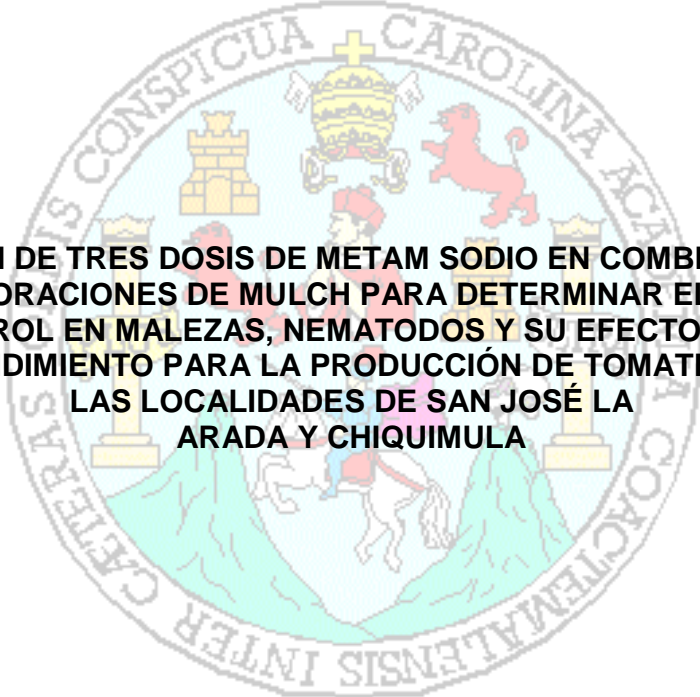


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE METAM SODIO EN COMBINACIÓN CON
CINCO COLORACIONES DE MULCH PARA DETERMINAR EL GRADO DE
CONTROL EN MALEZAS, NEMATODOS Y SU EFECTO EN EL
RENDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN
LAS LOCALIDADES DE SAN JOSÉ LA
ARADA Y CHIQUIMULA**

**Aquiles Alberto Peralta Osorio
200040326**

Chiquimula, Mayo de 2006

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	01
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	02
3. OBJETIVOS	03
4. HIPÓTESIS	04
5. MARCO TEORICO	05
5.1 MARCO CONCEPTUAL	05
5.1.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOMATE	05
5.1.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	06
5.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO METAM SODIO	07
5.1.4 ANATOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE NEMATODOS	10
5.2 MARCO REFERENCIAL	15
5.2.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL	15
5.2.2 FINCA EL ZAPOTILLO	15
5.2.3 FINCA MARENA	15
5.2.4 ANTECEDENTES PARA SUSTITUTOS AL BROMURO DE METILO	16
5.2.5 EXPERIENCIAS CON PRUEBAS EXPERIMENTALES	16
6. METODOLOGÍA	19
6.1 TRATAMIENTOS	19
6.1.1 DOSIS DE METAM SODIO	19
6.1.2 TIPOS DE MULCH	19
6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	19
6.3 UNIDAD EXPERIMENTAL	20
6.4 MANEJO AGRONOMICO DEL EXPERIMENTO	20
6.4.1 PREPARACIÓN DE SUELOS	20
6.4.2 FORMACIÓN DE CAMAS	20
6.4.3 COLOCACIÓN DE MANGUERA PARA RIEGO	20
6.4.4 COLOCACIÓN DEL MULCH	21
6.4.5 APLICACIÓN DE METAM SODIO	21
6.4.6 AHOYADO	21
6.4.7 SIEMBRA	21
6.4.8 FERTIRRIEGO	22
6.4.9 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	22
6.4.10. TUTOREO	22
6.4.11. COSECHA	22
6.5 VARIABLES RESPUESTAS POR TRATAMIENTO	22
6.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.6.1 MUESTREO DE SUELO PRE APLICACIÓN DE METAM SODIO	23
6.6.2 MUESTREO DE NEMATODOS POST APLICACIÓN DE METAM SODIO	23
6.6.3. MUESTREO Y CONTROL DE MALEZAS	24
6.6.4. MUESTREO DE FRUTOS EN COSECHA	24
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
7.1 VALOR DE IMPORTANCIA DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE TOMATE	25
7.2 DETERMINACION Y CUANTIFICACION DE NEMÁTODOS	29
7.2.1 ANÁLISIS DE SUELOS	29
7.2.2 ANALISIS DE AGUA	32
7.2.3 ANÁLISIS DE RAÍCES	33
7.3 RENDIMIENTO EN CAJAS POR HECTÁREA	37
8. ANÁLISIS ECONOMICO DE LA INVESTIGACIÓN	40
9. CONCLUSIONES	41
10. RECOMENDACIONES	42
11. BIBLIOGRAFÍA	43
12. ANEXOS	44

INDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
01.	Análisis de Varianza para el valor de importancia de malezas, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	25
02.	Análisis de Varianza para el valor de importancia de malezas, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	27
03.	Resultados de análisis de nemátodos por medio de diferentes dosis de metam, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	29
04.	Análisis de Varianza de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	31
05.	Resultados de análisis de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	31
06.	Análisis de Varianza de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005	32
07.	Resultados de análisis de agua para riego en el cultivo de tomate, en las localidades de Chiquimula y San José la Arada 2005.	33
08.	Resultados de análisis de nodulación en raíces para la detección de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio, y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	33
09.	Análisis de Varianza para el Índice de nodulación en raíces, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	33
10.	Resultados de análisis de nodulación en raíces para la detección de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	35
11.	Análisis de Varianza para el Índice de nodulación en raíces, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	36
12.	Análisis de Varianza para el Rendimiento en cajas/Ha, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	37
13.	Análisis de Varianza para el Rendimiento en cajas/Ha, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	38
14.	Análisis de Presupuesto Parcial por Hectárea para la producción de tomate con cuatro dosis de metam sodio y cinco coloraciones de mulch Chiquimula 2005.	40
15.	Análisis de la Tasa Marginal de Retorno de las variables Mulch y Metam Sodio en la producción de tomate Chiquimula 2005.	40

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	CONTENIDO	PÁGINA
01.	Relación Metam sodio y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	25
02.	Relación Mulch y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	25
03.	Relación Mulch Rojo y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	26
04.	Relación Mulch Plata-N y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	26
05.	Relación Mulch Naranja y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	26
06.	Relación Mulch Verde y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	26
07.	Relación Mulch Azul y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	26
08.	Relación Metam sodio y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	27
09.	Relación Mulch y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	27
10.	Relación Mulch plata-negro y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	28
11.	Relación Mulch Naranja y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	28
12.	Relación Mulch Verde y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	28
13.	Relación Mulch Rojo y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	28
14.	Relación Mulch Azul y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	28
15.	Relación Dosis de metam sodio y Control de nematodos en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	30
16.	Relación Dosis de metam sodio y Control de nematodos en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	32
17.	Relación Metam sodio e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	34
18.	Relación Mulch e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	34

19.	Relación Mulch Plata-Negro y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	34
20.	Relación Mulch Rojo y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	34
21.	Relación Mulch Naranja y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	35
22.	Relación Mulch Verde y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	35
23.	Relación Mulch Azul y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	35
24.	Relación Mulch e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	36
25.	Relación Metam sodio e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	36
26.	Relación Metam sodio y Rendimiento en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	37
27.	Relación Mulch y Rendimiento en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.	37
28.	Relación Metam sodio y Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	38
29.	Relación Mulch y Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	38
30.	Relación Mulch Plata-N y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	39
31.	Relación Mulch Rojo y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	39
32.	Relación Mulch Naranja y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	39
33.	Relación Mulch Verde y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	39
34.	Relación Mulch Azul y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.	39

1. INTRODUCCIÓN

Chiquimula cuenta con un valle en el cual se realizan una serie de actividades agropecuarias que pretenden explotar al máximo el potencial del mismo. Una de esas actividades es la producción de hortalizas, entre las que sobresale el tomate. Las áreas dedicadas a la producción de tomate se ha reducido debido a una serie de factores entre los cuales figura la adopción de nueva tecnología.

Por antecedentes se ha visto como el sector melonero de la región ha producido eficientemente por medio de la adopción de una serie de técnicas modernas. Entre ellas están, riego por goteo, la aplicación de biofumigantes al suelo y el uso de polietileno.

La Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala FASAGUA, actualmente esta impulsando una tecnología de producción para tomates. Pero aunque no recomiendan el uso del bromuro de metilo, si esta trabajando en la prueba de otros biofumigantes (metam sodio) como alternativa para la sustitución del bromuro.

Prueba de ello es la realización de la presente investigación en donde se evaluó el comportamiento agronómico y económico del metam sodio, para la producción de tomate, con el propósito de determinar una dosis optima para el control de malezas, nemátodos y su relación con el rendimiento, en el cultivo de tomate. Preliminarmente es necesario identificar que la no aplicación de un biocida al suelo promueve el incremento considerable de poblaciones de nemátodos, y en el caso de las malezas permitiendo que ocupen dominancia sobre el cultivo, haciéndolo más susceptible a otras enfermedades como virosis y bacteriosis, afectando directamente la calidad de la fruta.

Las variables evaluadas constan de tres dosis de metam sodio, las cuales son 100, 125, y 150 cc/m² de suelo y cinco coloraciones de mulch utilizando los siguientes colores, plata-negro, rojo, naranja, verde, azul. La investigación buscó identificar el tratamiento integrado por la dosis más efectiva de metam sodio en combinación con una coloración especifica de mulch, con el propósito de medir la eficiencia de las variables como mecanismos de control en el desarrollo de malezas y nemátodos en el suelo, y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate. El análisis de la investigación se hizo mediante un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas, estableciéndose en las localidades de Chiquimula y San José la Arada.

Al final de la investigación se generó información que permitió la validación de esta tecnología para la producción de tomate.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El valle de Chiquimula es un área productora de tomate, sin embargo esta actividad cada vez ha ido decayendo, debido a factores que regularmente son asociados al control de malezas, plagas y enfermedades, rubros que contribuyen a incrementar los costos y son muchas veces determinantes para la producción de tomate.

Por antecedentes se conoce que el sector melonero realiza constantemente pruebas de producción para el manejo agronómico de sus cultivos, pero muchas veces la información generada, es poco disponible para la mayoría de productores en la región. Dada la importancia que tiene el cultivo de tomate en el valle de Chiquimula, la necesidad de presentar propuestas que fortalezcan los sistemas actuales de producción resultan imprescindibles para la mayoría de agricultores en la zona oriental de Guatemala.

Con el propósito de promover la tecnificación y evolución en los sistemas actuales de producción de tomate, la Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala FASAGUA, esta impulsando una tecnología de producción para tomates. En este caso se realizó un estudio sobre control de malezas, nemátodos y su efecto sobre el rendimiento, en donde se evaluó la eficiencia de las variables mulch, por medio de las coloraciones; plata-negro, rojo, naranja, verde y azul. En el caso del metam sodio, utilizando las dosis de 100,125, y 150 cc/m² de suelo. En donde se evaluó el efecto individual de ambos componentes como también su interacción con relación al cultivo de tomate.

La investigación orientó la validación de esta tecnología para la producción de tomates, por medio del análisis estadístico y económico del comportamiento de las variables mulch y metam sodio, en donde se formaron tratamientos integrados por una dosis de metam sodio y una coloración de mulch, siendo estos comparados con tratamientos denominados testigos, el primero llamado relativo, considerado únicamente la colocación de mulch con sus coloraciones y para el segundo absoluto, sin mulch, ambos sin aplicación de metam sodio.

3. OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar y analizar en función de la productividad la eficiencia de la incorporación de nuevos componentes en los sistemas actuales de producción de tomate, siendo estos la aplicación de metam sodio en combinación con el mulch, con el propósito de generar información que permita validar tecnología de producción para agricultores del valle de Chiquimula.

ESPECIFICOS

- Determinar los efectos generados por los diferentes tratamientos de metam sodio y su interacción con cada color de mulch, para identificar la dosis óptima del producto con relación al grado de control que ejerce sobre las variables malezas y nemátodos.
- Determinar los efectos generados por los diferentes tratamientos de mulch y su interacción con cada dosis de metam sodio, para identificar el color específico con relación al grado de control que ejerce sobre las variables malezas y nemátodos.
- Determinar el tratamiento con mayor rendimiento en cajas/Ha en la unidad experimental.
- Determinar el tratamiento con mayor beneficio económico en la investigación.

4. HIPOTESIS

- Hn. Las tres dosis de metam sodio empleadas en el cultivo de tomate para el control de malezas y nemátodos, tienen el mismo efecto en cada etapa fenológica del cultivo.

- Ha. Al menos una de las dosis de metam sodio empleadas en el cultivo de tomate tiene un efecto diferente sobre en el control de malezas y nematodos en cada etapa fenológica del cultivo.

5. MARCO TEORICO

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOMATE

Familia: *Solanaceae*.

