

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS – IASA
“GRAD. CARLOMAGNO ANDRADE PAREDES”

EVALUACIÓN DE CONSORCIOS MICORRÍZICOS EN TRES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE ZUCCHINI EN LA HACIENDA GREENLAB, SAN VICENTE
DE LA MERCED, SANGOLQUÍ

KARINA PATRICIA CÉSPEDES SOTOMAYOR
CARLOS ALBERTO PUENTE ARROYO

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGROPECUARIO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2005

EVALUACIÓN DE CONSORCIOS MICORRÍZICOS EN TRES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE ZUCCHINI EN LA HACIENDA GREENLAB, SAN VICENTE
DE LA MERCED, SANGOLQUÍ

KARINA PATRICIA CÉSPEDES SOTOMAYOR
CARLOS ALBERTO PUENTE ARROYO

REVISADO Y APROBADO

CRNL. ESP. GIOVANNI GRANDA
DECANO

Ing. M.Sc. MarcoBarahona
DIRECTOR INVESTIGACIÓN

Ing. M.Sc. Abraham Oleas
CODIRECTOR INVESTIGACIÓN

Ing. M.Sc. Jaime Villacís
BIOMETRISTA

CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO FUE PRESENTADO EN ORIGINAL
(ELECTROMAGNÉTICAMENTE) E IMPRESO EN DOS EJEMPLARES

Dr. Marco Peñaherrera
SECRETARIO ACADÉMICO

EVALUACIÓN DE CONSORCIOS MICORRÍZICOS EN TRES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE ZUCCHINI EN LA HACIENDA GREENLAB, SAN VICENTE
DE LA MERCED, SANGOLQUÍ

KARINA PATRICIA CÉSPEDES SOTOMAYOR

CARLOS ALBERTO PUENTE ARROYO

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN DEL INFORME TÉCNICO

	CALIFICACIÓN	FECHA
Ing. M.Sc. MarcoBarahona DIRECTOR INVESTIGACIÓN	_____	_____
Ing. M.Sc. Abraham Oleas CODIRECTOR INVESTIGACIÓN	_____	_____

CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA
SECRETARÍA.

Dr. Marco Peñaherrera
SECRETARIO ACADÉMICO

DEDICATORIA

A Dios.

A nuestros padres, hermanos y familiares.

A nuestros amigos.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres y hermanos por su apoyo constante.

A nuestro Director, Codirector y Biometrista por encaminarnos en el desarrollo del proyecto.

A quienes conforman la Facultad de Ciencias Agropecuarias – IASA, por habernos impartido sus conocimientos.

Al Centro de Investigaciones Científicas de la ESPE – CEINCI, por habernos prestado las facilidades necesarias para sacar adelante esta investigación.

A quienes conforman la empresa Greenlab, por habernos permitido llevar a cabo el proyecto en sus instalaciones.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. OBJETIVO GENERAL	3
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
A. LA CALABACITA	4
1. Origen	4
2. Valor nutricional	4
3. Descripción botánica	5
4. Requerimientos edafoclimáticos	6
5. Siembra	6
6. Marcos de plantación.....	7
7. Prácticas culturales	7
8. Plagas y enfermedades.....	9
9. Fisiopatías	10
10. Cosecha.....	11
11. Poscosecha	12
B. MICORRIZAS	12
1. Tipos de micorrizas	13
2. Micorriza arbuscular.....	15
C. HIDROPONÍA.....	27
1. Cultivos sin tierra	28
2. Técnica de la película nutritiva NFT (nutrient film technique)	31
3. Importancia de la hidroponía	32
4. Ventajas del cultivo por hidroponía	33
5. Desventajas de la hidroponía	34
6. El sustrato.....	34
7. El riego.....	35
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	37
A. MATERIALES	37
B. MÉTODOS	38
1. Descripción del área de estudio.....	38
2. Operacionalización de objetivos	38
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
A. PRIMER CICLO	47
1. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en las variables evaluadas	47
2. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en los sistemas de producción	49
3. Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas.....	52
4. Efecto de los tratamientos en la incidencia y severidad de enfermedades	55
5. Efecto de los tratamientos en la incidencia y severidad de plagas.....	57
6. Persistencia de hongos arbusculares en el sistema convencional	59
7. Análisis económico	60
B. SEGUNDO CICLO.....	61
1. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares para las variables en estudio	61

2.	Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en los sistemas de producción	64
3.	Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas.....	66
4.	Efecto de los tratamientos sobre la incidencia y severidad de enfermedades.	69
5.	Efecto de los tratamientos en incidencia y severidad de plagas.....	71
6.	Análisis económico	72
VI.	CONCLUSIONES	74
VII.	RECOMENDACIONES	76
VIII.	RESUMEN	77
IX.	SUMMARY.....	78
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	79
XI.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Simbología de los tratamientos utilizados en la evaluación de consorcios micorrícicos en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.....	39
Cuadro 2. Efecto de la inoculación de multicepas arbusculares sobre las variables en estudio, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$).....	49
Cuadro 3. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en diecisiete variables en estudio en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$).....	51
Cuadro 4. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre componentes agronómicos y de rendimiento en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$).	54
Cuadro 5. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de enfermedades en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 ($p < 0.05$).	57
Cuadro 6. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de plagas en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	59
Cuadro 7. Persistencia de esporas de hongos arbusculares en el sistema convencional en dos ciclos de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005. .	59
Cuadro 8. Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.....	60
Cuadro 9. Análisis de dominancia del sistema hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	60
Cuadro 10. Efecto de la inoculación de multicepas de hongos arbusculares sobre las variables en estudio, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$).	64
Cuadro 11. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas $p < 0.05$).	66
Cuadro 12. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre los componentes fenológicos y del rendimiento en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$).	68

Cuadro 13. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de enfermedades en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 ($p < 0.05$).	71
Cuadro 14. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de plagas en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	72
Cuadro 15. Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	72
Cuadro 16. Análisis de dominancia de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	73
Cuadro 17. Análisis marginal y tasa de retorno marginal de los sistemas no dominados en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnica NFT aplicada en Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	32
Figura 2. Distribución de unidades experimentales en el sistema hidropónico, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	39
Figura 3. Distribución de unidades experimentales en el sistema semihidropónico, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	40
Figura 4. Distribución de unidades experimentales en el sistema convencional, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.	40

I. INTRODUCCIÓN

El Zucchini ofrece la posibilidad de usos intensivos que se pueden difundir entre los productores y agroindustriales de esta Cucurbitáceae, para lo cual es necesario la generación de tecnología orgánica tanto a nivel de campo como en la preparación de purés o alimentos similares (conservas), así se potencia la creación de fuentes de trabajo. La variabilidad genética, colorido, formas y las nuevas tendencias de consumo, como mini vegetal (Baby Zucchini), puede incrementar aun más el desarrollo de un mercado de exportación para esta hortaliza no tradicional (Lira y Montes 2002).

Dentro de éste contexto, es importante introducir y evaluar el uso de hongos benéficos como son las micorrizas, cuya importancia no estriba únicamente en que puedan representar la mayor fracción de la biomasa del suelo, sino que su función clave radica en que su abundante micelio intra y extra radical, constituye un enlace entre las plantas y el suelo (PHC 2004). También es importante destacar que las micorrizas contribuyen a la nutrición de la planta, fertilidad del suelo; además aumenta el crecimiento de raíces, la cantidad de flores y frutos, la absorción de agua, la eficiencia de hierro, la disponibilidad de nutrientes, el rendimiento y la producción; por otro lado, el uso de micorrizas reduce la pérdida de plantas, el uso de fertilizantes, la incidencia de enfermedades, la necesidad de pesticidas, los daños por calor y las pérdidas por sequías (Tecnologías Naturales Internacional 2003).

Acogiendo las consideraciones enunciadas anteriormente, se planteó la investigación en Zucchini, un cultivo no tradicional, a fin de realizar la inoculación con hongos arbusculares para verificar el desarrollo y crecimiento de micorrizas, establecer

el aumento del rendimiento y calidad de la hortaliza. Además, se esperaba mejorar la extracción de nutrientes y agua, y de esta forma cumplir con una función clave como es la reducción de insumos químicos con el consecuente efecto favorable para el ambiente y la salud de los consumidores (Projar 2004).

Para una referencia del cultivo, el PROEXANT (Producción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales) introdujo el Zucchini al Ecuador en la década de los ochenta pero no desarrolló la información suficiente sobre el cultivo, por lo que no se encuentran proyectos complementarios que den información a los agricultores y conserveros; esto determinó que la investigación propuesta comience a desarrollar paquetes tecnológicos, que permitan un manejo orgánico del Zucchini, a mediano y largo plazo, de tal forma que el Ecuador ingrese a este rubro de mercado internacional, cuya característica principal es hortalizas orgánicas sin residuos tóxicos.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inoculación micorrícica, sobre las características fenológicas y agronómicas del Zucchini (*Cucurbita pepo* Vr. Condesa L.) cultivado en tres sistemas de producción en la Hacienda Greenlab en dos ciclos productivos.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar el efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre los componentes fenológicos y del rendimiento del Zucchini en tres sistemas de producción.

Evaluar la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo dentro de los sistemas de producción.

Determinar la persistencia de hongos arbusculares en el sistema convencional entre un ciclo y otro.

Destacar el sistema de producción más económico.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. LA CALABACITA

La familia Cucurbitáceae es un grupo taxonómico que ofrece un amplio número de especies que son utilizadas para la alimentación del ser humano. Entre estas especies se encuentra la Calabacita y particularmente el Zucchini que es una hortaliza no tradicional y que puede ser cultivada durante todo el año en Ecuador, siempre que se disponga de un sistema de riego adecuado (Barahona 2003).

1. Origen

La Calabacita es originaria de México y América Central. Los restos más antiguos encontrados en México se encuentran en el valle de Oaxaca (8700 A.C. – 700 D.C.) y en las cuevas de Ocampo y Tamaulipas (7000 – 5000 A.C.) (Lira y Montes 2002).

2. Valor nutricional

Sus cualidades nutricionales son notables. En 100 gramos de Zucchini se tiene 90 – 95% de agua, 0.30 – 1.80 gramos de proteínas, 1.70 – 2.05 gramos de glúcidos, 0.20 – 0.40 gramos de lípidos, 100 – 400 unidades internacionales de vitamina A, 0.05 – 0.07 miligramos de vitamina B1, 0.04 – 0.09 miligramos de vitamina B2, 15 – 20 miligramos de vitamina C, 21 miligramos de Fósforo, 18 miligramos de Calcio, 0.60 miligramos de Hierro y 10 – 18.20 kilocalorías (Infoagro 2003).

3. Descripción botánica

El Zucchini presenta una raíz pivotante muy desarrollada en relación a sus raíces secundarias, las cuales se presentan de manera superficial. Existe la posibilidad de aparición de raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando hay contacto con una superficie húmeda (Universidad Politécnica de Valencia 2003).

El tallo presenta un crecimiento en forma sinuosa. Es cilíndrico, grueso, de superficie pelosa, áspero al tacto y con entrenudos cortos, de los que salen las hojas, flores, frutos y zarcillos (Infoagro 2003).

Las hojas son de limbo grande con 5 lóbulos pronunciados de margen dentado. Puede o no tener manchas blancas dependiendo de la variedad. El haz es glabro y el envés es áspero y está recubierto de fuertes pelos cortos y puntiagudos a lo largo de las nervaduras (Universidad Politécnica de Valencia 2003).

El Zucchini es una planta monoica lo cual significa que en el mismo pie de planta se desarrollan flores masculinas y femeninas, las cuales son solitarias, vistosas por su color amarillo anaranjado, axilares, grandes y acampanadas (Martínez 2003).

El fruto es un pepónide carnoso que presenta una cavidad central de forma alargada y cilíndrica. Su superficie es lisa aunque también existen frutos verrugosos. El color es variable, puede ser verde, blanco y/o amarillo (Barahona 2003).

4. Requerimientos edafoclimáticos

El Zucchini no es muy exigente en cuanto a los requerimientos edafoclimáticos. La temperatura de germinación varía entre 20 a 25 °C. Una vez en el campo, durante la fase vegetativa, la planta requiere de 25 a 30 °C, mientras que en la floración la temperatura debe ser de 20 a 25 °C (Martínez 2003).

La humedad para el desarrollo de éste cultivo oscila entre 65 y 80 %. El Zucchini posee gran cantidad de agua (alrededor del 95%) lo que significa que debe existir una disponibilidad suficiente de agua; sin embargo, humedades muy altas ocasionan problemas fitosanitarios (Barahona M., 2003). La luminosidad es un aspecto de gran importancia ya que influye directamente en el aumento de la cosecha (Martínez 2003).

Barahona (2003) señala que éste cultivo no es muy exigente en cuanto al tipo de suelo, sin embargo prefiere suelos orgánicos, francos, profundos y bien drenados. Los valores de pH deben oscilar entre 5.5 – 6.8, mientras que la conductividad debe ser de 4 – 6 mmhos.

5. Siembra

El Zucchini es una planta de propagación sexual. Se siembra de forma directa, a pesar que también se lo puede hacer de manera indirecta a través de piloneras plásticas para su posterior trasplante; esto es cuando las plántulas alcanzan una altura de 12 cm o cuando poseen de 3 a 4 hojas verdaderas (Oirsa 2003).

6. Marcos de plantación

La distancia entre plantas puede variar entre 40 y 90 cm. Se puede sembrar en doble hilera siguiendo una distribución tres bolillo, con una distancia de 40 cm entre hileras y de 60 a 100 cm entre doble hileras para lograr densidades de 15000 plantas por hectárea (Barahona 2003).

7. Prácticas culturales

a. Aclareo

Es la eliminación de las plántulas cuando han nacido más de una por golpe en siembra directa. Se realiza cuando las plántulas presentan de 3 a 4 hojas verdaderas. En caso de ejecutar un segundo aclareo se recomienda cortar en la base del tallo en lugar de arrancarlas para evitar daños (Lira y Montes 2002).

b. Aporque

Es cubrir con tierra el cuello de la planta para reforzarla y favorecer el desarrollo radicular (Lira y Montes 2002).

c. Tutorado

Consiste en colocar un hilo de polipropileno, atado por uno de sus extremos a la planta y por el otro a guías que soportan su peso. Esta práctica se realiza

en el momento que la planta comienza a perder su verticalidad para aprovechar mejor la iluminación, mejorar la ventilación, reducir el ataque de enfermedades y facilitar las labores y prácticas culturales (Infoagro 2003).

d. Deshojado

Se efectúa cuando las hojas bajas se encuentran muy envejecidas o cuando se presentan problemas a causa de falta de luminosidad o de aireación. No se debe eliminar demasiadas hojas pues influye directamente en la producción (Lira y Montes 2002).

e. Riego

Según Martínez (2003), es aconsejable realizar riegos cada 8 días con un acumulado de 600 mm. Se recomienda suprimir los riegos durante la floración.

f. Limpieza de flores

Las flores del Zucchini caen cuando han cumplido su función y se descomponen rápidamente, por lo cual se debe realizar una limpieza ya que son una fuente potencial de inóculo de enfermedades (Lira y Montes 2002).

g. Raleo de frutos

Consiste en suprimir los frutos que presenten malformaciones, daños a causa de enfermedades, malformaciones o crecimiento excesivo, para eliminar posibles fuentes de inóculo y evitar el agotamiento de la planta (Infoagro 2003).

