

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA
CARRERA DE AGROECOLOGIA TROPICAL**



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE MICORRIZAS
VESICULO ARBUSCULAR (MVA) SOBRE PATÓGENOS DE SUELO Y
DESARROLLO FENOLÓGICO DEL CULTIVO DE SANDÍA, (*Citrullus lanatus*),
EN EL CAMPUS AGROPECUARIO, UNAN-LEÓN, DURANTE EL CICLO
AGRÍCOLA 2008.**

Autores:

Bra. Ivania Medrano Lacayo.

Bra. Marbelly Meléndez Flores.

Previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical.

Tutor: M.Sc. Wilber Salazar Antón.

Colaborador: Ing. David Estrada.

León, octubre 2008

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme ayudado a concluir mi carrera con gran satisfacción, por que día a día me dio fuerzas y sabiduría para seguir y poder llegar a cumplir mi meta.

A mis padres Manuel Medrano y Maria Mercedes Lacayo, por haberme apoyado que con mucho sacrificio y amor me guiaron por el camino del bien.

A mi amado hijo Gabriel Trujillo Medrano por ser el motivo de mi inspiración.

A mi tutor y amigo M.Sc Wilber Salazar Antón, por su apoyo incondicional al dedicarnos su tiempo para aclarar nuestras dudas y lograr culminar el trabajo investigativo, igual al Ing. David estrada por su ayuda para elaborar la investigación.

A todos mis profesores de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua de León por sus dedicaciones y enseñanzas a lo largo de la carrera.

A mi gran amiga, hermana y compañera de tesis, Marbelly Meléndez por ser una persona muy especial para mí, y por que siempre estuvimos juntas en las buenas y las malas para darnos ánimo mudamente.

A mis hermanos, por que somos hijos de un mismo amor y esperando seguir unidos en el largo sendero de la vida. A mi familia, Medrano Mercado por su apoyo en el transcurso de la carrera.

A la familia Coca Ruiz, que estuvo presente durante momentos difíciles, facilitándome su incondicional apoyo económico, Dra. Indiana, sra. Martha y Socorro.

A mis amigos del Ingenio San Antonio, que me apoyaron incondicionalmente para culminar mi carrera.

Ivania S. Medrano Lacayo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser quien ilumina mi camino y mi mente, además de darme la fuerza necesaria para vencer los obstáculos que se presentan en mi camino al éxito.

A mis padres Marlon E. Meléndez Alvarado y Lilliam Esperanza Flores por estar conmigo en los momentos de logros y fracasos de mi vida, por el amor, amistad, comprensión y apoyo que me dan día a día para lograr cumplir con mis objetivos y metas.

A mi apreciado tutor Wilber Salazar Antón por sus conocimientos, ayuda incondicional, disposición para atender nuestras inquietudes y necesidades que se presentaron en el transcurso del trabajo investigativo. De igual manera al Ing. David Estrada.

A mi gran amiga y compañera de tesis, Ivania Medrano por su participación, desempeño y tolerancia al momento de cumplir con la elaboración y culminación de la investigación, respetando cada una las ideas de la otra.

Y a toda las personas que de una u otra manera formaron parte activa en la elaboración de este trabajo investigativo.

Marbelly A. Meléndez Flores

DEDICATORIA.

Dedicamos nuestros logros, a Dios por ser el amigo que nunca falla, que nos ayuda siempre a tener paciencia y perseverancia, por ser la luz que nos iluminó nuestras mentes para la culminación de este estudio.

A nuestros padres por sus enseñanzas de cada día, por sus enormes sacrificios para que nosotras podamos superarnos, ser personas de bien, dignas de respeto y profesionales con humanismo.

A nuestro tutor y amigo, M.Sc Wilber Salazar por prestarnos sus servicios incondicionales en el transcurso de la elaboración de esta investigación.

Ivania Medrano
Marbelly Meléndez

INDICE GENERAL.

Contenido	Páginas
Índice de general.....	iv
Índice de tablas y gráfico.....	v
Índice de anexo.....	vi
Resumen.....	vii
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
III. Hipótesis.....	4
IV. Marco teórico.....	5
4.1. Generalidades de la sandía.....	5
4.2. Factores edafoclimaticos.....	5
4.3. Enfermedades más comunes en cucúrbitas.....	6
4.4. Micorrizas.....	9
4.5. Clasificación de las micorrizas según su relación con las plantas.....	10
4.6. Efectos de las micorrizas sobre las enfermedades de suelo	12
4.7. Beneficios de las micorrizas para las plantas.....	13
4.8. Producción de simbiosis para formar las micorrizas.....	14
4.9. Descripción del producto utilizado Mycoral®.....	14
V. Materiales y Métodos.....	15
5.1. Ubicación del estudio.....	15
5.2. Metodología.....	15
5.2.1. Fase de bandeja.....	15
5.2.2. Fase de trasplante.....	17
5.3. Análisis estadístico.....	18
5.4. Manejo agronómico.....	18
VI. Resultados y Discusión.....	20
VII. Conclusiones.....	33
VIII. Recomendaciones.....	34
IX. Bibliografía.....	35
X. Anexos.....	38

INDICE DE TABLAS Y GRAFICO.

	Contenido	Páginas
Tabla 1.	Tratamientos evaluados en fase de bandeja y trasplante.....	16
Tabla 2.	Separación de media según Duncan para la altura de la plántula.....	20
Tabla 3.	Separación de media según Duncan para el peso de la plántula.....	21
Tabla 4.	Separación de media según Duncan para la longitud de raíces en plántula.....	23
Tabla 5.	Separación de media según Duncan para el peso de raíces de las plántulas.....	24
Tabla 6.	Separación de media según Duncan para las variables altura y peso de plantas de sandía en condiciones de campo	27
Tabla 7.	Separación de media según Duncan para las variables longitud y peso de raíces de sandía en condiciones de campo.....	29
Tabla 8.	Porcentaje de germinación, mortalidad y sobrevivencia de plantas por tratamiento.....	30
Grafico 1.	Nematodos encontrados en 100 g de suelo bajo los tratamientos en estudio.....	31

INDICE DE ANEXOS.

	Contenido	Páginas
Anexo 1.	Análisis de varianza para la altura y peso de la plántula.....	39
Anexo 2.	Análisis de varianza para la longitud y peso de raíces.....	39
Anexo 3.	Análisis de varianza para la altura y peso de la planta en campo.....	40
Anexo 4.	Análisis de varianza para la longitud y peso de raíces en campo.....	40
Anexo 5.	Diseño del estudio experimental.....	41
Anexo 6.	Fotos de nematodos encontrados en 100 g de suelo.....	42
Anexo 7.	Fotos de campo.....	43
Anexo 8.	Hoja de datos para el desarrollo fenológico en bandeja.....	44
Anexo 9.	Hoja de datos para el desarrollo fenológico en campo.....	45
Anexo 10.	Hoja de muestreo de plagas.....	46

RESUMEN

El cultivo de sandía es producido en diferentes zonas de Nicaragua debido a su alta demanda como fruta fresca. Entre las limitantes de este cultivo se encuentran los problemas fitosanitarios en sus diferentes etapas fenológicas. Esta investigación pretende potenciar las ventajas del uso de Micorrizas Vesículo Arbuscular (MVA) para el desarrollo fenológico y la resistencia a enfermedades de suelo en el cultivo de sandía con diferentes dosis de aplicación de MVA. En bandeja los tratamientos evaluados fueron: T1: 2 g; T2: 4 g; T3: 6 g; T4: 8 g; T5: 0.13 ml de previcur y T6: testigo. En campo: T1: 10 g; T2: 20 g; T3: 30 g; T4: 40 g y T5: 2 g de NPK. El estudio se realizó en el Campus Agropecuario de la UNAN-León y fue establecido en el periodo enero-junio 2008. El diseño utilizado en fase de bandeja fue diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos, tres repeticiones, y en campo fue el diseño de bloque completamente al azar (DBA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones. El área de la parcela experimental fue de 200 m², con una parcela útil de 150 m². Los tratamientos que presentaron mejores resultados en bandeja fue el T1 en altura de plántula con 3.98 cm, y longitud de raíces con 11.20 cm. El T4 en peso de plántula con 1.46 g y 0.319 g en peso de raíces. En fase de campo el tratamiento con mejor resultados fue el T4 con 317.38 cm de altura, 1217.75 g en peso de planta, 52.25 cm en longitud de raíces y 18.13 g en peso de raíces debido a que fue el tratamiento con mayor dosis de MVA (40 g). El tratamiento que redujo más eficientemente las poblaciones de nematodos fue el T2 con 110 nematodos/100 g de suelo y el tratamiento que presentó menor eficiencia fue el T6 con 240 nematodos/100 g de suelo. En conclusión el mejor tratamiento para la etapa de bandeja fue el T1 correspondiente a 2 g de MVA y en la etapa de campo el T4 con 40 g de MVA. Por lo tanto recomendamos utilizar estas dosis de MVA como Alternativa de manejo de nematodos fitopatógenos y para incrementar el desarrollo fenológico del cultivo.

I. INTRODUCCIÓN.

La sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) es una de las frutas más extendidas por el mundo, contiene el 93% de agua, pertenece a la familia cucurbitácea, y es ampliamente producida en diferentes zonas agrícolas del mundo incluyendo Nicaragua.

La sandía es originaria de las regiones semi desérticas de África tropical difundiéndose en Asia, India y finalmente América. Es un fruto considerablemente pobre en vitaminas, su importancia consiste en los azúcares que contiene el jugo de la pulpa y también, en sus propiedades refrescante (Morales, 1999).