Especie: (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Planta: de porte herbáceo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. (8)

Sistema radicular: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes). (8)

Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. (8)

Hoja: compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal. (8)

Flor: es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. (8)

Fruto: baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto. (8)

5.1.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. (8)

Temperatura:

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. (8)

A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas. (8)

Humedad:

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor. (8)

Luminosidad:

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. (8)

Suelo:

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. (8)

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego. (8)

5.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO METAM SODIO

- Ingrediente activo: Metam sodio
- Formulación: Concentrado soluble
- Concentración: 42% v/v
- Grupo químico: Ditiocarbamatos
- Aspecto: Líquido color blanco
- Densidad: 1,20 g/cm³
- Solubilidad: Soluble en agua e insoluble en disolventes orgánicos.
- Compatibilidad: No mezclar con otros productos
- Toxicidad aguda
- DL₅₀ (oral en rata): 4.096 mg/kg
- DL₅₀ (dérmica en conejo): 1.928 mg/kg (1)

Es un producto que se ha empleado con mucho éxito en el mundo en el control de nematodos, hongos, malezas, y sus semillas. Sus residuos son tóxico para los peces, por lo que los equipos utilizados en la aplicación, no debe lavarse en los cursos de agua, para no contaminarlos. (1)

Mecanismo de acción:

El metam sodio al diluirse en el agua del suelo se descompone y da origen al gas metil isotiocianato (MIT), que es el que actúa sobre los organismos a controlar. Su descomposición, grado de difusión y, en consecuencia su efectividad de control, como todos los fumigantes, depende de la temperatura, humedad, textura y preparación del terreno. Pero, además, es influido por el pH y el contenido de materia orgánica del suelo. (1)

pH del suelo: afecta de manera considerable la descomposición de metam sodio. En la gran mayoría de los suelos agrícolas de pH neutro o ligeramente alcalinos, se obtiene mayor cantidad de metil isotiocianato (MIT) que en los suelos de pH ácido, en los que la eficiencia del producto es menor. (1)

En soluciones alcalinas concentradas (2 a 3%), inyectadas al suelo, el Metam sodio es estable, se descompone en varios días, mientras que en soluciones diluidas (inferiores a 1%), se descompone en pocas horas, no siendo aconsejable su aplicación. Por ello, para garantizar la eficacia de la desinfección, es aconsejable hacer un análisis de agua en laboratorios especializados para conocer la alcalinidad de la solución y controlar el aporte de agua durante el tratamiento y el sellado. (1)

Materia orgánica: en suelos ricos en materia orgánica (4%, según el proveedor del producto) el MIT se difunde con dificultad, porque es adsorbido por las partículas de materia orgánica. (1)

Recomendaciones de aplicación:

Metam sodio esta recomendado para la desinfección de suelos destinados a todo tipo de cultivos (hortícolas, ornamentales, frutales, etc.). No debe aplicarse en cultivos establecidos. Si existe algún cultivo o cualquier planta cerca de donde se va a fumigar, debe dejarse una distancia mínima de seguridad de diez metros, en especial si se trata de producción de plantines en almaciguera o en bandeja. (1)

Se puede aplicar en cualquier época del año, antes de la plantación o siembra, teniendo en consideración que el suelo debe estar mullido, con una temperatura de entre 10 y 25°C y una humedad similar a la que se usa cuando se va a transplantar. (1)

Dosis:

Las recomendaciones de dosis de ingrediente activo oscilan entre 80 y 120 cc/m² (0,08 a 0,12 L/m²) de suelo efectivamente cultivado. Si se prevén ataques débiles de hongos, nemátodos o insectos se aplican dosis medias a bajas (100 a 80 cc/m²), pero si se esperan ataques fuertes de estos patógenos y para controlar malezas es necesario usar la dosis más alta. El nivel de ataque de patógenos se puede pronosticar de acuerdo al historial del predio o por análisis fitopatológicos de suelos que se realizan en laboratorios especializados. (1)

En suelos livianos o arenosos se usa una dosis baja a media (80 a 100 cc/m²), en cambio en suelos más pesados o arcillosos debe ser de media a alta (100 a 120 cc/m²). En suelos ricos en materia orgánica, debido a la gran retención y a la dificultad de difusión del producto, debe aplicarse la dosis más alta. Sin embargo, se debe tener cuidado, para no correr riesgos de fitotoxicidad por liberación posterior de restos de desinfectante adsorbidos por la materia orgánica. Para calcular la cantidad de ingrediente activo necesario, primero se determina la superficie (m²) que efectivamente se cultivará. Luego se multiplica la superficie por la dosis (L/m²). (1)

Cálculo de cantidad de producto de un fumigante líquido:

Cantidad metam sodio que se necesita para fumigar una hectárea:

Datos:

- No. de naves/Ha : 43
- Largo de la nave : 30 m
- No. de mesas por nave : 4
- Ancho de mesa : 0,8 m
- Dosis producto comercial : 120 cc/m² (0,12 L/m²)

Entonces

- Superficie efectiva : $30 \times 0,8 \times 4 \times 43 = 4.128 \text{ m}^2$
- Litros producto comercial : $4.128 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ L/m}^2 = 495 \text{ L}$

Esto significa que deben aplicarse 495 litros de producto comercial por hectárea de invernadero.

- $495 \times \text{Densidad metam sodio} = 495 \times 1,2 = 594 \text{ Kilos/Ha}$

Sistema de aplicación:

Se aplica a través del riego por goteo. Teniendo la información del caudal (litros/hora/gotero), número de goteros por superficie y superficie de cobertura, es fácil calcular el tiempo necesario para incorporar la dosis de metam sodio a la concentración deseada. Posteriormente se realiza un riego ligero para lavar el sistema. (1)

Sellado:

En los invernaderos, para el sellado se aprovecha el mismo plástico color naranja (mulch) que se utiliza para el control de malezas. En el caso de aplicaciones de metam sodio en cultivos al aire libre, en otros países se utiliza una máquina especial que aplica el producto y sella el suelo con un plástico transparente. (1)

Tiempo de acción:

Para obtener un buen resultado de control, el suelo debe mantenerse sellado por un período de 6 a 12 días, dependiendo de la época. Pero si los suelos son muy compactos, o bien tienen un alto contenido en materia orgánica, su temperatura es inferior a los 10°C o la humedad es excesiva durante el proceso de desinfección, debe esperarse una semana más, con el fin de asegurar el control. (1)

Tiempo de ventilación:

Transcurrido el tiempo de acción se deben realizar los hoyos de plantación varios días antes de plantar, para ayudar a que no queden residuos en el suelo. (1)

5.1.4 ANATOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE NEMATODOS

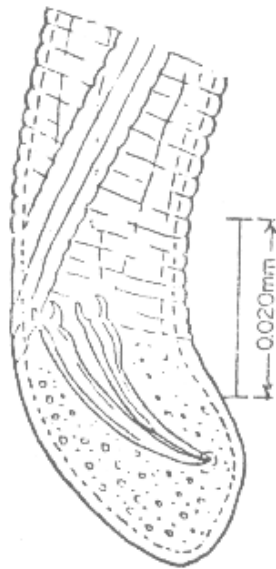
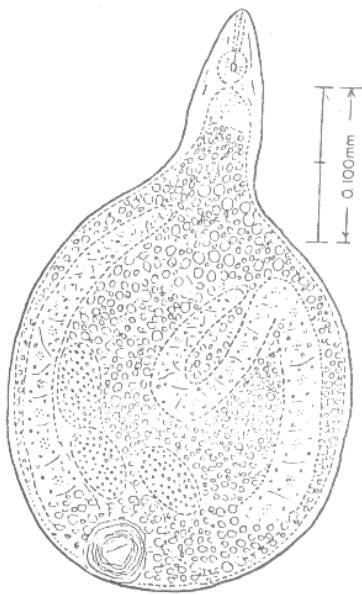
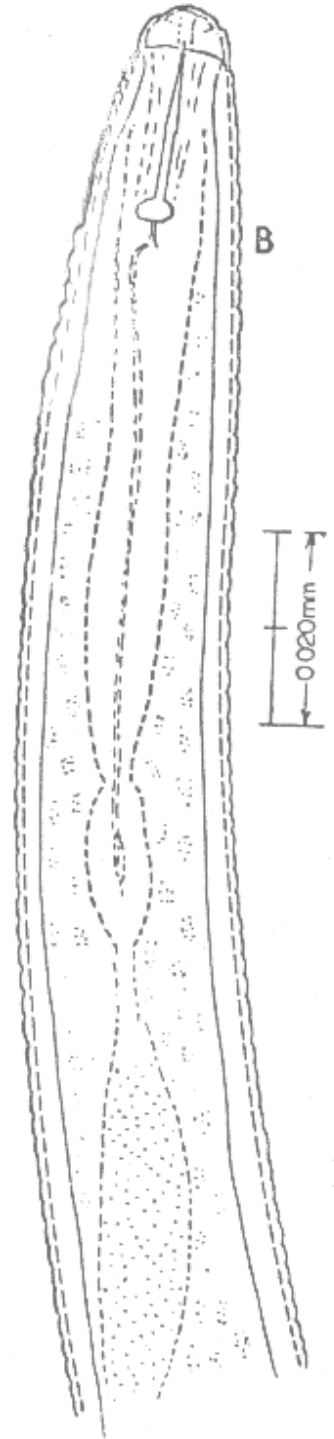
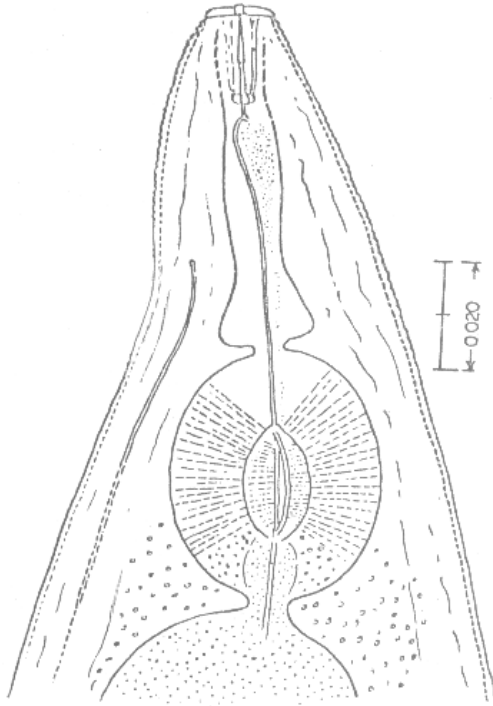
Meloidogyne: (Nematodos de los nódulos radiculares)

Parasitismo y Hábitat: Las hembras así como las larvas en su tercera y cuarta edad son endoparásitos sedentarios de muchas plantas. (se encuentran seccionando raíces en las que, generalmente, aunque no invariablemente, están asociadas con engrosamientos de distintos diámetros). Los machos y las larvas de la segunda edad son migratorios y pueden encontrarse en el suelo. (12)

Principales Características Morfológicas:

- **Cuerpo:** Alargado en las larvas (0.5 mm) y en los machos (1.0 - 2.0 mm), bursiformes, esferoidal y con cuello acusado en las hembras (0.8 mm de longitud y 0.5 mm de anchura).
- **Estilete:** Recio con ensanchamientos redondeados en los machos, en las hembras, más delgado que en los machos o en las larvas, pero con fuertes ensanchamientos basales.
- **Esófago:** Con un gran bulbo medio seguido de un istmo corto.
- **Poro Excretor:** Observado frecuentemente con parte del tubo excretor en la zona situada entre los ensanchamientos del estilete y el bulbo medio opuesto.
- **Vulva y ano:** En las hembras, se encuentran en las parte contraria al cuello, circundados por una serie de líneas finas semejantes a una huella dactilar humana. Esta sirve para identificar a la especie.
- **Espícula:** Muy cerca del extremo terminal de los machos.

MELOIDOGYNE:

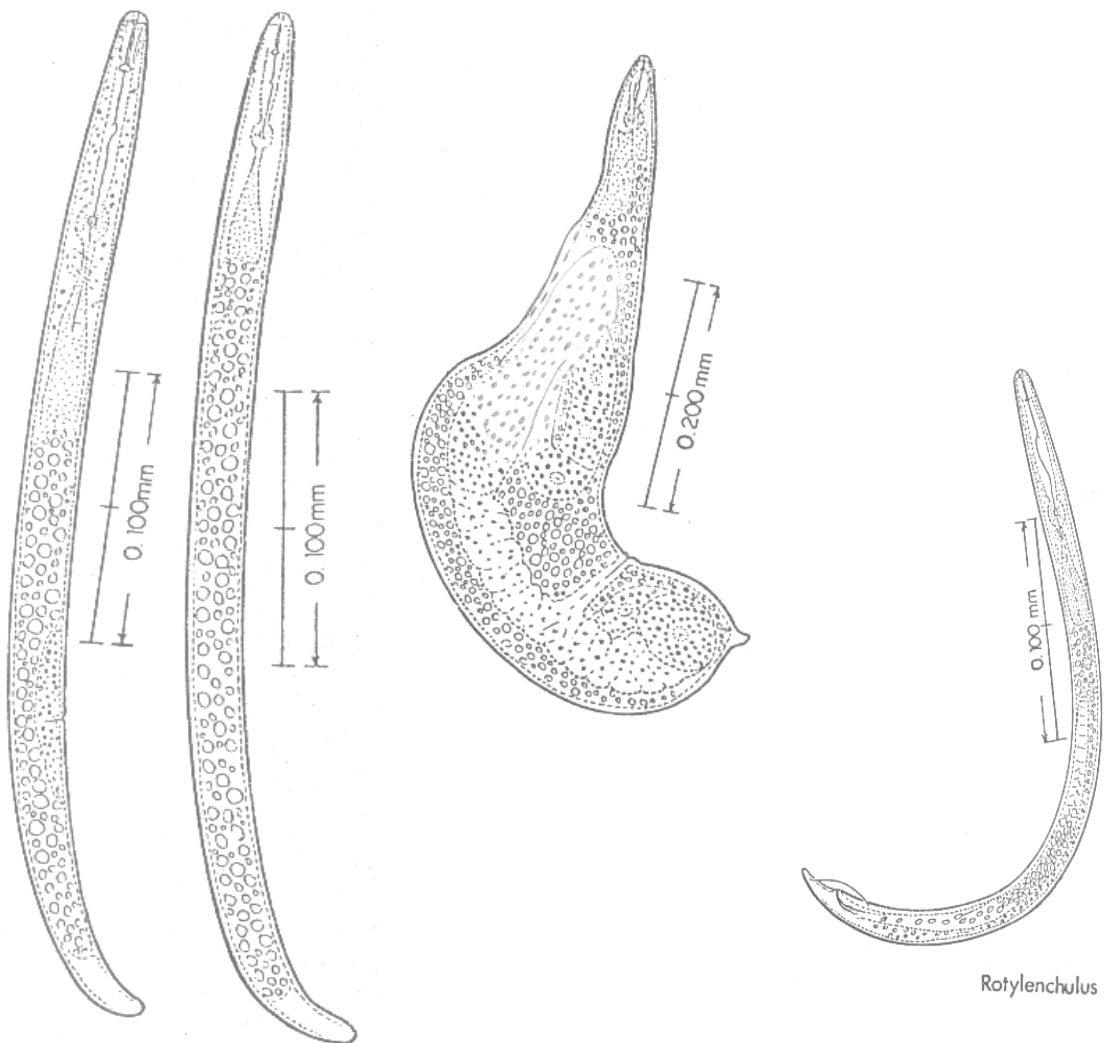


Rotylenchulus (Nematodos reniformes):

Parasitismo y Hábitat: Parásito de muchas plantas. Las hembras maduras tienen sólo el cuello implantado en las raíces (son difíciles de ver porque están cubiertas de masas de huevos y partículas de tierra); las larvas, los machos y las hembras inmaduras se encuentran en el suelo. (12)

Principales características morfológicas:

- **Cuerpo:** Delgado y pequeño en los machos (0.30 a 0.50 mm), hembras inmaduras (0.30 a 0.45 mm) y larvas (0.30 a 0.45 mm); típicamente reniformes en las hembras adultas (0.60 a 0.90 mm). (12)
- **Esófago:** La glándula esófaga se abre por detrás de los ensanchamientos del estilete a una distancia equivalente a la longitud del estilete. (12)