8. Plagas y enfermedades

El Zucchini es un cultivo susceptible a muchas plagas, tal es el caso de Araña roja (*Tetranychus urticae*), Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), Pulgón (*Aphis gossypii*), Trips (*Frankliniella occidentalis*), Minadores de hoja (*Liriomyza trifolii*), Orugas (*Spodoptera exigua*), Nemátodos (*Meloidogyne javanica*, *M. arenaria* y *M. incognita*), Diabrotica (*Diabrotica s.p*), Pulga saltona (*Epitrix cucumeris*) y Chicharrita (*Empoasca sp*) (Universidad Politécnica de Valencia 2003).

Las enfermedades que más afectan a éste cultivo son: Cenicilla vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*), Cenicilla polvosa (*Erysiphe cichoracearum*), Antracnosis (*Colletotrichum lagenarium*), Podredumbre gris (*Botryotinia fuckeliana*), Podredumbre blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*), Podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*) (Morales 2005 y Universidad Politécnica de Valencia 2003).

Los virus que afectan al Zucchini son: el Virus del Mosaico Amarillo del Zucchini (VMAZ), Virus del Mosaico del Pepino (VMP), Virus del Mosaico de la Sandía (VMS), Virus de las Venas Amarillas del Pepino (VVAP) y Virus de la Mancha Angular del Tabaco (VMAT) (Morales 2005).

9. Fisiopatías

a. Plateado

El limbo de las hojas adquiere un aspecto plateado y los frutos cuajados se quedan pequeños y de un color verde claro y un aspecto plateado. Existe relación entre este desorden y el ataque de la mosca blanca debido a la existencia de un factor toxicogénico asociado con la alimentación de las ninfas de dicho insecto (Martínez 2003).

b. Frutos chupados

Los frutos no se desarrollan uniformemente y quedan “chupados”; generalmente por la extremidad apical. Este desorden es atribuido a cambios bruscos de temperatura y humedad ambiental, falta de agua en el suelo, estrés hídrico o tratamientos fitosanitarios (Martínez 2003).

c. Frutos anieblados

Los frutos detienen su desarrollo en un estado muy precoz y finalmente se pierden. El agotamiento de la planta, la falta de vigor vegetativo o los tratamientos fitosanitarios son responsables de éste desorden (Infoagro 2003).

d. Frutos torcidos y cogollos partidos

Los frutos se doblan por el centro debido a un mal cuajado, mientras que los cogollos partidos se producen por un exceso de vigor del cultivo (Infoagro y Martínez 2003).

10. Cosecha

Oirsa (2003), menciona que la cosecha se inicia aproximadamente a partir de los 60 días, si se pretende comercializar un producto tierno, o a los 120 días si se pretende un Zucchini maduro. La cosecha se debe realizar de manera manual mediante la utilización de tijera o cuchillo. Se recomienda cosechar con 1 o 2 cm de pedúnculo así como también evitar golpes. La cosecha se puede extender hasta por 2.5 meses.

Un Zucchini de calidad es aquel que presenta uniformidad, tejido interno y piel intactos (libres de manchado, cortaduras, magulladuras, abrasiones y picaduras), firmeza global, brillo de la piel y buena apariencia del tallo residual (bien cortado e intacto). La forma (característica de cada tipo o variedad) uniforme es un importante factor de calidad así como la ausencia de frutos retorcidos o con otros defectos por crecimiento desproporcionado. En contratos comerciales se puede exigir longitudes y/o pesos determinados (Infoagro 2003).

11. Poscosecha

El almacenamiento de Zucchini se lo realiza a temperaturas entre 3 y 4 °C y con humedades que bordean el 90 %. El producto se puede conservar hasta 10 días sin que pierda sus cualidades (Oirsa 2003).

B. MICORRIZAS

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre ciertos hongos que habitan en el suelo y las raíces de plantas vasculares. Fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en 1885, en las raíces de algunos árboles forestales; recién en 1900 el francés Bernard, puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas (Popoff 2001).

Para el mismo autor, las micorrizas eran consideradas como excepciones; pero ahora se sabe que casi la totalidad de las plantas verdes con algunas excepciones, viven en simbiosis con hongos. Las primeras que despertaron interés fueron las micorrizas de los árboles forestales, y para las plantas cultivadas comenzaron a estudiarse en 1910; pero, según Popoff (2005), es con los trabajos de Mosse en Inglaterra, cuando se empieza a reconocer la importancia y la generalidad de esta simbiosis.

Curtis y Barnes (1993), encontraron que cuando las plantas de muchos árboles forestales se hacen crecer en soluciones nutritivas y luego se trasplantan a praderas, no crecen y finalmente mueren por desnutrición, aunque el análisis muestre que hay abundantes nutrientes en el suelo. Sin embargo, si una pequeña cantidad (0,1% en volumen), del suelo de un bosque que contenga hongos se agrega al suelo que rodea a

las raíces de las plántulas, éstas crecerán rápida y normalmente. Se piensa actualmente que las micorrizas están presentes en más del 90% de todas las familias de plantas.

La simbiosis supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados, y tanto el hongo como la planta se ven favorecidos por la asociación: el hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes minerales y agua, que extrae del suelo por medio de su red externa de hifas, mientras que la planta suministra al hongo sustratos energéticos y carbohidratos que elabora a través de la fotosíntesis (Hernández 1999).

La asociación micorrízica involucra tres vías de interacción entre las plantas hospederas, hongos mutualísticos y factores del suelo (CSIRO 2000).

1. Tipos de micorrizas

Hasta la actualidad se han clasificado siete tipos de micorrizas siguiendo criterios estructurales, funcionales y taxonómicos, en: Ectomicorrizas, Endomicorrizas o Micorrizas Arbusculares (MA), Ectendomicorrizas, Arbutoides, Monotropoides, Ericoides y Orquidioides. En cuanto a las estructuras formadas, el tipo de colonización y a la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas, se puede decir que las micorrizas arbusculares son las de mayor importancia y las que más ampliamente se encuentran distribuidas (tanto a nivel geográfico como dentro del Reino Vegetal). Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding 1991) y está presente en la

mayoría de las Angiospermas; siendo las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferae*, las excepciones de mayor importancia (Blanco y Salas 1997).

Las ectomicorrizas son asociaciones donde Basidiomycetes y otros hongos forman pequeños bultos laterales en las raíces cubiertos de manto hifal. Estas raíces tienen redes de hifas alrededor de las células en la epidermis (CSIRO 2000), y se encuentran principalmente en especies de las familias: Fagaceae, Pinaceae, Betulaceae y otras especies de interés forestal (Duchicela y González 2003). El extremo de una raíz ectomicorrizada típicamente está cubierta por un manto de hifas, como una vaina, que puede ser desde una capa floja hasta pseudo-parenquimática. Desde este manto se extiende una red de hifas entre las primeras capas de células de la corteza radical y rara vez llegan hasta la endodermis, pero sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas. Esta red se llama "red de Hartig", donde las hifas también pueden tener muy variadas formas. Desde el manto hacia afuera se extiende la red micelial, incluso llegando a formar cordones especializados en la conducción de sustancias. Las ectomicorrizas están ampliamente dispersas en la naturaleza y se estima que el 10% de la flora mundial presenta este tipo de asociación (Popoff 2001).

Las asociaciones de las ectomicorrizas, arbutoides y monotropoides son muy similares a las de las ectomicorrizas, sin embargo las arbutoides establecen la simbiosis entre *Archostaphylos*, *Arbutus*, *Pyrola* y otros con hongos basidiomycetos; y las monotropoides entre miembros de la familia Monotropaceae también con hongos basidiomycetos (Duchicela y González 2003).

Las micorrizas del tipo orquidiode consisten en redes de hifas dentro de las raíces o tallos de plantas de la familia Orchidaceae. Las orquídeas jóvenes de semillero y muchas plantas adultas con deficiencia de clorofila son completamente dependientes de hongos micorrícicos para sobrevivir. Por último, las micorrizas ericoides tienen redes de hifas que forman ovillos en el exterior de las células de las raíces de plantas del orden de los Ericales (CSIRO 2000).

2. Micorriza arbuscular

La micorriza arbuscular es la más ampliamente difundida en el reino vegetal, la colonización del hongo se extiende por la epidermis y el parénquima cortical, nunca penetra en la endodermis ni en los tejidos vasculares y meristemáticos; estableciendo una marcada diferencia con las infecciones radicales de hongos patógenos que sí penetran en los haces conductores y meristemas (Hernández 1999).

El proceso de formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas de resistencia en el suelo, cuando las condiciones ambientales de temperatura y humedad son favorables. Tras la emisión del tubo o tubos germinativos, el micelio del hongo crece hasta encontrar una raíz hospedadora, donde forma entonces una estructura similar a un apresorio y penetra entre las células epidérmicas o a través de los pelos radicales. Después de la penetración comienza la colonización del tejido parenquimático de la raíz. En la capa interna de este tejido se forman los arbusculos, producidos por una ramificación masiva de la hifa después de penetrar la pared celular (Hernández 1999).

La hifa ramificada se encuentra rodeada por la membrana plasmática de las células del parénquima cortical, siendo el espacio apoplástico producido entre la membrana plasmática y el hongo la zona de intercambio de nutrientes. La vida de los arbusculos es muy corta, inferior a 15 días. Las vesículas se forman generalmente en los extremos de las hifas del hongo y pueden producirse a lo largo de todo el parénquima cortical colonizado; suelen aparecer más tarde que los arbusculos y son consideradas órganos de reserva, principalmente de lípidos. La colonización del hongo puede extenderse también mediante hifas exteriores (runners) por la superficie de la raíz y penetrar en ésta a intervalos irregulares (Sieverding 1991).

Cuando la fijación interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo (micelio externo) y explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente su superficie de absorción, de 100 a 1000 veces, y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y de agua (Hernández 1999).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares producen, normalmente, esporas a partir del micelio externo, y también en algunos casos, las forman en el interior de la raíz a partir de micelio interno. Las esporas de resistencia pueden permanecer inalteradas en el suelo por mucho tiempo, mientras que las hifas del hongo se colapsan tras una permanencia de 2 a 4 semanas en el suelo si no encuentran una raíz hospedadora, (Blanco y Salas 1997).

Las micorrizas arbusculares (MA) pertenece al orden Glomales, suborden Glomineae que tiene 2 familias: **Glomaceae** que comprende los géneros *Glomus* y

Sclerocystis, **Acaulosporaceae**, que incluye 2 géneros: *Acaulospora* y *Entrophospora*.

El orden Gigasporineales, tiene una sola familia: **Gigasporeaceae** con 2 géneros: *Gigaspora* y *Scutellospora* (Bentivenga y Morton 1994). Se ha estimado que alrededor del 95% de las especies de plantas vasculares pertenecen a familias que son característicamente micorrizadas (Safir 1994). Un gran número de géneros y especies de **Amaranthaceae**, **Brassicaceae**, **Caryophyllaceae**, **Commelinaceae**, **Cyperaceae**, **Juncaceae**, **Fumariaceae**, **Lecythidaceae**, **Portulacaceae**, **Proteaceae**, **Restionaceae**, **Sapotaceae**, **Urticaceae** y **Zygophyllaceae** no forman micorriza (Blanco y Salas 1997).

a. Importancia de las micorrizas en la agricultura

Las micorrizas cumplen una función clave en la agricultura sostenible, al reducir el uso de insumos químicos con el consecuente efecto favorable para el ambiente y la salud de los consumidores; esto afianza la necesidad de trabajar con los hongos micorrizógenos para compensar la reducción de insumos. Esto coincide con el grado de empobrecimiento o desaparición de la microflora que es un indicador del descenso en la relación del sistema planta – suelo, de la misma forma que el nivel de estrés causado por las prácticas culturales que también afecta la sostenibilidad de la agricultura (Blanco y Salas 1997).

La importancia de las micorrizas no estriba únicamente en que puedan representar la fracción mayor de la biomasa del suelo, sino que su función clave radica en que su abundante micelio intra y extra radical, constituye un enlace entre las plantas y el suelo, es decir, que influye e interactúa con los componentes bióticos y abióticos del suelo (Corpoica 2004).

La asociación micorrízica es una estructura, en la cual una unión simbiótica entre un hongo y los órganos absorbentes (las raíces) de una planta, confiere incremento de la adaptabilidad (fitness) de uno o los dos participantes. Esta definición reconoce la naturaleza multifuncional de la simbiosis en el sistema suelo – planta. Desde una percepción de la comunidad, la asociación micorrízica puede expresar numerosas características potenciales, desde nutrimentales hasta de otros tipos, como son: movilización de nutrimentos de sustratos complejos, resistencia a enfermedades, al estrés climático; como la sequía y el impacto de los contaminantes (Duchicela y González 2003).

Cuando se forma la micorriza, se altera la fisiología y exudación radicales, lo que a su vez cambia la población microbiana circundante ya que el micelio extrarradical, que en sí mismo es un sustrato alimenticio para otros microbios, puede extenderse más allá de los 9 cm desde la raíz transfiriendo así compuestos de carbono y ampliando la esfera de influencia de la biota rizosférica a mayor distancia. Desde esta óptica la micorriza no solo contribuye a la nutrición de la planta, puesto que explora un volumen de suelo mayor que el de la raíz sola, sino también a la nutrición del suelo, por cuanto incrementa la actividad microbiana (Corpoica 2004).

b. Efectos de la micorriza arbuscular

Las micorrizas actúan a varios niveles, provocando alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas hospedadoras como cambios en la relación tallo-raíz, en la estructura de los tejidos radicales, en el número de cloroplastos, aumento de la lignificación (la lignificación es la transformación de los órganos

herbáceos en leñosos), alteración de los balances hormonales, efectos que no son sólo explicables como una simple mejora nutritiva de la planta debida al aumento de eficacia en la absorción de nutrientes por la raíz gracias a la formación de la micorriza, sino que responde a cambios metabólicos más profundos y complejos debidos a la integración fisiológica de los simbioses (Hernández 1999)

Para simplificar las interacciones múltiples entre las micorrizas, las plantas, el suelo, la microflora, microfauna y el ambiente circundante se abordan tres secciones: micorrizas y nutrición vegetal, micorrizas y microorganismos del suelo y prácticas agrícolas con micorrizas (Corpoica 2004).

1) Micorriza y nutrición vegetal

Los iones más móviles de la solución del suelo, como NO_3 , son fácilmente accesibles para las raíces absorbentes, que los elementos poco móviles como los de P, Zn, Cu y Mo, y en menor grado K y S. La absorción de los iones menos móviles depende del volumen de suelo explorado por el sistema de raíces absorbentes. En este caso, la micorriza tiene ventaja sobre la raíz no micorrizada porque el micelio externo se extiende a mayor distancia que los pelos radicales (Blanco y Salas 1997).

Para los mismos investigadores, desde el punto de vista nutricional, el mayor beneficio que las plantas derivan de la micorriza es un mayor crecimiento debido a un incremento en la absorción de P, cuando este elemento es limitante. Teniendo la mayor parte de los suelos tropicales poca disponibilidad de P para las plantas, la utilidad de las micorrizas en estas condiciones resulta obvia. Cuando el P no

es limitante, el beneficio puede ser nulo o reducido, según el grado de dependencia micorrícica de la planta. Es conocido además que altos niveles de P inhiben la simbiosis.

La absorción de fósforo se realiza a partir de la solución del suelo, este se acumula en las vacuolas del micelio externo y viaja varios centímetros a lo largo de las hifas y se entrega a las estructuras especializadas de los arbusculos. Aquí el polifosfato se despolimeriza y se transfiere a la célula hospedante. Durante este proceso diferentes transportadores de fósforo están involucrados. Harrison y Van Bluren clonaron un transportador de P que se expresa en el micelio externo de *Glomus vermiforme*; este transportador fue importante para activar la utilización de fósforo desde el suelo (probablemente en forma de polifosfato). Todavía falta mucho por aprender acerca de los sistemas de transporte, especialmente como el hongo libera el fósforo y así la planta lo puede tomar (Blanco y Salas 1997).