Este cultivo se ve afectado por una serie de problemas fitosanitarios a lo largo de su ciclo, entre los que podemos mencionar están insectos, enfermedades y malezas que afectan de diferentes formas e intensidades al cultivo en sus diferentes etapas fenológicas (Montes, 1998).

Una de las etapas más susceptibles de este cultivo es la etapa de plántula en la cual es susceptible a enfermedades y plagas que afectan principalmente sus raíces. Los daños causados en esta etapa de desarrollo son muy importantes debido a que cualquier daño al follaje o a las raicillas puede ser crítico para su supervivencia. El manejo de estos problemas fitosanitarios ha dependido enteramente del uso de agroquímicos.

Una opción no química para el manejo de problemas causados por patógenos de suelo en plántulas de sandía en etapa de bandejas y en campo definitivo es el uso de Micorriza Vesículo Arbuscular. Estos organismos ejercen una asociación mutualista entre un hongo y las raíces de las plantas. Las micorrizas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas y se encuentra prácticamente en todos los suelos y climas de la tierra. Se ha comprobado que las micorrizas pueden contribuir a la salud de las plantas y su productividad al aumentar el desarrollo de tolerancia a enfermedades y patógeno.

Estudios realizados en tomate (*Lycopersicon esculentum*) y café (*Coffea arabica*) demostraron que en asocio con micorrizas, la tasa de multiplicación de *Meloidogyne exigua* se reduce en más del 50% y el índice de agallamiento radical inducido por el nematodo se reduce en más del 13%. El mismo autor también reporta que existe un aumento en el área foliar, el peso seco de la planta, y la toma de nutrientes (Rivas-Platero, 1997). Adicionalmente se ha demostrado que algunas plantas micorrizadas son más tolerantes a patógenos de suelo entre los que se destacan hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium* spp, *Pythium* spp, *Rhizoctonia* spp, *Thielaviopsis* spp y *Verticillium* spp los cuales disminuyen acentuadamente su efecto negativo cuando están en presencia de micorrizas (Dehene, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero, 1997).

Debido al alto potencial que las Micorrizas Vesículo Arbuscular representan para la agricultura se propuso el desarrollo de esta investigación con el fin de estudiar y promover las ventajas que ofrece el uso de micorrizas en la producción de plántulas y evaluar la posible utilidad de las mismas en la producción de hortalizas.

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la influencia de diferentes dosis de Micorrizas Vesículo Arbuscular sobre el desarrollo fenológico y resistencia a nematodos fitopatógenos en el cultivo de sandía.

Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de diferentes dosis de MVA sobre el desarrollo fenológico del cultivo de sandía en etapa de bandejas.
2. Determinar el efecto de diferentes dosis de MVA sobre el desarrollo fenológico del cultivo de sandía en etapa de campo.
3. Evaluar el efecto de MVA sobre las poblaciones de organismos patógenos en el cultivo de sandía.

III. HIPÓTESIS.

Ho: El incremento en la dosis de Micorrizas Vesículo Arbuscular (MVA), reduce las poblaciones de nematodos de suelo e incrementa el desarrollo fenológico en el cultivo de sandía

H1: El incremento en la dosis de Micorrizas Vesículo Arbuscular (MVA), no reduce las poblaciones de nematodos de suelo ni incrementa el desarrollo fenológico del cultivo de sandía.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Generalidades de la sandía.

La sandía pertenece a la familia cucurbitácea, es originaria de África tropical. Se cultiva para el aprovechamiento de los frutos que poseen un sabor delicioso y apetecido por su frescura, especialmente en la época de mucho calor. Este cultivo es muy importante y altamente utilizado debido a su color y sabor agradable, así como también por su alto contenido de azúcares (Morales, 1999).

Taxonomía

Clase: Magnoliopsida

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Citrullus*

Especie: *lanatus*

4.2. Factores Edafoclimaticos.

Clima: Es un cultivo de clima cálido y seco no soporta bajas temperatura. Requiere una estación prolongada de alta temperatura y baja humedad, los promedios de temperatura de 20 grados centígrados son favorables para el cultivo aunque se puede soportar temperaturas tan altas como de 36 grados centígrados. Para una buena germinación de la semilla se requiere temperatura de 25 a 35 grados centígrados (Montes, 1998).

Suelo: La sandía requiere suelos sueltos, profundos, bien drenados y con suficiente materia orgánica, suelos arenosos y franco-arenosos, creciendo a pH de 5.5- 6.5.

Humedad: La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre el 60 y 80%, siendo un factor determinante durante la floración, cuando los suelos resultan muy húmedo, los frutos carecen de calidad grata al paladar, son de cascara gruesa, de pulpa cruda y regularmente

manchada con partículas blancas en la médula, también demora mucho en madurarse (Morales, 1999).

Riego: La frecuencia del riego dependerá de la temperatura y del tipo de suelo. Se recomienda utilizar el riego por gravedad o por goteo, es una planta muy sensitiva al agua y regularmente requiere de riego todo el ciclo del cultivo (Montes, 1998).

Luminosidad: La planta de sandía necesita mucha luz. En caso de sombra o insuficiente luz, las plantas se desarrollan insatisfactoriamente, no acumulándose suficiente azúcar, haciéndose menos sabrosa y de bajo rendimiento.

Fertilización: Los requerimientos de fertilizantes se deben basar según el análisis de suelo que se realice, ya que el Nitrógeno influye en el número de flores femeninas y como consecuencia en el número de frutos, el Fósforo y el Potasio influyen en el grosor y la calidad de los frutos. Sin embargo el cultivo responde al uso de 160 lb de N, 180 lb de P y 120 lb de K, al igual que al uso de Ca, cuando este elemento esta debajo de las 300 ppm (Morales, 1999).

4.3. Enfermedades más comunes en cucúrbitas.

Mildiu lanoso (*Pseudoperonospora cubensis*). Los síntomas aparecen sólo en hojas como manchas amarillentas de forma anulosa delimitadas por los nervios (Castaño y Ríos, 1994).

Mildiu polvoso (*Sphaerotheca fuliginea*). Los síntomas que se observan son manchas polvosas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan (Castaño y Ríos, 1994).

Marchitamiento por hongos (*Fusarium oxysporum*). La enfermedad se conoce ya que los nervios de las hojas más viejas pierden color, luego toda la hoja se pone amarilla, se marchita y muere.

Antracnosis (*Colletotrichum orbicolare*). Los síntomas aparecen primero en hojas de la corona como pequeñas, manchas marrón-negro por lo general después que las guías empiezan a alargarse. Todos menos las hojas más jóvenes se infectan. Las lesiones pueden unirse y provocar que las hojas se mueran. En frutos los síntomas se evidencian en forma de manchas hundidas en la corteza de los frutos, que son a menudos de color negro.

Alternaria (*Alternaria cucumerina*). Las lesiones son redondas a irregulares, en forma de manchas en las hojas más viejas. Los síntomas son observados por primera vez en la corona de la planta, en forma de manchas con anillos concéntricos las que forman las lesiones. Esta enfermedad es favorecida por la lluvia continua.

Nematodos: Según Agrios (1997) los nematodos constituyen un grupo claramente definidos dentro de los invertebrados. Hasta 1931 se habían descrito 4601 especies diferentes. De éstas 2205 eran especies parásitas de vertebrados, 231 especies de invertebrados, 1175 especies de aguas saladas y 990 especies de aguas dulces y del suelo. Dentro de este último grupo están incluidos los nematodos parásitos de las plantas. Se ha estimado que en una hectárea de suelo cultivado hay más de 7000 millones de nematodos, casi todos localizados en los primeros 6 cm de la capa arable.

Los nematodos fitoparásitos pueden ser ectoparásitos o endoparásitos, aéreos o subterráneo, constituyendo unos de los grupos de fitopatógenos más importantes de nuestra agricultura. Raramente cualquier cultivo se encuentra libre de nematodos fitoparásitos y su presencia generalmente pasa desapercibida debido a su tamaño microscópico y posición protegida en el suelo (Agrios, 1997). El cuerpo de los nematodos es más o menos transparente y esta cubierto por una cutícula incolora, que generalmente está marcada por estrías. La cutícula muda cuando los nematodos pasan a través de sus estados larvales. La actividad del cuerpo contiene un fluido a través del cual se lleva a cabo la circulación y respiración. El sistema digestivo consiste en un orificio que se extiende desde la boca a través del esófago, intestino, recto y ano (Díaz, 1994).

Todos los nematodos parásitos de las plantas están provistos de un estilete, que emplean para perforar el tejido de las raíces de las plantas.

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos parasíticos de plantas es en general muy similar, los huevos eclosionan produciendo larvas, cuya apariencia y estructura son generalmente similares a la de los adultos. Todos los nematodos pasan por 4 estados larvales, y la primera muda ocurre por lo general en el huevo. Cada estado larval termina en una muda. Después de la última muda los nematodos se diferencian en hembras y machos (Agrios, 1997).