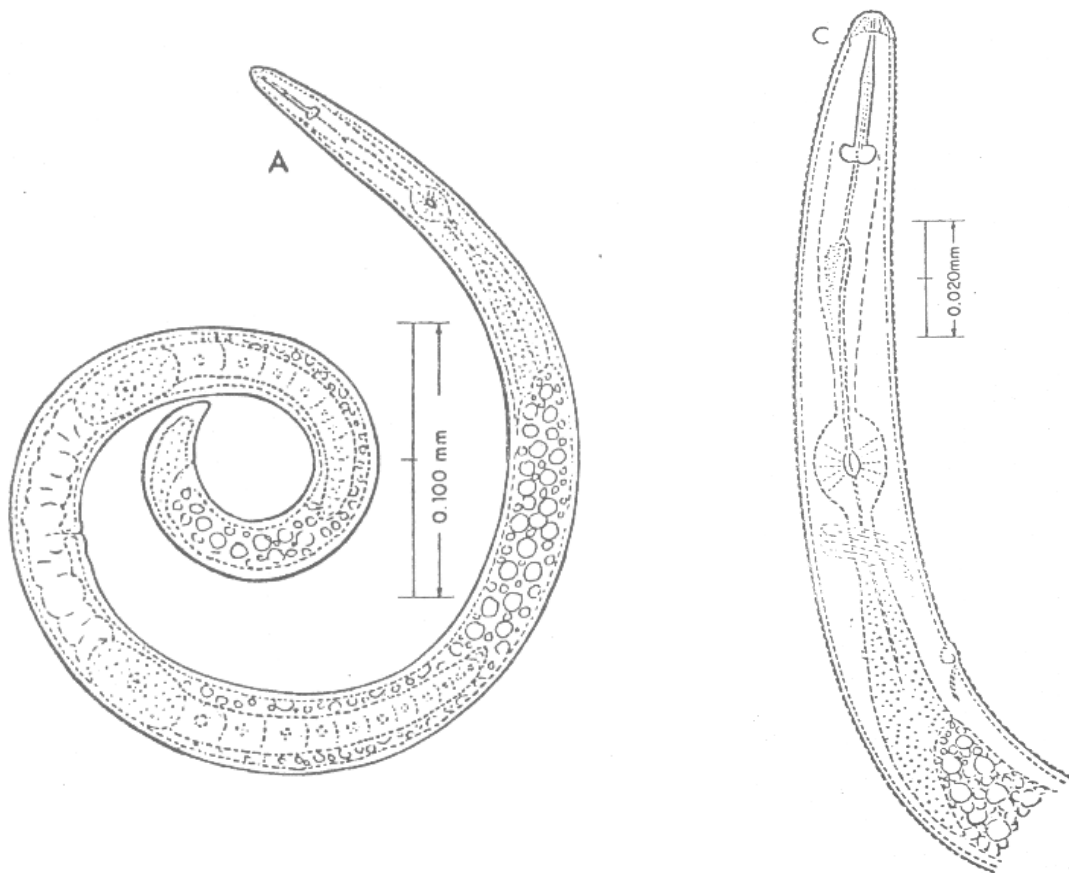


Helicotylenchus (nematodos en espiral):

Parasitismo y Hábitat: Endoparásito y Ectoparásito se muchas plantas, se encuentra en todas sus fases en el suelo y en las raíces. (12)

Principales Características Morfológicas:

- **Cuerpo:** (0.5 a 1.2 mm) arqueado o en espiral cuando está muerto o en reposo. Moderadamente largo.
- **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.
- **Ovarios:** Dos.
- **Vulva :** Posterior al punto medio del cuerpo.
- **Cola:** En las hembras, de redondeada a casi puntiaguda; frecuentemente con una proyección corta en la cara ventral en los machos, corta y con aleta.

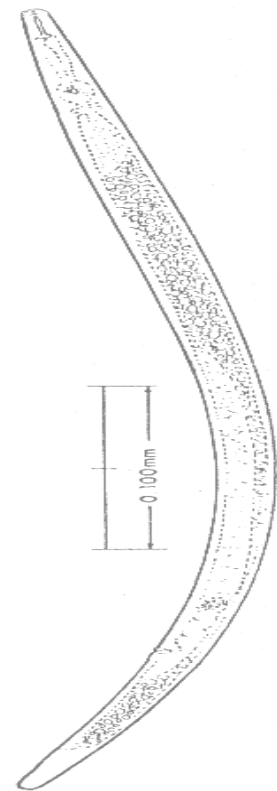
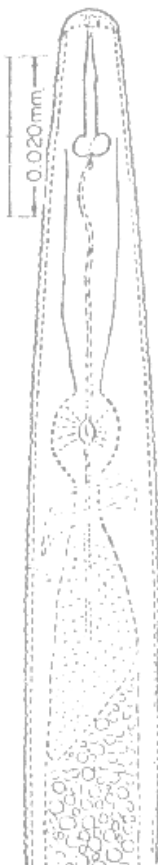


Pratylenchus (Nematodos de las lesiones Radicales):

Parasitismo y Hábitat: Endoparásito migratorio, se alimenta en la corteza de la raíz de muchas plantas. Se encuentra en las raíces o en el suelo en todas sus fases. Los machos son comunes en muchas especies; desconocidos o poco comunes en otras. (12)

Principales Características Morfológicas:

- **Longitud del Cuerpo:** 0.4 - 0.8 mm.
- **Región labial:** Poco diferenciada del cuerpo.
- **Estilete:** Corto, fuerte, con ensanchamientos gruesos.
- **Ovarios:** Uno.
- **Vulva:** En el cuarto posterior del cuerpo.
- **Cola:** Casi redondeada a puntiaguda. Cola del macho con aleta.



Pratylenchus

REFERENCIAL

5.2.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL

Se establecieron dos replicas de la investigación. Una de ella se ubicó en la finca El Zapotillo, propiedad del Centro Universitario de Oriente CUNORI y la otra en la Finca Marena ubicada en el municipio de San José la Arada. En el primero de los casos se utilizó un área 1,144 m² y 1,540 m² en el segundo caso, esto hace un área total de 0.27 Ha.

5.2.2 FINCA EL ZAPOTILLO

Se encuentra ubicada en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, la finca cuenta con una extensión aprovechable para la agricultura de 12,878 m².

La finca esta localizada a una altitud de 360 msnm, latitud Norte de 14° 40'46" y una longitud Oeste de 89° 31'18". Según datos obtenidos de la estación meteorológica del CUNORI, las condiciones agro ecologías son las siguientes:

Temperatura máxima:	39° C
Temperatura mínima:	16.3° C
Temperatura media anual:	27.85° C
Precipitación pluvial anual:	825.5 mm
Humedad Relativa:	60% (época seca) 75% (época lluviosa).

Según Holdrige (1978), el área pertenece a la zona de vida Bosque Seco Subtropical, con una asociación edáfica seca húmeda. El desplazamiento de los vientos normalmente es de norte a sur, durante todo el año, su velocidad anual va de 1.8 a 5 Km. / h.

5.2.3 FINCA MARENA

La finca esta ubica en el municipio de San José la Arada a 13 kilómetros de la cabecera departamental y a 2.5 kilómetros de la cabecera municipal. A una altitud de 435 msnm, latitud norte 14°47'82" y 89°92'27" longitud oeste

Según Holdrige (1978), el área pertenece a la zona de vida Bosque Seco Subtropical. El clima durante la mayor parte del año (febrero-octubre) es caluroso y seco. Durante los meses de noviembre a enero el clima se torna agradable, las temperatura oscilan entre los 27 y 35° C. La precipitación pluvial va de 600 a 800 mm. anuales.

5.2.4 ANTECEDENTES PARA SUSTITUTOS AL BROMURO DE METILO

En Guatemala, el uso de bromuro de metilo se ha venido incrementando, de 45 Tm. en 1993 a 400 Tm. en 1996. Se utiliza en la desinfección del suelo y semilleros en varios cultivos, entre los cuales esta el tomate, el melón, tabaco, flores, brócoli, hortalizas en general y producción de pilones. Su aplicación se realiza generalmente introduciendo el gas con manguera por dentro de una cobertura de nylon, la cual se entierra los bordes en el suelo para evitar que el producto se escape gasificado. (14)

En el año de 1989, Guatemala firmó el protocolo de Montreal, comprometiéndose con ello a poner en práctica la evaluación de diversas alternativas al uso de este producto, con el propósito de reducir en un tiempo determinado la aplicación de bromuro de metilo para que en el año 2,010 este producto deje de utilizarse en su totalidad. (14)

En los países industrializados se ha dispuesto reducir el uso de bromuro de metilo. La Dirección General XI acordó según la enmienda de Viena (1995) reducir la producción de este biocida un 25% para el 1 de enero de 1998, un 50% para el año 2,005 y cesar para el año 2,010 la producción. (14)

5.2.5 EXPERIENCIAS CON PRUEBAS EXPERIMENTALES

a) Metam Sodio:

En Almería, España el metam sodio es una alternativa para sustituir al bromuro de metilo, En 1995, las compañías involucradas en la manufactura de Metam Sodio en España, decidieron para catalogar el producto someterlo a una serie de pruebas para comparar la eficiencia con respecto al Bromuro de Metilo, trabajando el metam sodio con diferentes dosis y métodos de aplicación, los cuales fueron satisfactorios especialmente colocando dosis de metan sodio con solarizado.

Las pruebas de 1995 mostraron entonces que con un adecuado uso de Metan Sodio, con la suficiente cobertura con una película de nylon, después de aplicado (una similar vía como en la aplicación con Bromuro de Metilo) manteniendo esta película de plástico por varias semanas y removiendo en el momento justo antes de plantar obteniendo similar producción en aquellas parcelas o más alto que aquellas obtenidas con aplicaciones de Bromuro de Metilo.

En Holanda, el uso de Metam sodio es limitado a usarse a dosis de 300 litros por hectárea, incluyendo dentro del suelo.

b) Experiencia en Melón:

Evaluación de dos productos químicos y un orgánico como sustitutos al bromuro de metilo en la desinfección del suelo, en el cultivo de melón (Cucumis melo, tipo cantaloupe) Finca oasis, Estancuela Zacapa. 1999. (14).

Tratamientos:

- Bromuro de Metilo en dosis de 250 Kg/Ha
- Bromuro de Metilo en dosis de 125 Kg/Ha
- Metam sodio en dosis de 350 Lts/Ha = (65 cc/m²)
- Metam sodio en dosis de 350 Lts/Ha + Solarizado
- Gallinaza en dosis de 4545.45 Kg/Ha + Solarizado
- Control de Malezas
- Control de Nemátodos

Variables Analizadas:

- Control de Malezas
- Control de Nemátodos
- Rendimiento en Cajas/Ha

Discusión de Resultados:

- La presencia de malezas en el cultivo de melón fue significativa en el testigo absoluto y estadísticamente iguales en los otros tratamientos debido a ello existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Se obtuvo buen control sobre las mismas utilizando los tratamientos de bromuro de metilo de 125 Kg./Ha, gallinaza 4545.45 Kg./Ha + solarización y metam sodio + solarización.
- En el control de nematodos en el suelo el género de importancia se consideró a *Rotylenchus* y los tratamientos que se comportaron en forma de reducción aceptable sobre las población de los mismos fueron los de gallinaza 4545.45 Kg./Ha + solarización, metam sodio 350 L/Ha + solarizado, metam sodio 350 L/Ha y Bromuro de metilo 250 Kg./Ha con poblaciones de 0, 0, 20 y 20/100 cc de suelo respectivamente.

Los tratamientos que no permiten el buen desarrollo de población nemátodos durante la fase de cultivo son bromuro de metilo 125 Kg/Ha, metam sodio 350 L/Ha, y metam sodio 350 L/Ha + Solarizado con un número de 0, 270 y 320 nemátodos/100 cc de suelo.

La presencia de nematodos en la raíz, sobre sale el género *Rotylechus* ya que es considerado de importancia para el cultivo, teniendo un buen control sobre el mismo con los tratamientos de metam sodio de 350 L/Ha, bromuro de metilo 125 Kg./Ha y bromuro de metilo 250 Kg./Ha con poblaciones de 0, 0, y 25/25 gramos de raíces respectivamente. El único tratamiento que presentó larvas de *Meloidogyne* fue el testigo con una población de 50/25 gramos de raíces, pero dicha presencia no afecto ni incidió en el rendimiento del cultivo de melón, ya que no se observaron nodulaciones de importancia en los análisis de raíces. (14).

c) Alternativas al uso de Bromuro de metilo en el cultivo de la fresa:

El cultivo de la fresa es el mayor consumidor de Bromuro de Metilo (BM) en España, para la modalidad de desinfección de suelos (unas 1.050 toneladas en el año 2000). Por ello, el problema del BM en el caso de este sector es importante en España al igual que en importantes zonas agrícolas de Estados Unidos (California y Florida). (10)

Metodología de los ensayos

Desde el inicio de los experimentos se establecieron varios criterios de trabajo que distinguen estos ensayos de otros programas desarrollados en otros cultivos y/u otros países. Se adoptó un esquema experimental con un único y permanente diseño de bloques al azar con tres grandes repeticiones: 400 metros cuadrados por repetición y 1,6 hectáreas por experimento, localidad y año (criterio de escala real). Se decidió que cada tratamiento inicial debería permanecer en la misma repetición en cada localidad y en cada año. (10)

Los tratamientos realizados eran:

1. Testigos sin fumigación del suelo.
2. Inyección estandarizada de BM con Polietileno negro.
3. Inyección de dicloropropeno+cloropicrina, con Polietileno negro.
4. Metam Sodio (MS) a diferentes dosis.
5. Localización de Dazomet en acolchados con Polietileno negro.