Las evidencias sugieren que las plantas micorrizadas utilizan el N más eficientemente que las no micorrizadas, fenómeno que tiene como consecuencia la exudación de iones H^+ , tanto por las hifas como por las raíces. Esto podría reducir el pH de la rizósfera y así aumentar, la disponibilidad de P proveniente de fuentes lentamente solubles de la roca fosfórica (Duchicela y González 2003).

La respuesta de la planta a la inoculación con micorriza arbuscular depende del nivel de fertilidad del suelo, de la planta hospedera y del hongo. Plantas micótrofas obligadas pueden presentar una respuesta alta (yuca) o leve; plantas micótrofas facultativas podrán presentar una respuesta alta (maíz) o baja (sorgo) a la

micorriza (Sieverding 1991). Por otro lado, se ha demostrado diferencias intraespecíficas en la respuesta de la planta a la inoculación con MA. Ejemplos han sido presentados por varios autores (Clement y Habte 1995, Di Allen 1991). Además, las especies fúngicas también presentan diferencias interespecíficas de efectividad para absorber P y otros nutrientes y traslocarlos a la planta. Del mismo modo, morfotipos de la misma especie de micorriza arbuscular, colectados de varios sitios confieren diferente beneficio fisiológico a la misma especie de planta (Blanco y Salas 1997).

2) Micorrizas y microorganismos del suelo

Uno de los efectos más interesantes de las micorrizas es su papel en relación con el ecosistema en el que se desarrollan; así interaccionan con diversos microorganismos de la micorrizósfera estableciendo cooperaciones provechosas con unos y compitiendo con otros generalmente de tipo patógeno, e incluso interactuando con la microfauna de la rizósfera (Nemátodos, áfidos, ácaros) aunque su papel aparentemente protector es relativo (Hernández 1999)

Los microorganismos del suelo presentan interacciones complejas que afectan la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas. Los hongos además de su efecto directo en la nutrición de las plantas inducen cambios fisiológicos que comprenden un aumento en la tasa fotosintética y redistribución del carbono fijado en mayor proporción hacia las raíces. Estudios realizados por Lynch y Whipps y Finlay y Soderstrom han indicado que las plantas micorrizadas transfieren hacia la micorriza entre 6 y 12% adicional del total del carbono fijado en comparación con las plantas no

micorrizadas. Esto, al final, representa un notable aumento del carbono disponible para la actividad microbiana (Blanco y Salas 1997).

a) Micorrizas y fauna del suelo

Rabatin y Stinner (1989) en su revisión sobre la interacción de micorrizas arbusculares con macroinvertebrados del suelo (ej. lombrices, nemátodos) concluyen que tienen un efecto neto positivo en las poblaciones de micorriza arbuscular y contribuyen a su distribución espacial. Sin embargo, hay informes de reducción del crecimiento de hongos en experimentos controlados con microartrópodos. Se ha demostrado que los *Collembola* se alimentan de las hifas extrarradicales de los hongos arbusculares, causando reducciones en su efectividad y reducen la longitud de raíz colonizada (Kaiser y Lussenhop 1991).

b) Fijación Biológica del Nitrógeno

La colonización de raíces por micorriza arbuscular es estimulada por *Rhizobium* y a la vez el hongo favorece la nodulación e incrementa el número de nódulos en plantas micorrizadas versus no micorrizadas. Además, el contenido de P de los nódulos de plantas micorrizadas es generalmente mayor que en las plantas no micorrizadas. Muchos coinciden en que el aumento de la fijación de N en plantas micorrizadas es debido al aumento de la nutrición de P del hospedero. También la interacción de la micorriza con *Frankia* (actinomicete fijador de N) es sinérgica. También se ha demostrado que inoculaciones con bacterias libres fijadoras de N y hongos arbusculares favorecen el crecimiento de las plantas (Blanco y Salas 1997).

c) Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas

Existe evidencia de que bacterias promotoras del crecimiento como *Pseudomonas putida* (cepa F-44), actúan sinérgicamente con algunas especies de hongos micorrícicos; el efecto es mayor si son inoculados simultáneamente a la siembra. El hongo es favorecido en una mayor producción de esporas, aspecto que podría considerarse en la producción de inóculo de micorriza arbuscular (Sieverding 1991). Se ha considerado que la producción de sideróforos es un mecanismo del modo de acción de bacterias promotoras del crecimiento. Actualmente a los hongos micorrícicos se les involucra en el suplemento de Fe a las plantas y los sideróforos pueden estar involucrados en la transferencia de Fe a las zonas de absorción de las micorrizas (Blanco y Salas 1997).

d) Efectos de la micorriza contra patógenos de plantas

Muchos son los trabajos que demuestran el beneficio de la micorriza para la planta contra la incidencia y severidad de hongos patógenos del suelo. Ejemplos de beneficios se han dado en tomate contra *Fusarium oxysporum*, *Pseudomonas syringae* y *Erwinia caratovora*, y *Corticium rolfsii*; en algodón contra *Verticillium dahliae*; en fresa contra *Fusarium oxysporum*; en alfalfa contra *Verticillium albo-atrum* y *Fusarium oxysporum*; en pepino contra *Pythium ultimum* (Blanco y Salas 1997).

Actualmente hay experiencias exitosas a nivel de campo empleando formulaciones comerciales de hongos benéficos (*Glomus intrarradices* y

Trichoderma harzianum) antagonistas de *Fusarium oxysporum* que ataca tomate. Las infecciones radicales por nemátodos patógenos son generalmente menores sobre plantas micorrizadas que sobre plantas no micorrizadas, pero la respuesta puede variar, y los mecanismos involucrados son controversiales (Blanco y Salas 1997).

3) Prácticas agrícolas y micorriza

Muchas prácticas de la agricultura moderna convencional, caracterizada por el elevado empleo de insumos, además de resultar en altos rendimientos, han traído consigo inestabilidad para los sistemas agrícolas de producción. Algunas manifestaciones de esto son la contaminación ambiental, la reducción o pérdida total de poblaciones de enemigos naturales de plagas, la pérdida de fertilidad de los suelos, el surgimiento de nuevas plagas, el descenso de los rendimientos de cosechas, la necesidad de niveles más altos de agroquímicos para mantener los rendimientos, el descenso de los ingresos netos, etc. Las micorrizas son un agente estabilizador de los agroecosistemas. Las prácticas culturales las afectan de tal forma que pueden contribuir con los rendimientos de los cultivos, o contrarrestarlos. A continuación se mencionan algunas de las prácticas más influyentes (Centro Tecnológico Forestal de Catalunya 2003).

a) Efecto de la labranza en el suelo

El efecto más importante de la labranza en el funcionamiento de la micorriza es el resquebrajamiento de la red de micelio extrarradical y la consecuente reducción de su infectividad. Según mencionan Blanco y Salas (1997), los

experimentos de campo de Vivekanadan y Fixen con el cultivo de maíz, mostraron que en suelo menos disturbado se obtuvo más colonización radical por hongos micorrícicos, más rendimiento de materia seca y menor respuesta al P agregado. La ruptura de la red de hifas de hongos micorrícicos y saprofiticos expone, además, al suelo a la erosión, pues las hifas atrapan los microagregados del suelo (> 0.25 mm diámetro) en macroagregados, contribuyendo a la estabilidad física del suelo. La longitud hifal (m/g) y el volumen total de agregados estables a la acción de agua están relacionados (Blanco y Salas 1997).

b) Efecto de las quemas de vegetación y residuos

Aunque el uso de calor es una forma antigua de esterilizar suelo, investigaciones realizadas han demostrado que la quema de rastrojos no disminuye cuantitativamente la población de hongos micorrícicos ni su infectividad. No obstante es muy posible que los efectos indirectos de las quemas (mayor erosión y pérdida de fertilidad del suelo, cambio en composición de especies de la cubierta vegetal) sí produzcan cambios que aún no se han estudiado (Blanco y Salas 1997).

c) Efecto de la fertilización

La habilidad de la micorriza para suplir P y otros nutrientes a las planta es ampliamente conocido. Por el contrario, el efecto de la fertilización en la micorriza no está suficientemente estudiado; se sabe que depende de numerosos factores clase de fertilizante, características del suelo, cultivo, clase de agroecosistema, hongos micorrícicos en el suelo, etc. En general, altos niveles de N y P afectan negativamente

el funcionamiento de la micorriza mientras que bajas fertilizaciones con K son benéficas. Se sabe que distintas especies de micorrizas arbusculares varían en su respuesta a la fertilización lo que puede resultar en selección de especies poco sensitivas al fertilizante y menos efectivas como mutualistas. Diferentes ecotipos dentro de una misma especie de micorriza arbuscular también pueden responder en forma distinta a incrementos de P agregado (Blanco y Salas 1997).

Existen otros efectos producidos por la micorriza arbuscular entre los que destacan un aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico y a la salinidad, un aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, un incremento de la supervivencia al transplante y un incremento de la fijación del nitrógeno en leguminosas (Hernández 1999)

En las plantas micorrizadas se produce un aumento del contenido de agua, debido a un aumento de la conductividad hídrica de la planta o a una disminución de la resistencia al flujo de agua a través de ella. También puede ser debido a una mayor absorción a través de la extensa red de hifas externas del hongo micorrícico, extendidas más allá de la zona a la cual tiene acceso directo el sistema radical. La planta hace un mejor uso del agua y es capaz de recuperarse más rápidamente en caso de estrés hídrico (Blanco y Salas 1997).

Se plantea que los niveles de etileno que estimulan la formación y desarrollo de las micorrizas arbusculares pueden estar relacionados con la resistencia de la planta hospedadora a factores de estrés del suelo. Bajos niveles de etileno producidos por estrés en la planta, parecen inhibir temporalmente el crecimiento

de las raíces, pero al mismo tiempo se promueve la actividad del hongo micorrícico en la rizósfera, con lo que se minimiza el efecto estresante sobre la planta. La consecuencia de la acción del hongo es una alteración positiva del equilibrio hormonal de la planta que favorece su estado fisiológico y nutricional. (Blanco y Salas 1997)

C. HIDROPONÍA

La palabra hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra (Correa 1997).

Cuando se habla de hidroponía se tiende a asociarlo con el Japón como poseedor de alta tecnología, pero esto no es necesariamente cierto. La hidroponía no es una técnica moderna, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo cultura y civilizaciones que la usaron como medio de subsistencia. Por ejemplo, es poco conocido que los aztecas construyeron una ciudad en el lago de Texcoco (la ciudad de México se encuentra ubicada sobre un lago y se está hundiendo), y cultivaban su maíz en barcos o barcazas con un entramado de pajas, y de ahí se abastecían. Hay muchos ejemplos como este; los Jardines Colgantes de Babilonia eran hidropónicos porque se alimentaban de agua que fluía por unos canales. Esta técnica existía en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba, y hoy en día tenemos como referencia a una tribu asentada en el lago Titicaca; es igualmente utilizada comercialmente, desarrollándose a niveles muy elevados, en países con limitaciones serias de suelo y agua. Por ejemplo, es un hecho poco difundido que la hidroponía tuvo un gran auge en la Segunda Guerra Mundial: los ejércitos norteamericanos en el Pacífico se abastecían en forma

hidropónica. En la isla de Hawaii, en Iwo Jima; incluso cuando Estados Unidos ocupó Japón, se hicieron grandes botes hidropónicos para abastecer a sus soldados. De allí nació la hidroponía, en Japón: vino con la Segunda Guerra Mundial, y los japoneses, por falta de espacio y de agua, desarrollaron la tecnología norteamericana a niveles asombrosos (Correa 1997).

Muchos de los métodos hidropónicos actuales emplean algún tipo de sustrato como grava, arena, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, etc., a los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de la planta (Correa 1997).

1. Cultivos sin tierra

Cuando de cultivos sin tierra se trata, una clasificación básica elemental permite dividirlos en tres tipos fundamentales, a saber: cultivos sin sustrato, cultivos con sustrato inerte y cultivos en sustrato no-inerte (Arano 1998).

a. Cultivos sin sustrato

Podemos decir, que este tipo de cultivo es el que debiera recibir exclusivamente el nombre de hidroponía. Los cultivos sin sustrato son verdaderamente trabajos en agua. En esta categoría se pueden incluir varios temas y sistemas; en algunos casos se pueden subdividir los mismos dentro de diferentes técnicas. (Leiva 2004).

La clásica batea profunda con solución nutritiva, basada históricamente en los trabajos de Woodward y de Sachs, ha sido actualizada y modernizada en los últimos años, principalmente por los industriales japoneses. La sencillez y el bajo costo de su implementación son factores fundamentales, por lo que su futuro es promisorio (Arano 1998).

Para el mismo Arano (1998), la técnica de la película nutritiva (TPN) conocida internacionalmente como NFT ("nutrient film technique"), desarrollada probablemente por el Dr. Alan Cooper en Inglaterra, aunque de esto hay algunas discrepancias al respecto, ha sido una de las innovaciones más interesantes de los últimos 20 años. Su implementación, aún en sus formas más simples, requiere un esfuerzo económico algo mayor y cuidados especiales en su manejo. Diferentes formas de la llamada aeroponía también deben considerarse dentro de esta clasificación. Las columnas de cultivo y los paneles planos, verticales u oblicuos, son las formas en la cual hasta el presente las conocemos.

En los últimos años se ha desarrollado con suceso la técnica que se ha dado en llamar de las mareas. Consiste en el relleno y desagote posterior del recipiente que contienen las raíces de las plantas. A través de un "timer" se maneja el ciclo (GCA S.A. 2005).

También merecen especial atención los trabajos de la NASA para el desarrollo de plantas en el espacio extraterrestre. De los que se ha obtenido información directa, uno de ellos se relaciona con la NFT, la técnica de la película nutritiva

adecuadamente modificada para el fin propuesto, y el otro, una novedosa idea llamada técnica del tubo poroso (Arano 1998).

Los brotes de algunas semillas como soja, alfalfa, rábano, etc., generalmente no han tenido cabida hasta el presente en los libros sobre los cultivos sin tierra. En rigor de verdad, las publicaciones al respecto son muy pocas, pero el procedimiento encaja dentro del crecimiento de vegetales por medio acuoso. Merece especial atención el forraje verde hidropónico (FVH o "green fodder"). Esta germinación corta de semillas forrajeras tuvo auge y retracción por períodos (GCA S.A., 2005).

Por último, las algas, un alimento potencialmente muy importante por su alto contenido en proteínas, grasas y carbohidratos, tienen en la hidroponía la oportunidad de su producción en masa. Un sistema de película delgada de solución nutritiva en movimiento, alimentada con aire enriquecido con anhídrido carbónico y suficiente luz para su acción fotosintética, hacen viable esta posibilidad económica de esta actividad (Fortunecity 1999).

b. Cultivos con sustrato inerte

Son muchos, y cada vez más, los medios de cultivo que se han ensayado y se usan en la actualidad. Es posible pensar en nuevos sustratos en desarrollo para el futuro cercano (Correa 1997).

Arena y grava entre los históricos, aserrín, leca, turba, perlita, vermiculita, piedra pomez, "pumice", fibra de coco, cascote, lana mineral, kuntan, espumas sintéticas y lana de vidrio, entre los más modernos, conforman un listado no exhaustivo de los sustratos inertes (Arano 1998).

Entre los métodos en los cuales se utilizan estos sustratos se destacan principalmente los sistemas en bateas, los que utilizan bolsas, al menos de dos tipos fundamentales, y los cultivos en tubos verticales. Para la misma autoría, algunos de estos sustratos se usan para las alfombras de césped en rollos y para sistemas ornamentales en forma de maceteros completamente equipados para las prácticas, ya sea hidropónicas puras o de cultivos sin tierra con sustratos inertes (GCA S.A., 2005).