Casi todos los nematodos parásitos de plantas viven parte de su vida en el suelo muchos de ellos viven libremente en el suelo, alimentándose superficialmente sobre raíces y tallos subterráneos, pero aun en los parásitos sedentarios especializados tanto los huevos, como los estados larvales preparásitos y los machos se hallan en el suelo durante toda o parte de su vida. Tanto la temperatura del suelo como la humedad y la aireación afectan la sobrevivencia y movimientos de los nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran en mayor abundancia en los primeros 15 cm de la capa arable del suelo. La mayor concentración de nematodos en la región de las raíces de las plantas hospedante se debe primordialmente a que la reproducción es más rápida cuando se hallan sobre la fuente de alimento y también a la atracción de nematodos por sustancia liberadas dentro de la rizósfera. Los nematodos se diseminan a través del suelo muy lentamente. La distancia total recorrida por un nematodo no excede probablemente más de 100 cm por estación. Los equipos agrícolas, aguas de irrigación, animales y suelo, constituyen los agentes diseminadores más importantes en áreas locales mientras que a distancias largas la diseminación se efectúa principalmente por medio de tejido vegetal (Jesse, 1991).

Todos los nematodos parasíticos de plantas pertenecen al Phylum Nematoda. La mayoría de los géneros parasíticos importantes pertenecen a la clase *Secernentea*, orden *Tylenchida*. Los nematodos fitoparásitos pueden ser ectoparásitos, es decir especies que normalmente no penetran en los tejidos de las raíces pero se alimentan solamente sobre las células que se hallan cerca de la superficie de las raíces, o endoparásitos, es decir, especies que penetran en los tejidos de los hospedantes y se alimentan dentro de los mismos.

Los nematodos de ambos grupos pueden ser migratorios o sea que viven libremente en el suelo y se alimentan sobre los tejidos de las plantas sin adherirse permanentemente, o pueden ser sedentarios es decir, especies que una vez están dentro de los tejidos no se mueven de allí (Shurtleff y Averre, 2000).

El ataque de nematodos a las plantas resulta en la expresión de síntomas tanto sobre las raíces como sobre las partes externas. Los síntomas en las raíces se pueden manifestar como agallas, lesiones, excesiva producción de raíces, daño al ápice, y pudrición radical cuando el ataque está asociado con bacterias y hongos fitopatógenos o saprofitos. Los síntomas radicales están generalmente acompañados por síntomas no característicos en las partes aéreas de las plantas, los cuales consisten principalmente de una reducción del crecimiento, síntomas de deficiencias nutritivas tales como amarillamiento del follaje, excesivo marchitamiento en tiempo caliente o seco, disminución del rendimiento, y mala calidad de los productos (Mesa, 1987).

4.4. Micorrizas.

La palabra micorrizas se formó a partir el termino griego MYKOS (hongo) y del vocablo latín RHIZA (raíz). El botánico Albert Bernard Frank, en el año 1885, creó el termino Micorriza, para designar la asociación del suelo y las raicillas que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo, con los órganos subterráneos de la gran mayoría de las plantas superiores (Fernández, 2006).

Según se sabe, las MVA son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre el 80% de las especies de plantas y los hongos Zigomicetos del Orden Glomales. En esta simbiosis, el hongo provee a la planta de fósforo, aunque también se han encontrado efectos favorables sobre la captación de otros elementos poco móviles en el suelo como Zn y Cu (Gianinazzi-Pearson y Azcón-Aguilar, 1991 citado por Chacón y Cuenca, 1997).

El hongo, coloniza la raicilla y llega a ser parte integrante de ella, desarrollando un filamento (micelio o conducto extenso, compuesto por muchas hifas), que a modo de sistema radical y altamente efectivo, ayuda a la planta a adquirir diversidad de nutrientes y

agua del suelo, también el hongo, al extenderse el área radical, facilita que la planta incremente su capacidad de sostenerse físicamente en dicho suelo, mejorando su resistencia y adaptabilidad (Hussey, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero, 1997).

De esta relación simbiótica el hongo recibe hidratos de carbono (azúcares, almidones, etc.), que necesita para su alimentación, proveniente de la fotosíntesis de la planta. Así, gracias a la actuación de la micorriza (hongo- raíz), se ve favorecido el crecimiento y desarrollo tanto de la planta como del hongo.

Las micorrizas se hallan difundida no solo en las plantas arbóreas, sino también en herbáceos perennes e incluso en las anuales y son especialmente frecuentes en los terrenos ricos en humus (Hussey, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero, 1997).

4.5. Clasificación de las Micorrizas según su relación con las plantas.

Diferentes taxónomos declaran que existen varios tipos o grupos de Micorrizas, aunque los de mayor importancia se distribuyen en tres grupos: *Endomicorrizas*; *Ectomicorrizas* y *Ectoendomicorrizas* (Fernández, 2006).

4.5.1. Las Endomicorrizas o Micorrizas Endotróficas.

Una gran cantidad de hifas fúngicas (hongos), existentes en el terreno invaden las partes jóvenes de las raíces y penetran, a veces, hasta las células del parénquima sub epidérmico (debajo de la epidermis). Esta acción no afecta a las células de los tejidos y se establece el intercambio a ese nivel celular (Gilbertson, 1994). El micelio de los hongos penetra en el tejido cortical de la raíz de la planta y provoca una infección progresiva de las células de la corteza. Un ejemplo de este proceso, se puede ver en la Micorriza Vesículo-Arbuscular (MVA), que forma en las células de la corteza extremos de micelios ramificados, similares a un árbol (arbusculos), actuando en calidad de órganos nutritivos, mediante los cuales tiene lugar el metabolismo simbiótico entre hongo y planta. Además, se forman vesículas como órganos de reserva.

Los micelios fúngicos no solo penetran en la capa cortical de la raíz, sino que se alojan en el interior de sus células, y en parte son digeridas por la planta hospedante, que se benefician de sus albuminoides y nitrógeno orgánico.

Las Endomicorrizas se forman comúnmente en plantas de las familias Ericáceas, Liliáceas y en las Orquidáceas. En estas últimas han sido mejor estudiada que en las demás. Encontramos Endomicorrizas en muchas plantas herbáceas (inclusive muchas plantas de cultivo, también en plantas leñosas, tales como palmeras, café, té, cacao y cítricos) (González, 2008).

Las Endomicorrizas no son tan específicas, por lo que una especie puede colonizar a muchas especies de plantas y se adaptan mejor a las condiciones del medio porque sus esporas crecen con facilidad y pueden sobrevivir sin contacto con las raíces. Esas son dos causas principales por las cuales abundan más en la naturaleza que el resto de las Micorrizas (Fernández, 2006).

Se ha declarado que, a este grupo pertenecen la mayor cantidad de Micorrizas existentes en la Naturaleza, y por lo tanto las que más especies vegetales colonizan.

4.5.2. Las Ectomicorrizas o Micorrizas Ectotróficas.

Las hifas fúngicas permanecen en la superficie epidérmica, alrededor de la cual forman una vellosidad que reemplaza a los pelos radicales. Rodean de una densa capa de micelios (Red de Harting), las partes más finas de la raíces, hasta envolverlas por completo, incluso en el ápice vegetativo de la misma. Las hifas de los hongos envuelven las raíces de las plantas, penetran intracelularmente en el parénquima de la corteza, sin infectar sus células. Los hongos que las forman son: Basidiomicetes y Ascomicetes principalmente (Gilbertson, 1994).

Se forman Ectomicorrizas principalmente sobre especies forestales y leñosas pertenecientes a la familia de las coníferas. Sus filamentos micélicos, aunque pueden insinuarse a través de los espacios intercelulares de la raíz, no penetran en sus células. Si las Ectomicorrizas no están en contacto con una raíz su crecimiento es limitado y pueden morir rápidamente. Colonizan las raíces por un corto período de tiempo que puede estar entre los 5 y 12 días (Gilbertson, 1994).

4.5.3. Las Ectoendomicorrizas o Micorrizas Ectoendotróficas.

Constituyen una estructura intermedia: Pequeño grupo de plantas y micelios. Es un grupo menos numeroso, sus funciones son similares al grupo de Ectomicorrizas, aunque también desarrollan funciones similares a algunas Endomicorrizas.

4.6. Efectos de las micorrizas sobre las enfermedades de suelo.

Diversas hipótesis se han formulado sobre el posible modo de acción de las micorrizas sobre los patógenos; algunos de ellas establecen que las micorrizas modifican la rizósfera estimulando una microflora antagonista a los patógenos.

Diversas experiencias han mostrado que plantas micorrizadas son más tolerantes a los patógenos. Algunos hongos como *Fusarium* spp, *Phytophthora* spp, *Pythium* spp, *Rhizoctonia* spp, *Thielaviopsis* spp y *Verticillium* spp disminuyen su efecto negativo en presencia de micorrizas (Dehene, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero). Los nematodos tampoco escapan de esta situación; por ejemplo, endoparásitos como *Meloidogyne* spp, ven suprimida su actividad cuando existen en las rizósfera MVA como *Glomus* spp o *Gigaspora* spp que hacen decrecer su tasa de reproducción (Hussey, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero, 1997).

4.7. Beneficios de las micorrizas para las plantas.

Se puede afirmar que el principal beneficio que realizan las micorrizas esta relacionado con la nutrición de las plantas. Este proceso de nutrición por medio de las micorrizas esta, extremadamente difundido entre los vegetales y tiene notable importancia porque permite la vida de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de los alimentos por parte de las plantas superiores, competencia con la infinita y mucho más adaptable microflora del suelo (Gilbertson, 1994).