Solarización sola. (10)

Sin embargo, en el caso de los nematodos, se observaron importantes y crecientes poblaciones de *Meloidogyne hapla* en los ensayos correspondientes a cada localidad; particularmente en los tratamientos sin fumigación del terreno e inyección directa de Metam Sodio bajo acolchados. (10)

Discusión de resultados

Estos resultados, consistentes y repetitivos, indican la existencia de tratamientos alternativos al BM viables a corto plazo para el caso del cultivo de la fresa en la zona de España. (10)

Los tratamientos alternativos de corto plazo seleccionados para esta Investigación han sido:

1. Inyección anual de 1,3 dicloropropeno-cloropicrina.
2. Incorporación anual de Dazomet acolchado con Polietileno negro (50 g/m² tratado).
3. Solarización del suelo con inyección simultánea de Metam Sodio (75 cc/m² o más a todo terreno). (10)

6. METODOLOGÍA

6.1 TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron divididos de la siguiente forma:

6.1.1 DOSIS DE METAM SODIO

Se evaluaron cuatro dosis de metam sodio para el control de malezas y nemátodos, el producto se aplicó a través del sistema de riego. Previo es necesario colocar un mulch especial, en este caso se usó el mulch plata negro, el cual es un polietileno especial para la agricultura, éste cuenta con aditivos especiales para soportar los efectos del metam sodio y los rayos solares. Las dosis de metam sodio utilizadas fueron las siguientes:

Tratamiento 1 = 100 cc/m² de ingrediente activo.
Tratamiento 2 = 125 cc/m² de ingrediente activo.
Tratamiento 3 = 150 cc/m² de ingrediente activo.
Testigo = 000 cc/m² de ingrediente activo.

6.1.2 TIPOS DE MULCH

Debido a la aplicación del metam sodio se utilizó como base el mulch plata negro y sobre éste se colocaron los otros colores que son telas de lluvia que no cuentan con ningún aditivo ni filtro solar. Las cubiertas plásticas empleadas fueron las siguientes:

- **Plata-Negro**, polietileno coextruido con filtro solar y aditivos especiales para soportar los efectos de los rayos solares y de biofumigantes.
- **Verde**, asociado al color de la planta, no agrícola (tela de lluvia).
- **Azul**, asociado al color de la planta, no agrícola (tela de lluvia).
- **Rojo**, asociado al color de la fruta, no agrícola (tela de lluvia).
- **Naranja**, color asociado al color de la fruta, no agrícola (tela de lluvia).

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas, con cuatro tratamientos de metam sodio y cinco coloraciones de mulch. Cuyo modelo estadístico es el siguiente: (6)

$$Y_{ij} = m + B_i + A_j + \epsilon_{ij} + BK + ABJK + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

B_i = Bloques

A_j = Factor dosis de metan sodio

ϵ_{ij} = Error A

BK = Factor coloración de mulch

$Abjk$ = A X B

ϵ_{ijk} = Error B

Para el análisis de varianza de rendimiento y nematodos, el factor "A"; correspondió al mulch y factor "B", para metam sodio. Y en la variable valor de importancia de malezas, se integró un factor C, el cual correspondió a las etapas fenológicas del cultivo.

6.3 UNIDAD EXPERIMENTAL

La parcela y unidad experimental fue de 36 m², compuesta por una dosis de metam sodio y una coloración de mulch, en la cual se estableció una planta de tomate a cada 0.40 m. y entre sí 1.5 m., con una parcela útil de 9 m². Para el establecimiento de las unidades experimentales se utilizó un área de 0.27 Ha. y una densidad de 16,667 plantas por hectárea. (Anexo 12.2). El material utilizado fue el híbrido de tara, el se identifica con las siguientes características; tomate tipo saladette, con crecimiento determinado, tallo firme y elongado, buena cobertura de follaje. Con un rendimiento de producción del 75% en frutos de primera, el rendimiento promedio por manzana es 1000-2500 cajas. A demás presenta resistencia al ataque de enfermedades como marchites por verticillium raza 1, marchites por fusarium raza 1 y 2, cáncer del tallo por alternaria, Mancha gris por stemphylium y peca bacteriana por pseudomonas. También presenta tolerancia al ataque de nematodos, especialmente del género Meloidogyne.

6.4 MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO

6.4.1 PREPARACIÓN DE SUELOS

Se realizó un paso de arado de 40 cm. de profundidad. Luego con ayuda del rototiller se dejó el suelo mullido, libre de terrones que no puedan romper el mulch o ayudar en la formación de bolsas de aire caliente que afecten a las plantas después de su establecimiento.

6.4.2 FORMACIÓN DE CAMAS

Por ser una tecnología para productores en menor escala, la formación de camas se realizó manualmente. Para lo cual es necesario realizar el paso de los surqueadores a 1.20 m. de distancia entre vértices, formando camas planas cuya distancia de centro a centro será de 1.5 m. Luego con azadones se le dio forma cóncava a las camas, para evitar la acumulación de agua sobre las mismas.

6.4.3 COLOCACIÓN DE MANGUERA PARA RIEGO

Se realizó en forma manual, para el efecto se verificó el estado de los elevadores, conectores y luego de una prueba de riego se identificó el estado de los goteros. Las mangueras se colocaron no al centro de la cama si no a un costado, ya que puede ser dañada al momento de agujerear el mulch. Luego de la siembra, la manguera se colocó al centro de la cama para una mejor distribución de la humedad y nutrientes.

6.4.4 COLOCACIÓN DEL MULCH

Debido a que se usó metam sodio como biofumigante, todas las camas fueron cubiertas con el mulch plata negro, debido a que está diseñado específicamente para resistir el efecto del producto y de los rayos solares. Las dimensiones del mulch utilizado fueron, 1.02 m. (40") de ancho, 0.9 milésimas de espesor y 1,219 m. de longitud. Se empleó como mínimo cuatro personas para la colocación del mulch, dos de ellos sostienen el rollo y lo tensan, seguidamente las otras dos personas con azadones lo entierran de 10 a 20 cm. en las bases de la cama. Esa misma operación se repitió para la colocación de las otras cuatro coloraciones de polietileno. Estos no fueron colocadas antes, debido a que el metam sodio y el sol los destruirían rápidamente, por no estar diseñados para resistir dichas condiciones.

6.4.5 APLICACIÓN DE METAM SODIO

Previo a la aplicación del metam sodio se aplicó un riego profundo, cinco días después de esta actividad se realizó la aplicación del producto. Por ser tres dosis las que se aplicaron, fue necesaria la utilización de una bomba de inyección. Se prepararon las soluciones por separado y luego se inyectaron en cada una de las mangueras. Luego de aplicado el producto se realizó un riego con el objetivo de distribuir mejor el producto en toda la mesa y se liberen residuos de metam sodio en el sistema de riego. El producto se dejó trabajar por un periodo de 15 días esto dependió básicamente de la temperatura, entre más altas sean las temperaturas el periodo de espera se reduce.

6.4.6 AHOYADO

Esta actividad se realizó 15 días después de haber aplicado el metam sodio. Tiene como objetivo dejar establecida el área donde se transplantó las plantas de tomate y facilitar el escape del gas metil isotiocianato (MIT). El metam sodio es un producto que reacciona por medio de la disolución en agua y la temperatura transformado este proceso en dicho gas, que es quien ejerce la actividad biocida en el suelo.

Por eso el ahoyado se realizó cinco días antes de la siembra, para que no tenga ningún efecto sobre las plantas establecidas. Los agujeros contaron con un distanciamiento entre si de 0.40 m. y una dimensión de 10.16 cm. (4") de diámetro. Esta dimensión permite un mejor escape del aire caliente que se genera entre la cama y el mulch.

6.4.7. SIEMBRA

Esta actividad se llevó a cabo 20 días después de la aplicación de metam sodio. En el centro de cada uno de los agujeros que se hizo previamente en el mulch, se perforó un orificio en el suelo para colocar una planta. Luego con las manos se presionó la tierra de alrededor para eliminar cámaras de aire en el suelo y lograr que la planta tenga la firmeza necesaria para iniciar su desarrollo.

6.4.8 FERTIRRIEGO

Para la elaboración del plan de fertirrigación del cultivo, se hizo con base a los requerimientos nutricionales del mismo, para ambas localidades. En donde se emplearon fertilizantes hidrosolubles y formulas especiales, que existen en el mercado y que cumplen con los requerimientos del cultivo.

6.4.9 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Estas actividades son asociadas con los hospederos alternos en los alrededores del cultivo. Por tal motivo una de las primeras actividades que se realizaron fueron el control de malezas y hospederos alternos en los alrededores del área experimental. Las aplicaciones de insecticidas, acaricidas, fungicidas y antibióticos, se definió con base a la etapa fonológica del cultivo determinada en el área experimental.

6.4.10 TUTOREO

Esta actividad tiene como objetivo evitar que el follaje y frutos entre en contacto con el suelo. Se colocó un tutor por cada cuatro plantas y luego la pita o rafia de forma transversal a los tutores, esta actividad se realizó de acuerdo a desarrollo de la planta.

6.4.11 COSECHA

Se realizó en forma manual, en esta actividad fue necesario la utilización de botes plásticos y cajas de madera, para su posterior clasificación con base a su tamaño. En el mercado nacional normalmente se manejan tres tipos de fruta, definiéndose como primera a los frutos de mayor tamaño, segunda a los frutos de tamaño intermedio y tercera a los frutos muy pequeños.

6.5 VARIABLES RESPUESTAS POR TRATAMIENTO

- **Valor de importancia de las Malezas:** Con el propósito de medir la eficacia de los tratamientos en cuanto al control de malezas en el cultivo de tomate, se definió el Valor de Importancia en gramos/m² de fitomasa generada por las malezas, esto con relación a un área inicial de 0.25 m², duplicando la misma, cada vez que se identifica una especie entre las malezas que se localizan en el área que delimita el muestreo. Los cuales fueron divididos por etapa fonológica del cultivo, siendo estos: plántula, Desarrollo vegetativo, floración y cosecha.
- **Determinación y Cuantificación de nemátodos:** Para la determinación cualitativa y cuantitativa de esta variable se dividieron los análisis en tres áreas, las cuales son: análisis de agua, análisis de nódulación en raíces y análisis de suelos, realizando estas dos últimas en las parcelas netas de cada tratamiento.
- **Rendimiento:** Para determinar el rendimiento en cajas/Ha, se tomaron los frutos maduros de las plantas por parcela neta, estos datos sirvieron para determinar el rendimiento promedio por planta, luego se hizo una relación entre el rendimiento por planta y la densidad de plantas por hectárea.

6.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.6.1 MUESTREO DE SUELO PRE APLICACIÓN DE METAM SODIO

Luego de colocado el mulch se aplicó un riego profundo que tiene como objetivo activar la biología del suelo. Para que las malezas inicien el proceso de germinación y en el caso de los nemátodos para que pasen de estados menos activos a estados más activos.

Las muestras se tomaron de forma aleatoria a lo largo de las camas. Para esta actividad fue necesario, un barreno y bolsas de polietileno que fueron rotuladas para su posterior análisis en el laboratorio. Cada muestra estuvo compuesta aproximadamente por 500 gramos de suelos los cuales se recolectaron en un perfil de suelo de 0 a 40 cm. de profundidad.

Los resultados obtenidos en esta actividad mostraron la presencia de altas poblaciones de nematodos de los géneros Meloidogyne, Rotylenchus, Helicotilechus y Pratylenchus, en las localidades de Chiquimula y San José la Arada respectivamente.

6.6.2 MUESTREO DE NEMATODOS POST APLICACIÓN DE METAM SODIO

a) Análisis de Agua

La fuente que suministró el agua de riego para la unidad de producción, es proveniente de un pozo, en cada localidad. Los cuales se ubican a un costado del diseño experimental a nivel de campo. Se recolectó una muestra de agua equivalente a 500 ml, para cada localidad al inicio del trasplante del cultivo, seguidamente se trasladaron las muestras al laboratorio para su posterior análisis.

b) Análisis de Raíces

Se realizó a los 30 días después del trasplante en donde se arrancaron dos plantas por cada tratamiento y repetición. El análisis consistió en la revisión minuciosa del sistema radicular de las plantas muestreadas para su posterior clasificación en función de presencia y grado de desarrollo de las nodulación en las raíces, en caso de identificarse. Dicha clasificación se realizó por medio de la nomenclatura de Bridge y Page. (Anexo 12.8)

c) Análisis de Suelo

Este fue el tercero de los análisis, se realizó a los 45 días después del trasplante, en donde se recolectaron muestras en función de las dosis de metam sodio, es decir, sobre líneas completas, considerando como parcela neta al surco entero por cada aplicación y repetición. Con la ayuda de un barreno se extrajo un promedio de 500 gramos de suelo a una profundidad de 40 cm. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio en donde se realizó su análisis.

6.6.3 MUESTREO Y CONTROL DE MALEZAS

En función del análisis de la variable respuesta, los muestreos fueron realizados en cada etapa fenológica del cultivo, las cuales fueron definidas como, Plántula - Desarrollo Vegetativo - Floración - Cosecha, esto para cada localidad. Los muestreos se realizaron únicamente en las parcelas netas para cada tratamiento, en donde se contabilizaron los gramos/m² de fitomasa emergente por unidad de área de muestreo. Posteriormente a la realización de los muestreos se ejecutó el control de las malezas haciéndose este de forma manual para toda la unidad experimental en ambas localidades.

6.6.4 MUESTREO DE FRUTOS EN COSECHA

La variable rendimiento se expresó en cajas por Hectárea, y la orientación de la comercialización se hizo al mercado de Chiquimula, en donde se utilizó un envase para el almacenamiento de los frutos con las siguientes dimensiones: 24" x 15" x 7".

Para el cálculo del rendimiento se cuantificaron y clasificaron los frutos de las plantas establecidas en cada parcela neta por tratamiento. Los frutos colectados en cada corte fueron clasificados según el mercado local, siendo estos en primera, segunda y tercera.

Al final de la cosecha se hizo una relación entre los resultados obtenidos por cada parcela neta y el rendimiento en cajas/Ha por tratamiento, para cada localidad.