2. Técnica de la película nutritiva NFT (nutrient film technique)

El crecimiento de las plantas se produce en canales donde circula una solución nutritiva en una película muy fina. Originalmente las raíces de las plantas previamente producidas en potes llenos con material inerte fueron colocadas sobre una lámina de polietileno negro en superficie plana con una caída del 1%. Con posterioridad se agregó una pequeña cama esponjosa. Se levantan las partes laterales del polietileno con el objeto de evitar el desparramo de la solución como la llegada de la luz a las raíces (Fortunecity 1999).



Figura 1. Técnica NFT aplicada en Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

La NFT es realmente un verdadero sistema hidropónico. La circulación de una película delgada de solución nutritiva por los canales y cañerías del equipamiento a través de las raíces, permite a estas tomar sus alimentos y el oxígeno necesario de dicha solución y del aire circundante. A través de cañerías, el líquido llega a cada conducto en su parte superior y vuelve por gravedad, corriendo entre las raíces. (Arano 1998).

3. Importancia de la hidroponía

Varios autores coinciden en que la hidroponía, considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social. Consideran que dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos como por ejemplo: para producir alimentos en las zonas áridas, para producir en regiones tropicales, para producir bajo condiciones de

clima templado y frío, para producir en lugares donde el agua tiene un alto contenido en sales, para producir en aquellos lugares en donde la agricultura no es posible debido a limitantes de suelo, para producir hortalizas en las ciudades, para producir hortalizas donde son caras y escasas, para producir flores y plantas ornamentales y para realizar investigaciones ecológicas (Leiva 2004).

4. Ventajas del cultivo por hidroponía

La Hidroponía, considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un gran número de ventajas tanto desde el punto de vista técnico como del económico, con respecto a otros sistemas del mismo género, pero bajo cultivo en suelo (Fortunecity 1999).

Entre las que mas sobresalen se pueden mencionar las siguientes: cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación; reducción de costos de producción, permite la producción de semilla certificada, independencia de los fenómenos meteorológicos, permite producir cosechas en contra estación, menos espacio y capital para una mayor producción, ahorro de agua, que se puede reciclar, ahorro de fertilizantes e insecticidas, se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera), limpieza e higiene en el manejo del cultivo, mayor precocidad de los cultivos, alto porcentaje de automatización (Fortunecity 1999).

A más de ello, se tiene un balance ideal de aire, agua y nutrientes, humedad uniforme, excelente drenaje, permite una mayor densidad de población, se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento, perfecto control

del pH, no depende tanto de los fenómenos meteorológicos, mayor calidad del producto, posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta, posibilidad de varias cosechas al año, se puede utilizar agua con alto contenido de sales, se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión (Leiva 2004).

5. Desventajas de la hidroponía

Sin embargo que la Hidroponía presenta múltiples ventajas sobre los sistemas de cultivo en suelo, es lógico que surja la pregunta ¿por qué siendo tan ventajosa no ha alcanzado una popularidad más amplia? Las siguientes son algunas desventajas que presenta el sistema hidropónico: requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica, a nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto, se requiere cuidado con los detalles, se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema, y fundamentalmente requiere de un abastecimiento continuo de agua (Leiva 2004).

6. El sustrato

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales: anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Leiva 2004).

Los granulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total.

Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros (Correa 1997).

Los sustratos más utilizados son: cascarilla de arroz, arena, grava, residuos de hornos y calderas, piedra pómez, aserrines y virutas, ladrillos y tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizada casi únicamente para aligerar el peso de otros sustratos.), turba rubia, vermiculita (Correa 1997).

7. **El riego**

En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrarle los nutrientes necesarios. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual con regadera hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego (Correa 1997).

Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y nutrientes, tuberías de conducción de agua y goteros o aspersores (emisores). El tanque debe ser inerte con respecto a la solución nutritiva y de fácil limpieza, mantenimiento y desinfección. El criterio para seleccionar el tamaño puede variar según el cultivo, localidad, método de control de la solución nutritiva, etc. Cuanto más pequeño sea, más frecuente será la necesidad de controlar su volumen y composición (Arano 1998).

La ubicación del tanque dependerá de la situación del cultivo. En caso de regar por gravedad, deberá tener suficiente altura para lograr buena presión en los goteros, si se riega utilizando una bomba, el tanque puede ser subterráneo (Leiva 2004).

En este, las tuberías de PVC y mangueras de polietileno son las más económicas. El diámetro dependerá del caudal y longitud del tramo (Correa 1997).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

Para la ejecución de la investigación se utilizaron los siguientes materiales de campo: semillas de Zucchini variedad Condesa cultivar Caserta, agua, lixiviado de Cucurbitáceas, nutrientes (nitrato de calcio, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato monopotásico, ácido fosfórico, sulfato de magnesio, nitrato de magnesio, ácido bórico, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, molibdato de amonio, kelato de hierro, kelato de zinc, urea), fertilizante foliar (Kupal), gallinaza, multicepas de hongos arbusculares (CEINCI y Micorral), paja plástica, pesticidas (Imidor, Kocide, Phyton, Thyram, Matababosas) y sustrato.

También se emplearon equipos como balanza, calibrador pie de rey, conductímetro, flexómetro, herramientas (palas, azadones, etc), pH-metro y libro de campo.

Debido a la naturaleza del ensayo de investigación, se contó con lo siguiente: en el sistema hidropónico se utilizaron tubos plásticos PVC (3"), malla de sarán 40%, alambre galvanizado, timer, válvula solenoide y bomba (1/2 HP). Para el sistema semihidropónico se utilizó un invernadero, con piscinas, alambre galvanizado, timer, válvula solenoide y bomba (1/2 HP). En el sistema convencional se utilizó malla antigranizo, hilo nylon, camas, alambre de púas, manguera negra (3/4") y goteros.

Además se utilizaron materiales de laboratorio como hidróxido de potasio (10%), ácido clorhídrico, azul de metileno (0.05%) diluido en lactoglicerol, peróxido de hidrógeno, solución de sacarosa (2M), tamices, papel filtro, autoclave, centrifuga, porta y cubre objetos, cajas petri, microscopio, estereomicroscopio, licuadora, bomba de vacío y vasos de precipitación, así como un computador y una cámara fotográfica.

B. MÉTODOS

1. Descripción del área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en la zona de San Vicente de la Merced, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador, área donde se ubica la Hacienda Greenlab. La zona presenta 14 °C de temperatura media, 1200 mm de precipitación anual y se encuentra a 2600 msnm.

2. Operacionalización de objetivos

a. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre los componentes fenológicos y de rendimiento

En la investigación se evaluaron las características fenológicas y agronómicas del Zucchini inoculado con dos multicepas de micorrizas arbusculares, una comercial (Micorral) y otra obtenida en los laboratorios del CEINCI, en tres sistemas de producción (hidropónico, semihidropónico y convencional), más un testigo absoluto, lo que da un total de 6 tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Simbología de los tratamientos utilizados en la evaluación de consorcios micorrícicos en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SIMBOLOGÍA	TRATAMIENTO
T ₀	Testigo – sistema convencional
T ₁	Multicepa CEINCI – sistema convencional
T ₂	Multicepa Micorral – sistema convencional
T ₃	Multicepa CEINCI – sistema hidropónico
T ₄	Multicepa Micorral – sistema hidropónico
T ₅	Multicepa CEINCI – sistema semihidropónico
T ₆	Multicepa Micorral – sistema semihidropónico

Se trabajó con 19 unidades. El área de ensayo contó con tres diferentes condiciones: el sistema hidropónico estuvo formado por 4 bloques compuestos de 4 tubos de plástico de PVC cada uno, equivalente a una superficie de 15 x 1.1 m; a cada bloque le correspondió un área de 66 m² (Figura 1); el sistema semihidropónico se conformó con 6 piscinas de 8 x 1.20 m con un área de 57.6 m² (Figura 2); mientras que el sistema convencional constó de 9 camas de 12 x 1,20 m para un área de 129,6 m² (Figura 3). El área total fue de 253.2 m².

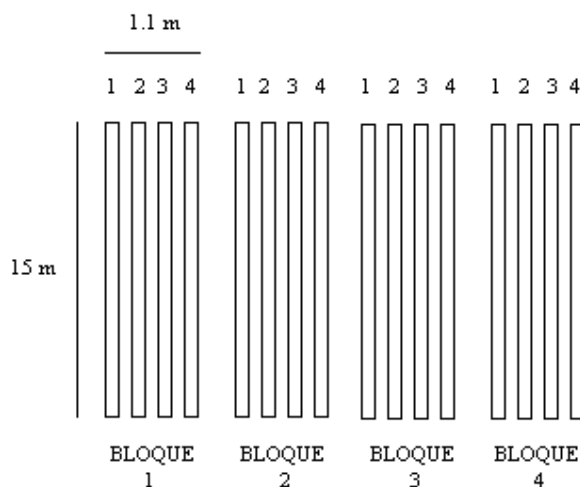


Figura 2. Distribución de unidades experimentales en el sistema hidropónico, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

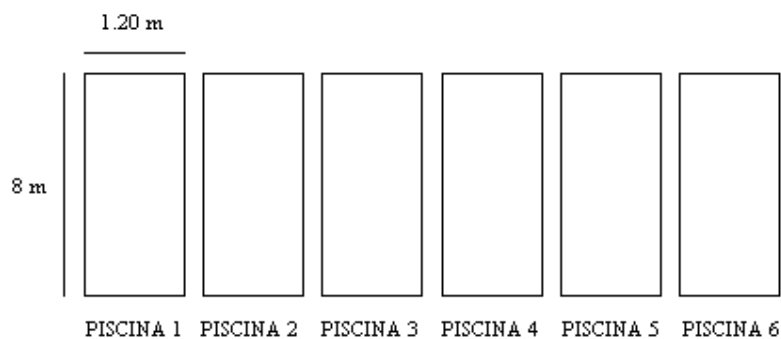


Figura 3. Distribución de unidades experimentales en el sistema semihidropónico, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

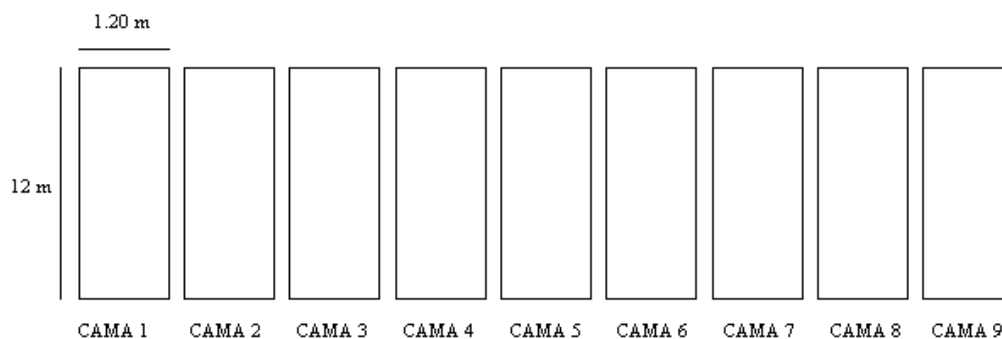


Figura 4. Distribución de unidades experimentales en el sistema convencional, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

El ensayo se llevó a cabo utilizando un diseño de Parcela Dividida, en donde la parcela grande correspondió a los distintos tipos de sistemas de producción y las subparcelas correspondieron a las dos multicepas. Se realizaron tres repeticiones por multicepa en el sistema convencional y semihidropónico, y dos repeticiones en hidroponía. El modelo matemático utilizado para las variables altura de planta y crecimiento de raíz fue:

$$Y_{ijk} = \mu + S_j + \chi_{ij} + MC_k + (SMC)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable aleatoria

μ = media general

S_j = efecto del j – ésimo sistema

χ_{ij} = error del sistema

MC_k = efecto del k – ésimo multicepa

SMC = interacción del efecto del j – ésimo sistema por el efecto del k – ésimo multicepa

E_{ijk} = error experimental

En el primer ciclo de cultivo para las variables que no cumplieron con los supuestos del ANDEVA como número de flores caídas por planta, número de frutos por planta, área foliar, incidencia y severidad de *Botrytis*, *Pythium*, pudrición bacteriana y babosa en el fruto e incidencia y severidad de mildew y babosa en la hoja, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis. En el segundo ciclo a las variables que no cumplieron con los supuestos del ANDEVA como altura de planta y área foliar se les realizó una transformación mediante logaritmo natural, mientras que a las variables número de frutos por planta, incidencia y severidad de *Botrytis*, *Pythium*, pudrición bacteriana y babosa en el fruto, se les realizó una prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis.

Se hizo pruebas de comparación de medias de Duncan (5 %) y se realizó pruebas de homocedasticidad para verificar la normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

Las plantas se trasplantaron a una distancia de 40 x 40 cm, lo que representó en el sistema hidropónico un total de 464 plantas (116 plantas/ bloque), en el sistema semihidropónico 246 plantas (41 plantas/piscina); mientras que, en el sistema tradicional 513 plantas (57 plantas/cama), es decir, en total se utilizaron 1223 plantas por ciclo.

La siembra en pilón se realizó en la empresa Hilsea, finca El Chiván, parroquia el Quinche. Se preparó la cantidad de sustrato necesario para el número de plantas de cada tratamiento y se inoculó las dos multicepas de hongos de manera independiente. Posteriormente, se procedió a sembrar las semillas previamente lavadas, para eliminar el desinfectante con que viene desde la distribuidora. Una vez realizada la siembra se realizó un drench, a todas las muestras, con un lixiviado de Cucurbitáceas para garantizar el desarrollo de un ambiente microbiano adecuado que favorezca la infección de las multicepas. Posteriormente, las semillas sembradas se colocaron en la cámara de germinación sin aplicar ningún tipo de plaguicida.

El lixiviado se lo obtuvo a través de un lavado con agua de las raíces de Cucurbitáceas y de suelo en el que se desarrollan. Se utilizaron plantas libres de problemas fitosanitarios.

A la segunda semana se realizó el trasplante en los tres sistemas de producción previa su limpieza y desinfección. El sustrato utilizado en el sistema semihidropónico fue desinfectado con agua a temperatura de ebullición.

En el primer ciclo, el cultivo se mantuvo por 11 semanas en el campo en el sistema semihidropónico y convencional, y por 12 semanas en hidroponía; mientras que, para el segundo ciclo el cultivo se mantuvo por 13 semanas en los sistemas hidropónico y semihidropónico, y por 15 semanas en el sistema convencional debido a que las condiciones climáticas, no favorecieron al desarrollo de las plantas.

Para cuantificar el efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre los componentes fenológicos y del rendimiento en los tres sistemas de producción se evaluaron las siguientes variables:

- Altura de la planta: se midió en cm semanalmente, durante todo el ciclo de cultivo, en plantas previamente marcadas para cada tratamiento y para cada sistema de producción a partir de la sexta semana. La medida se estimó desde la base del cuello hasta el ápice.
- Floración: se cuantificó en días para cada tratamiento y para cada sistema de producción en el lapso entre la siembra y la emisión del 50% de las flores por parcela.
- Número de flores caídas por planta: se contó el número de flores caídas o dañadas en las plantas muestreadas.
- Número de frutos por corte por planta: se contabilizó al momento de la cosecha en las plantas muestreadas.