Gilbertson, (1994) resume los beneficios de la MVA de la siguiente manera:

- Una mejor asimilación de los nutrientes en las plantas, que facilita el aumento de la producción y mayor calidad biológica de estas.
- Una mayor tolerancia de las plantas frente a muchos factores de estrés: sequía, desequilibrio en el pH, altos contenidos de sales, exceso de vientos entre otros. Esto se debe a que la facilita una adecuada evapotranspiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de estas.
- Al estar mejor nutridas las plantas, promueve en esta una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su salud sin aplicación de agro tóxicos.
- La inoculación de las plantas con hongos micorrizógeno provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de traslocación de nutrientes como: N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mo, Fe, Mn
- Además del efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, el favorecimiento en la absorción del P, aumenta el crecimiento de las raíces y la fijación biológica de N en plantas, el cual es deficiente en la mayoría de los suelos tropicales.

4.8. Producción de simbiosis para formar las micorrizas.

Esta se produce en tres etapas o pasos, el primer paso, se produce una identificación mutua planta-hongo /hongo planta, en la rizósfera, o en regiones próximas a la raíces o pelos radicales. Este reconocimiento lo facilitan al parecer, sustancias exudadas o emitidas por la raíz que provocan el crecimiento del micelio y un biotropismo positivo del mismo hacia la raíz (Abdel y Karim, 1998). El segundo paso consiste en el acercamiento y acoplamiento progresivo y gradual del micelio y la raicilla produciéndose el contacto intercelular, al formarse una estructura que amarra y ata ambas biomasas.

En el tercer paso se realiza la colonización produciéndose cambios morfológicos y estructurales tanto en los tejidos colonizados por el hongo, como en la organización de la pared celular de la raíz posteriormente se produce la integración fisiológica de ambos simbiosis (hongos-raíz), y por último se produce una alteración de las actividades enzimáticas, que se coordinan entre los simbiosis para integrar sus procesos metabólicos.

4.9. Descripción del producto utilizado (Mycoral®).

El Mycoral es elaborado en la Escuela Agrícola Panamericana. Ubicada en el Valle de río Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras. Este preparado es elaborado en base a Micorriza Vesículo Arbusculares, la cual incrementan la absorción de nutrientes del suelo favoreciendo al crecimiento de las plantas. Las dosis recomendadas para hortalizas en semillero o invernadero es de 4-6 g por semilla, siembra en campo 100 g por metro lineal y trasplante a campo de 20-30 g por pión (Zamorano, 2007).

Composición: Este producto está compuesto por un sustrato órgano-mineral, enriquecido con especies benéficas de micorrizas altamente eficaces entre los que se destacan hongos pertenecientes al género *Glomus* spp. Este producto se presenta en forma de esporas, hifas y raicillas el cual posee más de 8 esporas por gramo de suelo.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación del estudio.

El estudio se llevó a cabo durante los meses de enero a junio del 2008 en el Campus Agropecuario de la UNAN-León, ubicado al sureste de la ciudad de León a 1.5 km camino a la Ceiba. Esta área de producción se caracteriza por poseer condiciones meteorológicas de una temperatura promedio de 27.5° C, humedad relativa de 78% y precipitaciones anuales promedio de 1910.20 mm.

5.2. Metodología.

La evaluación de dosis de MVA en el cultivo de sandía, se realizó mediante dos fases, primero la fase de bandejas, seguido de una fase de trasplante.

5.2.1. Fase de bandejas.

Diseño experimental: Durante la fase de bandejas se utilizó un Diseño Completamente Azarizado con seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales. Cada unidad experimental estaba constituida por una bandeja de 105 celdas, en las que se sembró una semilla por cada celda.

Tratamientos evaluados: Los tratamientos evaluados durante la etapa de bandejas fueron diferentes dosis de Mycoral® (Ver Tabla 1). Las diferentes dosis de micorrizas correspondientes a los tratamientos, fueron mezcladas homogéneamente con el sustrato correspondiente a cada bandeja.

VARIABLES A MEDIR:

Incidencia del mal de talluelo: En este muestreo se evaluó la incidencia de esta enfermedad, cuantificándose en cada tratamiento el número total de plantas sanas y

enfermas, el muestreo se realizó una vez por semana, por cuatro semanas que duró la etapa fenológica de plántula del cultivo.

Porcentaje de mortalidad al momento del trasplante: Se cuantificó el número de plantas muertas al momento del trasplante.

Número de plantas aptas para el trasplante: Se cuantificó el número de plántulas que estaban libres de enfermedades y con buen desarrollo fenológico. Esto se realizó para cada tratamiento y repetición, al momento del trasplante.

Altura y peso de plántulas: Para la toma de esta variable primero se seleccionaron las plantas a evaluar, tomando las plantas múltiples de cinco encontrados en cada hilera de la bandeja, luego con el pie de rey se midió la altura de las plántulas y su peso con una balanza analítica, el número de plantas muestreadas fue del 30% correspondiente en cada tratamiento, esta variable se midió antes del trasplante.

Longitud y peso de raíces: Para la toma de esta variable se utilizó las plantas descritas en el paso anterior y se eliminó el tallo dejando solamente la raíz, luego se peso en la balanza analítica y se midió su longitud con un pie de rey por plantas a evaluar. Esto se realizó para cada tratamiento y repetición, al momento del trasplante.

Número	Dosis de MYCORAL® en gramos por planta	
	Bandejas	Trasplante
T1	2	10
T2	4	20
T3	6	30
T4	8	40
T5	0.13 ml (Previcur)	NPK
T6	Testigo Absoluto	Testigo Absoluto

Tabla 1. Tratamientos evaluados en la fase de bandeja y trasplante.

5.2.2. Fase de trasplante.

Diseño experimental: Los datos provenientes del cultivo se analizaron a través de un Diseño de Bloques Completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 24 unidades experimentales. El área total del estudio fue de 200 m².

La parcela experimental fue dividida en cuatro bloques los cuales contenían los seis tratamiento bajo estudio; cada bloque fue de 37.5 m², teniendo una dimensión de 15 m de largo y 2.5 m de ancho, dejando un espacio de un metro entre cada tratamiento. Cada tratamiento consistió en 6 plantas por bloque con una distancia de 0.80 m entre planta y 1.20 m entre camellón.

Tratamientos evaluados: Los tratamientos que se evaluaron durante la etapa de trasplante fueron diferentes dosis de Mycoral® los cuales se presentan en la Tabla 1.

Variables a medir:

Altura y peso fresco de la planta: Para medir éstas variables se realizó un muestreo al azar, en donde se tomó ocho plantas por cada tratamiento lo que corresponde al 30% de las plantas bajo estudio. Una vez seleccionada se midió la altura con una cinta métrica y para medir su peso se utilizó una balanza manual, al momento de fructificación.

Longitud y peso de raíces: Para la toma de esta variable se utilizó las plantas evaluadas en la anterior, a estas plantas se les eliminó el tallo dejando solamente la raíz, luego se pesó en una balanza y se midió la longitud de cada planta con una cinta métrica. Esto se realizó para cada tratamiento y repetición, al momento de fructificación.

Incidencia de enfermedades de suelo: Para determinar esta variable se contaron todas las plantas que presentaron síntomas de enfermedades y plantas sanas presentes en el estudio. Esto se realizó por cada tratamiento y repetición, durante su desarrollo.

Cuantificación e Identificación de nematodos: En el proceso de cuantificación se utilizó un plato petri en el que se colocó 10 ml de la solución conteniendo nematodos. Se contó la cantidad de nematodos presentes en 10 ml de agua y posteriormente por regla de tres se calculó la cantidad de nematodos presentes en 100 ml correspondientes a 100 g de suelo.

El número de submuestras tomadas se calculó en base al área sembrada del cultivo. Esta metodología tomada de Shurtleff y Averre III, (2000) permite determinar el número de muestras dependiendo de las dimensiones de la parcela que se muestrea. En la parcela bajo estudio se tomaron 12 submuestras de 100 g de tierra a una profundidad aproximadamente de 15-20 cm se mezcló y homogenizó para que fuera representativa del área en estudio. El proceso de extracción de nematodos se realizó, utilizando el método de Embudo de Baerman de acuerdo a la metodología descrita por Cepeda (1995).

5.3. Análisis estadístico.

El estudio fue analizado mediante el programa estadístico SPSS versión 11.5 primero se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), con intervalo de confianza al 95% para determinar si hay diferencia significativa entre los tratamientos que se sometieron al estudio, en el caso en que se encontró diferencia se realizó separaciones de medias de Duncan.

5.4. Manejo agronómico.

El manejo del cultivo, se realizó en base a los principios básicos del manejo integrado de plaga, en cada etapa fenológica, de tal manera que se logró un buen desarrollo de las plantas.

Preparación de suelo: Limpia del área, elaboración de camas, estaquillado, ahoyado y colocación de riego.

Trasplante: Se realizó el primero de abril del 2008, después de haber realizado el ahoyado se procedió a depositar la dosis de MVA correspondiente al tratamiento seguido de la planta.

Fertilización: Fertilizante edáfico 18-46-30 con 2 g por planta para el tratamiento químico el cual se realizó al momento del trasplante. Aplicación de bayfolan fertilizante foliar, 25 cc en 10 l de agua a los 15 días después del trasplante. Multi k, 1 lb por bombada, a los 45, 49, 53, 57, 61 y a los 65 días después del trasplante con un total de 6 aplicaciones.

Manejo de maleza: Para su manejo se realizó limpia de forma manual a los 16, 33, 47 y 54 días después del trasplante.