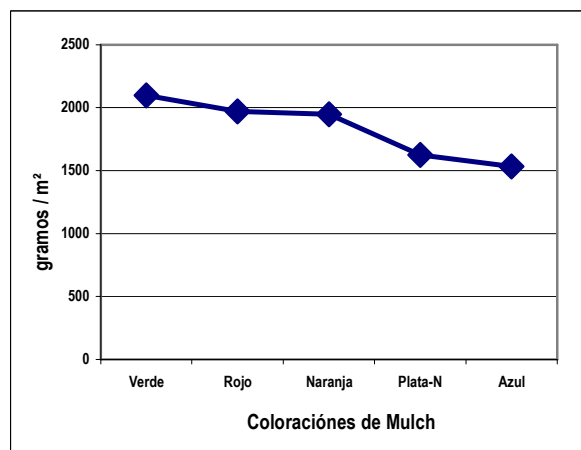
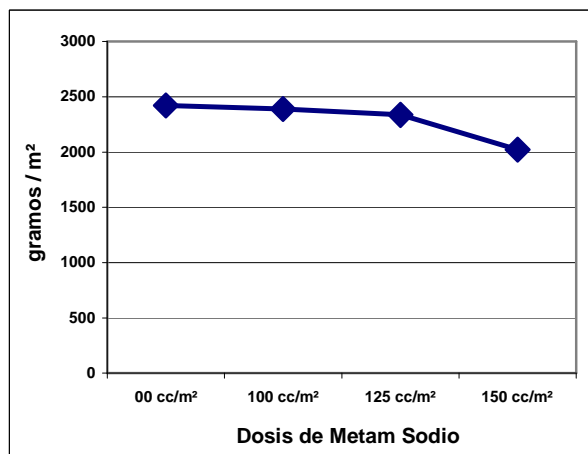
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 VALOR DE IMPORTANCIA DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE TOMATE

Cuadro 1. Análisis de Varianza para el valor de importancia de malezas, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

F. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
Repetición	2	17919.80	8959.90	3.08	3.27	5.39	ns
Etapa Fenolog.	3	72407.65	24135.88	8.28	2.87	4.51	**
Mulch	4	78628.11	19657.03	6.75	2.64	4.02	**
Mulch x EF	12	79626.38	6635.53	2.28	2.04	2.84	*
Error1	32	93239.35	2913.73				
Metam	3	26793.05	8931.02	3.37	3.04	3.98	*
Metam x EF	9	82648.53	9183.17	3.47	1.97	2.59	**
Metam x Mulch	12	245186.72	20432.23	7.72	1.85	2.37	**
MU x ME x EF	36	291776.02	8104.89	3.06	1.57	1.89	**
Error2	126	333551.48	2647.23				
Total	239	1321777.109					
C.V. %	33.66						

Los resultados indicaron que existieron diferencias altamente significativas entre las variables analizadas, especialmente en sus diferentes interacciones. En cuanto al factor metam sodio, se estableció una relación entre la efectividad y la concentración del producto; a medida que se incrementó la dosis de aplicación al suelo. En lo que respecta al mulch su efectividad se analizó de acuerdo a las interacciones formadas entre cada coloración y las diferentes dosis de metam sodio, con el propósito de identificar la combinación con mayor grado de eficiencia para el control de malezas en el cultivo de tomate, en la localidad de San José la Arada.



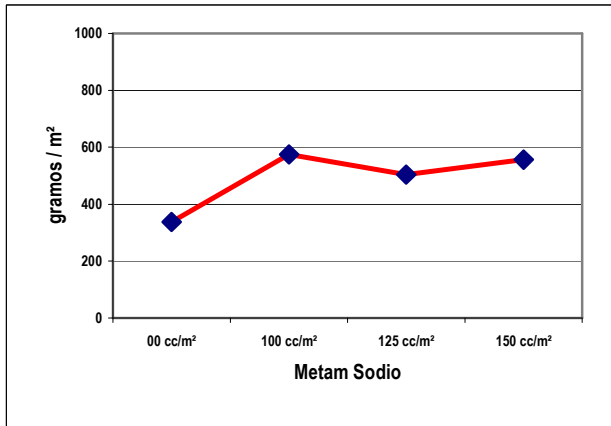


Figura 3. Relación Mulch Rojo y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

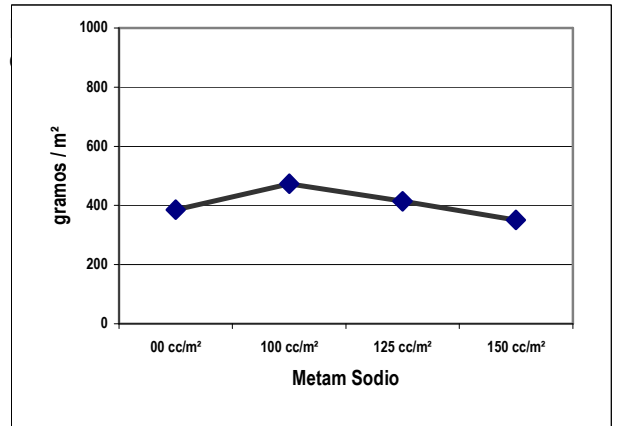


Figura 4. Relación Mulch Plata-N y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

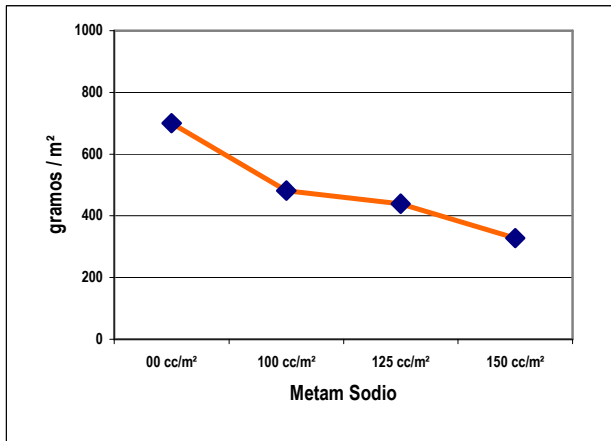


Figura 5. Relación Mulch Naranja y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

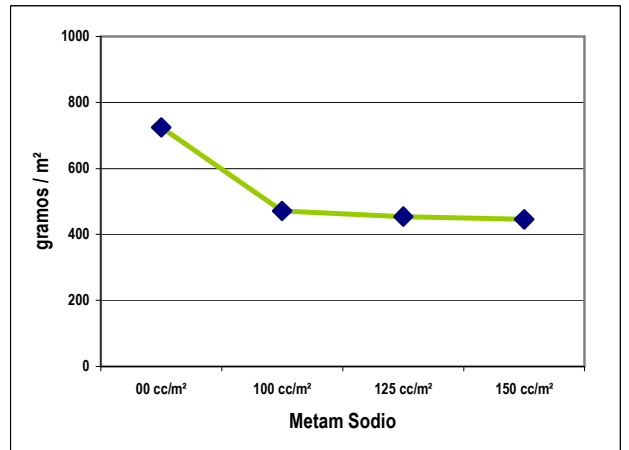


Figura 6. Relación Mulch Verde y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

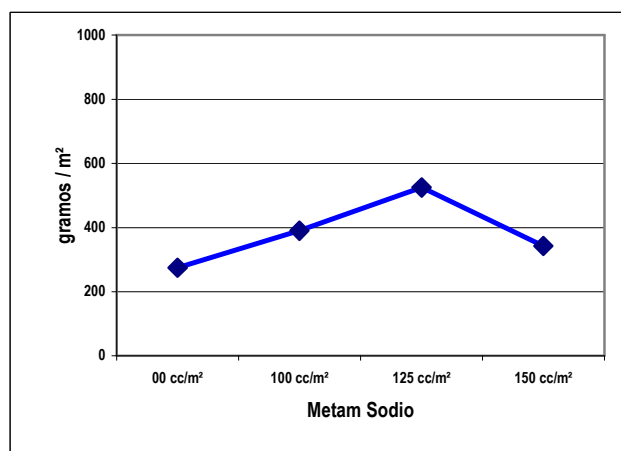


Figura 7. Relación Mulch Azul y Dosis de metam sodio, para el valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

Cuadro 2. Análisis de Varianza para el valor de importancia de malezas, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

F. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Significacia
<i>Repetición</i>	1	2580.44	2580.44	0.55	4.26	7.82	ns
Etapa Fenolog.	3	17659.08	5886.36	1.25	3.01	4.72	ns
Mulch	4	61018.95	15254.74	3.24	2.78	4.26	*
Mulch x EF	12	185121.91	15426.83	3.27	2.18	3.03	**
Error1	24	113119.35	4713.31				
Metam	3	57557.54	19185.85	3.71	2.79	4.2	*
Metam x EF	9	106577.87	11841.99	2.29	2.07	2.78	*
Metam x Mulch	12	102780.38	8565.03	1.65	1.95	2.56	ns
MU x ME x EF	36	400896.53	11136.01	2.15	1.69	2.1	**
Error2	55	284751.09	5177.29				
Total	159	1332063.14					
C.V. %	26.76						

Se identificaron diferencias significativas entre las variables analizadas. En cuanto al metam sodio, se estableció un comportamiento que a medida que se incrementó la dosificación de producto al suelo, se registraron valores de fitomasa expresado en gramos/m² de menor valor. Con relación al mulch se analizó su efectividad en función de las interacciones formadas entre cada coloración y las diferentes dosis de metam sodio, con el propósito de identificar la integración de ambos componentes con el mayor grado de eficiencia para el control de malezas en el cultivo de tomate, en la localidad de Chiquimula.

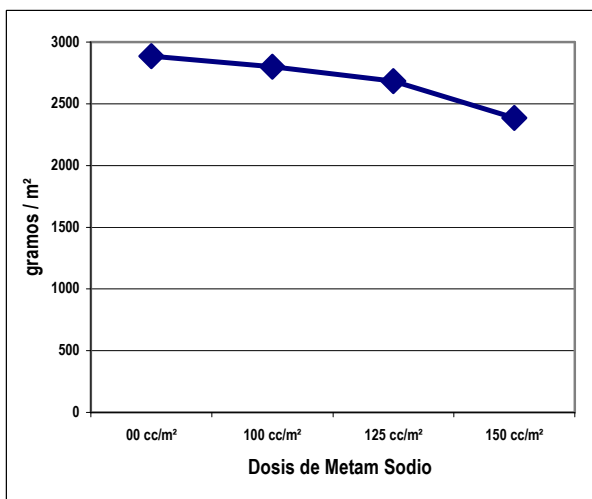


Figura 8. Relación Metam sodio y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

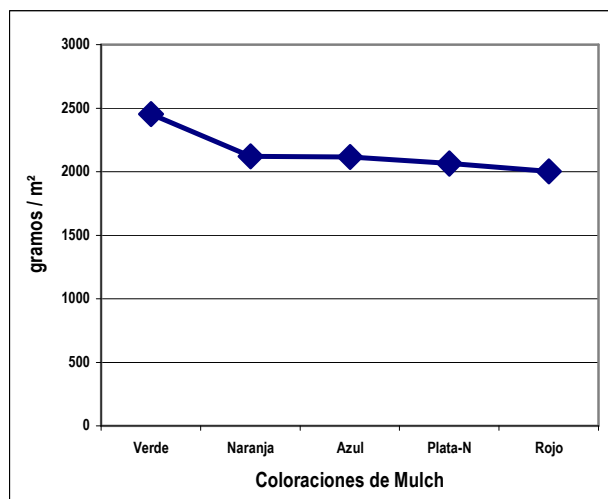


Figura 9. Relación Mulch y Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

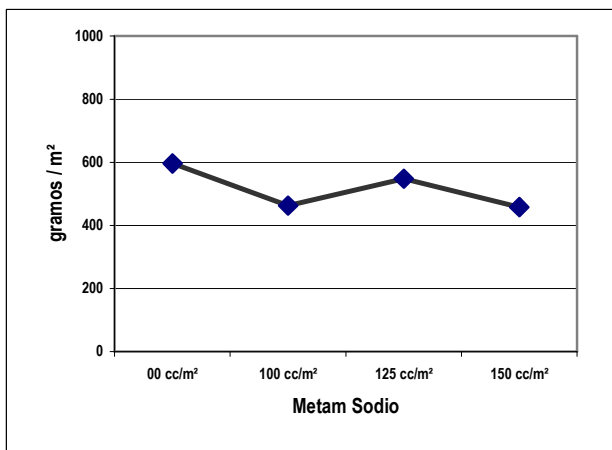


Figura 10. Relación Mulch plata-negro y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

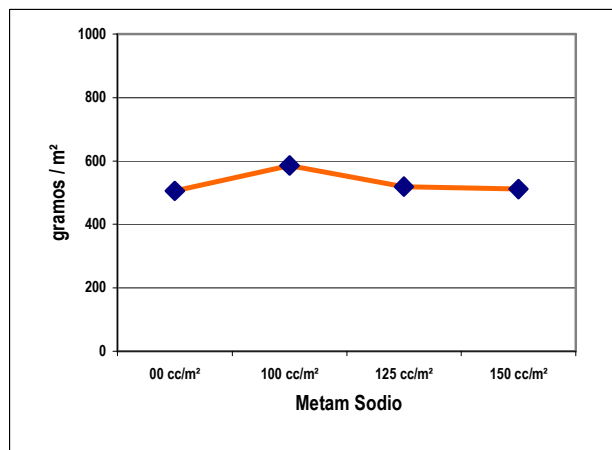


Figura 11. Relación Mulch Naranja y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

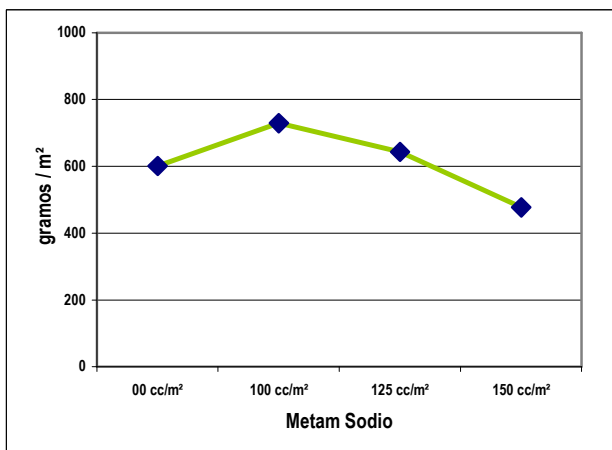


Figura 12. Relación Mulch verde y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

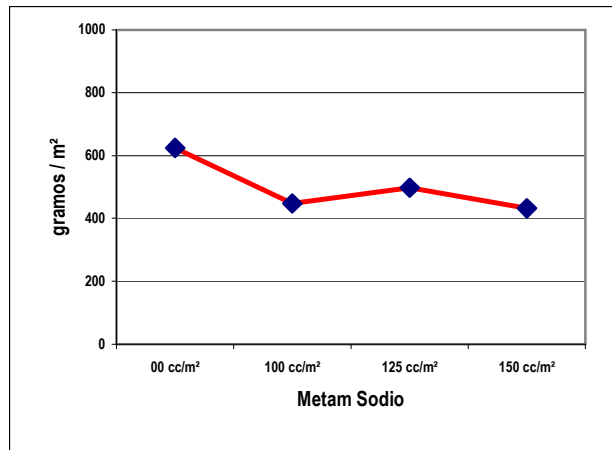


Figura 13. Relación Mulch Rojo y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

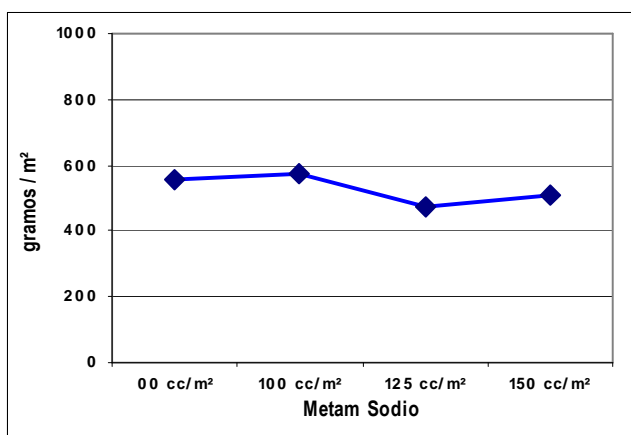


Figura 14. Relación Mulch Azul y Dosis de metam sodio para el Valor de importancia de malezas, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

7.2 DETERMINACION Y CUANTIFICACION DE NEMÁTODOS

7.2.1 ANÁLISIS DE SUELOS

Los análisis de suelos fueron realizados en función de las dosis de metam sodio, es decir que se extrajeron las muestras a lo largo del surco de cada tratamiento, sin considerar la estratificación de los colores, permitiendo reducir el número de muestras extraídas dentro de la unidad experimental, esto debido alto costo con el que cuentan estos análisis los cuales se realizaron a nivel de laboratorio.