- Área foliar: se determinó midiendo una vez a la semana, a partir del inicio de la cosecha, en una hoja señalada por cada planta muestreada.
- Crecimiento de la raíz: se midió en cm al final de cada ciclo la longitud de las mismas en las plantas muestreadas (10%) en cada tratamiento.
- Características organolépticas: se evaluó por apariencia y sabor para cada uno de los sistemas y tratamientos a través de criterios particulares
- Absorción de nutrientes: al final del ensayo en campo se tomó muestras foliares de acuerdo a normas establecidas, para determinar la absorción de nutrientes por tratamiento.

b. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia de plagas y enfermedades

- La evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades en los tres sistemas de producción, se determinó en función de las plantas que presentaron enfermedades y plagas.
- Incidencia de la severidad de plagas y enfermedades: se determinó por el grado de afección de la plaga o enfermedad mediante comparación con una escala de severidad fijada por los investigadores.
- Mortalidad se evaluó al final de cada ciclo, considerando la cantidad de plantas perdidas debido a plagas y enfermedades.

c. Persistencia de hongos arbusculares

Para constatar la presencia y persistencia de hongos arbusculares en el sistema convencional entre uno y otro ciclo se realizó la recolección de muestras de los distintos sistemas y tratamientos para verificar la infección a los treinta días de iniciado cada ciclo. Se lavaron las muestras y se colocaron en hidróxido de potasio por un día. Luego se volvieron a lavar las muestras y se colocaron en ácido clorhídrico por 20 minutos, y posteriormente se las dejó en azul de metileno diluido en lactoglicerol por un día. Se lavaron las muestras y se colocaron en lactoglicerol por otro día. Se prepararon placas con las muestras de las raíces y se observaron en el microscopio.

Al final del primer ciclo se recolectaron raíces de los distintos sistemas y tratamientos, así como tierra en el sistema convencional, con el fin de comprobar el avance de la infección y la persistencia de los hongos arbusculares y las raíces fueron sometidas al proceso mencionado anteriormente, luego se secaron y pulverizaron las muestras de tierra para obtener 100 gramos de cada una de ellas, se colocó peróxido de hidrogeno en cada muestra por 30 minutos y se pasaron a través de tamices de 180 μm y 38 μm .

El residuo del tamiz de 180 μm se licuó a velocidad baja por 30 segundos, mientras que el residuo del tamiz de 38 μm también fue licuado pero a una velocidad alta por 60 segundos. Luego se identificaron cada una de las muestras y se eliminó el exceso de agua con ayuda de la bomba de vacío. Se dejaron secar las muestras por una semana.

Una vez secas las muestras, se pesó un gramo de cada una de ellas y se colocó con solución de sacarosa, previamente autoclavada, en sendos tubos para ser centrifugados por 15 minutos a 2500 revoluciones por minuto. Luego se tomó la fase superior, producto del centrifugado, y se observó al microscopio.

d. Análisis económico de los tres sistemas de producción de Zucchini

Para la valoración de la rentabilidad de los diferentes sistemas de producción se utilizó el análisis de presupuesto parcial de Perrin *et. al.*, con el cual se realizó el cálculo del valor del beneficio bruto, multiplicando los pesos obtenidos por tratamiento en kilogramos por el costo de un kilogramo de Zucchini. Adicionalmente se realizó el cálculo de todos los costos variables. Luego se obtuvo el beneficio neto restando los costos variables de los beneficios brutos.

Con los beneficios netos y los costos variables se realizó el análisis de dominancia, para lo cual se colocaron los beneficios netos en forma decreciente y se determinaron los tratamientos dominados (tratamiento dominado es aquel que a igual o menor beneficio neto tiene mayor costo variable).

Para el análisis económico del segundo ciclo de producción con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal para la obtención de la tasa de retorno marginal.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PRIMER CICLO

1. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en las variables evaluadas

La variable tamaño de raíz presentó diferencias estadísticas entre multicepas ($F_{2,114} = 2.60$, $p < 0.0790$). El valor máximo correspondió a la multicepa Micorral con un valor de 39.39 cm, mientras que el testigo presentó el valor mínimo de 22.29 cm (Cuadro 2).

El resto de variables no presentaron diferencias estadísticas, tal es el caso de altura de planta ($F_{2,1037} = 0.65$, $p < 0.5207$), días a la floración, número de flores caídas ($p < 0.5725$), número de frutos por corte por planta ($p < 0.8878$), área foliar ($p < 0.4563$), características organolépticas, incidencia de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.8831$), severidad de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.8810$), incidencia de *Pythium* en el fruto ($p < 0.6388$), severidad de *Pythium* en el fruto ($p < 0.8427$), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.6442$), severidad de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.6442$), incidencia de mildew en la hoja ($p < 0.6584$), severidad de mildew en la hoja ($p < 0.6388$), incidencia de babosa en el fruto ($p < 0.2408$), severidad de babosa en el fruto ($p < 0.0832$), incidencia de babosa en la hoja ($p < 0.8641$), severidad de babosa en la hoja ($p < 0.8166$) y mortalidad de plantas (Cuadro 2).

La multicepa CEINCI presentó valores altos para las variables altura de planta (24.17 cm) e incidencia de *Pythium* en el fruto (0.56%), y valores mínimos para

el número de flores caídas (0.06 flores), número de frutos por corte por planta (0.69 frutos), incidencia de *Botrytis* en el fruto (11.39%), severidad de *Botrytis* en el fruto (5.66%), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (0.00%), severidad de pudrición bacteriana en el fruto y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 2).

La multicepa Micorral registró valores altos en las variables número de flores caídas (0.09 flores), severidad de *Pythium* en el fruto (0.20%), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (0.05%) y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.01%), y valores mínimos para área foliar (359.29 cm²), incidencia de mildew en la hoja (4.75%), severidad de mildew en la hoja (0.05%), incidencia de babosa en el fruto (0.15%), severidad de babosa en el fruto (0.03%), incidencia de babosa en la hoja (1.37%), severidad de babosa en la hoja (0.13%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 2).

El testigo presentó valores altos en número de frutos por corte por planta (1.04 frutos), área foliar (382.42 cm²), incidencia de *Botrytis* en el fruto (13.06%), severidad de *Botrytis* en el fruto (6.48%), incidencia de mildew en la hoja (6.20%), severidad de mildew en la hoja (0.07%), incidencia de babosa en el fruto (1.51%), severidad de babosa en el fruto (0.88%), incidencia de babosa en la hoja (2.71%) y severidad de babosa en la hoja (0.24%), y los valores mínimos correspondieron a altura de planta (23.29 cm), incidencia y severidad de *Pythium* en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la inoculación de multicepas arbusculares sobre las variables en estudio, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	MULTICEPA CEINCI	MULTICEPA MICORRAL	TESTIGO	CV%
Altura de planta (cm.)	24.17±0.46b	23.74±0.44ab	23.29±0.77 ^a	19.44
*Área foliar (cm ²)	375.93±16.54	359.29±15.15	382.42±28.71	
*No. de flores caídas	0.06±0.01	0.09±0.02	0.07±0.02	
Longitud de raíz (cm.)	35.92±1.85b	39.39±2.03b	22.29±0.84 ^a	24.47
*No. de frutos por corte	0.69±0.06	0.70±0.06	1.04±0.11	
*Incidencia de <i>Mildeu</i> en la hoja (%)	5.39±0.55	4.75±0.48	6.20±1.07	
*Severidad de <i>Mildeu</i> en la hoja (%)	0.06±0.01	0.05±0.01	0.07±0.01	
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	11.39±1.06	12.18±1.12	13.06±2.09	
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	5.66±0.60	6.18±0.69	6.48±1.12	
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.56±0.23	0.32±0.16	0.00±0.00	
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.13±0.06	0.20±0.11	0.00±0.00	
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.05±0.05	0.00±0.00	
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.01±0.01	0.00±0.00	
*Incidencia de babosa en la hoja (%)	1.59±0.32	1.37±0.26	2.71±0.66	
*Severidad de babosa en la hoja (%)	0.15±0.04	0.13±0.03	0.24±0.06	
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	0.46±0.17	0.15±0.11	1.51±0.63	
*Severidad de babosa en el fruto (%)	0.23±0.10	0.03±0.02	0.88±0.42	

CV% = Coeficiente de variación
* = Prueba no paramétrica

2. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en los sistemas de producción

Las variables que presentaron diferencias estadísticas entre sistemas de producción fueron altura de planta ($F_{2,1037} = 25.82$, $p < 0.0052$), días a la floración, número de flores caídas ($p < 0.0001$), número de frutos por corte por planta ($p < 0.0001$), área foliar ($p < 0.0001$), longitud de raíz ($F_{2,114} = 108.07$, $p < 0.0001$), características organolépticas, incidencia de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.0067$), severidad de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.0001$), incidencia de *Pythium* en el fruto ($p < 0.0306$), severidad de mildew en la hoja ($p < 0.0223$), incidencia de babosa en el fruto ($p < 0.0001$), severidad de babosa en el fruto ($p < 0.0001$), incidencia de babosa en la hoja ($p < 0.0001$) y severidad de babosa en la hoja ($p < 0.0001$; Cuadro 3).

Las variables que no presentaron diferencias estadísticas fueron severidad de *Pythium* en el fruto ($p < 0.1240$), incidencia y severidad de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.1231$), incidencia de mildew en la hoja ($p < 0.723$) y mortalidad de plantas (Cuadro 3).

En el sistema hidropónico, se registraron valores altos para días a la floración (42 días), longitud de raíz (49.12 cm), incidencia de *Pythium* en el fruto (0.72%) y severidad en el fruto por *Pythium* (0.25%), y valores bajos en las variables altura de planta (22.20 cm), número de flores caídas (0.04 flores), número de frutos por corte por planta (0.36 frutos), área foliar (303.18 cm²), incidencia de *Botrytis* en el fruto (9.57%), severidad de *Botrytis* en el fruto (3.95%), incidencia y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de babosa en el fruto (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 3).

El sistema semihidropónico presentó valores máximos en las variables altura de planta (28.93 cm), número de flores caídas (0.20 flores), área foliar (460.63 cm²), incidencia de *Botrytis* en el fruto (15.61%), severidad de *Botrytis* en el fruto (9.21%), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (0.11%) y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.02%), mientras que registró valores mínimos en las variables días a la floración (39 días), incidencia de mildew en la hoja (3.70%), severidad de mildew en la hoja (0.04%), incidencia y severidad de babosa en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 3).

El sistema convencional presentó valores máximos en las variables días a la floración (42 días), número de frutos por corte por planta (0.99 frutos), incidencia de mildew en la hoja (5.88%), severidad de mildew en la hoja (0.07%), incidencia de babosa en el fruto (1.20%), severidad de babosa en el fruto (0.59%), incidencia de babosa en la hoja (2.79%) y severidad de babosa en la hoja (0.27%), y valores mínimos en las variables longitud de raíz (23.58 cm), incidencia y severidad de *Pythium* en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%) fueron mínimos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en diecisiete variables en estudio en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	SISTEMA HIDROPÓNICO	SISTEMA SEMIHIDROPÓNICO	SISTEMA CONVENCIONAL	CV%
Altura de planta (cm)	22.20±0.36a	28.93±0.85b	23.04±0.08 ^a	19.44
*Área foliar (cm ²)	303.18±11.40	460.63±29.38	397.56±18.17	
*No. de flores caídas	0.04±0.01	0.20±0.04	0.06±0.01	
Longitud de raíz (cm)	49.12±1.77c	34.19±1.38b	23.58±0.66 ^a	24.47
No. De frutos por corte	0.36±0.04	0.96±0.09	0.99±0.07	
*Incidencia de Mildew en la hoja (%)	5.31±0.54	3.70±0.59	5.88±0.61	
*Severidad de Mildew en la hoja (%)	0.05±0.01	0.04±0.01	0.07±0.01	
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	9.57±1.08	15.61±1.65	12.79±1.20	
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	3.95±0.56	9.21±1.14	6.66±0.69	
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.72±0.25	0.38±0.27	0.00±0.00	
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.25±0.11	0.20±0.15	0.00±0.00	
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.11±0.11	0.00±0.00	
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.02±0.02	0.00±0.00	
*Incidencia de babosa en la hoja (%)	1.34±0.29	0.00±0.00	2.79±0.39	
*Severidad de babosa en la hoja (%)	0.12±0.03	0.00±0.00	0.27±0.05	
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	1.20±0.31	
*Severidad de babosa en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.59±0.18	

CV% = Coeficiente de variación
* = Prueba no paramétrica

3. Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas

Para altura de planta los tratamientos T₅ (CEINCI + hidroponía) y T₆ (Micorral + semihidroponía), registraron los valores más altos y presentaron diferencias significativas en relación a los demás tratamientos ($F_{10,1037} = 9.04$, $p < 0.0001$). El máximo valor registrado fue de 29.63 cm en el tratamiento T₅ y el menor fue de 22.07 cm en el tratamiento T₄ (Micorral + hidroponía; Cuadro 4). Las mayores alturas de plantas correspondientes a los tratamientos T₅ y T₆ se debió a que tuvieron mejores condiciones para el desarrollo del cultivo, principalmente en lo que se refiere a temperatura (< 23 °C), luminosidad y humedad (70%; Infoagro y Barahona 2003). El tratamiento T₄ fue cubierto con malla de sarán de 40%, lo que impidió el paso necesario de luz hacia el cultivo e incidió directamente en el crecimiento de las plantas (Infoagro 2003). La infraestructura del tratamiento T₄ en relación a la morfología de la planta ocasionó que éstas se comenzaran a romper a nivel del cuello, lo cual afectó al correcto desarrollo de las plantas.

En cuanto al área foliar se encontró diferencias entre tratamientos ($p < 0.0001$). El tratamiento T₅ presentó la mayor superficie con 464.85 cm² y el tratamiento T₄ la menor con 294.12 cm² (Cuadro 4). Esta diferencia se debió a que en el tratamiento T₄ se manejó mayores densidades de plantas (40 cm entre plantas y 23 cm entre tubos por bloque), por lo que éstas recibieron menos luz, factor decisivo para el crecimiento de las hojas (Barahona 2003); además, este tratamiento estuvo cubierto con sarán negro de 40% lo que impidió aún más el ingreso de luz hacia las plantas.

Los días a los que se produjo la floración entre los tratamientos fueron diferentes. La floración en los tratamientos T₅ y T₆ se produjo a los 39 días desde la siembra, mientras que en los tratamientos T₀ (testigo), T₁ (CEINCI + convencional), T₂ (Micorral + convencional), T₃ (CEINCI + hidroponía) y T₄, se produjo a los 42 días. La diferencia en el tiempo de floración se debió a que el ambiente en el que se desarrollaron los tratamientos T₅ y T₆ presentó mayor cantidad de luz. Además existió temperaturas más elevadas y constantes (23 °C) que el resto de tratamientos, lo que generó una floración más temprana.

En lo que respecta a flores caídas se encontró diferencias entre tratamientos ($p < 0.0001$). El tratamiento T₆ presentó 0.21 flores caídas por planta, constituyéndose en el máximo valor y los tratamientos T₁ y T₃ presentaron un valor de 0.03 flores caídas por planta, siendo éste el valor mínimo (Cuadro 4). Los tratamientos T₁ y T₃ demostraron ser más efectivos para el prendimiento de flores que el resto de tratamientos ya que la multicepa de especies fúngicas utilizados en ellos presentaron mayor efectividad para absorber y traslocar nutrientes como N y S que intervienen en la fructificación (Blanco y Salas 1997; Luzuriaga 2002). Otro factor influyente en el prendimiento de flores fue el manejo al que se sometieron las plantas del tratamiento T₆, ya que por su abundante crecimiento y distribución en su sistema, estuvieron sujetas a manipulaciones más bruscas y frecuentes.