Manejo de Plagas: Durante la etapa de desarrollo se presentaron áfidos (*Aphis* sp) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*) para los cuales se realizó diferentes aplicaciones tanto químicas y biológicas las que se describen a continuación: Aplicación de repelente nim, ajo, chile y jabón, 4 l de solución en 12 l de agua (una aplicación) a los 16 días después del trasplante. Aplicación de jabón 1 taco por una bombada para mosca blanca (una aplicación) a los 18 días después del trasplante. Aplicación de insecticida Organim 0.4 Sl ,75 CC en 10 l de agua aplicado en una bomba de motor (una aplicación) a los 28 días después del trasplante. Aplicación de Oberon 24 SC, 37 cc de producto comercial en 5 l de agua, aplicado en una bomba de motor (Una aplicación) a los 32 días después del trasplante.

Enfermedades: La enfermedad que se presentó en el ciclo del cultivo fue, Mildiu lanoso cuyo agente causal es el hongo *Pseudoperonospora cubensis*, este patógeno incrementó su incidencia en el cultivo debido al daño mecánico que se ocasiono al momento de la limpia. Esta enfermedad se manejo aplicando Ridomil 95 ml por bombada, Rodium 60 ml por bombada (dos aplicaciones por dos semanas) a los 45 y a los 52 días después del trasplante.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Efecto de diferentes dosis de MVA sobre el desarrollo fenológico del cultivo de sandía en etapa de bandejas.

6.1.1. Altura y peso de plántulas de sandías.

En relación a la altura y peso de las plántulas el análisis de ANDEVA, con intervalo de confianza del 95% indicó que existe diferencia significativa entre los tratamientos debido a que el nivel de significancia resultó ser menor, que el error experimental (0.05) con valor de $P= 0.000$ para la altura y peso de las plántulas (Ver Anexo 1). Por tanto se realizó un análisis de separación de medias según Duncan para determinar que tratamientos presentaban diferencias entre sí.

	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
Tratamientos		1	2	3	4
6	51	2,969			
4	75	3,119	3,119		
5	72	3,200	3,200		
3	73		3,225		
2	73			3,985	
1	81				4,248
Sig.		,056	,387	1,000	,1000

Tabla 2. Separación de media según Duncan para la altura (g) de la plántula.

En relación a la variable altura de plántulas el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en cuatro categorías estadísticamente diferentes.

En la primera categoría están los tratamiento 6, 4, y 5 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, con promedios que oscilaron entre 2.96 y 3.20 cm de altura, siendo considerados los más bajos del estudio.

La segunda categoría está comprendida por los tratamientos 4, 5, y 3, siendo estos similares entre sí, pero significativamente diferentes a los agrupados en la primera categoría, con promedios que oscilaron entre 3.20 y 3.22 cm de altura.

En la tercera categoría se encuentra el tratamiento 2 siendo significativamente mayor a los tratamientos antes mencionados con promedio de 3.98 cm de altura.

La cuarta categoría está compuesta únicamente por el tratamiento 1, siendo éste el de mayor promedio en altura con 4.24 cm.

Estudios realizados por (Joao y Rivera, 2000 citados por Duicela *et al* 2001) en plántulas de café inoculadas con micorrizas encontraron una respuesta favorable en la altura de las plántulas con aplicación de micorrizas de la especie de *Glomus fasciculatum*. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual se pudo observar que tres de los cuatro tratamientos inoculados con MVA presentaron diferencias estadísticas en cuanto a la altura, al compararse con el testigo sin aplicación de MVA, con promedios que oscilaron entre 3.22 y 4.24 cm. Estos promedios superaron estadísticamente al promedio de altura obtenido en plántulas sin micorrizas el que obtuvo promedios de 2.96 cm.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
6	51	1,175			
2	75	1,256	1,256		
5	72		1,326	1,326	
3	73			1,373	1,373
1	73			1,388	1,388
4	81				1,465
Sig.		,104	,161	,252	,080

Tabla 3. Separación de media según Duncan para el peso (g) de la plántula.

En relación a la variable peso de plántulas el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en cuatro categorías estadísticamente diferentes.

En la primera categoría están los tratamientos 6 y 2 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, con promedios que oscilaron entre 1.17 y 1.25 g de peso de las plántulas, considerados los más bajos del estudio.

La segunda categoría esta comprendida por los tratamientos 2 y 5 siendo estos similares entre sí, pero significativamente diferentes a la primera y tercera categoría, con promedio que oscilaron entre 1.25 y 1.32 g de peso de las plántulas.

En la tercera categoría se encuentran los tratamientos 5, 3 y 1 siendo diferentes a la primera y segunda categoría, con promedios que oscilaron entre 1.32 y 1.38 g de peso de las plántulas.

En la cuarta categoría se encuentran los tratamientos 3, 1 y 4 los cuales presentaron el mayor promedio en peso de las plántulas con 1.37 y 1.46 g, obtenido en el estudio.

Estudios realizados por Ocampo *et al*, (2001) utilizando MVA en el cultivo del chile ancho indican que se obtuvieron plántulas de buena calidad cuando estos estaban inoculados con hongos micorrizogenos. En el caso en que se utilizaba *Glomus fasciculatum*, las plántulas presentaron un incremento en la emergencia, vigor, peso de plántulas y mayor desarrollo del sistema radicular. Los resultados obtenidos por este autor coinciden con los obtenidos en el presente estudio, ya que los tratamientos inoculados con MVA presentaron mejor peso de plántulas que las plántulas sin inoculación de MVA.

6.1.2. Longitud y peso de raíces de plántulas de sandía.

En relación a la longitud y peso de raíces el análisis de ANDEVA, con intervalo de confianza del 95% indicó que existe diferencia significativa entre los tratamientos debido a que el nivel de significancia resultó ser menor, que el error experimental (0.05) con valor

de $P= 0.000$ para la longitud y peso de raíces (Ver Anexo 2). Por tanto se realizó un análisis de separación de medias según Duncan para determinar que tratamientos presentaban diferencias entre sí.

	N	Subconjunto para alfa = .05		
Tratamientos		1	2	3
5	72	7,231		
4	75	7,516		
6	51	7,790		
3	73	8,212		
2	73		9,519	
1	81			11,207
Sig.		,073	1,000	1,000

Tabla 4. Separación de media según Duncan para la longitud (g) de las raíces en plántula.

En relación a la variable longitud de raíces el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en tres categorías estadísticamente diferentes.

En la primera categoría están los tratamientos 5, 4, 6 y 3 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, con promedios que oscilaron entre 7.23 y 8.21 cm de longitud, considerados los más bajos del estudio.

La segunda categoría esta comprendida por el tratamiento 2 el cual fue diferente a la primera y tercera categoría, con promedios de 9.51 cm de longitud de las raíces. En la tercera categoría se encuentra el tratamiento 1 presentando el mayor promedio en longitud de las raíces con 11.20 cm, obtenido en el estudio.

Estudios realizados por Terry y Leiva, (2006) reflejan que un aspecto a tomar en consideración en la evaluación del crecimiento de las plántulas de tomate, y que se encuentra en estrecha relación con el nivel nutricional de la misma, es el contenido de proteínas foliares presente en las plantas, esto debido a que una de las funciones fundamentales de los microorganismo inoculados, es estimular el desarrollo radical de las

plantas, lo que facilita una mayor exploración del sistema radical para una mejor absorción de nutrimentos. Estos resultados no coinciden con los obtenidos en el estudio, puesto que las plántulas que fueron inoculadas con mayores dosis de MVA presentaron menores longitudes de raíces que las plántulas inoculadas con menores dosis. Sin embargo, las restantes variables del estudio tal como, peso de plántulas y peso de raíces indicaron que a mayor dosis de MVA se incrementó también el peso de plántulas y de raíces, por lo que estas plántulas presentaron mejor desarrollo que las no inoculadas con MVA.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
6	51	,180		
2	73	,186		
3	73		,247	
1	81		,251	
5	72		,283	,283
4	75			,319
Sig.		,778	,097	,092

Tabla 5. Separación de media según Duncan para el peso (g) de las raíces en plántulas.

En relación a la variable peso de raíces el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en tres categorías estadísticamente diferentes.

En la primera categoría están los tratamientos 6 y 2 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Obteniendo promedios entre los 0.180 y 0.186 g considerados que son los más bajos del estudio.

La segunda categoría está comprendida por los tratamientos 3, 1 y 5 siendo estos diferentes a la primera y tercera categoría, con promedios que oscilaron entre 0.24 y 0.28 g de peso de las raíces.

En la tercera categoría se encuentran los tratamientos 5 y 4, con promedio que oscilaron entre los 0.283 y 0.319 g en peso de las raíces obtenidos en el estudio.

Duicela, *et al* (2001). En los resultados obtenidos de su investigación indica que la crianza de plántulas de café, a nivel de vivero, se favoreció usando compost al 25% más 10 g de micorrizas. Las micorrizas contribuyeron al aumento de la cantidad de raicillas y peso fresco radicular de las plántulas de café. Estos resultados coinciden con los de nuestro ensayo, debido a que el tratamiento con mayor dosis de micorriza obtuvo resultados de 0.31 g de peso fresco de las raíces superando al testigo con 0.18 g de peso de raíces en plántulas de sandía.

El tratamiento 1 que corresponde a 2 g de micorrizas obtuvo los mejores resultados en las variables altura de plántulas y longitud de raíces. Esto se debe posiblemente a que cuando la planta no dispone de suficientes nutrientes en el sustrato en que se desarrolla alarga sus raíces para obtener sus nutrientes, no así las plántulas que poseen suficiente nutrientes en su medio de crecimiento.

Plántulas que crecen en sustratos con deficientes cantidades de nutrientes tienden a elongarse para incrementar su área fotosintética e incrementar así mismo su nivel de nutrición. Adicionalmente las plántulas correspondientes al tratamiento 4 que corresponde a 8 g de MVA presentó los mayores promedios de peso de plántulas y raíces, esto debido a que las plántulas en condiciones de buena nutrición no se elongan pero incrementan su grosor y ramificación.