Cuadro 3. Resultados de análisis de nemátodos por medio de diferentes dosis de metam, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Diagnóstico Nemátologico		LOCALIDAD CHIQUIMULA		
Finca CUNORI	Análisis de Suelo en muestras de 200 gramos			
Identificación	Pratylenchus	Meloydogyne	Rotylenchus	Helicotylenchus
T1R1	<100	0	150	<100
T1R2	0	<100	200	0
T2R1	0	150	<100	0
T2R2	0	125	150	0
T3R1	0	0	<100	0
T3R2	0	<100	<100	0
Trelativo	<100	<100	150	<100
Tabsoluto	100	250	350	<100

Fuente: Laboratorio Anacafe, 2005.

T0=00 cc/m², Este tratamiento fue analizado desde dos perspectivas, siendo la primera en donde se considera un sistema en la cual incorpora únicamente el mulch en función de las coloraciones evaluadas, obteniendo valores <450 nemátodos por 200 gramos de suelo. En el segundo caso se refiere a la no colocación de acolchado, denominando a este tratamiento testigo absoluto, haciendo referencia a los sistemas tradicionales de producción para el cultivo de tomate en la región de Chiquimula, los resultados obtenidos cuantifica un total de <800 nemátodos por 200 gramos de suelo.

T1=100 cc/m², considerando la necesidad de dimensionar la eficiencia del tratamiento se evaluaron los resultados a nivel de campo en función de umbrales económicos para el cultivo de tomate, determinando un rango de <205 nematodos por 200 gramos de suelo, encontrando para esta dosis una referencia poblacional promedio por efecto de las repeticiones de <325 nemátodos.

T2=125 cc/m², analizando la eficiencia del producto, se tiene un valor promedio entre repeticiones de <263 nemátodos, siendo mayor que el valor determinado por efecto del umbral económico el cual es de <205 nemátodos por 200 gramos de suelo, lo anterior implica mayor grado de control en cuanto densidad poblacional pero no siendo suficiente para garantizar la confiabilidad del cultivo en cuanto al control de nematodos en el suelo.

T3=150 cc/m², el valor promedio entre repeticiones es de <150 siendo este menor que el umbral económico determinado para el cultivo de tomate, el cual es de <205 nematodos por muestra.

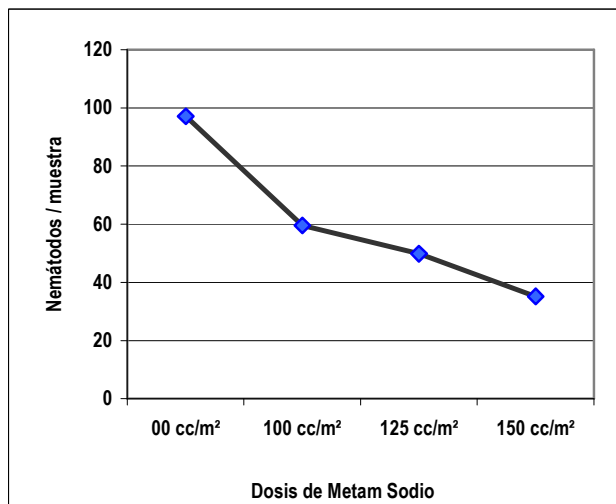


Figura 15. Relación Dosis de metam sodio y Control de nematodos en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Cuadro 4. Análisis de Varianza de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch, en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
Tratamientos	3	1048.55	349.52	9.29	4.35	8.45	**
Bloques	1	29.22	29.22	0.78			
Error	3	112.83	37.61				
Total	7	1190.60	170.09				
%C.V.	20.30						

Los resultados obtenidos indicaron que existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos, con relación al grado de control que ejercen las dosificaciones sobre los nematodos. La significancia surgió debido a que las aplicaciones de metam sodio mostraron un comportamiento, de tal forma que la efectividad del producto aumenta, con relación al incremento de la dosis en el tratamiento.

Los resultados obtenidos por la no aplicación de metam sodio, son mucho mayores en comparación al resto de tratamientos. En cuanto a la aplicación de metam sodio al suelo, la dosis de 125 cc/m², mostró mayor efectividad en comparación a la dosis de 100 cc/m². La dosis con una aplicación de 150 cc/m² superó los resultados obtenidos por el resto de tratamientos, detectando mayor eficiencia con relación al control de nematodos en el suelo, en la localidad de Chiquimula.

Cuadro 5. Resultados de análisis de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

Diagnóstico Nemátologico		LOCALIAD SAN JOSÉ LA ARADA		
Finca Marena	Análisis de Suelo en muestras de 200 gramos			
Identificación	Pratylenchus	Meloydogyne	Rotylenchus	Helicotylenchus
T1R1	<100	0	0	0
T1R2	0	0	0	<100
T1R3	<100	0	<100	0
T2R1	0	0	0	0
T2R2	<100	<100	150	<100
T2R3	0	0	0	<100
T3R1	0	0	<100	0
T3R2	<100	0	0	<100
T3R3	0	0	0	0
Trelativo	<100	0	100	100
Tabsoluto	<100	100	175	200

Fuente: Laboratorio Anacafe, 2005.

T0=00 cc/m², analizando los resultados desde el punto de vista económico, el tratamiento sin aplicación de metam sodio, generó un valor promedio entre repeticiones de <438 nemátodos por muestra, superando el umbral determinado para los géneros identificados el cual es de <205

T1=100 cc/m², considerando la necesidad de dimensionar la eficiencia del tratamiento se evaluaron los resultados en función de umbrales económicos para el cultivo de tomate, determinando un rango de <205 con relación a los géneros identificados, encontrando para esta dosis una referencia poblacional promedio por efecto de las repeticiones de <267 nemátodos.

T2=125 cc/m², Este tratamiento reporto valores mayores a la dosis de 100 cc/m². En cuanto al análisis de eficiencia del producto, se tiene un valor promedio entre repeticiones de <367 nemátodos, siendo mayor que el valor determinado por efecto del umbral económico el cual es de <205 nemátodos por 200 gramos de suelo

T3=150 cc/m², este tratamiento obtuvo los menores valores en cuanto densidades de poblaciones, en comparación a las otras dosificaciones, cuantificando un valor promedio entre repeticiones de <200 nematodos por muestra, siendo este menor que el umbral económico determinado para el cultivo de tomate, el cual es de <205 nematodos por muestra.

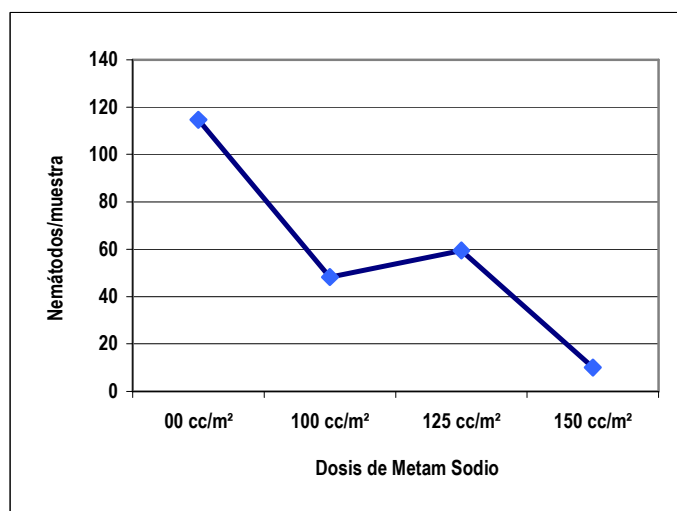


Figura 16. Relación Dosis de metam sodio y Control de nematodos en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

Cuadro 6. Análisis de Varianza de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio, en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F05	F01	Significancia
Tratamientos	3	1327.49	442.50	4.07	3.59	6.22	*
Bloques	2	406.57	203.29	1.87			
Error	6	652.54	108.76				
Total	11	2386.61					
%C.V.	49.57						

Los resultados obtenidos indicaron que existieron diferencias significativas entre tratamientos. Las aplicaciones de metam sodio mostraron un comportamiento, de tal forma que la efectividad del producto aumenta, con relación al incremento de la dosis en el tratamiento. Los resultados reportados sin aplicación de metam sodio, son mucho mayores en comparación al resto de tratamientos. En cuanto a la aplicación de metam sodio al suelo, la dosis de 125 cc/m², mostró mayor número de nematodos por muestra en comparación a la dosis de 100 cc/m². La dosis con una aplicación de 150 cc/m² superó los resultados obtenidos por el resto de tratamientos, promoviendo mayor eficiencia con relación al control de nematodos en el suelo, en el cultivo de tomate en la localidad de San José la Arada.

7.2.2 ANALISIS DE AGUA

La calidad del agua para riego, se identificó para ambas localidades como C2S1, lo que se traduce como de salinidad media; puede usarse para riego en cultivos con tolerancia moderada de sales. Con poca probabilidad de alcanzar niveles de sodio intercambiable. En cuanto a la variable nemátodos, se consideró que no tuvo influencias en el aporte al incremento de poblaciones en el suelo, por parte de la fuente que suministró el agua de riego a la unidad de producción para el cultivo de tomate.

Cuadro 7. Resultados de análisis para agua de riego en el cultivo de tomate, en las localidades de Chiquimula y San José la Arada 2005.

Localidad	Dimensional	Chiquimula	San José la Arada	Rangos
Fuente		Pozo	Pozo	
pH		6.97	7.08	5.0 - 6.8
Temperatura	°C	26	26	
Conductividad Eléctrica	µS/cm	678	568	100 - 400
Salinidad	ppm	0.1	0.0	
Magnesio	ppm	43.1	25.8	0.0 - 25.00
Calcio	ppm	31	40	0.0 - 121.00
Sodio	ppm	22	26	0.0 - 60.00
R.A.S.	Meq/litro	1.20	1.57	< 4.0
Nemátodos	Unidades	0	0	
Clasificación		C2S1	C2S1	

7.2.3 ANÁLISIS DE RAÍCES

El análisis de nodulaciones a nivel radicular, resultó como complemento de la variable nemátodos, sumándose a los parámetros suelo y agua. Con la determinación de estos resultados se pretendió cubrir todos los ambientes en los que se pueden desarrollar los nemátodos, por lo que se presentaron los siguientes valores:

Cuadro 8. Resultados de análisis de nodulación en raíces para la detección de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio, y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

FINCA CUNORI	Análisis de Nodulaciones				
	Plata Negro	Naranja	Verde	Rojo	Azul
T1R1	2	1	1	1	1
T1R2	1	1	2	2	1
T2R1	1	0	1	1	1
T2R2	1	1	1	1	1
T3R1	0	0	1	1	1
T3R2	0	0	1	2	1
<i>TRelativo</i>	3	2	3	1	1
<i>TAbsoluto</i>	4		4		3

Cuadro 9. Análisis de Varianza para el Índice de nodulación en raíces, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005

F. VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
BLOQUE	1	6.25E-05	6.25E-05				
MULCH (M)	4	0.35094	0.087735	1.16	6.39	15.98	ns
ERROR (a)	4	0.30275	0.0756875				
M. SODIO (MS)	3	1.5093875	0.503129167	20.61	9.28	29.46	*
ERROR (b)	3	0.0732275	0.024409167				
M x MS	12	1.9803	0.165025	4.80	2.69	4.4	**
ERROR (e)	12	0.4	0.034400833				
TOTAL	39	4.6					
C.V. %	12.87						

El análisis de nodulación se hizo a los 30 días del transplante. Entre los testigos se identificó que el testigo relativo, es decir, considerando únicamente la colocación de acolchado, ejerció mayor grado de control en los nemátodos en comparación al testigo absoluto, es decir, a campo abierto, pero los índices registrados en ambos testigos son mayores en comparación a las dosis de metam sodio en sus tres aplicaciones, identificando a la aplicación de 150 cc/m² como la de mayor efectividad al determinar cualitativamente menor cantidad de nemátodos en el suelo en función de los índices de nodulación, para el cultivo de tomate en la localidad de Chiquimula.