Con respecto a la longitud de raíz se encontró diferencias significativas entre tratamientos ($F_{10,114} = 22.85$, $p < 0.0001$). El tratamiento T₄ presentó el mayor valor con 52.08 cm y el tratamiento T₁ el menor valor con 22.18 cm (Cuadro 4). La mayor longitud de la raíz correspondiente al tratamiento T₄ se debió a que en éste existió

circulación constante de aire, agua y nutrientes; presentó una humedad uniforme (Leiva 2004).

El número de frutos por corte por planta entre los tratamientos en estudio fue diferente ($p < 0.0001$). El tratamiento T_0 registró el máximo valor, que fue de 1.04 frutos por corte por planta y el mínimo fue de 0.30 frutos por corte por planta en el tratamiento T_4 (Cuadro 4). La mayor producción encontrada en el tratamiento T_0 se debió a la mejor luminosidad según Infoagro (2003), ya que al haber estado a campo abierto permitió mayor paso de luz; los frutos tuvieron un mejor estímulo para su formación y crecimiento.

En cuanto a las características organolépticas se determinaron diferencias entre tratamientos. Los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 , T_5 , T_6 reportaron frutos de mayor consistencia y mejor sabor que el resto de tratamientos. La mejor calidad de productos en los tratamientos mencionados se debió al mejor aprovechamiento de K (Luzuriaga 2002).

Cuadro 4. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre componentes agronómicos y de rendimiento en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	CV%
Altura de planta (cm)	23.29±0.77abc	23.25±0.76c	22.59±0.73c	22.32±0.54c	22.07±0.49c	29.63±1.25d	28.33±1.15d	19.44
*Área foliar (cm ²)	382.42±28.71	421.04±35.57	389.23±29.93	312.25±16.33	294.12±15.93	464.85±44.47	457.00±39.34	
*No. de flores caídas	0.07±0.02	0.03±0.02	0.07±0.02	0.03±0.01	0.04±0.02	0.18±0.06	0.21±0.06	
Longitud de raíz (cm)	22.29±0.84abc	22.18±1.27c	26.26±1.07c	46.16±2.14e	52.08±2.74e	34.93±2.38d	33.55±1.63d	24.47
*No. de frutos por corte	1.04±0.11	0.94±0.12	0.99±0.13	0.42±0.06	0.30±0.05	0.88±0.13	1.03±0.12	

CV% = Coeficiente de variación

* = Prueba no paramétrica

4. Efecto de los tratamientos en la incidencia y severidad de enfermedades

En lo que respecta a la incidencia de mildew en la hoja, no se registraron diferencias entre tratamientos ($p < 0.6467$). El mayor valor registrado fue de 6.20% en el tratamiento T_0 (testigo), y el menor de 3.68% en el tratamiento T_6 (Micorral + semihidroponía; Cuadro 5). Las condiciones climáticas bajo las que se llevó a cabo este ciclo de cultivo se caracterizaron por abundantes lluvias y granizo, lo que favoreció a una mayor propagación de la enfermedad en el tratamiento T_0 , ya que según Latorre (1999), sus órganos infectivos se transmiten a través de gotas de lluvia y de vientos. Lo contrario se observó con el tratamiento T_6 que estuvo protegido con cubierta plástica, lo que se vio reflejado en una menor incidencia de la enfermedad.

La severidad de mildew en la hoja no presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.3915$). La tendencia fue mayor en los tratamientos T_0 y T_1 (CEINCI + convencional) y menor en los tratamientos T_5 (CEINCI + semihidroponía) y T_6 . El máximo valor registrado fue de 0.07% y el mínimo de 0.04% (Cuadro 5). Este efecto se debió a las condiciones naturales bajo las cuales se llevó a cabo el ensayo; así como también, a la diferencia entre sistemas.

La incidencia de *Botrytis* en el fruto no presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.2298$). La incidencia mayor fue 15.76%, correspondiente al tratamiento T_6 y la menor 8.89%, correspondió al tratamiento T_3 (CEINCI + hidroponía; Cuadro 5). Las condiciones de humedad (70%) y temperatura (23 °C) que se registraron en el tratamiento T_6 , facilitaron que la enfermedad fuera más agresiva con las plantas,

según Agrios (2005) estas condiciones favorecen el aumento de la población del hongo en el sustrato por su mayor y más rápida propagación.

La severidad de *Botrytis* en el fruto fue diferente entre tratamientos ($p < 0.0022$). El tratamiento T₃ mostró menor severidad, presentando un valor de 3,34% (Cuadro 5). Las condiciones artificiales generadas en el tratamiento T₆ (temperatura y humedad) reafirman que fueron las causantes de la mayor severidad en este sistema.

La incidencia de *Pythium* en el fruto no presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.4842$). La tendencia fue nula en los tratamientos T₀, T₁ y T₂ (Micorral + convencional); mientras que, fue de 0.95% en el tratamiento T₃ (Cuadro 5). Lo anterior es debido a la disposición de las plantas dentro del tratamiento T₃ y a la permanente circulación de agua dentro del mismo; para Agrios (1995) un ambiente de humedad y calor promueve la propagación de *Pythium* y su consecuente afección a las plantas.

Por otro lado, la severidad de *Pythium* en el fruto, tampoco presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.5628$), y también tendió a ser nula en los tratamientos T₀, T₁ y T₂, mientras que en el tratamiento T₄ (Micorral + hidroponía) fue 0,30% (Cuadro 5). La mayor severidad de *Pythium* en el tratamiento T₄ se debió a la mayor temperatura y porcentaje de humedad dentro del sistema a causa de la distribución de las plantas así como de la permanente circulación de agua.

La incidencia de pudrición bacteriana en el fruto no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.1725$). El tratamiento T₆ mantuvo una reacción del 0.20%; mientras que, los tratamientos restantes presentaron un porcentaje nulo (Cuadro 5). El tratamiento T₆ al encontrarse bajo condiciones de humedad y temperatura favorables facilitó el desarrollo de bacterias que el resto de tratamientos, debido al ambiente artificial que caracterizó al tratamiento.

En cuanto a la severidad de pudrición bacteriana en el fruto no se encontró diferencias entre tratamientos ($p < 0.1725$). El mayor valor encontrado correspondió a 0.03% en el tratamiento T₆, mientras que en el resto de tratamientos presentaron valores nulos de severidad. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de enfermedades en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 ($p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
*Incidencia de Mildeu en la hoja (%)	6.20±1.07	6.19±1.12	5.25±0.96	5.62±0.80	4.99±0.73	3.74±0.91	3.68±0.78
*Severidad de Mildeu en la hoja (%)	0.07±0.01	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	13.06±2.09	12.78±2.09	12.52±2.05	8.89±1.40	10.24±1.64	15.43±2.42	15.76±2.27
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	6.48±1.12	6.98±1.19	6.53±1.27	3.34±0.66	4.56±0.92	9.36±1.65	9.07±1.58
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.95±0.43	0.49±0.28	0.42±0.42	0.36±0.36
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.21±0.11	0.30±0.19	0.13±0.13	0.27±0.27
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.20±0.20
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.03±0.03

* = Prueba no paramétrica

5. Efecto de los tratamientos en la incidencia y severidad de plagas

En cuanto a la hoja se refiere, se encontró diferencias en la incidencia de babosa ($p < 0.0001$). El valor fue alto para el tratamiento T₁ (CEINCI + convencional), y nulo en los tratamientos T₅ (CEINCI + semihidroponía) y T₆ (Micorral + semihidroponía). El mayor valor registrado fue de 3,22% (Cuadro 6), lo anterior pudo

deberse a las frecuentes lluvias en la época en la que se llevó a cabo ésta parte de la experiencia, ya que según Aragón (2001), la humedad potenció el incremento de la población, que se alimentaban de hojas, ante la inexistencia de órganos más suculentos, como el caso de los frutos.

Con respecto a la severidad en la hoja se encontraron diferencias entre tratamientos ($p < 0.0047$). La incidencia fue máxima en el tratamiento T_1 con un valor de 0.32% y nula en los tratamientos T_5 y T_6 (Cuadro 6). El ataque considerable de babosas al follaje de las plantas se debió a las condiciones de humedad existentes así como a la falta de otro órgano más suculento del cual se podían haberse alimentado.

La incidencia de babosa en el fruto reportó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0001$). El porcentaje de incidencia fue nulo en los tratamientos T_3 (CEINCI + hidroponía), T_4 (Micorral + hidroponía), T_5 y T_6 y fue máximo en el tratamiento T_1 con 1.54% (Cuadro 6). La existencia de ataque de babosa en el tratamiento T_1 , se debió a la gran población de babosas desarrollada a causa de las abundantes lluvias y al contacto directo que los frutos tuvieron con el suelo.

Respecto a la severidad de babosa en el fruto, también presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0001$). La severidad fue mayor en el tratamiento T_0 (testigo) y nula en los tratamientos T_3 , T_4 , T_5 y T_6 . El valor máximo obtenido fue de 0.88% (Cuadro 6). Al haberse realizado éste ciclo en temporada húmeda, se produjo el apareamiento de babosas en todos sus estadios, lo cual propició un ataque sobre los frutos de los tratamientos llevados a cabo en el sistema convencional, por ser muy

suculentos y además por haberse encontrado en contacto directo con el suelo, sitio donde se reproduce esta plaga.

En cuanto a la mortalidad de plantas producida por el ataque de plagas y enfermedades no se encontró diferencias entre tratamientos. No se registró ninguna planta muerta, lo que pudo deberse a que el Zucchini es tolerante a plagas y enfermedades debido a su genética.

Cuadro 6. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de plagas en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
*Incidencia de babosa en la hoja (%)	2.71±0.66	3.22±0.76	2.43±0.61	1.27±0.44	1.41±0.38	0.00±0.00	0.00±0.00
*Severidad de babosa en la hoja (%)	0.24±0.06	0.32±0.11	0.24±0.07	0.11±0.04	0.13±0.05	0.00±0.00	0.00±0.00
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	1.51±0.63	1.54±0.58	0.53±0.37	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
*Severidad de babosa en el fruto (%)	0.88±0.42	0.76±0.34	0.11±0.08	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

* = Prueba no paramétrica

6. Persistencia de hongos arbusculares en el sistema convencional

La multiplicación y persistencia de esporas de hongos arbusculares en el sistema convencional, entre un ciclo y otro fue mayor en la multicepa comercial Micorral, que presentó 7832 esporas por 100 gramos de suelo. El número de esporas encontradas al final del primer ciclo en la multicepa CEINCI fue de 5000 esporas por 100 gramos de suelo; lo que equivale a una relación 2:1 a favor de Micorral (Cuadro 7).

Cuadro 7. Persistencia de esporas de hongos arbusculares en el sistema convencional en dos ciclos de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

Multicepa	Suelo seco (gr)	Esporas (#)	Relación (%)
CEINCI	100.00	5000	38.96 (1)
MICORRAL		7832	61.04 (2)

7. Análisis económico

En el Cuadro 8, se presentan los valores de los beneficios brutos, costos variables y beneficios netos de los sistemas de producción; los costos fueron diferentes entre sistemas mas no entre tratamientos. Los pesos obtenidos por parcela (72.39, 26.87, 81.26 kilos en hidroponía, semihidroponía y convencional) multiplicado por (1.52, 6.62 y 2.57 dólares en los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional respectivamente), los valores de 1 kilo de Zucchini, dan el valor del beneficio bruto. Luego se calculó el beneficio neto restando los costos variables de los beneficios brutos.

Cuadro 8. Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SISTEMAS	BENEFICIO BRUTO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)	BENEFICIO NETO (\$)
Hidropónico	109.84	92.47	17.37
Semihidropónico	177.79	164.38	13.41
Convencional	208.97	197.37	11.60

Con los beneficios netos y los costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia de los sistemas en estudio (Cuadro 9), para lo cual se colocaron los beneficios netos en forma decreciente y se determinaron los sistemas dominados (sistema semihidropónico y convencional). El sistema hidropónico fue la mejor alternativa económica.

Cuadro 9. Análisis de dominancia del sistema hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SISTEMAS	BENEFICIO NETO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)
Hidropónico	17.37	92.47*
Semihidropónico	13.41	164.38
Convencional	11.60	197.37

* = Tratamiento no dominado

B. SEGUNDO CICLO

1. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares para las variables en estudio

La variable altura de planta presentó diferencias entre multicepas ($F_{2,832} = 6.32$, $p < 0.0019$); el valor más alto correspondió a la multicepa CEINCI con 15.99 cm, mientras que el testigo presentó el valor más bajo con 13.75 cm. La variable longitud de raíz presentó diferencias entre multicepas ($F_{2,283} = 3.27$, $p < 0.0428$); el mayor valor correspondió a la multicepa Micorral con 35.36 cm, mientras que el testigo presentó el menor valor con 22.73 cm. La severidad de pudrición bacteriana en el fruto fue diferente entre multicepas ($p < 0.0492$); Micorral presentó el valor máximo con 2.33%; mientras que la multicepa CEINCI registró el valor mínimo de 0.65%. La incidencia de babosa en el fruto presentó diferencias entre multicepas ($p < 0.0162$); se registró un valor de 4.24% que correspondió al testigo y un valor del 0.75% que se determinó en la multicepa CEINCI. Lo anterior determina que la severidad de babosa en el fruto presentó diferencias favorables para la multicepa CEINCI, mientras que plaga incrementa su severidad en el testigo (3.38%; Cuadro 10).

En el resto de variables no se observó diferencias entre multicepas, tal es el caso de los días a la floración, número de flores caídas, número de frutos por corte por planta ($p < 0.2374$), área foliar ($F_{2,365} = 0.80$, $p < 0.4508$), características organolépticas, incidencia de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.8608$), severidad de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.7341$), incidencia de *Pythium* en el fruto ($p < 0.4883$), severidad de *Pythium* en el fruto ($p < 0.4591$), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.2556$), incidencia

de mildu en la hoja, severidad de mildu en la hoja, incidencia de babosa en la hoja, severidad de babosa en la hoja y mortalidad de plantas (Cuadro 10).

La multicepa CEINCI presentó los valores más altos para altura de planta (15.99 cm), incidencia de *Pythium* en el fruto (0.17%) y severidad de *Pythium* en el fruto (0.07%), y valores mínimos correspondientes a flores caídas (0.00 flores), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (1.09%), severidad de pudrición bacteriana en el fruto (0.65%), incidencia y severidad de mildu en la hoja (0.00%), incidencia de babosa del fruto (0.75%), severidad de babosa en el fruto (0.44%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 10).

La multicepa CEINCI resgistró la mayor absorción de elementos como Nitrógeno (3.27%), Calcio (5.84%), Magnesio (1.41%), Boro (66 ppm), Hierro (398 ppm), Zinc (45 ppm) y Manganeso (68 ppm); minerales que según Blanco y Salas (1997) son absorbidos debido a una incidencia directa o indirecta de la micorriza (Anexo 1).

La multicepa Micorral resgistró valores superiores en las variables longitud de raíz (35.36 cm), número de frutos por corte por planta (0.36 frutos), incidencia de *Botrytis* en el fruto (4.95%), severidad de *Botrytis* en el fruto (4.54%), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (2.33%) y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (2.33%), y valores mínimos para cantidad de flores caídas (0.00 flores), área foliar (201.00 cm²), incidencia y severidad de mildu en la hoja (0.00%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 10).

La multicepa Micorral absorbió en mayor cantidad elementos como Fósforo (0.50%), Potasio (3.46%) y Azufre (0.24%), que según Blanco y Salas (1997), son elementos de poca movilidad que son bien absorbidos a través de asociaciones simbióticas micorrícicas (Anexo 1).