A excepción de la nutrición de carbono (fotosíntesis) y parcialmente del oxígeno, el resto de los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas son captados del suelo a través de su sistema radicular. La presencia de micorrizas en simbiosis con las raíces de las plantas, induce un mecanismo muy eficaz que incrementa y facilita la absorción de agua y nutriente del suelo, especialmente fosfato y algunos micros nutrientes (Barceló, *et al* 2003).

6.2. Efecto de diferentes dosis de MVA sobre el desarrollo fenológico del cultivo de sandía en etapa de campo.

6.2.1. Altura y peso de plantas de sandía.

En relación a la altura y peso de plantas adultas el análisis de ANDEVA, con intervalo de confianza del 95% indicó que existe diferencia significativa entre los tratamientos debido a que el nivel de significancia resultó ser menor, que el error experimental (0.05) con valor de $P=0.17$ para la altura y 0.000 para el peso de la planta. Por tanto se realizó un análisis de separación de medias según Duncan para determinar que tratamientos presentaban diferencias entre sí.

En relación a la variable altura de plantas el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en tres categorías estadísticamente diferentes (Ver Tabla 6).

En la primera categoría están los tratamientos 6, 3, 5 y 1 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Con promedios de 220.5 y 265.25 cm de altura, considerados los más bajos del estudio.

La segunda categoría esta comprendida por el tratamiento 3, 5, 1, y 2, siendo estos similares entre sí, pero significativamente diferente a la primera y tercer categoría, con promedios de 252,13 y 293,95 cm de altura. En la tercera categoría se encuentran los tratamientos 1, 2 y 4, siendo similares entre sí pero estadísticamente diferentes a la primera y segunda categoría, con promedios de 265.25 y 317,38 cm de altura, siendo estos los promedios más altos obtenidos en el estudio.

Se ha reportado que la aplicación de MVA influye de manera positiva en el crecimiento de plantas en condiciones de campo, aplicaciones realizadas en el cultivo del chiltomo indujeron a las plantas a obtener mayor altura que plantas sembradas bajo las mismas condiciones pero sin aplicaciones de MVA (López *et al*, 2005). Similarmente, en el presente estudio la aplicación de MVA incrementó de manera significativa la altura de las

plantas de manera proporcional al incremento de MVA aplicada, excepto en el caso del tratamiento 3 el cual presentó una altura menor al resto de tratamientos con MVA (Ver Tabla 6).

En relación al peso de plantas, el análisis realizado según Duncan indica que el conjunto de tratamientos separado puede dividirse en tres categorías estadísticamente diferentes.

En la primera categoría están los tratamientos 6, 1 y 2 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Los promedios de peso obtenidos oscilaron entre 859.50 y 1007.00 g de peso de plantas, considerados los más bajos del estudio. La segunda categoría está comprendida por los tratamientos 2, 3 y 5 siendo estos similares entre sí, pero significativamente diferentes a la primera y tercer categoría, con promedios de 1007.00 y 1122.00 g de peso de las plantas.

En la tercera categoría se encuentran los tratamientos 3, 5 y 4 siendo estos similares entre sí pero estadísticamente diferentes a la primera y segunda categoría, con promedios de 1104.00 g y 1217.75 g de peso de las plantas, siendo estos los promedios más altos obtenidos en el estudio.

En el estudio realizado por Terry y Leiva, (2006), las MVA estimulan en la planta la absorción de nutrientes que permiten un mayor contenido foliar de proteínas solubles totales en plantas inoculadas, esto permite una mayor actividad metabólica, mejor estado nutricional y mayor contenido de N foliar. Como resultados en esta investigación se obtuvieron plantas con mayor vigor que las plantas obtenidas sin la inoculación de MVA. Los resultados obtenidos por Terry y Leiva (2006) coinciden con los obtenidos en el presente estudio en el que se puede apreciar el efecto de MVA sobre el peso de plantas. Los tratamientos T1 y T2 con menores dosis de MVA (10 y 20 g respectivamente) no presentaron diferencias estadísticas con el tratamiento testigo sin aplicación de MVA, aunque numéricamente si superaron al testigo y la tendencia parece indicar que a mayor dosis de MVA se incrementa el peso de las plantas.

Tratamientos	N	Altura (cm)	Peso (g)
4	8	317.38 a	1217,75 a
2	8	293.25 ab	1007,00 bc
1	8	265.25 abc	911,38 bc
5	8	255.50 bc	1122,00 a
3	8	252.13 bc	1104,63 ab
6	8	220.50 a	859,50 c

Tabla 6. Separación de medias según Duncan para las variables altura (cm) y peso (g) de Plantas de sandía en condiciones de campo.

6.2.2. Longitud y peso de raíces de plantas de sandía

En relación a la longitud y peso de las raíces el análisis de ANDEVA, con intervalo de confianza del 95% indicó que existen diferencias significativas entre los tratamientos debido a que el nivel de significancia resultó ser menor, que el error experimental (0.05) con valor de $P= 0.002$ para la longitud de las raíces y 0.024 para el peso de las raíces. Por tanto se realizó un análisis de separación de medias según Duncan para determinar que tratamientos presentaban diferencias entre sí.

En relación a la variable longitud de raíces el análisis estadístico realizado a través de la separación de media según Duncan indica que el conjunto de tratamientos evaluados, puede dividirse en tres categorías estadísticamente diferentes (Ver Tabla 7). En la primera categoría están los tratamientos 6, 5 y 1 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Con promedios que oscilan entre 39.75 y 45.25 cm de longitud de raíces, los cuales fueron considerados los más bajos del estudio.

La segunda categoría está comprendida por los tratamientos 5, 1, 3, y 2 siendo estos similares entre sí, pero significativamente diferentes a la primera y tercera categoría, con promedios que oscilaron entre 44.13 y 47.25 cm de longitud de raíces.

En la tercera categoría se encuentran los tratamientos 3, 2, y 4 siendo similares entre sí, pero estadísticamente diferentes a la primera y segunda categoría, con un promedio de longitud de raíces que osciló entre 46.63 y 52.25 cm, siendo estos los promedios más altos obtenidos en el estudio.

En relación al peso de las raíces, el análisis realizado según Duncan indica que el conjunto de tratamientos separado puede dividirse en dos categorías estadísticamente diferentes. En la primera categoría están los tratamientos 6, 3, 5, 1 y 2 siendo estos iguales entre sí, pero estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, con un promedio que osciló entre 14.13 y 16.25 g de peso de raíces, los cuales fueron considerados los más bajos del estudio.

En la segunda categoría se encuentran los tratamientos 5, 1, 2, y 4 siendo similares entre sí, pero estadísticamente diferentes a la primera categoría, con un promedio de 15.88 y 18.13 g de peso de raíces, siendo estos los promedios más altos obtenidos en el estudio.

Estudios realizados por Sánchez, (2004) en el que se evaluó el efecto de MVA sobre la altura, peso fresco y seco foliar, peso, longitud y volumen de raíces, se encontró que las plantas micorrizadas presentaron valores mayores en altura, peso y longitud foliar, así como mayor peso y longitud de raíces en comparación con el testigo. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio, donde las variables longitud y peso de las raíces de plantas adultas en los tratamientos inoculados con MVA presentaron mejores resultados, seguido del tratamiento químico y testigo.

Tratamientos	N	Longitud	Peso
4	8	52.25 a	16,25 a
2	8	47.25 ab	16,25 ab
3	8	46.63 ab	15,38 ab
1	8	45.25 bc	16,13 a
5	8	44.13 bc	15,88 ab
6	8	39.75 c	14,13 b

Tabla 7. Separación de medias según Duncan para las variables longitud (cm) y Peso (g) de raíces de sandía en condiciones de campo.

6.3. Efecto de MVA sobre organismos patógenos de suelo.

6.3.1. Efecto de MVA sobre enfermedades, mortalidad y germinación de la sandía en etapa de bandejas.

Enfermedades: La enfermedad del mal del talluelo durante esta etapa, no causó volcamiento de plántulas en ninguno de los tratamientos evaluados, debido a que las condiciones de humedad relativa y del suelo fueron bajas y no conducentes a la expresión de este síntoma. Esto no significa que la enfermedad no estuvo presente en el área experimental. Debido a que la enfermedad puede afectar las plantas sin presentar su síntoma típico de volcamiento (Agrios, 1997).

Mortalidad: El tratamiento que presentó el mayor porcentaje de plántulas muertas fue el T6 que corresponde al testigo con 3.17%, seguido del T2 que corresponde a 4 g de MVA con 2.85 %, el T5 con 2.53%, el T3 con 1.90%, el T1 con 1.26% y por último el T4 el cual corresponde a 8 g de MVA siendo este el de menor porcentaje en plántulas muertas con 0.63%. Los tratamientos inoculados con MVA presentaron los porcentajes de mortalidad más bajos que el químico y el testigo absoluto a excepción del T2 con 2.85%.

Tratamientos	Germinación (%)	Mortalidad (%)	Sobrevivencia al trasplante (%)
T1	85.7	1.26	84.44
T2	77.1	2.85	74.25
T3	80.3	1.90	78.4
T4	78.4	0.63	77.77
T5	76.6	2.53	74.07
T6	64.6	3.17	61.43

Tabla 8. Porcentaje de germinación, mortalidad y sobrevivencia de plantas por tratamientos.