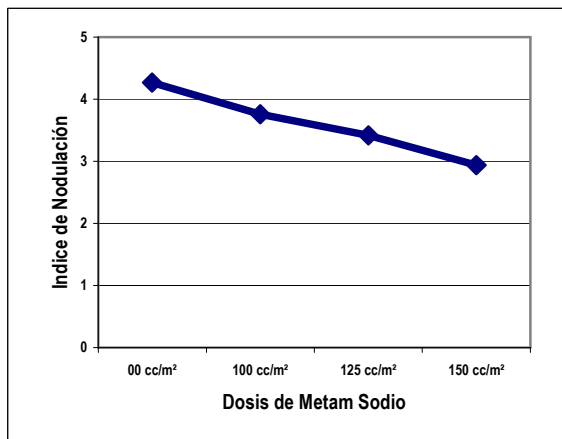


Figura 17. Relación Metam sodio e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

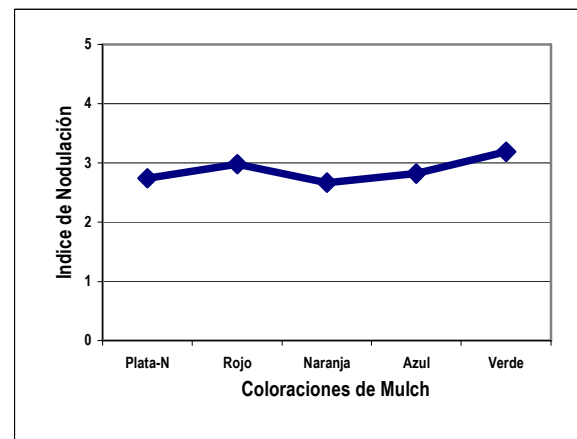


Figura 18. Relación Mulch e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

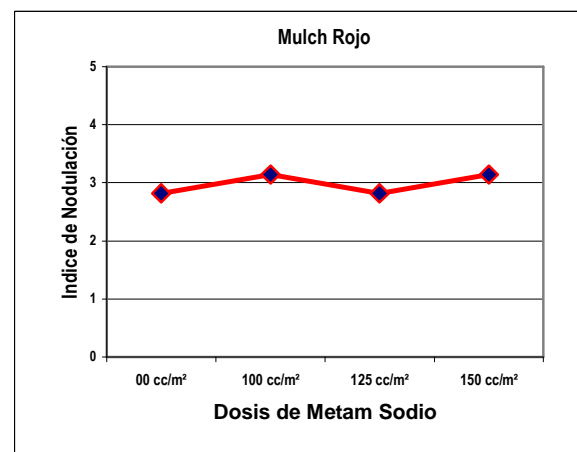
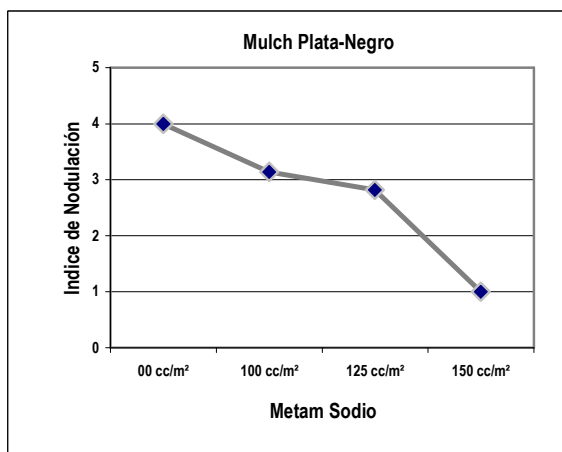


Figura 19. Relación Mulch Plata-Negro y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Figura 20. Relación Mulch Rojo y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

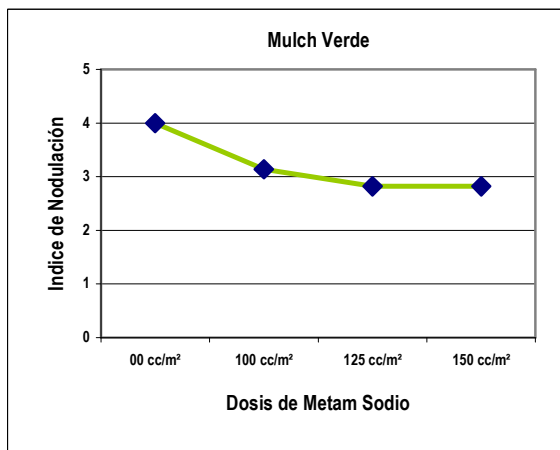
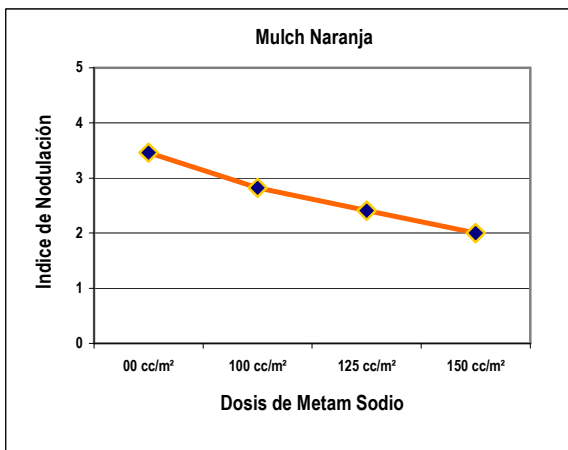


Figura 21. Relación Mulch Naranja y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Figura 22. Relación Mulch Verde y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

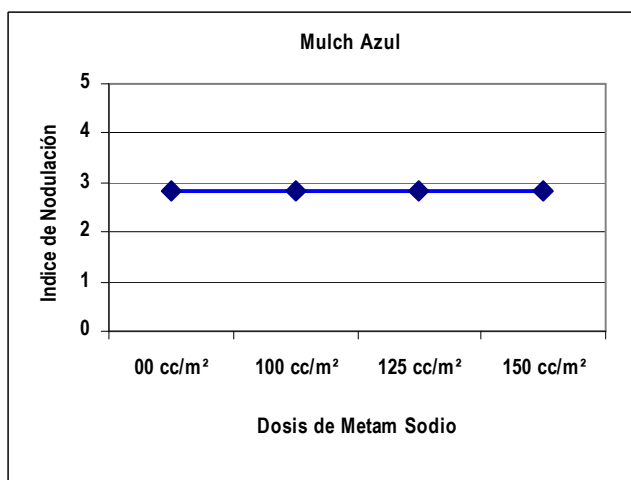


Figura 23. Relación Mulch Azul y Metam sodio con el Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Cuadro 10. Resultados de análisis de nodulación en raíces para la detección de nemátodos, por medio de diferentes dosis de metam sodio, y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

FINCA MARENA	Análisis de Nodulaciones				
Identificación	Plata Negro	Naranja	Verde	Rojo	Azul
T1R1	1	1	2	2	1
T1R2	2	1	2	2	1
T1R3	1	1	1	1	2
T2R1	1	1	1	1	2
T2R2	1	1	2	1	1
T2R3	0	0	1	1	1
T3R1	0	0	2	1	1
T3R2	0	0	1	1	1
T3R3	1	0	1	0	1
TRelativo	2	3	2	1	2
TAbsoluto	3		2		3

Cu	F. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
	BLOQUE	2	0.128013333	0.064006667				
	MULCH (M)	4	0.823416667	0.205854167	13.14	3.84	7.01	**
	ERROR (a)	8	0.125353333	0.015669167				
	M. SODIO (MS)	3	1.064266667	0.354755556	18.75	4.76	9.78	**
	ERROR (b)	6	0.113533333	0.018922222				
	M x MS	12	0.345916667	0.028826389	1.24	2.18	3.03	ns
	ERROR (e)	24	0.6	0.023301389				
	TOTAL	59	3.2					
	C.V.%	10.48						

Análisis de Varianza para el Índice de nodulación en raíces, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005

El análisis de nódulación se hizo a los 30 días del transplante. De acuerdo al análisis de varianza se identificó que los tratamientos expresaron diferencias altamente significativas, en cuanto a las variables mulch y metam sodio, siendo diferente para sus interacciones en donde no encontró ningún grado de significancia.

Dado los resultados se identificó la mayor eficiencia en cuanto a la determinación cualitativa de nematodos en el suelo, en función de la nódulación en raíces, a la dosis de 150 cc/m² de metam sodio. Por lo anterior se observó que únicamente la incorporación de mulch, no fue suficiente como mecanismo de control, encontrando los mejores resultados cuando se combinó con la aplicación de una dosis alta de metam sodio, para el control de las poblaciones de nematodos en el cultivo de tomate en la localidad de San José la Arada.

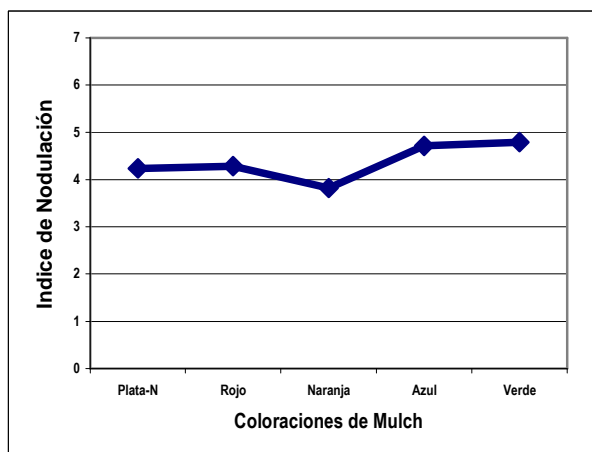


Figura 24. Relación Mulch e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

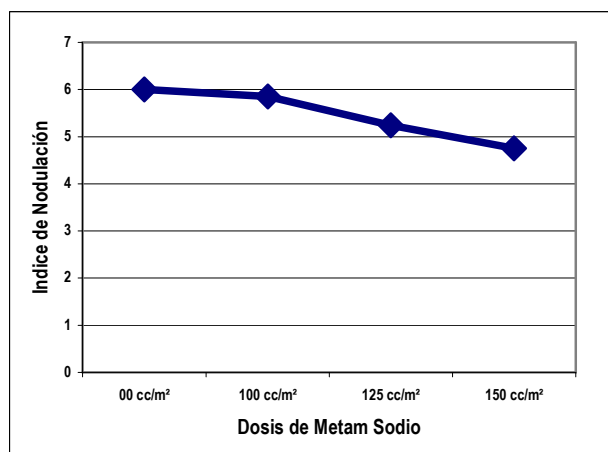


Figura 25. Relación Metam sodio e Índice de Nodulación en raíces en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

7.3 RENDIMIENTO EN CAJAS POR HECTAREA

Cuadro 12. Análisis de Varianza para el Rendimiento en cajas/Ha, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005

F. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
BLOQUE	1	474150.625	474150.625				
MULCH (M)	4	40368184.15	10092046.04	17.53	6.39	15.98	**
ERROR (a)	4	2303118.75	575779.6875				
M. SODIO (MS)	3	3951037.275	1317012.425	10.52	9.28	29.46	*
ERROR (b)	3	375500.075	125166.6917				
M x MS	12	2955910.85	246325.9042	1.17	2.69	4.4	ns
ERROR (e)	12	2527117.1	210593.0875				
TOTAL	39	52955018.8					
C.V. %	23.41						

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en la variable mulch. Con relación al comportamiento de los colores, el azul y el verde reportaron menores rendimientos en comparación al plata-negro, rojo y naranja. Probablemente el efecto del mulch estuvo en función de la longitud de onda de las coloraciones, en donde el rojo, naranja y plata negro, se identifican con una longitud de onda mayor en comparación al azul y verde; esta característica pudo haber influido en la capacidad de los colores para retener la energía lumínica, lo cual obedece, a la actividad fotosintética de las plantas y su relación con el rendimiento del cultivo. En cuanto a la variable metam sodio, el análisis de varianza estableció diferencias significativas en cuanto a las dosis evaluadas. Se encontró bajos rendimientos entre las dosis de 100 y 150 cc/m², obteniendo los mayores rendimientos el tratamiento sin la aplicación de metam sodio., sin embargo, en la localidad de Chiquimula el rendimiento se vio favorecido con la incorporación de 100 cc/m² de Metam Sodio utilizando el mulch Plata Negro.

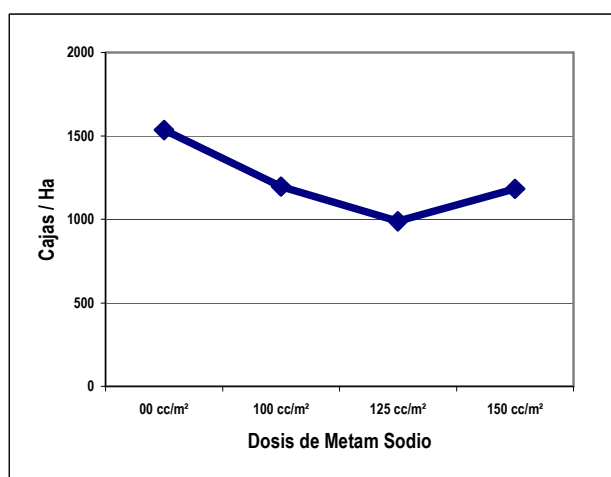


Figura 26. Relación Metam sodio y Rendimiento en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

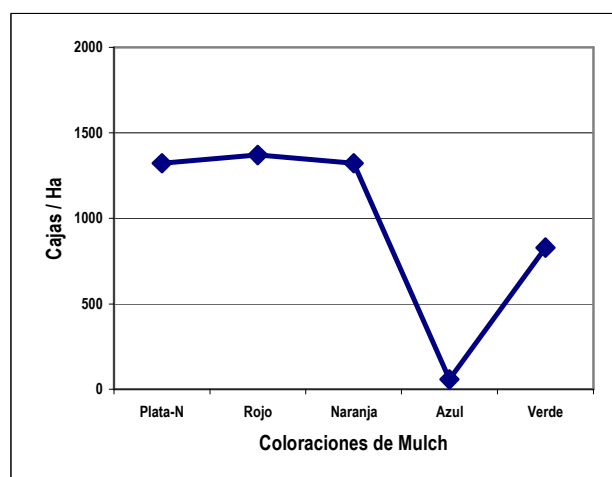


Figura 27. Relación Mulch y Rendimiento en el cultivo de tomate, Chiquimula 2005.

Cuadro 13. Análisis de Varianza para el Rendimiento en cajas/Ha, con diferentes dosis de metam sodio y coloraciones de mulch en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005

F. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F ₀₅	F ₀₁	Significancia
BLOQUE	2	662240.2333	331120.1167				
MULCH (M)	4	16655716.67	4163929.167	19.39	3.84	7.01	**
ERROR (a)	8	1717661.933	214707.7417				
M. SODIO (MS)	3	2741411.333	913803.7778	4.04	4.76	9.78	*
ERROR (b)	6	1357626.567	226271.0944				
M x MS	12	6483078.667	540256.5556	3.79	2.18	3.03	**
ERROR (e)	24	3418917.9	142454.9139				
TOTAL	59	33036653.3					
C.V. %	16.87						

En San José la Arada, los menores rendimientos se observaron con el mulch de color azul y verde, en comparación con plata-negro, rojo y naranja. Probablemente el efecto del mulch estuvo en función de la longitud de onda de las coloraciones, en donde el rojo, naranja y plata negro, se identifican con una longitud de onda mayor en comparación al azul y verde; esta característica pudo haber influido en la capacidad de los colores para retener la energía lumínica, lo cual obedece, a la actividad fotosintética de las plantas y su relación con el rendimiento del cultivo. En cuanto al metam sodio, se identificaron diferencias significativas entre las dosis evaluadas. El tratamiento sin metam sodio fue considerado como el de menor rendimiento, En el caso de los tratamientos de 100-125-150 cc/m², el comportamiento observado fue que a menor dosis mayor rendimiento. La dosis de 100 cc/m², superó los resultados obtenidos por el resto de tratamientos, en comparación al sistema tradicional, es decir a campo abierto. Como también, en consideración de únicamente el acolchado. Esto para la producción de tomate, en la localidad de San José la Arada.