El testigo presentó valores más altos en área foliar (266.58 cm²), incidencia de babosa en el fruto (4.24%) y severidad de babosa en el fruto (3.38%), mientras que los valores mínimos correspondieron a altura de planta (13.75 cm), cantidad de flores caídas (0.00 flores) longitud de raíz (22.73 cm), número de frutos por corte por planta (0.27 frutos), incidencia de *Botrytis* en el fruto (2.71%), severidad de *Botrytis* en el fruto (1.78%), incidencia y severidad de *Pythium* en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de mildew en la hoja (0.00%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 10).

El testigo asorbió en mayor cantidad el Cobre (29 ppm) del suelo debido a que posiblemente existió una mayor disponibilidad de este elemento en el lugar donde se llevó a cabo este tratamiento (Anexo 1).

Cuadro 10. Efecto de la inoculación de multicepas de hongos arbusculares sobre las variables en estudio, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	MULTICEPA CEINCI	MULTICEPA MICORRAL	TESTIGO	CV%
**Altura de planta (cm)	15.99±0.34b	15.62±0.31b	13.75±0.44 ^a	13.46
**Área foliar (cm ²)	228.84±15.28a	201.00±12.28 ^a	266.58±15.20b	20.19
Longitud de raíz (cm)	33.49±2.03b	35.36±1.63b	22.73±1.12 ^a	15.22
*No. de frutos por corte	0.28±0.04	0.36±0.05	0.27±0.07	
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	3.91±1.03	4.95±1.10	2.71±1.19	
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	3.04±0.93	4.54±1.05	1.78±0.92	
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.17±0.17	.016±0.16	0.00±0.00	
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.07±0.07	0.04±0.04	0.00±0.00	
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	1.09±0.52	2.33±0.56	2.13±0.87	
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	0.65±0.29	2.33±0.56	2.13±0.87	
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	0.75±0.37	0.77±0.34	4.24±1.59	
*Severidad de babosa en el fruto (%)	0.44±0.26	0.58±0.25	3.38±1.33	

CV% = Coeficiente de variación
 * = Prueba no paramétrica
 ** = Transformación con logaritmo natural

2. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en los sistemas de producción

Las variables que presentaron diferencias entre sistemas de producción fueron, días a la floración, área foliar ($F_{2,365} = 19.02$, $p < 0.0091$), longitud de raíces ($F_{2,83} = 129.9$, $p < 0.0002$) y características organolépticas (Cuadro 11).

Las variables sin diferencias estadísticas fueron altura de planta ($F_{2,839} = 2.52$, $p < 0.1955$), cantidad de flores caídas, frutos por corte por planta ($p < 0.2219$), incidencia de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.1884$), severidad de *Botrytis* en el fruto ($p < 0.1113$), incidencia de *Pythium* en el fruto ($p < 0.7277$), severidad de *Pythium* en el fruto ($p < 0.7277$), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.6920$), severidad de pudrición bacteriana en el fruto ($p < 0.5259$), incidencia de mildew en la hoja, severidad de mildew en la hoja, incidencia de babosa en el fruto ($p < 0.1189$), severidad

de babosa en el fruto ($p < 0.1827$), incidencia de babosa en la hoja, severidad de babosa en la hoja y mortalidad de plantas (Cuadro 11).

En el sistema hidropónico, se registraron valores altos en la variable longitud de raíz (49.29 cm), y valores bajos en altura de planta (14.63 cm), número de frutos por corte por planta (0.10 frutos), área foliar (114.47 cm²), incidencia y severidad de *Pythium* en el fruto (0.00%), severidad de pudrición bacteriana en el fruto (1.03%), incidencia y severidad de mildew en la hoja (0.00%), incidencia y severidad de babosa en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 11).

El sistema semihidropónico presentó los valores más altos en altura de planta (17.79 cm), número de frutos por corte por planta (0.52 frutos), incidencia de *Botrytis* en el fruto (10.74%) y severidad de *Botrytis* en el fruto (9.93%), mientras que registró valores mínimos para días a la floración (41 días), incidencia y severidad de *Pythium* en el fruto (0.00%), incidencia de pudrición bacteriana en el fruto (1.11%), incidencia y severidad de mildew en la hoja (0.00%), incidencia y severidad de babosa en el fruto (0.00%), incidencia y severidad de babosa en la hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 11).

En el sistema convencional los menores valores se registraron para las variables días a la floración (51 días), área foliar (297.40 cm²), incidencia de *Pythium* en el fruto (0.20%), severidad de *Pythium* en el fruto (0.07%), incidencia y severidad de pudrición bacteriana en el fruto (1.97%), incidencia de babosa en el fruto (2.24%), severidad de babosa en el fruto (1.67%) fueron máximos y los valores de longitud de

raíz (24.67 cm), incidencia de *Botrytis* en el fruto (2.11%), severidad de *Botrytis* en el fruto (1.43%), incidencia y severidad de mildew en la hoja (0.00%), incidencia y severidad de babosa en el hoja (0.00%) y mortalidad de plantas (0.00%; Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	SISTEMA HIDROPÓNICO	SISTEMA SEMIHIDROPÓNICO	SISTEMA CONVENCIONAL	CV%
**Altura de planta (cm)	14.63±0.31a	17.79±0.55 ^a	14.95±0.27a	13.46
**Área foliar (cm ²)	114.47±10.25a	170.86±18.11a	297.40±11.02b	20.19
Longitud de raíces (cm)	49.29±1.52c	32.06±0.61b	24.67±0.63a	15.22
*No. de frutos por corte	0.10±0.03	0.52±0.07	0.33±0.04	
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	5.12±1.71	10.74±2.59	2.11±0.52	
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	4.53±1.66	9.93±2.48	1.43±0.40	
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.20±0.14	
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.07±0.05	
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	1.91±1.00	1.11±0.63	1.97±0.43	
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	1.03±0.52	1.11±0.63	1.97±0.43	
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	2.24±0.58	
*Severidad de babosa en el fruto (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	1.67±0.47	

CV% = Coeficiente de variación
 * = Prueba no paramétrica
 ** = Transformación con logaritmo natural

3. Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas

En altura de planta el tratamiento T₅ (CEINCI + semihidroponía) registró el valor más significativo (18.25 cm) en relación a los demás tratamientos ($F_{10,839} = 7.22$, $p < 0.0001$). El menor fue de 13.75 cm correspondiente al tratamiento T₀ (testigo; Cuadro 12). El tratamiento T₅ ratificó la mayor altura de planta debido a la temperatura, luminosidad y humedad que fueron favorables como en el ciclo anterior para el desarrollo del cultivo. El tratamiento T₀ presentó la menor altura de planta debido a una falta de humedad durante la época seca y la persistente falta de agua en el sector.

Los días a la floración fueron diferentes entre tratamientos. La floración para T₅ y T₆ (Micorral + semihidroponía) se produjo a los 41 días de la siembra, en los tratamientos T₃ (CEINCI + hidroponía) y T₄ (Micorral + hidroponía), se produjo a los 44 días y para T₀, T₁ (CEINCI + convencional) y T₂ (Micorral + convencional) se produjo a los 51 días. La diferencia en el tiempo de floración se debió a que el ambiente en el que se desarrollaron los tratamientos T₅ y T₆ presentó mayor cantidad de luz y altas humedades. Además existieron temperaturas más elevadas y constantes que el resto de tratamientos, lo que generó una floración temprana.

En lo que respecta a flores caídas no se registraron datos en este ciclo, debido a que el maltrato de las plantas a causa de las lluvias y labores culturales fue prácticamente inexistente.

En cuanto al área foliar se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F_{10,365} = 17.45$, $p < 0.0001$). El tratamiento T₁ presentó el mayor valor con 336.41 cm² y el tratamiento T₃ el menor con 113.01 cm² (Cuadro 12). La diferencia se debe a que las plantas del tratamiento T₁ mantuvieron mayor disponibilidad de luz, a causa de la distribución de estas en el campo y a la mayor luminosidad en relación al tratamiento T₃ que estuvo cubierto con sarán al 40%.

En lo que respecta a la longitud de raíces, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F_{10,83} = 41.01$, $p < 0.0001$). El tratamiento T₃ presentó el valor máximo de 49.08 cm y el testigo T₀ el valor mínimo de 22.73 cm (Cuadro 12). La longitud de las raíces del tratamiento T₃ fue mayor debido a que en

éste existió circulación constante de aire, agua y nutrientes y presentó una humedad uniforme lo cual según Leiva (2004), estimuló al crecimiento de raíces.

El número de frutos por corte por planta entre tratamientos fue significativo ($p < 0.0001$). El tratamiento T_6 registró el máximo valor, que fue de 0.54 frutos por corte por planta y el mínimo fue de 0.08 frutos por corte por planta en el tratamiento T_4 (Cuadro 12). La mayor producción superior encontrada en el tratamiento T_6 se debió a la humedad constante existente en el sistema lo que favoreció una mayor formación de frutos.

En lo referente a características organolépticas, se determinaron diferencias entre tratamientos. Se encontró que T_0 , T_1 , T_2 , T_5 , T_6 dieron frutos de mayor consistencia y sabor que el resto de tratamientos, corroborando los resultados al ciclo anterior.

Cuadro 12. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre los componentes fenológicos y del rendimiento en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 (letras distintas en la misma variable indican diferencias significativas $p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ¹ ciclo ⁻¹)	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	CV%
**Altura de planta (cm)	13.75±0.44abc	15.77±0.46d	15.19±0.48cd	14.89±0.43d	14.36±0.44cd	18.25±1.03e	17.51±0.63e	13.46
**Área foliar (cm ²)	266.58±15.20abd	336.41±21.03d	282.59±18.96d	113.01±14.33c	115.92±14.80c	174.01±32.91c	168.93±21.38c	20.19
Longitud de raíz (cm)	22.73±1.12abc	23.90±1.07cd	27.16±0.85de	49.08±2.12g	46.50±2.28g	30.48±0.68ef	33.03±0.80f	15.22
*No. de frutos por corte	0.27±0.07	0.28±0.06	0.43±0.07	0.13±0.05	0.08±0.04	0.50±0.12	0.54±0.09	

CV% = Coeficiente de variación
 * = Prueba no paramétrica
 ** = Transformación con logaritmo natural

4. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia y severidad de enfermedades

La incidencia de *Botrytis* en el fruto presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0001$). El porcentaje de incidencia llegó al 13.76% en el tratamiento T₆ (Micorral + semihidroponía); mientras que el menor (0.87%) correspondió al tratamiento T₂ (Micorral + convencional; Cuadro 13). Al igual que el ciclo anterior el tratamiento T₆ fue el más susceptible por las condiciones antes explicadas; sin embargo, el más resistente correspondió al tratamiento T₂ debido a la época seca en que no existieron factores de humedad y temperatura que de acuerdo a lo que menciona Agrios (1995), favorecen al desarrollo del hongo.

La severidad de *Botrytis* en el fruto, fue diferente entre tratamientos ($p < 0.0001$). El tratamiento T₂ mostró menor severidad, presentando un valor de 0.74% (Cuadro 13). Las condiciones artificiales generadas en el tratamiento T₆ (temperatura y humedad altas) fueron las causantes de la mayor severidad en este tratamiento.

La incidencia de *Pythium* en el fruto no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.5386$). La incidencia fue mayor en el tratamiento T₁ (CEINCI + convencional) y el tratamiento T₂ con un valor de 0.29% y fue nula en el resto de tratamientos (Cuadro 13). Dentro de este análisis se consideró que la falta de desinfección del suelo en donde se plantaron los tratamientos T₁ y T₂, fue la razón principal de la incidencia de *Pythium*, y que tuvo una alta manifestación durante este ciclo; mientras que, en el resto de tratamientos disminuyó ya que las condiciones de temperatura y humedad fueron menores en relación al ciclo anterior, lo que según Agrios (1995) no facilitó el desarrollo y propagación del hongo.

En cuanto a la severidad de *Pythium* en el fruto, no presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.5487$). Esta severidad fue mayor en el tratamiento T_1 con un 0.12% y nula en los tratamientos T_0 (testigo), T_3 (CEINCI + hidroponía), T_4 (Micorral + hidroponía), T_5 (CEINCI + semihidroponía) y T_6 (Cuadro 13). Debido posiblemente a la menor humedad y temperatura en relación al ciclo anterior la incidencia registrada para el tratamiento T_1 fue por la falta de desinfección del suelo.

El grado de incidencia de pudrición bacteriana en el fruto, presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0108$). El tratamiento T_3 presentó la mayor susceptibilidad de 3.83%, mientras que los tratamientos T_1 y T_4 no presentaron incidencia (Cuadro 13). El tratamiento T_3 , fue el más afectado por el manejo en el sistema hidropónico; mayor manipulación de las plantas, especialmente en el tutoreo y poda; como resultados de estas labores, los tallos tuvieron heridas lo que de acuerdo con Morales (2003), provocó que las plantas queden más propensas a la acción de la enfermedad.

Respecto a la severidad de pudrición bacteriana en el fruto, se encontró diferencias entre tratamientos ($p < 0.0057$). La mayor severidad con 3.79% correspondió al tratamiento T_2 ; mientras que, los tratamientos T_1 y T_4 presentaron severidad nula (Cuadro 13). La severidad en el tratamiento T_2 fue mayor debido a heridas causadas por la poda; esto ocasionó que la enfermedad sea más severa y se diseminara con rapidez.

En referencia a la incidencia y severidad de mildew en la hoja, no se registraron datos, debido a que esta enfermedad no se presentó en este ciclo, porque las condiciones climáticas fueron poco favorables para la infección.

Cuadro 13. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de enfermedades en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005 ($p < 0.05$).

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
*Incidencia de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	2.71±1.19	2.82±0.98	0.87±0.38	5.19±2.95	5.05±1.78	5.83±2.73	13.76±3.78
*Severidad de <i>Botrytis</i> en el fruto (%)	1.78±0.92	1.80±0.73	0.74±0.34	4.32±2.87	4.74±1.70	5.50±2.56	12.65±3.64
*Incidencia de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.29±0.29	0.29±0.29	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
*Severidad de <i>Pythium</i> en el fruto (%)	0.00±0.00	0.12±0.12	0.07±0.07	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
*Incidencia de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	2.13±0.87	0.00±0.00	3.79±0.95	3.83±1.96	0.00±0.00	0.83±0.83	1.28±0.89
*Severidad de Pudrición bacteriana en el fruto (%)	2.13±0.87	0.00±0.00	3.79±0.95	2.06±1.02	0.00±0.00	0.83±0.83	1.28±0.89

* = Prueba no paramétrica

5. Efecto de los tratamientos en incidencia y severidad de plagas

La incidencia de babosa en el fruto, presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0245$). La incidencia fue nula en los tratamientos T₃ (CEINCI + hidroponía), T₄ (Micorral + hidroponía), T₅ (CEINCI + semihidroponía) y T₆ (Micorral + semihidroponía) y positiva en el tratamiento T₀ con un 4.24% (Cuadro 14). El ataque de babosa al testigo (T₀), se debió al contacto directo de los frutos con el suelo.

La severidad de la babosa en el fruto también presentó diferencias entre tratamientos ($p < 0.0161$). Esta severidad fue mayor en el tratamiento T₀ y negativa en los tratamientos T₃, T₄, T₅ y T₆. La severidad mayor fue de 3.38% (Cuadro 14). Durante el ciclo hubo infestación de babosas en menor cantidad en relación al ciclo anterior debido a la disminución de humedad; sin embargo, el más afectado fue el tratamiento T₀, que careció de micorrizas, hecho que según Duchicela y González (2003) determina cierta tolerancia de los materiales tratados con hongos arbusculares a las plagas y enfermedades.

Con respecto a la incidencia y severidad de babosa en la hoja, no se registraron infecciones ya que al tener una menor presencia de babosas durante el ciclo, estas no pudieron alcanzar a las hojas medias y superiores luego de la poda.