Germinación: El tratamiento con mayor número de plantas aptas para el trasplante es el T1 con 84.44% de plantas, seguido del T3 con 78.4%, el T4 con 77.77%, el T2 con 74.25%, el T5 con 74.07%, y el más bajo el T6 con 61.43% de plantas. Los tratamientos que fueron inoculados con MVA presentan porcentaje de germinación y sobrevivencia al trasplante más altos que el tratamiento químico y el testigo absoluto.

6.3.2. Efecto de MVA sobre nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de sandía en etapa de campo.

En relación a las densidades poblacionales de los nematodos en plantas de sandías tratadas con micorrizas, los resultados indican que el T1 presentó los niveles más altos con un total de 260 nematodos en 100 g de suelo, en segundo lugar está el T3 y T4 con niveles de 240 nematodos en 100 g de suelo, el T2 presenta niveles de 200 nematodos en 100 g de suelo siendo este el tratamiento con los niveles más bajos de nematodos. En relación al testigo y al tratamiento químico se encontraron 340 nematodos y 270 nematodos en 100 g de suelo, siendo estos los niveles más altos encontrados en el estudio, siendo estos dos tratamientos superados por todos los tratamientos inoculados con MVA.

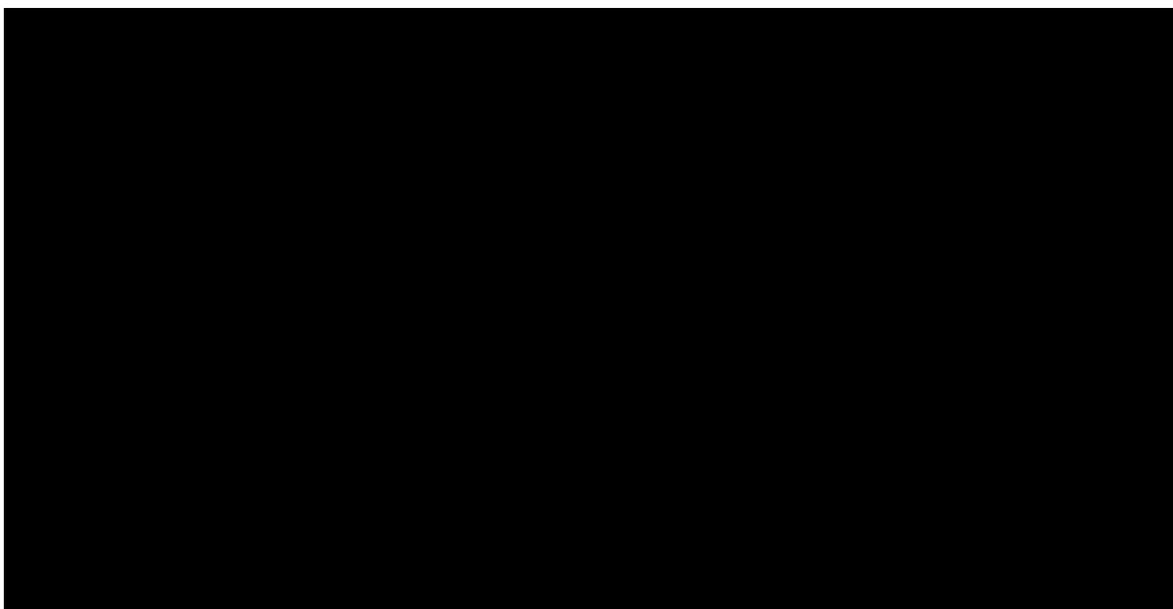


Gráfico 1. Nematodos encontrados en 100 g de suelo bajo el tratamiento en estudio.

Estudios realizados por Elsen *et al*, (2001) citado por Agudelo y Casierra-Posada, (2004) han encontrado que *Glomus intraradices*, reduce la población de nematodos en los bulbos de cebolla en plantas micorrizadas. Por otro lado, el incremento en la firmeza de los bulbos de plantas micorrizadas puede ser otro factor que contribuye a que los bulbos toleren mejor los ataques de los patógenos causantes de pudriciones de los bulbos de cebolla. Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio donde se observó una reducción en las densidades poblacionales de nematodos en los tratamientos que fueron inoculados con micorrizas, a diferencia de los tratamientos que no fueron inoculados con el hongo MVA, como es el testigo y el químico los que aumentaron las poblaciones de nematodo en el estudio.

La reducción en el número de nematodos en presencia de MVA se puede deber a que la interacción de hongo micorrizógenos con nematodos fitopatógenos aumenta la tolerancia del hospedero, compensando los daños causados por los nematodos mediante la reducción de la reproducción y el incremento en el desarrollo de la planta. Adicionalmente se ha encontrado que las plantas micorrizas registran una reducción en el número de nematodos asociados a las plantas hospederas en el cultivo de plátano (Vega, 1999).

VII. CONCLUSIONES.

Etapa de bandejas el T1, presentó mayor altura de plántulas con 3.98 cm y longitud de raíces con 11.20 cm, mayor porcentaje de germinación con 85.7%, mayor porcentaje de plantas aptas para el trasplante 84.44% y mortalidad de 1.26.

Etapa de campo el T4, presentó mayor altura de plantas con 317.38 cm, peso de plantas con 1217.75 g, longitud de raíces con 52.25 cm, y peso de raíces con 18.13 g.

El T2 presentó menor población con 110 nematodos en 100 g de suelo. El T6 obtuvo mayor población con 240 nematodos.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de hongos simbióticos Micorrizas Vesículo Arbusculares como una alternativa para mejorar el desarrollo fenológico y la nutrición de plantas de sandía en condiciones de bandeja y campo definitivo.

Se recomienda la utilización de hongos simbióticos Micorrizas Vesículo Arbusculares como una alternativa de manejo para reducir poblaciones de nematodos fitopatógenos en el cultivo de sandía.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

Abdel y Karim, 1998. Alteraciones bioquímicas inducidas en membranas de células radicales de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) por la formación de micorrizas arbuscular. Universidad granada. Estación Experimental del zaidín (CSIC). (Consultado el 18 febrero 2008).

http://www.cibernetia.com/tesis_es/ciencias_de_la_vida/botanica/fijacion_y_movilizacion_biologica_de_nutrientes/1.

Agrios, G. 1997. Plant Pathology. Academic Press, New York. 4^{ed} 565-598 p.

Agudelo y Casierra-Posada. 2004. Efecto de la micorriza y gallinaza sobre la producción de cebolla cabezona (*Allium Cepa* L. 'Yellow Granex') Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín v.57 n.1 (consultado el 20 de Julio del 2008). www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-.

Barceló, J. Nicolás, G. Sabater, B. Sánchez, R. 2003, fisiología vegetal. Ed. Pirámide. Madrid- España, 61-89 p.

Castaño, J. 1994. Principios Básicos de Fitopatología. 2^{ed} Honduras, Zamorano Academia

Castaño, J y Ríos, L. 1994. Guía para el Diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica, 146-148 p.

Cepeda, M. 1995. Prácticas de nematología agrícola. Ed. Trillas, México, 38-40 p.

Chacón, A. M. y Cuenca, G. 1997. Efecto de las Micorrizas Arbusculares y de fertilización con fósforo, sobre el crecimiento de guayaba en condiciones de vivero. Agronomía Tropical 48(4):425-440. 1998. (Consultado el 2 de agosto 2008). http://ceniap.inia.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4804/arti/chacón_a.htm.

Cuervo y Rivas-Platero, 1997. Hoja técnica de biota rizosférica un recurso para promover el crecimiento y la protección de las plantas. (Serie técnica n° 21).

Díaz, R.1994. Nematodos fitoparásitos y su control, Patología Vegetal tomo II, Mundiprensa España, 1039-165 p.

Duicela, L. Corral, R. Reyes, J. Chóez, F. y Romero, F. 2001. Proyecto desarrollo de tecnología para la producción de café arábigo orgánico (IG-CT-034). Influencias de las abonaduras orgánicas sobre el crecimiento vegetativo de las plántulas de café en vivero, (Consultado el 22 julio 2008). <http://www.cofenac.org/documentos/Viveros-de-Cafe.pdf>.

Fernández, A. 2006. Micorriza una simbiosis vital en la Naturaleza, (Consultado el 21 febrero 2008) http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia.

Gilbertson, 1994. Instituto de Botánica del Nordeste, Corrientes, Argentina, (Consultado el 18 febrero 2008). <http://www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>.

Gonzalez, A. 2008. Morfología de Plantas Vasculares Facultad de Ciencias Agrarias (Consultado el 18 febrero 2008) <http://www.biologia.edu.ar/botanica>.

Jesse. R. 1991. Nematodos de los vegetales: Su ecología y control. México. Limusa. 6 ed. 275 p.

López, C. Espinoza, Y. y Caballero, A. 2005. Efecto de la aplicación de micorrizas Vesiculo arbusculares y azotobacter sobre la fenología, productividad y susceptibilidad a patógeno del cultivo de chiltoma. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. Previo para optar al título de ingeniero en Agroecología tropical.49-50 p.

Mesa. J. 1987. Control de Nematodos parásitos de plantas. México, Limusa, 219 p.

Montes, A. 1998. Cultivos hortícolas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano Honduras, 162 p.

Morales, C. 1999. Produzca frutas, cultive sandía. 1ª.ed.Managua- Nicaragua, 9-30 p.