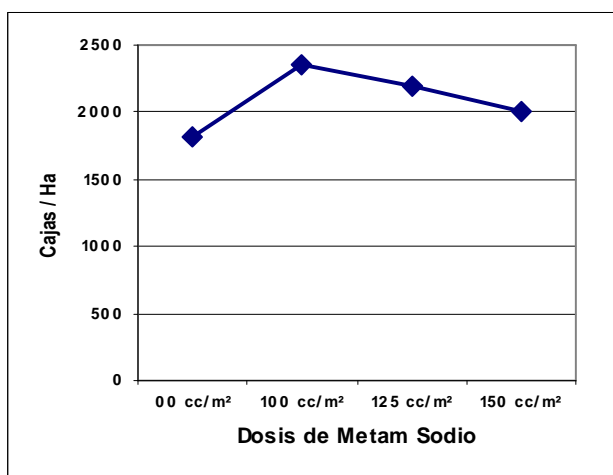


Figura 28. Relación Metam sodio y Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

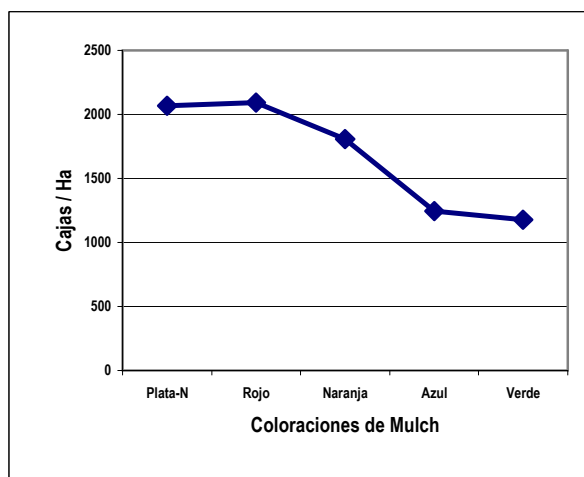


Figura 29. Relación Mulch y Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

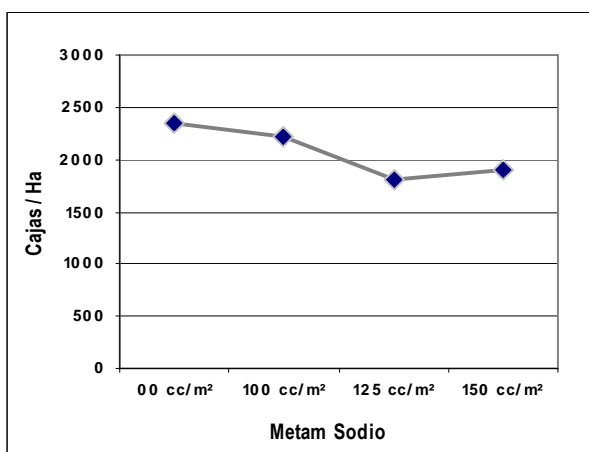


Figura 30. Relación Mulch Plata-N y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

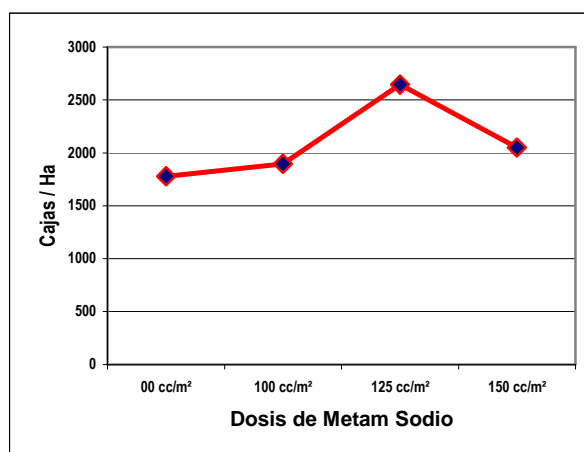


Figura 31. Relación Mulch Rojo y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

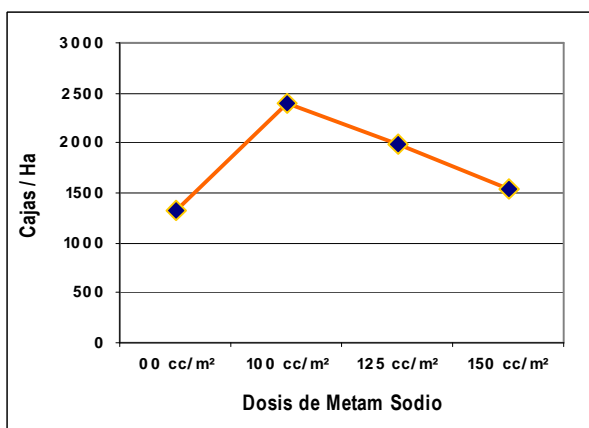


Figura 32. Relación Mulch Naranja y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

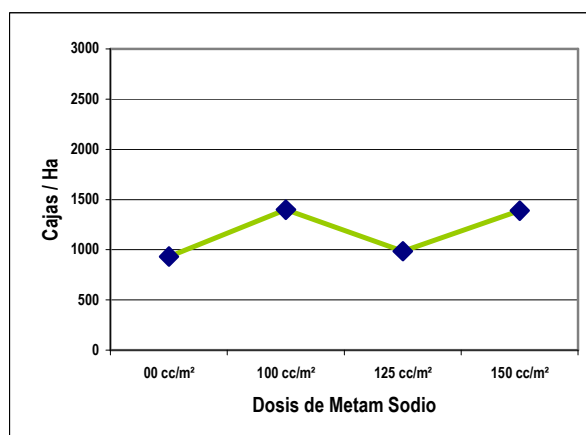


Figura 33. Relación Mulch Verde y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

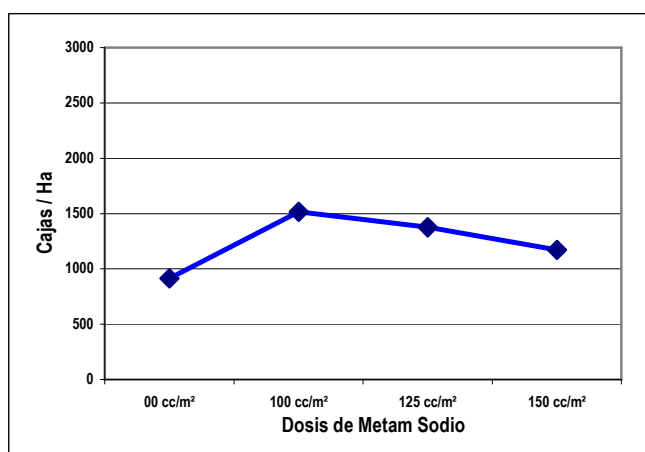


Figura 34. Relación Mulch Azul y Metam sodio con el Rendimiento en el cultivo de tomate, San José la Arada 2005.

8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN

Cuadro 14. Análisis de Presupuesto Parcial por Hectárea para la producción de tomate con cuatro dosis de metam sodio y cinco coloraciones de mulch Chiquimula 2005.

Análisis de Presupuesto de Tratamiento						
	Mulch/Dosis	00 cc/m ²	100 cc/m ²	125 cc/m ²	150 cc/m ²	Sin Mulch
Plata-N	Cajas/Ha	2,056	1,698	1,386	1,645	1,218
	Ingreso Neto	Q129,291.70	Q90,544.20	Q66,337.00	Q78,882.00	Q79,200.00
	C. Variable	Q4,348.30	Q19,793.30	Q23,753.00	Q28,043.00	Q0.00
Rojo	Cajas/Ha	1,792	1,652	1,918	1,563	1,218
	Ingreso Neto	Q112,099.20	Q87,586.70	Q100,917.00	Q73,552.00	Q79,200.00
	C. Variable	Q4,348.30	Q19,793.30	Q23,753.00	Q28,043.00	Q0.00
Naranja	Cajas/Ha	1,454	1,893	1,525	1,392	1,218
	Ingreso Neto	Q90,129.20	Q103,219.20	Q75,339.50	Q62,437.00	Q79,200.00
	C. Variable	Q4,348.30	Q19,793.30	Q23,753.00	Q28,043.00	Q0.00
Azul	Cajas/Ha	496	803	702	603	1,218
	Ingreso Neto	Q27,859.20	Q32,369.20	Q21,844.50	Q11,152.00	Q79,200.00
	C. Variable	Q4,348.30	Q19,793.30	Q23,753.00	Q28,043.00	Q0.00
Verde	Cajas/Ha	920	1,060	848	1,184	1,218
	Ingreso Neto	Q55,419.20	Q49,106.70	Q31,334.50	Q48,917.00	Q79,200.00
	C. Variable	Q4,348.30	Q19,793.30	Q23,753.00	Q28,043.00	Q0.00

Cuadro 15. Análisis de la Tasa Marginal de Retorno, de las variables metam sodio y mulch en la producción de tomate Chiquimula 2005.

ANÁLISIS DE DOMINANCIA				
Tratamiento		B. Neto	C. Variable	Dominancia
Plata-N	00 cc/m ²	Q129,291.70	Q4,348.30	ND
Rojo	00 cc/m ²	Q112,099.20	Q4,348.30	D
Naranja	100 cc/m ²	Q103,219.20	Q19,793.30	D
Naranja	00 cc/m ²	Q90,129.20	Q4,348.30	D
Sin Mulch	00 cc/m ²	Q79,200.00	Q0.00	ND
ANÁLISIS DE LA TASA MARGINAL DE RETORNO				
Tratamiento		Δ B. Neto	Δ. C. Variable	TMR
Plata-N	00 cc/m ²	Q50,091.70	Q4,348.30	11.52

Dado el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), el análisis de los resultados, mostraron que el mulch plata-negro y una dosis de 00 cc/m² de metam sodio, logró mayores beneficios económicos, debido a que obtuvo una tasa marginal de 11.52, lo que significó la obtención de Q.11.52 por cada quetzal que se invirtió en el uso del mulch.

9. CONCLUSIONES

1. En cuanto a la variable nemátodos, los análisis de suelos cuantificaron menor número de población en los tratamientos con la dosis de 150 cc/m² para ambas localidades.
2. En función de la variable malezas, es necesario mencionar que algunas especies de la familia de las cyperaceae, ocasionaron problemas como, la perforación del acolchado fomentando su deterioro en combinación con el ambiente. En cuanto a los tratamientos de metam sodio al suelo, se estableció una relación entre mayor dosis menor cantidad de fitomasa por unidad de área de malezas.
3. Con relación al rendimiento y el mulch, se identificó que los colores verde y azul reportaron menor número de cajas/Ha, para ambas localidades. Lo anterior permitió visualizar que la determinación de un color específico para el acolchado tuvo influencias significativas para la producción.
4. En cuanto rendimiento y metam sodio, los resultados entre tratamientos permitieron identificar que a mayor dosis aplicada al suelo se produjo menor rendimiento. Lo anterior obedeció a que las dosis de 125 y 150 cc/m² reportaron menor número de cajas/Ha, en comparación al tratamiento de 100 cc/m² en ambas localidades. En consecuencia se identificó que el metam sodio influyó significativamente en el rendimiento del cultivo de tomate, para ambas localidades.

10. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hasta 150 cc/m^2 de metam sodio al suelo para el control de nematodos y malezas, cuando se presenten problemas con estos factores. La sola colocación de acolchado, no es suficiente para minimizar su efecto sobre la producción de tomate.
2. Se recomienda al mulch plata negro como la mejor opción económica en la producción de tomates en el valle de Chiquimula y San José La Arada; sin embargo, la aplicación de 100 cc/m^2 de metam sodio puede ser recomendada para aquellos suelos que presenten niveles apreciables de nematodos y malezas.
3. Debido a la importancia que tiene el cultivo de tomate para la región, se hace necesario continuar promoviendo la investigación en la adaptabilidad de tecnología que incremente su productividad y reduzca el riesgo de la inversión.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Barberá, C. 1976. Pesticidas agrícolas. Barcelona, ES, Editorial Omega S.A. 569 p.
2. Belda, J. 2003. Producción integrada de tomate bajo abrigo, laboratorio y departamento de Sanidad vegetal de Almería. España, Editorial Agrícola Española, S.A. 107 p.
3. Cruz, JR De La. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. 24 p.
4. French, ER; Herbert, TT. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. San José, CR, Editorial Matilde de la Cruz. 275 p.
5. Gertrude, MC; William G. 1980. Diseños experimentales. México, Editorial Trillas. 661 p.
6. Hill, FJ; Little, TM. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. México, Editorial Trillas. 270 p.
7. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1982. Mapa de la república de Guatemala; hoja cartográfica Chiquimula no. 2245-I. Esc. 1:50000. Color. Serie E-754.
8. INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2004. Cultivo de tomate (en línea). España, Editorial Agrícola Española, S.A. Consultado 20 ago. 2004. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
9. Leonardo, A. 1998. Determinación del valor de importancia de las malezas; curso de control de malezas en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. 6 p.
10. López-Aranda, JM; Romero, F; Montes, F; Medina, JJ; Miranda, L; De Los Santos, B; Vega, JM; Páez, JI. 2001. Búsqueda de alternativas viables al bromuro de metilo para la fresa de España. Revista Vida Rural 34(38): 126.
11. Mateucci, S; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington, US, OEA. 82 p.
12. Morales, JR. 1982. Determinación de las fuentes de inducción e identificación de los principales géneros de nemátodos fitoparasíticos en el valle de La Fragua, Zacapa. Informe EPSA. Guatemala, USAC. 50 p.
13. Reyes Castañeda, P. 1980. Diseños de experimentos aplicados. México, Editorial Trillas. 344 p.
14. Zeceña García, EA. 1999. Evaluación de dos productos químicos y un orgánico como sustitutos al bromuro de metilo en la desinfección del suelo, en el cultivo de melón (*Cucumis melo*, tipo cantaloupe) finca Oasis, Estanzuela, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 65 p.