Finalmente es importante destacar que no existió mortalidad de plantas a causa de plagas y enfermedades correlacionándose estos resultados con el ciclo anterior.

Cuadro 14. Efecto de la inoculación de hongos arbusculares sobre la incidencia y severidad de plagas en tres sistemas de producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

VARIABLES (muestra ⁻¹ ciclo ⁻¹)	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
*Incidencia de babosa en el fruto (%)	4.24±1.59	1.27±0.63	1.44±0.64	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
*Severidad de babosa en el fruto (%)	3.38±1.33	0.75±0.44	1.09±0.46	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

* = Prueba no paramétrica

6. Análisis económico

En el Cuadro 15, se presentan los valores de los beneficios brutos, costos variables y beneficios netos. Los pesos obtenidos por parcela (25.69, 9.55, 20.36 kilos en hidroponía, semihidroponía y convencional) multiplicado por (3.38, 18.57 y 7.16 dólares en los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional respectivamente), los valores de 1 kilo de Zucchini, dan el valor del beneficio bruto. Luego se calculó el beneficio neto restando los costos variables de los beneficios brutos.

Cuadro 15. Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SISTEMAS	BENEFICIO BRUTO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)	BENEFICIO NETO (\$)
Hidropónico	86.89	68.19	18.70
Semihidropónico	177.33	163.89	13.44
Convencional	145.78	130.50	15.28

Con los beneficios netos y los costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia de los sistemas en estudio (Cuadro 16), para lo cual se colocaron los beneficios netos en forma decreciente y se determinó el sistema dominado (sistema semihidropónico).

Cuadro 16. Análisis de dominancia de los sistemas hidropónico, semihidropónico y convencional en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SISTEMAS	BENEFICIO NETO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)
Hidropónico	18.70	68.19*
Convencional	15.28	130.50*
Semihidropónico	13.44	163.89

* = Tratamiento no dominado

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal para la obtención de la tasa interna de retorno. Si se invierte 62.31 dólares para pasar del sistema convencional, al sistema hidropónico, se obtiene un incremento del beneficio neto de 3.43 dólares, por lo tanto la tasa de retorno marginal alcanza el 5.5%. Lo que nos indica que por cada dólar invertido en el sistema hidropónico se ganó 0.055 dólares, constituyéndose de esta manera la mejor alternativa económica (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis marginal y tasa de retorno marginal de los sistemas no dominados en la producción de Zucchini, San Vicente de la Merced, Ecuador, 2005.

SISTEMAS	BENEFICIO NETO (\$)	COSTO VARIABLE (\$)	DIFERENCIA BENEFICIO NETO (\$)	DIFERENCIA COSTO VARIABLE (\$)	TASA DE RETORNO MARGINAL (%)
Hidropónico	18.71	68.19	3.43	62.31	5.5
Convencional	15.28	130.50	0.00	0.00	

VI. CONCLUSIONES

- El sistema semihidropónico conjuntamente con la inoculación de la multicepa CEINCI (tratamiento T₅), fue la mejor combinación para componentes agronómicos y fenológicos como altura de planta y días a la floración tanto en época lluviosa como en época seca.
- La multicepa CEINCI, en los tres sistemas de producción, fue la que mostró mejores resultados para área foliar en los dos ciclos de producción; además, durante el primer ciclo presentó valores muy bajos para caída de flores; mientras que en el segundo ciclo, no hubo caída de flores a causa de condiciones climáticas no favorables en esta época.
- El sistema hidropónico facilitó el mejor desarrollo de las raíces sin importar la existencia de cualquier clase de asociación simbiótica.
- Las multicepas CEINCI y Micorral favorecen la absorción de nutrientes; especialmente aquellos de poca movilidad.
- No se encontraron beneficios significativos en lo referente al rendimiento con la utilización de multicepas de hongos arbusculares.
- Los sistema convencional y semihidropónico produjeron Zucchini de mejor calidad para ser distribuidos en el mercado.

- La inoculación con multicepas arbusculares, CEINCI y Micorral, permitieron una mejor absorción de los elementos disponibles en el suelo (tratamientos T₅ y T₆), que se proporcionó a través de la fertilización durante los dos ciclos de cultivo.

- Todos los sistemas e inoculaciones respondieron de igual manera al ataque de enfermedades en la hoja y fruto, con excepción de los tratamientos T₂ (Micorral + convencional) y T₃ (CEINCI + hidroponía) que fueron los más tolerantes a *Botrytis* en los dos ciclos de cultivo; mientras que T₁ (CEINCI + convencional) y T₄ (Micorral + hidroponía) fueron los mejores al momento de responder al ataque de pudrición bacteriana en el fruto en la época lluviosa.

- La semihidroponía fue el mejor sistema para evitar el ataque de babosa tanto en fruto como en hoja a lo largo de todo el ciclo de cultivo sin importar la época seca o lluviosa.

- La multicepa Micorral tiene una mayor persistencia de sus esporas entre ciclos de cultivo en el sistema convencional.

- El sistema hidropónico se constituye en la mejor alternativa económica para la producción de Zucchini.

VII. RECOMENDACIONES

- En investigaciones futuras se debe asegurar la calidad del producto que se utiliza para la inoculación; haciendo énfasis, en la concentración de esporas que posee el producto para garantizar la infección.
- Se debe aislar completamente los tratamientos para evitar la contaminación de uno con otro a través de diferentes medios, especialmente del agua.
- Para la producción de Zucchini en sistema hidropónico se debe disminuir la densidad de siembra para facilitar las labores culturales que implica el cultivo.
- El Zucchini es un cultivo exigente en humedad por lo que la disponibilidad de agua de manera permanente es fundamental.

VIII. RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de aprovechar los beneficios de la micorriza en el cultivo de Zucchini, y contribuir de esta manera al desarrollo de la agricultura sustentable y ecológica en el Ecuador.

La investigación tuvo tres fases. La inicial fue un entrenamiento teórico y práctico sobre el manejo de los hongos arbusculares; la fase de laboratorio comprendió la propagación e inoculación de los hongos arbusculares para llevarlos a campo; y finalmente la tercera fase comprendió la evaluación del cultivo bajo tres sistemas de producción (hidropónico, semihidropónico y convencional) que se llevaron a cabo en la Hacienda Greenlab. Las plántulas fueron inoculadas en la empresa Hilsea.

Finalizada la investigación se concluyó que la inoculación de micorrizas en Zucchini es favorable tanto para las características fenológicas como organolépticas. Por otro lado, se determinó que el uso de multicepas de hongos arbusculares en este cultivo no marcó grandes diferencias entre tratamientos en lo que respecta a la resistencia al ataque de plagas y enfermedades, sin embargo, los tratamientos T₂ (Micorral + convencional) y T₃ (CEINCI + hidroponía) fueron los más tolerantes a *Botrytis* y los tratamientos T₁ (CEINCI + convencional) y T₄ (Micorral + hidroponía) fueron los mejores al momento de responder al ataque de pudrición bacteriana, se reporta también que el Zucchini es una especie genéticamente tolerante a problemas fitosanitarios. El sistema hidropónico se constituye en una alternativa económica de producción importante para el Zucchini, ya que permite tener un mayor número de frutos.

IX. SUMMARY

The present research was carried out with the purpose of take advantage of the benefits of the mycorrhiza in the production of Zucchini, and to contribute in this way to the development of the sustainable and ecological agriculture in Ecuador.

The research was carried out in three phases. In the initial phase it was carried out a theoretical and practical training on the handling of the mycorrhizas; the laboratory phase involved the propagation and inoculation of the arbuscular mushrooms to take them to field; and finally the field phase involved the evaluation of the cultivation in three production systems (hydroponic, semihydroponic and conventional) that were taken to end in the Farm Greenlab. The little plants were transplanted previous inoculation and germination carried out in the company Hilsea.

Once finished the research we concluded that the mycorrhizas formation was favorable for characteristics fenologicals and organoleptics in the cultivation of Zucchini. On the other hand, we determined that the use of multiple stump of arbuscular mushrooms in this cultivation didn't mark differences among treatments about the resistance to the attack of plagues and illnesses, however, the treatments T2 (Micorral + conventional) and T3 (CEINCI + hydroponic) were the most tolerant to *Botrytis* and the treatments T1 (CEINCI + conventional) and T4 (Micorral + hydroponic) were the best to respond to the attack of bacterial attack; also the Zucchini is a tolerant plant genetically. The hydroponic system was the best economic alternative in production of Zucchini.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 1995. Fitopatología. 2 ed. México, MX. Noriega editores p. 304-561.
- Aragón J, 2001. Control de plagas. (En línea). AR. s.e. Consultado 25 ago. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.mercoopsur.com.ar/agropecuarias/notas/guardaconlababosa.htm>.
- Arano, C. 1998. Hidroponía. (En línea). Buenos Aires, AR. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.carlos-arano.com.ar/>
- Barahona, M. 2003. Manual de horticultura. s.e. Sangolquí, EC. p. 108 – 112.
- Bentivega, S; Morton, J. 1994. Systematics of glomalcan endomicorrhizal fungi. s.e. Minnesota, ES, APS press. p. 283 – 308.
- Blanco, F; Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura. (En línea). CR. s.e. Consultado 9 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en http://www2.fao.org/BASIS/AGRIS/Web/Cat_ja/SDW?W%3DCI+PH+IS+'CR'+ORDER+BY+EVERY+CC/Ascend%26M%3D1%26K%3D%26R%3DY%26U%3D
- Centro Tecnológico Forestal de Catalunya. 2003. Micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 17 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.labpatfor.udl.es/plantmicol/plantmicolcast.html#Seguimiento>
- Clement, C; Habte, M. 1995. Journal of plant nutrition: genotypic variation in vesicular – arbuscular mycorrhizal dependence of the peji-baye palm. s.e. EU. p. 1907 – 1916
- Correa, M. 1997. Hidroponía. (En línea). s.l. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos13/hidropo/hidropo.shtml>
- Corpoica. 2004. Micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 10 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.turipana.org.co/micorrizas.htm>
- CSIRO. 2000. Micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 10 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/intro.html>
- Curtis, H; Barnes, S. 1993. Biología. 5 ed. Buenos Aires, AR, editorial panamericana. 1199 p.

- Di, J; Allen, E. 1991. Journal of range management: physiological responses of 6 wheatgrass cultivars to mycorrhizae. s.e. EU. p. 336 – 341.
- Duchicela, J; González, M. 2003. La micorriza arbuscular en el contexto de la agricultura sustentable. Sangolquí, EC. s.e. p. 28 – 95.
- GCA S.A. Consultora ambiental. 2005. Hidroponía. (En línea). Buenos Aires, AR. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/>
- Fortunecity. 1999. Hidroponía. (En línea). s.l. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://members.fortunecity.es/jalvarezg>
- Hernández, J. 1999. Fijación de micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 30 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/micorrizas.html>
- Infoagro. 2003. Calabacín. (En línea). s.l. s.e. Consultado 1 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm#3.%20IMPORTANCIA%20ECONÓMICA%20Y%20DISTRIBUCIÓN%20GEOGRÁFICA>
- Kaiser, P; Lussenhop, J. 1991. Soil biology: *Collembola* effects on establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizae in soybean (*Glycine max*). s.e. s.l. p. 307 – 308
- Latorre, B. 1999. Enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica. 5 ed. Santiago, CH. 296 p.
- Leiva, J. 2004. Hidroponía. (En línea). Tierra del Fuego, AR. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.misionrg.com.ar/hidropo.htm>
- Lira R; Montes S. 2002. Cultivos Andinos. (En línea). México, MX. F.A.O. s.e. Consultado 24 may. 2005. Formato ASCII. Disponible en http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contento/libro09/Cap2_3.htm#28
- Luzuriaga, C. 2002. Curso de fertilidad de suelos. s.e. Sangolquí, EC. s.p.

- Martínez, V. 2003. Cucurbitaceas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 10 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.botanical-online.com/familiacucurbitaceascastella.htm>
- Morales, J. 2005. Cultivo de calabacín. (En línea). s.l. s.e. Consultado 5 jun. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-calabacin-calabacines.htm>
- Oirsa. 2003. Manual de Cucurbitaceas. (En línea). Panamá, PA. s.e. Consultado 5 jun 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.oirsa.org/Publicaciones/VIFINEX/Manuales/Manuales/2002/Panama/Cucurbitaceas-00.htm>
- Perrin, et. al. 1976. Metodología del presupuesto parcial: formulaciones y recomendaciones a partir de datos agronómicos. México cmmyt. Folleto información N° 27. p. 18 -36
- Popoff. 2001. Micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 10 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>
- PROEXANT (Producción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales). 2004?. Exportación de zucchini. (En línea). s.l. s.e. Consultado 1 abr. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.proexant.org.ec/Hojas%20t%C3%A9cnicas.html>
- Projar. 2004. Beneficios de las micorrizas. (En línea). s.l. s.e Consultado 20 mar. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.projar.es/pagi/m/ma1/hidro5.html>
- Rabatin, S; Stainner, B. 1989. Agriculture ecosystems environment: the significance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal-soil macroinvertebrated interactions in agroecosystems. s.e. s.l. p. 195 – 204
- Safir, G. 1994. Involvement of cropping systems, plant produced compounds and inoculum production in the functioning of VAM fungi. In Mycorrhizae and plant health. s.e. Minnesota, ES, APS press. p. 239 – 260.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular – arbuscular micorrhizal managment in tropical agrosystems. s.e. Germany. 371 p.

Tecnologías Naturales Internacional. 2003. Micorrizas. (En línea). s.l. s.e. Consultado 20 mar. 2005. Formato ASCII. Disponible en http://www.tni-nti.com/micorriza_beneficios.html

UPV (Universidad Politécnica de Valencia, ES). 2003. Cucurbitaceas. (En línea). Valencia, ES. s.e. Consultado 5 jun. 2005. Formato ASCII. Disponible en <http://www.evita.upv.es/vari0s/biologia/Temas%20Angiospermas/Dil%C3%A9nidas/Cucurbit%C3%A1ceas/Cucurbit%C3%A1ceas.htm>

XI. ANEXOS

A. Análisis foliar de Zucchini

LABORATORIOS QUIMICOS H.V.O.
 José Falcón 139 y Machala Telfs. 2597 038 / 3571 008 Telefax 2597 883 Quito Ecuador

RESULTADOS DE ANALISIS FOLIAR

Procedencia : **GREENLAB** Cultivo: ZUCCHINI
 Remitente : Ing. Roberto Serrano
 Fecha : 21 de Septiembre de 2005 Fecha muestreo: 13 de Septiembre de 2005

No. Lab.	Identificación	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	B ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm
Valor Normal Rosas		3.0 a 5.0	0.25 a 0.5	1.5 a 2.5	1.0 a 2.5	0.25 a 0.5	0.25 a 0.7	30 a 60	60 a 200	18 a 100	7 a 25	30 a 200
		Nitrogeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Hierro	Zinc	Cobre	Manganeso
F 25901	CEINCI M1	3,27	0,40	3,00	5,84	1,41	0,21	66	398	45	14	68
F 25902	MICORRAL M2	2,91	0,50	3,46	3,53	0,93	0,24	36	302	42	14	47
F 25903	TESTIGO M3	2,76	0,40	2,77	4,24	0,98	0,21	53	139	36	29	46

Tabla de valores normales para ZUCCHINI

Elemento	Bajo	Suficiente	Alto	Elemento	Bajo	Suficiente	Alto
N				B			
P				Cu			
K				Fe			
Ca				Mn			
Mg				Zn			
S							


 Dr. Fabián Moscoso P.
 QUIMICO
 JEFE DE LABORATORIO