Ocampo, J. Jiménez, D. Salas, G. Mena, V. Virgen, C. Flores, O. y Olalde, V. 2001. Uso de Microorganismos Rizosféricos en Solanáceas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN U. Irapuato Depto. Biotecnología y Bioquímica. Buenavista, Saltillo, Coahuila, (Consultado el 2 agosto 2008). http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_02.pdf.

Rivas- Platero, 1997. Hojas técnicas de micorrizas Turrialba C, R (serie técnica N° 20).

Sánchez, M. 2004. Efecto de las Micorrizas Arbusculares en el desarrollo de los cultivos agrícolas. XV Congreso Mexicano de Botánica Micología. Ciudad Universitaria, México D.F. (Consultado el 11 julio 2008). <http://www.socbot.org.mx/resumenes/resumen529.html>.

Shurtleff, M.C. y C.W. Averre, 2000. Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodos.1 Ed.The American Phytopathological Society.St. Paul, Minnesota, USA. P 185.

Terry y Leyva, (2006). Evaluación agrobiológica de la coinoculación de micorriza – rizobacterias en tomate. Agronomía costarricense, enero- junio. Universidad de Costa Rica,

San José Costa Rica. Pp.65-73, (Consultado el 11 julio 2008).
www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm.

Vega, J. 1999. Aplicaciones de las Micorrizas Arbusculares (MA) sobre plataneras micropropagadas. Memoria. International Workshop. Earth. Guacimo. (CRI). INIBAP.

Zamorano, 2007. Programa de Biotecnología Aplicada-Mycoral. Carrera de Ciencias en Producción Agropecuaria Zamorano.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para altura y peso de la plántula.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia.
Altura plt.	Inter.-grupos	99,820	5	19,964	44,046	,000
	Intra-grupos	189,915	419	,453		
	Total	289,735	424			
Peso plt.	Inter.-grupos	3,363	5	,673	7,742	,000
	Intra-grupos	36,399	419	,087		
	Total	39,762	424			

Anexo2. Análisis de varianza para la longitud y peso de raíces.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia.
Long. raíz	Inter-grupos	877,627	5	175,525	20,235	,000
	Intra-grupos	3634,552	419	8,674		
	Total	4512,179	424			
Peso. raíz	Inter-grupos	,976	5	,195	12,893	,000
	Intra-grupos	6,345	419	,015		
	Total	7,321	424			

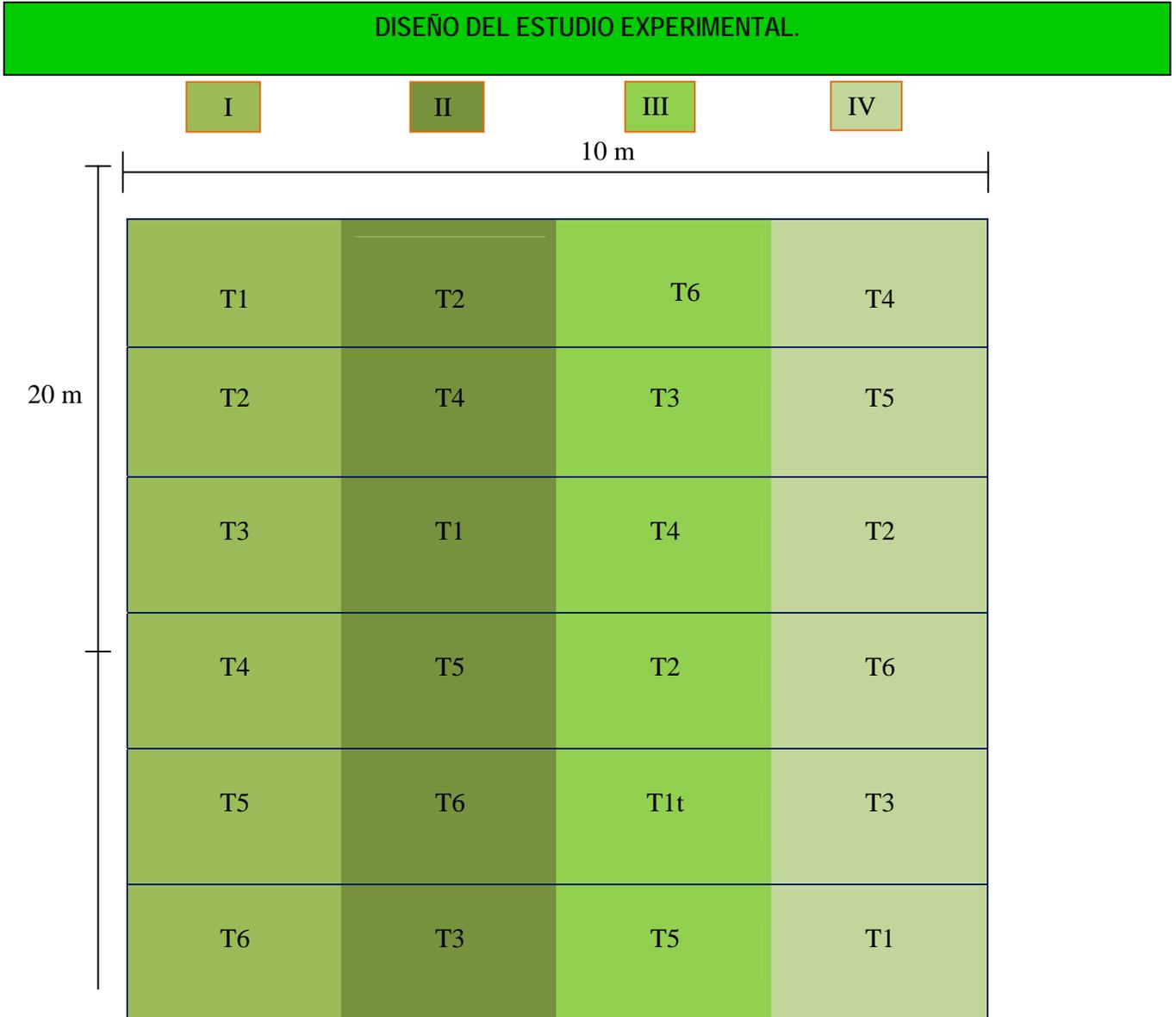
Anexo 3. Análisis de varianza de la altura y peso de la planta en campo.

		Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F	Significancia.
Altura plt.	Inter-grupos	45958,917	5	9191,783	3,138	,017
	Intra-grupos	123039,750	42	2929,518		
	Total	168998,667	47			
Peso plt.	Inter-grupos	741252,667	5	148250,533	5,853	,000
	Intra-grupos	1063769,250	42	25327,839		
	Total	1805021,917	47			

Anexo 4. Análisis de varianza para la longitud y peso de raíces en campo.

		Suma de cuadrados	Grado de libertad	Suma cuadrática	F	Significancia.
Long. Raíz	Inter-grupos	672,500	5	134,500	4,452	,002
	Intra-grupos	1268,750	42	30,208		
	Total	1941,250	47			
Peso. Raíz	Inter-grupos	68,104	5	13,621	2,906	,024
	Intra-grupos	196,875	42	4,688		
	Total	264,979	47			

Anexo 5. Diseño del estudio experimental

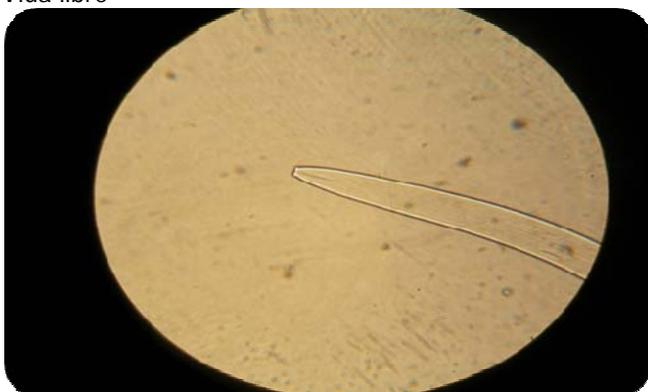


Anexo 6. Fotos de nematodos encontrados en 100 g de suelo.

Fitopatógeno



Vida libre



Anexo 7. Fotos de campo.

Medición del área



Aplicación de MVA



plántulas en campo



Anexo 8.Hoja de datos para el desarrollo fenológico en bandeja

No. de planta	Datos a evaluar	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
		R1	R2	R3															
1	Altura de la plántula																		
	Peso de la plántula																		
	Longitud de la raíz																		
	Peso de la raíz.																		
2	Altura de la plántula																		
	Peso de la plántula																		
	Longitud de la raíz																		
	Peso de la raíz.																		
3	Altura de la plántula																		
	Peso de la plántula																		
	Longitud de la raíz																		
	Peso de la raíz.																		
4	Altura de la plántula																		
	Peso de la plántula																		
	Longitud de la raíz																		
	Peso de la raíz.																		
5	Altura de la plántula																		
	Peso de la plántula																		
	Longitud de la raíz																		
	Peso de la raíz.																		
81																			
TOTAL																			

T: Tratamiento. Altura: cm.
R: Repetición Peso: g.

Anexo 10. Hoja de muestreo para plagas.

Tratamiento	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4		total		%
	M. blanca	Afido									
T1	2	0	0	5	1	1	3	3	6	9	58.3
T2	3	0	0	2	0	2	2	1	5	5	41.6
T3	3	0	1	3	0	1	2	3	6	7	54.1
T4	2	0	0	2	1	3	2	5	5	10	62.5
T5	3	1	5	2	2	2	3	2	13	7	83.3
T6	1	3	4	4	2	3	3	3	10	13	95.8
TOTAL	14	4	10	18	6	12	15	17	45	51	66.6