

cc: Control Académico
Archivo
FR/prc.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770